

**ПОЛЗУНОВСКИЙ
АЛЬМАНАХ**

ФГБОУ ВО
«Алтайский государственный
технический университет
им. И. И. Ползунова»



**СТРОИТЕЛЬСТВО
ЭНЕРГЕТИКА И
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

**1
2025**

НА ОБЛОЖКЕ:
Сереброплавильный завод города Барнаула в середине XIX века

1 2025

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ

№ 1 / 2025

Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС 77-84785
выдано 17 февраля 2023 г. Федеральной службой по
надзору в сфере связи, информационных технологий и
массовых коммуникаций РФ

Главный редактор

А.М. Марков

Зам. главного редактора

Е.С. Ананьева

Редакционная коллегия:

С. Б. Поморов

И. В. Харламов

И. Н. Сычева

А. С. Авдеев

С. В. Ананьин

А. С. Баранов

В. И. Полищук

Редакционный совет выпуска:

И.В. Карелина

В.В. Логвиненко

В.Н. Лютов

Г.С. Меренцова

И.В. Носков

Г.И. Овчаренко

В.Л. Свиридов

Под общей редакцией:

к.т.н., профессора И.В. Харламова

Адрес редакции и издательства:

656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46,

тел: 8 (3852) 29-09-48

В НОМЕРЕ:**Раздел 1. Строительство***Б.Ф. Азаров*

ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ
ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ОБРАГА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО
ТАХЕОМЕТРА LEICA TS07 6

Б.Ф. Азаров, И.В. Заикин

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА 9

Л.Н. Амосова, А.А. Рутковский

АНАЛИЗ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ
МЕТОДОВ УСТРОЙСТВА
ФУНДАМЕНТОВ В СЕЙСМИЧЕСКИХ
РАЙОНАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ 14

О.С. Анненкова, А.Ю. Воронкова

ПРИМЕНЕНИЕ ПК АДЕПТ ДЛЯ ОПТИМИ-
ЗАЦИИ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННО-
ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА НА ПРИМЕРЕ
ПЛАНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ
РАБОТ НА ОСНОВЕ СМЕТЫ 18

*О.С. Анненкова, Д.И. Кушнерева,**Е.А. Бисс*

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНОГО
ОСТЕКЛЕНИЯ НА СОВРЕМЕННОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ 24

Н.О. Арзамасов, И.А. Бахтина

ТИПЫ ДРЕНАЖНЫХ НАСОСОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ В МНОГОКВАР-
ТИРНОМ ДОМЕ 28

А.И. Бахтинов, И.А. Бахтина

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ
ВОДЫ: АНАЛИЗ, ФАКТОРЫ И
ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ 31

В.А. Бережнова, И.А. Бахтина

ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОН-
НОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ
ВЕНТИЛЯЦИИ В AUTODESK REVIT 34

А.С. Варавина, Б.М. Черепанов

РОЛЬ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАМ-
МИРОВАНИЯ В ИНФОРМАЦИОННОМ
МОДЕЛИРОВАНИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ 37

<i>И.О. Вербицкий, Е.В. Вербицкая, Е.С. Степанова</i> АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ГОСТ 31937-2024	43	<i>И.В. Карелина, А.В. Галле</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	83
<i>М.Ю. Вяткина, И.А. Бахтина</i> СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ В NANOCAD ГЕОНИКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	46	<i>А.А. Кикоть, Е.С. Степанова</i> АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ РАСКЛАДКИ НЕРАЗРЕЗНЫХ МНОГОПРОЛЕТНЫХ ПРОГОНОВ ПОКРЫТИЯ ИЗ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ОЦИНКОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ Z-ОБРАЗНОГО СЕЧЕНИЯ	87
<i>В.К. Гарькавский, И.В. Носков</i> ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ САМОРАСШИРЯЮ- ЩИХСЯ РАСТВОРОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ	50	<i>М.Н. Корницкая, М.А. Подъяпольская, Е.С. Степанова</i> АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ REVIT И RENGA ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АРХИТЕКТУРНОГО РАЗДЕЛА	90
<i>П.С. Годун, Е.Р. Кирколуп</i> ЭКСПОРТ ОПАЛУБОЧНОЙ МОДЕЛИ МОНОЛИТНОГО МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ В РАСЧЕТНУЮ ПРОГРАММУ	56	<i>В.А. Коробка, И.А. Бахтина</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ПРОТИВОПОЖАР- НОГО ВОДОПРОВОДА В AUTODESK REVIT	96
<i>И.В. Грянкин, Е.И. Вяткина</i> ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ ОПОЛЗНЕЙ	60	<i>А.В. Костюнин, Г.М. Бусыгина</i> РАСЧЕТ КОНСОЛИ ОТ ДИНАМИ- ЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ДЫМОУЛАВЛИ- ВАЮЩИХ ВЕНТИЛЯТОРОВ В ПК ЛИРА СОФТ	99
<i>А.Е. Дитин, Е.Р. Кирколуп</i> ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ С РАСЧЕТНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ	65	<i>А.В. Костюнин, Ю.В. Халтурин</i> О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	103
<i>Д.С. Драгалин, И.А. Бахтина</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ В AUTODESK REVIT	68	<i>О.М. Левченко, М.Н. Корницкая</i> СОЗДАНИЕ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА АРХИТЕКТУРНОЙ ЧАСТИ ОБЪЕКТА «МБУ «КУЛЬТУРНО-ДОСУГОВЫЙ ЦЕНТР», РАСПОЛОЖЕННЫЙ ПО АДРЕСУ: АЛТАЙСКИЙ КРАЙ, Г. АЛЕЙСК, УЛ. ПЕРВОМАЙСКАЯ, 84» В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ RENGA	107
<i>С.И. Емельянова, А.В. Вольф</i> ПОВЫШЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ РАБОЧИХ ШВОВ В ЖЕЛЕЗО- БЕТОННЫХ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТАХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОИЗО- ЛЯЦИОННЫХ ШПОНОК	73	<i>Д.А. Ляшевич, Е.Р. Кирколуп</i> ПРИЕМКА И КОНТРОЛЬ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ	113
<i>Е.В. Кагарлык, Е.Р. Кирколуп</i> РОЛЬ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМА- ЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	76	<i>С.Н. Маняк, И.А. Бахтина</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ В RENGA	116
<i>А.С. Каменецкий, Л.В. Куликова</i> АНАЛИЗ СМЕТНЫХ ПРОГРАММ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	80		

<i>Н.В. Медведев, Г.И. Овчаренко</i> ПОВЫШЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ДОРОЖНЫХ БЕТОНОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОБАВОК	121	<i>Г.С. Меренцова, Д.А. Тарасов</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПРОПИТОЧНОГО СОСТАВА ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТО- БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	148
<i>Н.В. Медведев, Е.В., Печатнова, А.П. Кузнецов</i> ВЛИЯНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ДОРОЖНО- СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ	126	<i>Г.С. Меренцова, И.Д. Чугайнов</i> ПОВЫШЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ХОЛОДНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ СЛОЕВ ИЗНОСА	151
<i>Г.С. Меренцова, А.А. Данилов</i> РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ	130	<i>Е.С. Мусалитина, Т.Е. Лютова</i> О ПЕРЕВОДЕ УГОЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ НА ГАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОСЛЕ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЯ	154
<i>Г.С. Меренцова, К.А. Зверев</i> ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТ ПО СООРУЖЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ	133	<i>М.А. Осипова, Б.Ф. Азаров, Д.Н. Черепанов</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ МОСТОВЫХ КРАНОВ	159
<i>Г.С. Меренцова, М.А. Каландарашвили</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АРМИРОВАНИЯ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ГЕОСЕТКОЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРИ АРМИРОВАНИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ГЕОСЕТКОЙ	136	<i>Н.И. Пеньков, Л.Н. Амосова</i> АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УСТРОЙСТВА ПОДЗЕМНЫХ ПРОСТРАНСТВ ПОД СУЩЕСТВУЮЩИМИ ЗДАНИЯМИ	163
<i>Г.С. Меренцова, А.А. Кукса</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ РАЗНОВИДНОСТЕЙ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАБОТОК И СЛОЕВ ИЗНОСА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	139	<i>Л.В. Переверзева, И.В. Носков</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ И СКЛОНОВ	167
<i>Г.С. Меренцова, Ф.К. Овьян</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ МОСТОВОГО ПОЛОТНА СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ	142	<i>М.А. Подъяпольская, Е.В. Вербицкая, И.О. Вербицкий</i> ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ABAQUS ДЛЯ ПРОВЕРОЧНЫХ РАСЧЕТОВ В РАМКАХ ДЕТАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ	171
<i>Г.С. Меренцова, А.В. Ошлыков</i> ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЩЕБЕНОЧНЫХ ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	145	<i>М.А. Подъяпольская, Е.С. Степанова, Я.Г. Мозговая</i> ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ВОЗВЕДЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАРКАСОВ	175

<i>Д.Д. Ращепкин, И.А. Бахтина</i> СИСТЕМЫ ОТВОДА ДОЖДЕВЫХ И ТАЛЫХ ВОД С КРОВЕЛЬ ЗДАНИЙ 179	<i>В.В. Соколова, А.А. Навратил</i> ФАКТОРЫ РИСКА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ РЕСУРСНО- ИНДЕКСНОГО МЕТОДА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА 216
<i>В.С. Рогольских, И.В. Носков</i> ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ И СКЛОНОВ 183	<i>Р.В. Соколов, Е.И. Вяткина</i> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ В УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ 219
<i>О.Д. Рыжова, Е.В. Вербицкая, Л.Н. Пантюшина</i> ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИМЕНЕНИЯ ПУСТОТООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ 186	<i>И.В. Харечко, Е.Р. Кирколуп</i> РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ОПАЛУБКИ 222
<i>Н.О. Саурин, Т.И. Саурина, И.В. Харламов</i> ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИЯ СТЕН ИЗ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕПЛОИЗО- ЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ 191	<i>Е.В. Хатина, А.В. Вольф</i> ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ И ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В РОССИИ 225
<i>Н.О. Саурин, И.В. Харламов</i> КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ НЕСУЩИХ СТЕН ОДНОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА С УТЕПЛЕНИЕМ МОНОЛИТНЫМ ПЕНОБЕТОНОМ 195	<i>А.О. Хребто, Г.И. Овчаренко</i> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВЫХ ЗОЛ УНОСА ПРИ УКРЕПЛЕНИИ МЕСТНЫХ ГРУНТОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА 228
<i>В.Л. Свиридов, Н.В. Медведев</i> ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЗОЛОШЛА- КОВЫХ СМЕСЕЙ ОТ СЖИГАНИЯ КИСЛЫХ УГЛЕЙ КУЗБАССА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ 200	<i>И.А. Чалых, В.Н. Лютов</i> АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ И ВОЗМОЖ- НОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ АЭРОГЕЛЯ 232
<i>В.Л. Свиридов, Н.В. Медведев, И.С. Шеховцов, А.И. Колпаков</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ И АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ СОВМЕСТНО С АДГЕЗИОННЫМИ ПРИСАДКАМИ 206	<i>Д.Н. Черепанов, И.В. Носков</i> АНАЛИЗ МЕТОДА НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА 236
<i>И.В. Ситников, В.В. Логвиненко</i> ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ: АНАЛИЗ И ПУТИ РЕШЕНИЯ 209	<i>А.А. Шарипов, Е.Р. Кирколуп</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ, ДОПОЛНЕННОЙ И СМЕШАННОЙ РЕАЛЬНОСТЕЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОНТРОЛЕ 241
<i>А.А. Соболев, Д.Е. Родиков</i> АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНОСТИ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ 213	

Е.С. Шелестова, Т.Е. Лютова
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГАЗОПРОВОДА
В СИСТЕМЕ ZULUGIS НА ПРИМЕРЕ
ГАЗОПРОВОДА В Г. КАШКАРАГАИХА
ТАЛЬМЕНСКОГО РАЙОНА
АЛТАЙСКОГО КРАЯ245

А.Е. Шпагина, Я.Г. Мозговая
ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ
И УПРАВЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬСТВА249

А.К. Юдина, Л.Н. Амосова
АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ
ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ
В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ253

Ю.С. Юрина, Ю.В. Халтурин
РАСЧЕТ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ
НА УСТОЙЧИВОСТЬ К
ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ:
АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ И ПРОБЛЕМЫ
ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НОРМ256

Раздел 2. Энергетика и электротехника

И. Р. Галиев, А. А. Грибанов
ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
ПОДСТАНЦИЙ: ИНТЕГРАЦИЯ
УСТАРЕВШИХ СИСТЕМ И
ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ
В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ
ВЫЗОВОВ262

С. Н. Гук, А. А. Грибанов
ИНТЕГРАЦИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОСЕТИ:
ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ266

И.К. Фаст, А.А. Грибанов
МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ
В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ269

В.А. Бешенко, А.А. Грибанов
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ
МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ЛИНИЯМИ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ273

К.В. Городишенин, А.А. Грибанов
НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ
В РОССИИ 277

Д.С. Горохов, А.А. Грибанов
РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЁННЫХ
И ИЗОЛИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СОЛНЕЧНОЙ, ВЕТРОВОЙ
И ДИЗЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ 281

М.А. Ерофеевский, А.Н. Попов
РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ
АККУМУЛЯТОРОВ
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ 284

М. В. Батуев, Т. М. Халина
ЭФФЕКТИВНОСТЬ АККУМУЛЯТОРНЫХ
БАНКОВ В ИНТЕГРАЦИИ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ
ЭНЕРГИИ: АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НА
СТАБИЛЬНОСТЬ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ..287

М. В. Батуев, Т. М. Халина
ЭФФЕКТИВНОСТЬ СМЕННЫХ
АККУМУЛЯТОРОВ
В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ: АНАЛИЗ
ВЛИЯНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 290

*А. В. Куркин, И. М. Казымов,
С. Ф. Нефёдов*
ПОСТРОЕНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ
КОНТРОЛЯ МИКРОСХЕМ
ЖЁСТКОЙ ЛОГИКИ293

Учредитель журнала:

*Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Алтайский государственный
технический университет
имени И. И. Ползунова»*

ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ОВРАГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА LEICA TS07

Б. Ф. Азаров

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассматриваются особенности выполнения геодезической съемки оврага с использованием электронного тахеометра LEICA TS07. Приведены сведения о скорости процесса роста оврага за период с 2012 по 2024 годы. Указаны цели выполнения геодезической съемки оврага. Отмечено, что оптимальным способом выполнения топографической съемки с применением электронного тахеометра является тахеометрическая съемка. Рассмотрены разновидности такого рода съемки, сделан вывод о целесообразности использования метода «свободной станции» при выполнении работ по съемке оврага. Отмечены особенности бортового программного обеспечения электронного тахеометра LEICA TS07. Описана методика работ, позволяющая использовать метод «свободной станции» при съемке оврага и функцию локальной обратной засечки электронного тахеометра LEICA TS07. Приведены сведения о закреплении точек съемочного обоснования на участке работ и об особенностях непосредственной съемки характерных точек оврага.

Ключевые слова: топографическая съемка, овраг, электронный тахеометр, метод свободной станции, локальная обратная засечка.

При выполнении научно-исследовательской работы по теме «Разработка противоэрозионных мероприятий по ликвидации оврагообразования с применением инновационных технологий и материалов» сотрудниками строительного факультета АлтГТУ им. И. И. Ползунова была выполнена геодезическая съемка оврага, расположенного на 25 км автомобильной дороги Алейск-Буканское (рисунок 1).

Процесс оврагообразования на данном участке автодороги Алейск-Буканское развивается на протяжении нескольких лет. Так, по состоянию на июнь 2012 года длина оврага составляла 160 м. В 2017 году протяженность оврага составила уже 450 м: за 5 лет средняя скорость оврагообразования составила 58 м/год. За период с 2017 по 2019 годы скорость оврагообразования уменьшилась: по состоянию на июнь 2019 года длина оврага достигла 497 м: скорость оврагообразования составила около 24 м/год. По состоянию на август 2024 года протяженность оврага достигла 650 м. Средняя скорость оврагообразования с 2019 по 2024 годы составила около 30 м/год. В настоящее время овраг максимально приблизился к подошве земляного полотна, что может привести к оползанию части земляного полотна и конструкции дорожной одежды.

Дадим классификацию объекта наблюдений. Овраг – это отрицательная форма

рельефа, линейно вытянутая, с крутыми склонами. Овраги обычно образуются на склонах водоразделов и располагаются по направлению стока текущих вод. Овраг имеет следующие части: дно, бровки, склоны, вершину, устье, отвершки.

Причинами образования оврагов служат наличие уклонов земной поверхности, присутствие рыхлых пород, слагающих поверхность, отсутствие растительного покрова. Овраги образуются в процессе водной эрозии при наличии вышеуказанных причин.

Наиболее простым и научно обоснованным является деление оврагов по происхождению на естественные и антропогенные. Появление естественных оврагов вызывается рядом природных процессов: боковой эрозией, оползанием, карстом, суффозией, катастрофическими ливнями и др. Антропогенные же овраги своим появлением и развитием обязаны, прежде всего, хозяйственной деятельности человека. Поскольку рассматриваемый овраг находится вблизи автодороги, то его можно отнести к придорожным оврагам антропогенного происхождения, т.к. наиболее вероятной причиной его появления и развития служит нарушение естественного стока поверхностных вод и перекрытие полотном дороги временного водотока, идущего от озера, расположенных северо-западнее села Моховское и пересекающего автодорогу ниже устья оврага (рисунок 2).

ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ОВРАГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА LEICA TS07



Рисунок 1 – Положение оврага на территории Алейского района

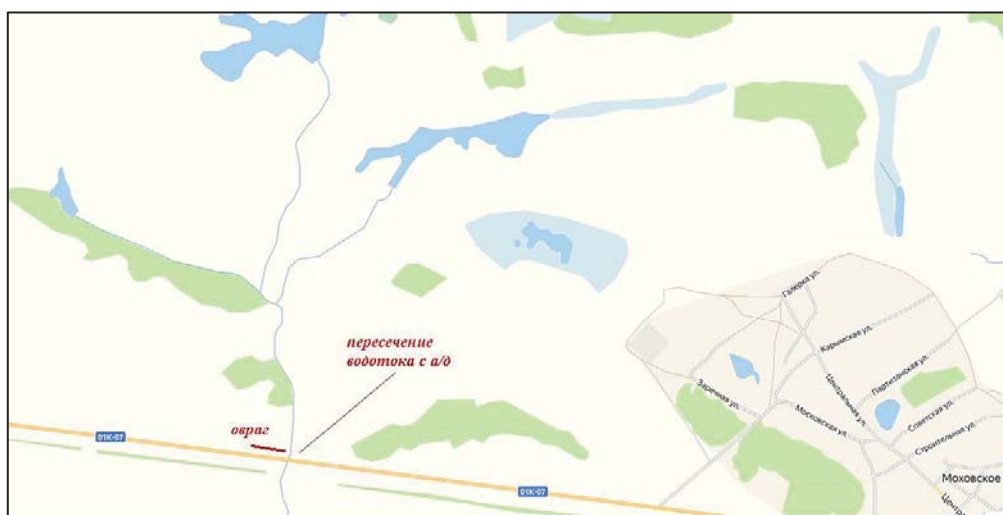


Рисунок 2 – Пересечение временным водотоком а/д Алейск–Буканское в районе 25 км

Практически по происхождению рассматриваемый овраг можно отнести к инженерно-геологическому виду. По характеру процесса овраг является растущим и активным. По очередности зарождения относится к первичным оврагам. По типу овраг относится к оврагам эрозионного происхождения. Поскольку образование оврага сопровождается размывом его дна, то по виду данный овраг является донным. Цель геодезической съемки состояла, во-первых, в оценке отдельных морфометрических характеристик оврага и, во-вторых, в получении исходных данных для создания его цифровой модели, необходимой для принятия проектных решений для его ликвидации. Учитывая большую протяженность оврага (около 650 м) и значительный перепад высот от вершины до устья (от 12 до 15 м по бровкам) необходимо было непосредственно на месте принять решение об оптимальном

способе выполнения топографической съемки.

Общеизвестно, что таким методом является тахеометрическая съемка с использованием электронного тахеометра (ЭТ). Применение ЭТ позволяет автоматизацию процесса съемки, что существенно сокращает временные и трудовые затраты на получение ее конечного продукта (цифрового топографического плана или цифровой модели снимаемого объекта). Существует несколько разновидностей тахеометрической съемки: а) съемка с точек заранее созданного съемочного обоснования; б) съемка с одновременным созданием съемочного обоснования. Под съемочным обоснованием подразумеваются в 1-м случае закрепленные на местности точки, с которых ведется съемка местности, для которых заранее определены координаты и отметки. Во 2-м случае поло-

жение точек, с которых ведется съемка, заранее не определяется, а устанавливается из измерений, выполняемых параллельно производству съемки. Преимущества второго варианта очевидны, т.к. он позволяет использовать метод «свободной станции», широко применяющийся в практике геодезических работ с использованием ЭТ, имеющих в бортовом программном обеспечении (ПО) набор задач, позволяющих определять положение точки стояния прибора (станции) с использованием различных комбинаций угловых и линейных измерений. В частности, в ПО ЭТ LEICA TS07 реализован целый ряд способов для установки станции:

- ориентирование по углу
- ориентирование по координатам;
- обратная засечка;
- засечка по Гельмерту;
- локальная обратная засечка.

При использовании метода свободной станции для определения положения точки стояния прибора стандартно используются обратные засечки. Поскольку при съемке оврага съемочное обоснование заранее не создавалось, то установка станции выполнялась перед координированием его характерных точек с использованием локальной обратной засечки. В этом случае на каждой точке стояния прибора задавалась локальная система координат (ЛСК) путем измерения 2-х расстояний:

- 1) до точки, задающей начало ЛСК ($T_{ч1}$, $X = 0$; $Y = 0$; $H = 0$);
- 2) до точки $T_{ч2}$, задающей направление оси X или Y .

Для того чтобы получить в итоге результаты съемки в единой системе координат, необходимо, чтобы на каждой станции имелась минимум пара точек, координаты которых определены в ЛСК смежных станций. В этом случае возможно выполнить преобразование координат из ЛСК в общую для всех точек стояния прибора систему координат. Таким образом, для реализации метода «свободной станции» при съемке оврага была реализована следующая методика работ:

- 1) рекогносцировка участка съемки с предварительным выбором мест установки прибора;
- 2) закрепление на местности в полосе съемки нескольких так называемых «связующих точек», на которые имеется видимость со смежных потенциальных мест установки прибора;
- 3) выбор направления перемещения между точками стояния прибора при выпол-

нении съемки оврага (от устья к вершине «вверх» или от вершины к устью «вниз»);

4) определение положения точки стояния прибора на 1-ой станции с использованием приложения из ПО ЭТ LEICA TS07 «локальная обратная засечка» (ЛОЗ): задание направления оси X ЛСК-1 и измерение расстояний до связующих точек $T_{ч1}$ ($X_1 = Y_1 = H_1 = 0$) и $T_{ч2}$ ($X_2 = d_{1-2}$; $Y_2 = 0$; $H_2 = h$ – превышение между точками $T_{ч2}$ и $T_{ч1}$);

5) координирование связующих точек $T_{ч1}$, $T_{ч2}$ и дополнительной связующей точки, смежной с $T_{ч1}$ и $T_{ч2}$ в направлении съемки («вверх» или «вниз»);

6) выполнение съемки характерных точек оврага со станции-1 в ЛСК-1;

7) выбор места следующей станции: с точки стояния прибора необходимо иметь видимость минимум на две связующие точки, наблюдавшиеся на первой станции и связующую точку, смежную с дополнительной точкой, для которой были определены координаты на первой станции.

Далее на каждой станции действия 4-7 повторяются.

Перед выполнением съемки оврага вдоль его левой бровки были закреплены металлические штыри диаметром 12 мм и длиной 1 м на расстоянии от 30 до 88 м друг от друга. Штыри использовались в качестве связующих точек, которые координировались со смежных станций при съемке оврага. Всего было закреплено 9 штырей.

Съемка оврага производилась с 8 станций. После задания ЛСК на каждой стоянке прибора выполнялось координирование минимум трех смежных связующих точек. Затем производилось координирование точек на бровке, бортах и дне оврага. При этом использовались наблюдения как на веку с отражателем, так и измерения в безотражательном режиме (на характерные точки бровки, бортов и дна оврага, которые были недоступны для установки вехи). Объединение ЛСК в общую систему координат проводилось в ПО ТороCAD методом Гельмерта. Общая система координат задавалась на первой стоянке прибора (СТ-1) таким образом, чтобы ось X была направлена параллельно дороге Алейск-Буканское от вершины к устью оврага.

Азаров Борис Федотович – к.т.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: stf-ofigig@mail.ru.

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Б. Ф. Азаров, И. В. Заикин

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассмотрены вопросы, связанные с геодезическим обеспечением высотного строительства. Указаны основные принципы, на которых базируется решение технических и инженерных задач, обеспечивающих соблюдение геометрии высотного сооружения. В статье также рассмотрены основные этапы геодезического обеспечения высотного строительства и отдельные особенности при возведении высотных зданий. Отмечено, что геодезическое сопровождение процесса строительства монолитного здания имеет целью обеспечение соблюдения предусмотренного проектом пространственного положения всех несущих конструкций его монолитного железобетонного каркаса. Рассмотрены особенности производства геодезических разбивочных работ на железобетонных поверхностях и при возведении монолитных зданий. Особое внимание уделено вопросам управления точностью геодезических работ и способам построения геодезической основы.

Ключевые слова: высотное здание, высотное строительство, монолитное здание, монтажный горизонт, геодезическая разбивочная основа, разбивочные работы, внешняя геодезическая основа, внутренняя геодезическая основа.

Геодезическое обеспечение высотного строительства считается одним из сложных инженерных процессов, который должен быть увязан в строгой технологической цепочке строительного производства. От начала и до конца строительства геодезической службой, обеспечивающей геометрию сооружений, решаются довольно сложные технические и инженерные задачи.

Для выполнения этих задач все геодезические и маркшейдерские работы базируются на теории измерений, теории погрешностей и основных принципах:

- от общего к частному;
- оптимальной точности;
- обязательного внутреннего контроля;
- объективности;
- независимости.

Следует отметить, что первые три принципа, заложенные в основу всех геодезических работ и выполняются на всех стадиях высотного строительства от создания разбивочной основы до производства исполнительных съемок. Последние два заслуживают особого внимания.

Принцип объективности обеспечивается совместно с принципом независимости при наделении геодезической службы функцией контроля геометрии сооружения в пределах строительной площадки. Поэтому для соблюдения принципа объективности необходимо обеспечить независимость геодезической службы от влияния инженерно-технических работников и должностных лиц подрядчиков

строительно-монтажных работ, тем самым реализовав принцип независимости.

При появлении значений, превышающих предельные отклонения в пространственном положении строительных конструкций, специалисты геодезической службы нередко испытывают давление со стороны подрядчика работ с целью их сокрытия. Практически незначительные отступления от предельных отклонений не оказывают особого влияния на жесткость всей конструкции сооружений. Но практика искажения картины фактических деформаций сооружения не должна иметь места, ввиду необходимости получения заказчиком, авторами проекта объективной информации о геометрии объекта. Для этого целесообразно осуществлять заказчиком финансирование геодезических служб и организаций, ведущих геометрическое сопровождение строительства, напрямую и приравнять их полномочия к полномочиям технического надзора в вопросах соблюдения геометрии строительства.

Основные этапы геодезического обеспечения высотного строительства.

Геодезическое обслуживание высотного строительства можно разделить на несколько этапов:

- создание геодезической разбивочной основы;
- обеспечение нулевого (подземного) цикла;
- формирование внутренней геодезической сети;

- детальные разбивочные работы на монтажных горизонтах;
- проверка соответствия ответственных монтажных элементов конструкций их проектному положению;
- приемочный контроль конструкций и завершённых строительных сооружений на отдельном участке (отсечке), этаже;
- перенесение внутренней планово-высотной сети на новый горизонт работ.

В СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве» [1] в качестве высотных зданий рассматривались здания выше девяти этажей. В соответствии с этими правилами для таких зданий требовалось разрабатывать проект производства геодезических работ (ППГР) в соответствии с условиями, возможностями и решениями, принятыми в геодезическом разделе проекта организации строительства (ПОС). Согласно [1], в ППГР рассматривались все этапы геодезического обеспечения строительства высотного здания, методы выполнения, точность геодезических работ, инструменты, контроль и вопросы охраны труда при их проведении. Согласно СП 126.13330.2017 [2], которые являются актуализированной редакцией выше упомянутых норм и правил [1], ППГР разрабатывается вне зависимости от высоты здания, в случае, если строительство ведется на городской территории или на территории действующего предприятия, либо при строительстве в сложных природных и геологических условиях, а также технически сложных объектов. При этом ППГР в полном объеме разрабатывается по требованию органа, выдающего разрешение на строительство и для выполнения строительно-монтажных и специальных работ. В остальных случаях ППГР может быть разработан в неполном объеме. В этом случае решение о разработке ППГР принимает ответственное лицо, осуществляющее руководство строительством.

Отдельные особенности при возведении высотных зданий.

Практически при возведении высотных зданий используется два вида конструкций:

- 1) монолитный железобетон;
- 2) металлический каркас.

Для каждого из них при геодезическом обслуживании строительства имеются свои особенности.

В первом случае основной задачей геодезической службы является построение единой системы координат на каждом монтажном горизонте работ, относительно которой возводится монолитный железобетонный каркас с перекрытиями на заданных проектом

отметках. Во втором случае важными аспектами возведения сооружения являются:

- проверка на заводе-изготовителе и строительной площадке габаритов металлических конструкций, от которых во многом зависит соблюдение заданной проектом геометрии возводимого сооружения;
- монтаж на исходном монтажном горизонте на начальном этапе строительства первых металлических секций колонн, прогонов, ригелей (каркаса) с минимально допустимыми отклонениями.

Независимо от вида конструкций, на практике возводимое здание находится под воздействием различных внешних факторов: ветровые нагрузки, перепады температур, работа механизмов (башенных кранов и высотных подъемников). Поэтому при выполнении геодезических работ по обеспечению строительства необходимо учитывать возникающие в связи с этим пространственные деформации возводимого сооружения.

Контроль вертикальности.

На начальном этапе строительства особого внимания требует пространственное положение взводимых на исходном монтажном горизонте конструкций. Чем точнее будет смонтирован первый ярус каркаса, тем проще будет обеспечивать вертикальность конструкций на стадии возведения второго яруса, третьего и так далее. Это условие необходимо соблюдать при любом виде каркаса высотного здания, сборном металлическом или монолитном железобетонном. Следует учитывать, что допустимые предельные смещения для каждого вида конструкций и их параметров имеют свои определенные значения.

Предельные отклонения на каждый такой геометрический параметр конструкций оговорены в нормативной литературе [3, 4]: в частности, индивидуальное максимальное значение в плане составляет не более 20 мм, а максимальное отклонение от вертикали находится в пределах 15 мм.

Устранение недопустимых отклонений от требуемого значения параметра, особенно вертикальности, требует определённых материальных и временных затрат, необходимых для того, чтобы на следующем ярусе привести отдельные элементы или всю конструкцию в соответствующее проекту положение.

Вертикальность конструкций корректируется по результатам исполнительных съемок на последующих этажах (ярусах). После бетонирования перекрытий на определенной проектной отметке, наряду с контролем плоскостности поверхности плиты перекрытия,

обязательно контролируется плановое положение:

- контуров всего перекрытия;
- технологических проемов;
- лестничных проемов;
- лифтовых шахт.

Пространственное положение этих элементов связано с вертикальностью и плановым положением верха конструкций нижнего горизонта. Согласно нормативам, их отклонения должны быть в пределах ± 20 мм от проектных координат. На верхнем этаже (ярусе) в процессе монтажа возводимых конструкций с учетом сведений исполнительных съемок выполняется корректировка их положения относительно монтажных разбивочных осей и установочных линий. Таким образом, пространственное положение каждого возведенного элемента, конструкции, яруса, его части (захватки) строительного объекта контролируется и сравнивается с проектным положением в системе координат, принятой для возводимого сооружения.

Обеспечение точности геодезических измерений и способы создания ГРО.

Точность выполнения геодезических измерений в процессе геодезического сопровождения строительства, согласно нормативной документации, не должна превышать 20% абсолютной величины строительного допуска или быть не более 40% значения его предельного отклонения. Для обеспечения указанных условий при выполнении геодезических работ осуществляется контроль измерений и оценка точности их результатов.

Согласно нормативным документам [3, 4], при возведении каждого нового яруса на его монтажном горизонте следует создавать внутреннюю разбивочную сеть, с пунктов которой в дальнейшем производится разбивка монтажных и вспомогательных осей для всех несущих конструкций. При незначительных высотах зданий передача системы координат на вышележащие этажи может происходить через оставленные технологические проемы в перекрытиях с пунктов разбивочной основы первого этажа оптическими или лазерными приборами вертикального проецирования.

Общеизвестно, что в настоящее время самым массовым и универсальным прибором для выполнения геодезических измерений является электронный тахеометр. При наличии открытого пространства вокруг строящегося объекта на зданиях капитальной застройки, расположенных в пределах работы прибора (электронного тахеометра) в безотражательном режиме, устанавливаются светоотражающие марки, которые служат пунк-

тами постоянной геодезической сети (ППГС), используемой в качестве геодезической разбивочной основы для объекта строительства. Перенесение координат на новый горизонт может происходить методом свободной станции с использованием этих марок, координаты которых заранее определены в заданной проектной системе координат.

В сочетании с вышеназванными методами в высотном строительстве геодезистами могут быть использованы приборы пространственного позиционирования, так называемые спутниковые приемники глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Непосредственно на монтажных горизонтах такие приборы-приемники применяются для определения координат пунктов внутренней сети или любых других точек, необходимых для выполнения геодезических работ для обеспечения процесса строительства. При этом необходимо учитывать, что использование современных спутниковых технологий должно обеспечивать регламентированную точность геодезических работ в строительстве [2].

Независимо от используемого способа или технологии создания внутренней разбивочной основы на новом монтажном горизонте имеющимися геодезическими приборами (электронным тахеометром, теодолитом, нивелиром) выполняются разбивки монтажных и вспомогательных осей, а также вынос проектных отметок.

Геодезическое сопровождение процесса строительства монолитного здания имеет целью обеспечение соблюдения предусмотренного проектом пространственного положения всех несущих конструкций его монолитного железобетонного каркаса. В связи с этим возведение здания осуществляется в системе координат, имеющей пространственную связь с геодезической основой, закрепленной на местности вблизи объекта строительства, а также связанной с его геометрической основой, задаваемой системой строительных осей, установленной проектом.

Особенностью монолитного строительства является возведение всего здания единым железобетонным монолитом, от фундамента до технического этажа. Технологический процесс его возведения включает следующие последовательные стадии:

- сооружение металлического арматурного каркаса;
- выставление и монтаж вокруг него опалубки;
- бетонирование внутреннего опалубочного пространства.

В такой последовательности возводятся все вертикально расположенные монолитные конструкции. В горизонтально расположенных элементах строительных конструкций в виде балок усиления, плит перекрытия последовательность действий несколько иная: первоначально на проектную отметку выводится горизонтальная плоскость опалубки, далее на нее монтируется арматурный каркас элемента конструкции (вставляется в случаях с балками усиления).

В целом процесс возведения монолитных зданий можно разделить на два цикла:

- устройство фундамента, включая земляные работы по рытью котлована и устройство подготовки основания;
- возведение надземной части здания.

Виды геодезических разбивочных работ при возведении монолитных зданий.

В процессе выполнения строительно-монтажных работ (СМР) при возведении монолитных зданий сопровождающие их геодезические работы делятся на:

- основные с целью построения внешней и внутренней геодезической разбивочной основы (ГРО);
- дополнительные для производства разбивки строительных осей и установочных линий при монтаже конструкций;
- измерения с целью проверки соблюдения пространственного положения смонтированных элементов опалубки конструкций;
- приемочный контроль установленных конструкций и составление исполнительных схем.

Опорная (внешняя) геодезическая сеть создается в заданной (принятой) системе координат, внутренняя геодезическая сеть служит разбивочной основой внутри здания и периодически переносится на верхние этажи (ярусы), или монтажные горизонты.

Разбивка монтажных, вспомогательных осей конструкций и основных установочных осей для монтажа оборудования, по сути, относится к детальным разбивочным работам на монтажном горизонте.

Установка и монтаж ответственных конструкций опалубки, закладных деталей и других элементов сопровождаются геодезическими измерениями для проверки соответствия геометрии элементов опалубки проектному положению.

После снятия опалубки выполняется приемочный контроль несущих конструкций. Для смонтированных конструкций контролируется горизонтальность и вертикальность плоскостей, их смещения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, определяются от-

клонения размеров от проектных значений. По результатам инструментального геодезического контроля составляются исполнительные схемы.

Особенности разбивочных работ, выполняемых на железобетонных поверхностях.

Выполнение геодезических разбивочных работ в монолитно-каркасном строительстве практически всегда осуществляется на бетонных поверхностях. На этапе работ по возведению фундамента после выполнения бетонной подготовки (обычно толщиной от 100 до 200 мм) на ее поверхности осуществляется разбивка основных и промежуточных осей, которые используются при устройстве арматурного металлического каркаса под фундамент. Только при монтаже его верхней части геодезические разбивки выполняются по верху металлических стержней с фиксацией углов по контуру выпусков будущих колонн и стен. Все работы по разбивке осей и закреплению точек их пересечения производится по бетонной поверхности на каждом новом этаже (ярусе), или монтажном горизонте.

На каждом монтажном горизонте, соответствующем проектной отметке этажа, в соответствии с проектом производства геодезических работ (ППГР) и рабочими чертежами в виде планов этажей используются:

- схема ГРО (внешней) с учетом габаритов здания;
- способы передачи высотных отметок и внутренней плановой сети на верхние монтажные горизонты;
- методы и схемы детальных разбивочных работ.

Отметим особенность выполнения разбивочных работ, выполняемых на железобетонных поверхностях.

Перед началом СМР на очередном монтажном горизонте (этаже) выполняется монтаж горизонтальной опалубки, как правило, инвентарной щитовой (фанерной, деревянной, стальной), так называемой «палубы», устанавливаемой на телескопических опорных стойках.

В процессе монтажа контролируется проектная отметка всей плоскости, образованной щитами. Для учета влияния будущей нагрузки стальной конструкции значение проектной отметки увеличивают на 10-20 мм. Поверх горизонтальной плоскости «палубы» монтируется арматурный каркас плиты перекрытия и заливается бетоном. К геодезическим разбивочным работам на перекрытии приступают при первых признаках схватывания бетона и набора им прочности.

Точки внутренней разбивочной сети при этом фиксируются в бетоне дюбелями или другими подручными средствами (маркировкой, откраской и т.п.). По окончании разбивочных работ выполняются контрольные измерения на исходные точки ГРО. После создания внутренней разбивочной сети осуществляются детальные разбивки монтажных осей (вдоль рядов вертикальных арматурных выпусков), которые служат для установки щитов опалубки под колонны, пилоны, стены. Как правило, предварительно необходимо выполнить контрольные линейные измерения между точками внутренней разбивочной сети, чтобы убедиться в том, что внутренняя сеть на этаже создана с требуемой точностью. На практике нередки случаи, когда контрольные измерения существенно (на 10 мм и более) отличаются от исходных величин, полученных при создании ГРО на этаже. При условии, что как ранее выполненные, так и контрольные измерения осуществлялись качественно (с одинаковой приборной точностью), возникает вопрос о природе полученных расхождений.

Все дело в том, что и бетон, и железобетон, и стальная арматура имеют примерно одинаковый коэффициент линейного расширения: 0,000010 для бетона и 0,000012 для железобетона и стали [5]. Поэтому все здания, в том числе и каркасно-монолитные, разделены на отдельные части (блоки), начиная от фундаментов, с температурными деформационными швами между ними величиной 100-150 мм. Размеры блоков каркасно-монолитных зданий устанавливают в пределах от 30 до 50 м.

Перепад среднесуточных температур бетона за счет изменения температуры воздуха в течение суток вызывает расширение плит перекрытия. Летом в дневное время поверхность бетона может нагреваться до 60°C и выше. Перепады температур в дневное и ночное время суток могут достигать 30-40°C.

Например, для железобетонной плиты перекрытия длиной 50 м и перепаде среднесуточной температуры в 30°C получим величину «удлинения» плиты

$$\Delta L = 0,000012 \cdot 50 \cdot 30 = 0,0150 \text{ м} = 15 \text{ мм.}$$

Учитывая длину базисной стороны внутренней геодезической сети, равную 25-30 м, получим изменение ее длины на 7,5-11 мм за счет перепада суточных температур и «удлинения» плиты перекрытия, что существенно повлияет на точность выполнения геодезических разбивочных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве. – М. : ФГУП ЦПП, 2006. – 28 с.
2. СП 126.13330.2017. Геодезические работы в строительстве. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/550965720> (дата обращения: 22.02.2025).
3. ГОСТ Р 58942-2020. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски – М. : Стандартинформ, 2020. – 25 с.
4. СТО НОСТРОЙ 2.1.94-2013. Измерения геометрических параметров зданий и сооружений и контроль их точности – М. : АО «Центральный институт типового проектирования им. Г. К. Орджоникидзе», 2018. – 36 с.
5. Блэзи, В. Справочник проектировщика. Строительная физика./ В. Блэзи. – М. : Техносфера, 2004. – 616 с.

Азаров Борис Федотович – к.т.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: stf-ofigig@mail.ru;

Заикин Илья Владимирович – студент группы 8Спец-31 ФГОУ ВПО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: zaikin_ilya@list.ru.

АНАЛИЗ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ МЕТОДОВ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Л. Н. Амосова, А. А. Рутковский

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Выбор оптимальных методов устройства фундаментов в сейсмических районах – это очень важный вопрос, который требует тщательного исследования и рассмотрения опыта других регионов с подобными сейсмическими условиями. Необходимость этого обусловлена возможным негативным влиянием сейсмической активности и риском разрушения и деформации фундаментов зданий и сооружений. В работе были рассмотрены возможные методы устройства фундаментов в сейсмически активных районах, методы сейсмоизоляции и сейсмозащиты.

Ключевые слова: Строительство, исследование, исследование и выбор, оптимальные методы, фундаменты, устройство фундаментов, основания, сейсмическая активность, сейсмика, Алтайский край.

Ключевым условием сейсмоустойчивости оснований является предотвращение разрушения, сдвига или опрокидывания фундамента при одновременном воздействии стандартных нагрузок и сейсмических сил. При этом грунтовое основание должно сохранять устойчивость, что гарантирует общую стабильность и надёжность системы «сооружение – основание».

Сейсмические силы возникают в результате взаимодействия между грунтом, подверженным колебаниям во время землетрясений, и конструкцией здания. По своей природе эти силы являются инерционными, а по характеру воздействия – динамическими. Интенсивность сейсмических нагрузок определяется силой колебаний грунта, динамическими свойствами конструкции, а также её собственными колебаниями, возникающими из-за исходных параметров движения грунта.

При проектировании оснований и фундаментов зданий, предназначенных для строительства в сейсмически активных регионах, необходимо проводить расчеты с учетом как основных, так и специальных сочетаний нагрузок, включая сейсмические воздействия.

Рассматривая сейсмическую активность на территории Алтайского края, стоит выделить наиболее активные районы. К таким наиболее активным районам стоит отнести Алтайский, Быстроистокский, Красногорский, Краснощекровский, Чарышский районы. Карта районов Алтайского края представлена на рисунке 1.

Что касается традиционных методов устройства фундаментов, в условиях сейсми-

ки могут применяться как забивные, так и набивные сваи. Набивные сваи следует использовать в маловлажных связных грунтах, если их диаметр составляет не менее 40 см, а соотношение длины к диаметру – не меньше 25. В структурно-неустойчивых грунтах применение набивных свай допускается только с неизвлекаемыми обсадными трубами. Обязательным условием является армирование набивных свай с минимальным относительным значением, равным 0,05.

В районах с сейсмической активностью успешно используются свайные фундаменты с промежуточной песчаной подушкой для распределения нагрузки. Для того, чтобы свайные фундаменты с промежуточной подушкой обеспечивали распределение сейсмических нагрузок, необходимы определенные соотношения между размерами свай, оголовков и промежуточной подушки. В связи с этим, толщина подушки над оголовками свай определяется в зависимости от расчетной нагрузки на одну сваю: она составляет 40 см для нагрузки в 600 кН и 60 см при нагрузках, превышающих 600 кН. Параметры фундаментного блока в плане должны превышать размеры свайного куста по наружным граням оголовков. Размеры промежуточной подушки в плане должны быть больше размеров фундаментного блока не менее чем на 30 см с каждой стороны.

Существуют также различные методы сейсмоизоляции сооружений, которые можно применять в сейсмически опасных районах. Такие решения предполагают модификацию массы и жесткости, а также демпфирование системы, зависящее от

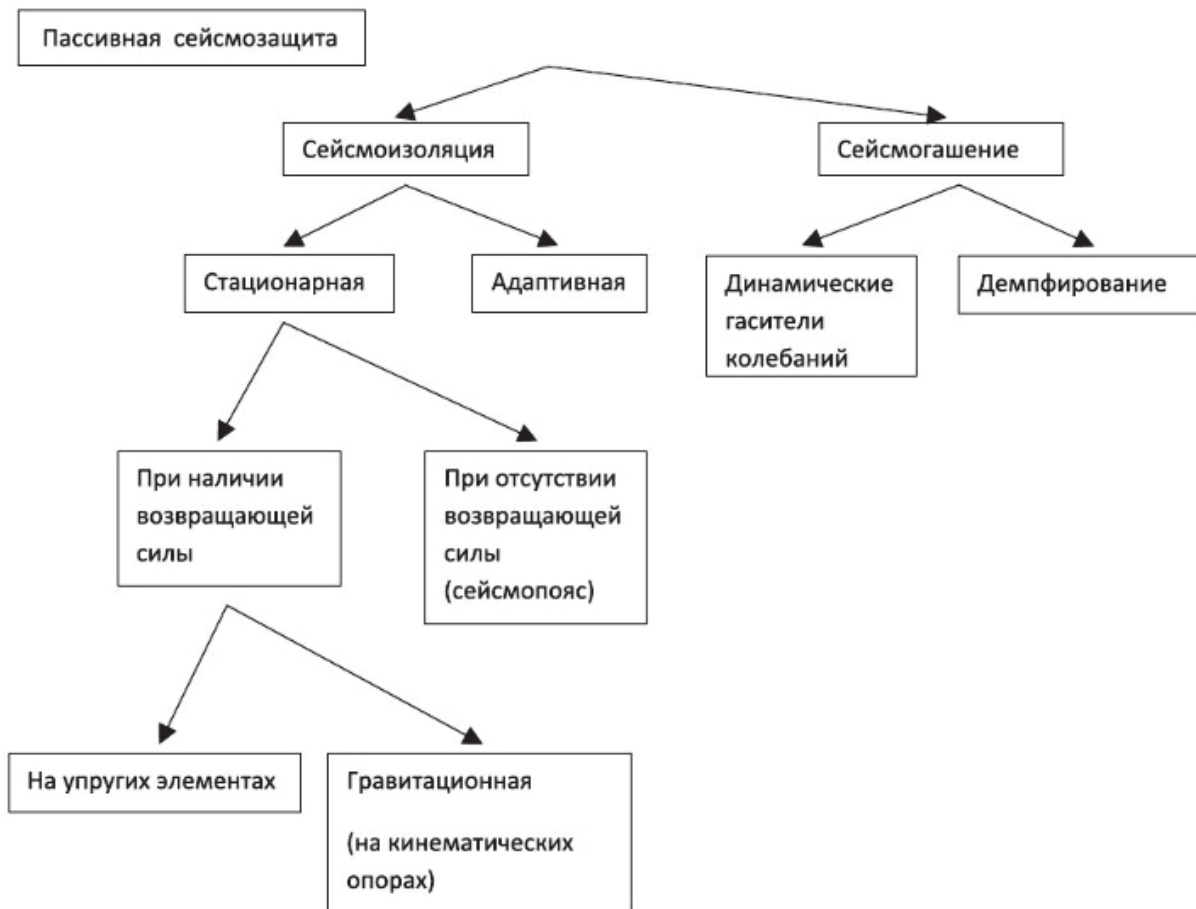


Рисунок 2 – Классификация систем пассивной сейсмозащиты фундаментов по принципу их работы

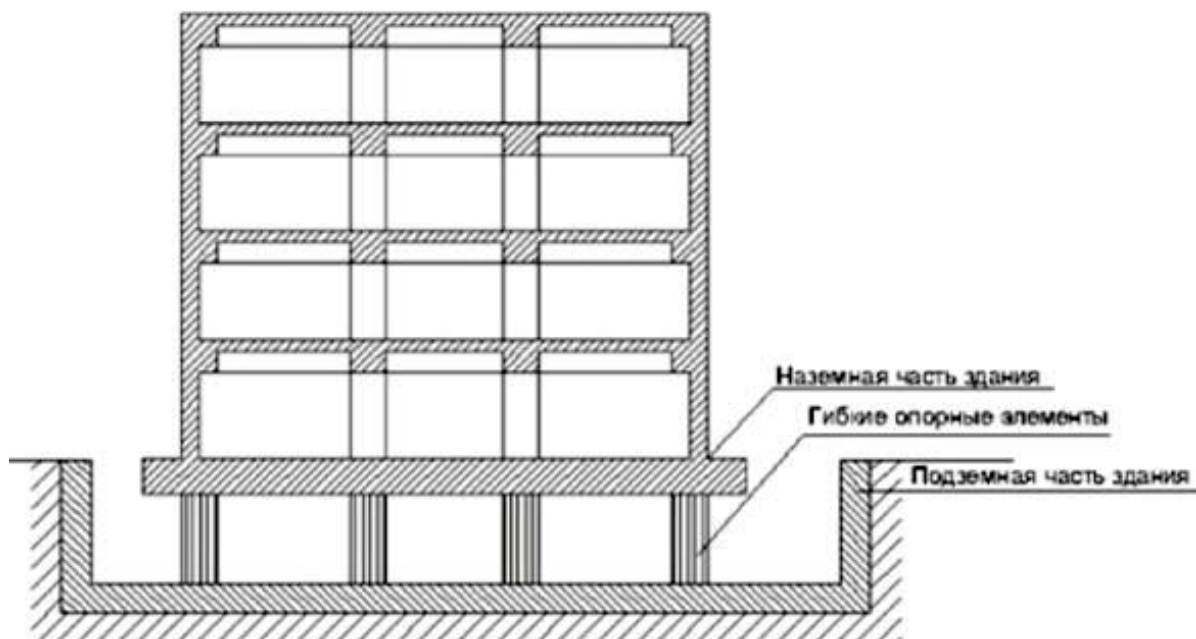


Рисунок 3 – Схема здания с гибким нижним этажом

Обычным методом реализации сейсмоизоляции в условиях наличия возвращающей

АНАЛИЗ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ МЕТОДОВ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

силы являются здания с эластичным нижним уровнем. Эластичный этаж может быть представлен в виде каркасных колонн, упругих опор, свай и других подобных решений. Один из вариантов конструкции включает гибкие опоры, изготовленные из комплекта упругих стержней небольшого диаметра, которые располагаются между наземной и подземной частями сооружения.

Здания, с использованием резинометаллических и резинопластиковых опор сжатия, стали популярными за границей, например в Европе и Японии.

В настоящее время существует несколько типов резинометаллических упругих опор сжатия, включая французский, новозеландский, американский и итальянский варианты, а также некоторые другие.

Для предотвращения чрезмерной осадки зданий под нагрузкой от собственного веса, опоры выполняются жесткими в вертикальной плоскости и податливыми в горизонтальной плоскости.

Благодаря упругим свойствам резины, резинометаллические опоры обладают высокой прочностью при сжатии, растяжении и кручении.

Однако стоимость самих фундаментов оказывается значительной и может достигать 30% от стоимости здания. Помимо этого, такие опоры обладают малой временной надежностью [1]. На рисунке 3 представлена схема здания с гибким нижним этажом.

К плюсам устройства фундаментов с

данным типом опор можно отнести их высокие эксплуатационные характеристики в условиях сейсмике, удобство монтажа и т.д.

К минусам можно отнести небольшой объем производства таких опор и высокую их стоимость, а также малое количество специалистов способных верно рассчитать работу опорных элементов в условиях сейсмике и правильно их смонтировать.

Подводя итоги работы, стоит заметить, что хоть антисейсмические опоры и показывают лучшие в сравнении с другими методами результаты, внедряются не столь активно как привычные методы устройства фундаментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тыркина, О. В. Конструктивные решения и методы расчета зданий на сейсмоизолирующих опорах из хлорпренового каучука (Франция) / О. В. Тыркина // Сейсмостойкое строительство. Реф. сб. Сер.14 – М. : ВНИИИС. – 1985. – Вып.14. – с. 1-8.

Амосова Лариса Николаевна – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: larisa1708@bk.ru;

Рутковский Артем Арнольдович – студент группы 8С(з)-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: artem-2000_10@mail.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ ПК АДЕПТ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА НА ПРИМЕРЕ ПЛАНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ СМЕТЫ

О. С. Анненкова, А. Ю. Воронкова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассматриваются вопросы составления графика производства работ на основе сметы в ПК Адепт и возможности его использования для оптимизации работы производственно-технического отдела.

Ключевые слова: ПК Адепт, среда общих данных, 3D модель, график производства работ, смета, спецификация, ПТО, технологии информационного моделирования, цифровизация, автоматизация.

Производственно-технический отдел, далее ПТО, выполняет широкий спектр работ по организации строительного процесса согласно СП 301.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами».

Производственно-технический отдел (ПТО) – это подразделение юридического лица, выполняющего строительные работы, обеспечивающее планирование и управление процессом строительства [2]. Инженеры данного отдела могут принимать активное участие в планировании и ведении объекта практически на всех этапах жизненного цикла здания или сооружения от формирования исходно-разрешительной документации для проектирования, инициирования проведения инженерных изысканий, формирования технического задания на проектирование до сдачи законченного строительством объекта в эксплуатацию.

Так как любая работа, производимая на строительной площадке, требует тщательной подготовки (определение строительной бригады, закупка и поставка материала, схема движения специальной техники, последовательность произведения работ, в т.ч. по захваткам), составление графика производства работ (далее ГПР) становится необходимостью для контроля продолжительности строительства.

Составление ГПР вручную достаточно трудоемкий процесс, который может не охватить какой-либо из важных этапов проведения работ. К тому же не существует идеально спланированного графика, иногда строительство может быть весьма непредсказуемым из-за чего приходится пересматривать ранее разработанный алгоритм действий [3]. В данном случае автоматизация этого процесса в

разы повышает эффективность работы инженера ПТО.

Любая новая технология – это следствие решения какой-либо проблемы. Поэтому со временем, когда появилась потребность в автоматизации и цифровизации задач строительной отрасли, началась разработка технологии информационного моделирования или кратко ТИМ. Данная технология позволяет создавать цифровые информационные модели (ЦИМ), которые на стадии строительства применяют для планирования, анализа и контроля производства строительномонтажных работ, поставки материалов и оборудования, выполнения контрольных мероприятий и мероприятий по соблюдению техники безопасности.

Потребность в сокращении времени на взаимосвязь между участниками строительства тоже решает ТИМ с помощью среды общих данных (СОД) [4] – комплекса программно-технических средств, представляющих единый источник данных, обеспечивающий совместное использование информации всеми участниками инвестиционно-строительного проекта [1].

В качестве примера данная статья рассматривает ПК Адепт, который является СОД, обеспечивающей наиболее полный набор инструментов для цифровизации всех процессов строительства (рисунок 1).

На базе платформы Адепт управление строительством будет показана связка: ЦИМ – Ведомость элементов – Смета – График производства работ.

Данная связка в программе Адепт: Управление строительством реализована благодаря тому, что, выгружая 3D модель в формате IFC в виде спецификации (ведомости объемов и элементов), мы получаем не

**ПРИМЕНЕНИЕ ПК АДЕПТ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ
ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА НА ПРИМЕРЕ ПЛАНИРОВАНИЯ
СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ СМЕТЫ**

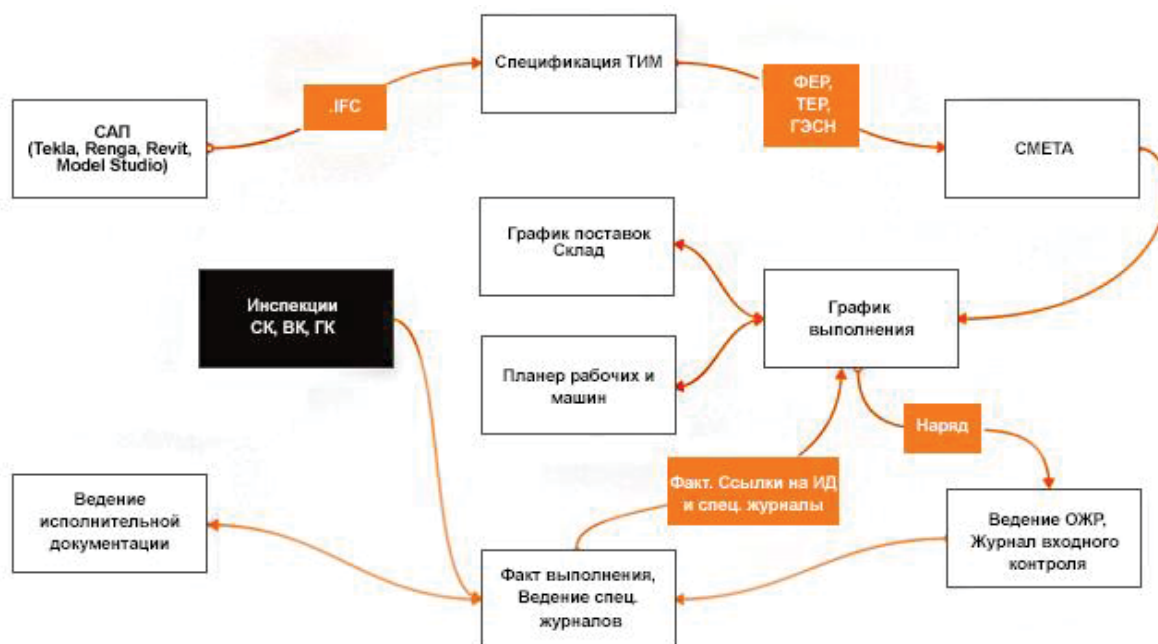


Рисунок 1 – Алгоритм работы в ПК Адепт

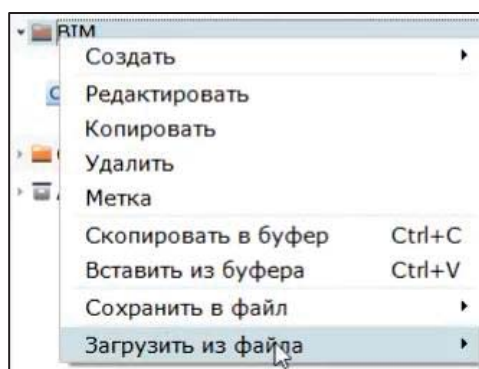


Рисунок 2 – Импорт файлов спецификации BIM в формате IFC

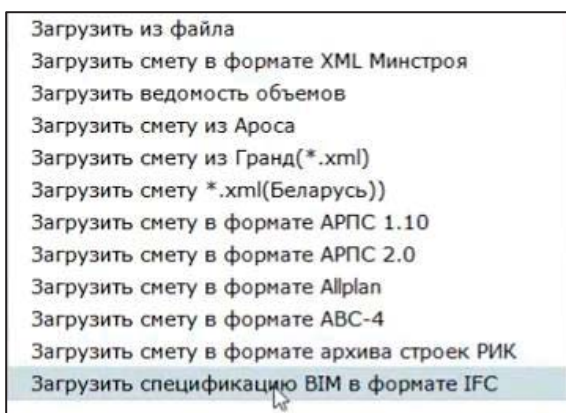


Рисунок 3 – Импорт файлов спецификации BIM в формате IFC

только информацию для создания смет, но и последовательность проведения работ, а

также количество захваток. Далее после начисления всех сметных норм и расценок, благодаря информации о составе бригад, о наличии необходимых механизмов и материалов можно составить подробный ГПР, который будет автоматически изменяться при внесении изменений в смету или в зависимости от внесения информации о фактическом выполнении работ.

Для того, чтобы выгрузить спецификацию BIM, необходимо в левой части экрана создать папку и нажатием правой кнопки мыши выбрать «Загрузить из файла» – «Загрузить спецификацию BIM в формате IFC» (рисунки 2, 3). Во всплывающем окне выбираем необходимый файл, который можно выгрузить из различных программных комплексов: Tekla, Revit, ModelStudio и др. В новом всплывающем окне отобразится информация о загружаемом файле, а отсутствие предупреждений и ошибок говорит о том, что он успешно импортирован (рисунок 4).

Выгруженная модель разбита на захватки, где каждому элементу присвоено место в иерархической структуре. Раскрыв строчку, мы можем увидеть элементы, нажав на один из которых, открывается окно с информацией о нём (рисунок 5).

В Атрибутах указаны дополнительные данные объекта, например, объем конструкции, высота, ширина и т.п. С помощью этих данных, впоследствии, возможно расценивание сметы и составление графика производства работ. Во вкладке «Классификаторы»

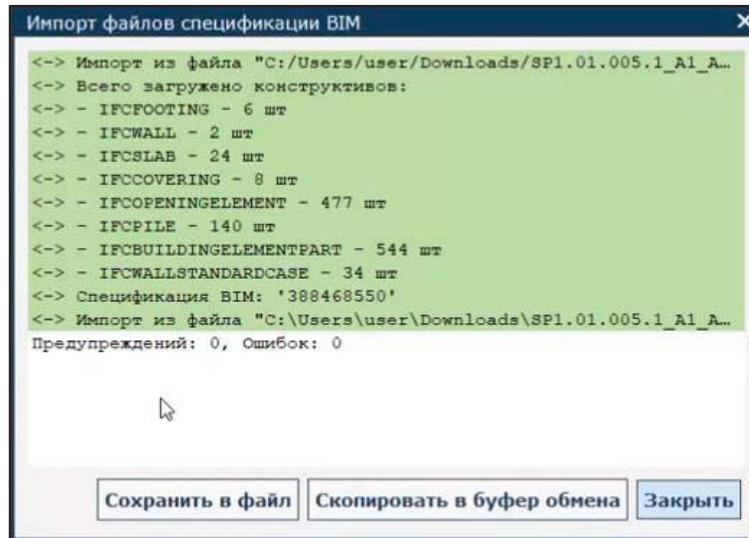


Рисунок 4 – Импорт файлов спецификации BIM в формате IFC

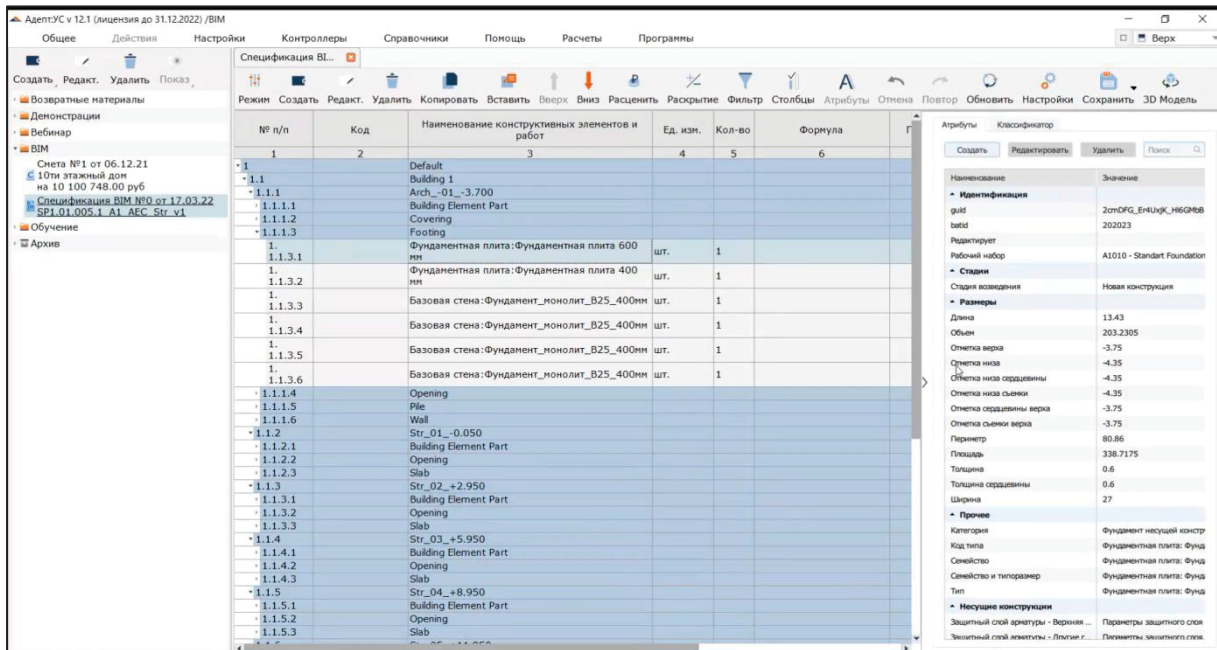


Рисунок 5 – Выгруженная спецификация BIM

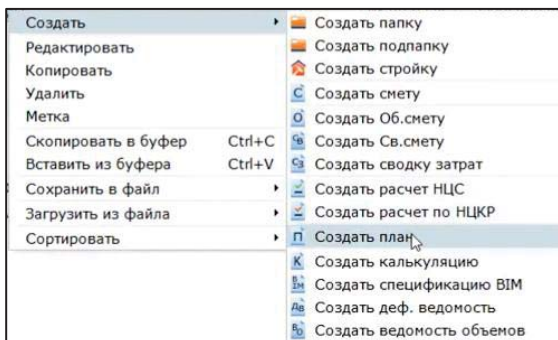


Рисунок 6 – Создание ГПР на основе сметы

указан номер захватки, который назначает заказчик или проектировщик. Далее производится расценивание элементов с учетом действующих методик расчета и нормативной базы. Мы же рассмотрим составление графика производства работ на основе полученной сметы.

Для создания ГПР необходимо выбрать команду «Создать план» (ПКМ по нужной папке – «Создать» – «Создать план», рисунок 6). После выбора этой команды появляется окно создания плана (рисунок 7). Строки «Стройка», «Заказчик», «Подрядчик» можно

**ПРИМЕНЕНИЕ ПК АДЕПТ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ
ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА НА ПРИМЕРЕ ПЛАНИРОВАНИЯ
СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ СМЕТЫ**

Проект

№ проекта: _____

Наименование проекта: _____

Стройка: _____

Заказчик: _____

Подрядчик: _____

Приложение к договору подряда № _____ от ДД.ММ.ГГГГ

Этап строительства: Строительно-монтажные работы

Шаблон для столбцов: Шаблон по умолчанию

Сметы, Планы и Калькуляции №№ (в порядке исполнения):

№ в проекте	Сметы, планы и калькуляции	Подрядчик	Примечание

База для загрузки ТЗМ/ЗПМ: _____

База для загрузки составов работ : _____

Для работ не из смет использовать

Изм = 1 Изпм = 1 Им = 1 Иом = 1

Текстовые строки загружать как подразделы

Привязать материалы к вышестоящим работам

Загружать ЗПМ из сметы

Не загружать НДС из сметы

Расчет стоимости

Расчетная от ресурсов

План=смета

Сохранить Отмена

Рисунок 7 – Создание ГПР на основе сметы

АдентУС v 12.1 (лицензия до 31.12.2022) / BIM/план №1

Общее Действия Настройки Контроллеры Справочники Помощь Расчеты Программы

Создать, Редакт., Удалить, Показ, ...

Возвратные материалы

Демонстрация

Вебинар

BIM

Смета №1 от 06.12.21
10ти этажный дом
на 10 100 748.00 руб

Спецификация BIM №10 от 17.03.22
SP1.01.005.1_AI_АЭС_Стр_v1

Смета №2 от 17.03.22
10 эт дом
на 0.00 руб

План №1 по см.№1
10ЭТ.дом

Обучение

Архив

План №1

Режим План Этапы Вид экрана Добавить Удалить Отмена Повтор Управление Фильтр Сбор факта Акты Захватки Печать Вверх Вниз Настройки Концовки Прив. ресурсы

(Пересчитать этапы)

№	i	Наименование работ	ЕИ	Кол-во	Пл. пр. дн	п
1		10 эт.дом			56 дн	
2		Смета №1 "10ти этажный дом"			56 дн	
3		Раздел "02-01-01-Свайное о...			8 дн	руб;
4		Сваи-колонны железобетонн...	нЗ	170.6523...		
5		Погружение железобетонных...	нЗ	168.9153...	7.9 дн	руб; 168.915320832 н...
6		Раздел "02-03-01-Фундамен...			1 дн	руб;
7		Устройство фундаментных пл...	нЗ	7.293	0.3 дн	руб; 7.293 нЗ;
8		Раздел "04-01-01-Стены вы...			56 дн	
9		Устройство железобетонных ...	нЗ	159.9449...	56.0 дн	
10		Раздел "04-01-02-Стены вы...			21 дн	
11		Устройство железобетонных ...	нЗ	57.575645	20.2 дн	
12		Раздел "04-01-03-Стены вы...			21 дн	
13		Устройство железобетонных ...	нЗ	57.40029...	20.1 дн	
14		Раздел "04-01-04-Стены вы...			21 дн	
15		Устройство железобетонных ...	нЗ	57.405305	20.1 дн	
16		Раздел "04-01-05-Стены вы...			21 дн	
17		Устройство железобетонных ...	нЗ	57.40029...	20.1 дн	
18		Раздел "04-01-06-Стены вы...			21 дн	
19		Устройство железобетонных ...	нЗ	57.38120...	20.1 дн	
20		Раздел "04-01-07-Стены вы...			21 дн	
21		Устройство железобетонных ...	нЗ	57.36600...	20.1 дн	

Начало: 17.03.2022. Исполнение: 56 дней. Окончание: 02.06.2022. Всего по этапу: руб. Ред: План №1. Просс: План №1.

Рисунок 8 – Создание ГПР на основе сметы

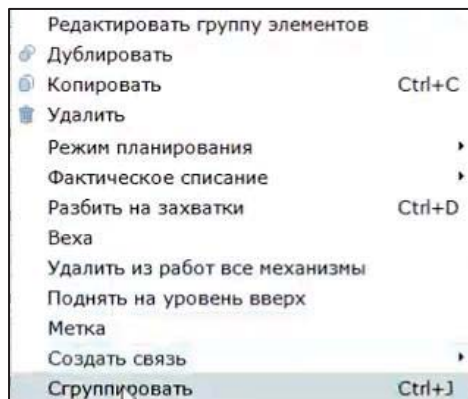


Рисунок 9 – Команда «Сгруппировать»

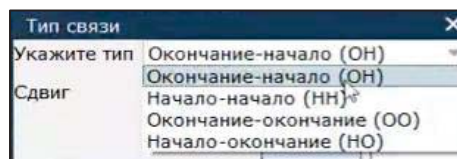


Рисунок 10 – Настройка типа связи

Задача: 5. Погружение железобетонных свай вдавливанием статической нагрузкой 120 т, длина свай свыше 10 до 16 м. План №1 / Факт №1

Показатели	Договорные	Плановые (План №1)	Фактические (Факт №1)	Клп	
Трудоемкость, ч	315.871649956	315,87165	0	1.00	0.00
Продолжительность, ч	63.174	64	0	1.01	0.00
Продолжительность, дн.	7.897	7,9	0		
Выработка в сутки	4.277961779	4.276337236	0	1.00	0.00

Документы ИД
 КС2/Предлания

Сохранить Отмена

Рисунок 11 – Вкладка «Показатели»

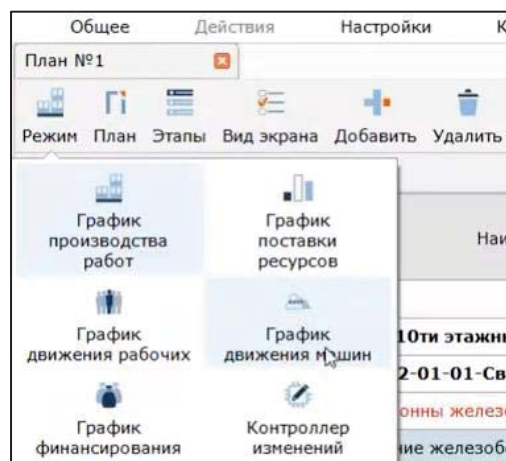


Рисунок 12 – Режимы отображения графика

ПРИМЕНЕНИЕ ПК АДЕПТ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА НА ПРИМЕРЕ ПЛАНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ СМЕТЫ

заполнить как вручную, так и автоматически, если план создан в Стройке. Нажав на «плюсик» выбираем необходимую смету, которая должна находиться в одной папке с планом.

Чтобы план рассчитывал зарплату и состав работ в двух последних строках необходимо выбрать нужные базы.

В созданном графике все работы разбиты на группы и идут в порядке, указанном в смете. На графике присутствуют данные о трудоёмкости (рисунок 8).

При необходимости график можно редактировать вручную: объединять работы (команда «Сгруппировать», рисунок 9); добавлять связи, чтобы настроить последовательность начала работ в соответствии с производственными процессами (рисунок 10); редактировать продолжительность работы, т.к. по умолчанию она нормативная (команда «Редактировать» – вкладка «Показатели», рисунок 11) и т.д.

Также в разделе редактирования можно просмотреть всю информацию, которая перенеслась из сметы в остальных вкладках: люди, механизмы, материалы, стоимость, состав работ, связи. Помимо этого, программа позволяет отображать различные режимы просмотра графика (рисунок 12).

Данная информация позволяет оптимизировать процесс планирования строительных работ на всех этапах СМР, а также помогает популяризировать внедрение технологий информационного моделирования в производственно-технические отделы, что поспо-

собствует повышению эффективности работы инженера ПТО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 471.1325800.2019. Информационное моделирование в строительстве. Контроль качества производства строительных работ. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/564543308> (дата обращения: 10.02.2025).

2. СП 301.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/555664724> (дата обращения: 10.02.2025).

3. Савченко, Р. Н. Сложности внедрения BIM в строительстве / Р. Н. Савченко // Вопросы науки и образования. – 2018. – № 27 (39). – С. 23-26.

4. Савенко, А. И. Среда общих данных при реализации строительных объектов с применением BIM / А. И. Савенко, П. В. Черенков // CAD & GIS for roads. – 2019. – № 2 (13). – С. 4-11.

Анненкова Ольга Семеновна – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: 222-ru@mail.ru;

Воронкова Анастасия Юрьевна – студент группы 8Соим-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: nastavoronkova46788@gmail.com.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ НА СОВРЕМЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ

О. С. Анненкова, Д. И. Кушнерева, Е. А. Бисс

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассматриваются применяемое в современном строительстве структурное остекление. В ходе исследования были изучены основные типы светопрозрачного структурного и полуструктурного остекления, их свойства и особенности применения в строительстве. Рассматриваются виды, способы их установки и правильной фиксации. Статья позволяет получить представление о том, как структурное остекление влияет на качество современных зданий.

Ключевые слова: структурное остекление, полуструктурное остекление, конструктив, ступенчатое остекление, однокамерный стеклопакет, двухкамерный стеклопакет, герметик гидроизоляционный, герметик пароизоляционный.

В современном строительстве светопрозрачные конструкции находят широкое применение. В каждом новом общественном и жилом здании стеклянные фасады заполняют все больше пространства, чем серые стены. Одним из них является структурное остекление.

Существует следующие разновидности структурного остекления:

- структурное остекление (частично рамное);
- полуструктурное остекление (комбинированное).

В полностью структурном остеклении фасадные панели крепятся к каркасу здания при помощи специальных клеев, не используя видимые рамы (рисунок 1). Клеятся как отдельные стеклопакеты, так и цельные панели. Клей заменяет габаритные конструкции из металла, его практически не заметно на фоне остекления, если грамотно подбирать цвета клея под стекло.

Для фиксации используется два метода. Двухсторонний метод позволяет фиксировать стеклопакеты с двух сторон к низу и верху фасада, а между собой склеивать специальным герметиком. Четырехсторонний метод позволяет полностью фиксировать стеклопакеты на герметик без помощи прочих элементов, это придает фасаду изящную монолитную поверхность из стекла. Этот метод остекления имеет много различных преимуществ:

- долговечность;
- светопропускаемость;
- монолитность;
- хорошая герметизация и звукоизоляция;
- легкообслуживаемость.

Данная система обеспечивает достаточно хорошую герметизацию фасада, обеспечивая защиту от проникновения влаги и продуваний в местах стыков стеклопакетов.

Технология дорога в применении, т.к. необходимо достаточно точно определять воздействия ветровых нагрузок, пропускания и продувания снаружи, кривизну здания (рисунок 2).

В полуструктурном остеклении используются методы фиксации стеклопакетов. Этот метод позволяет добиться максимальной монолитности стеклянного фасада (рисунок 3).



Рисунок 1 – Состав стеклопакета структурного остекления



Рисунок 2 – Полное структурное остекление

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ НА СОВРЕМЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ

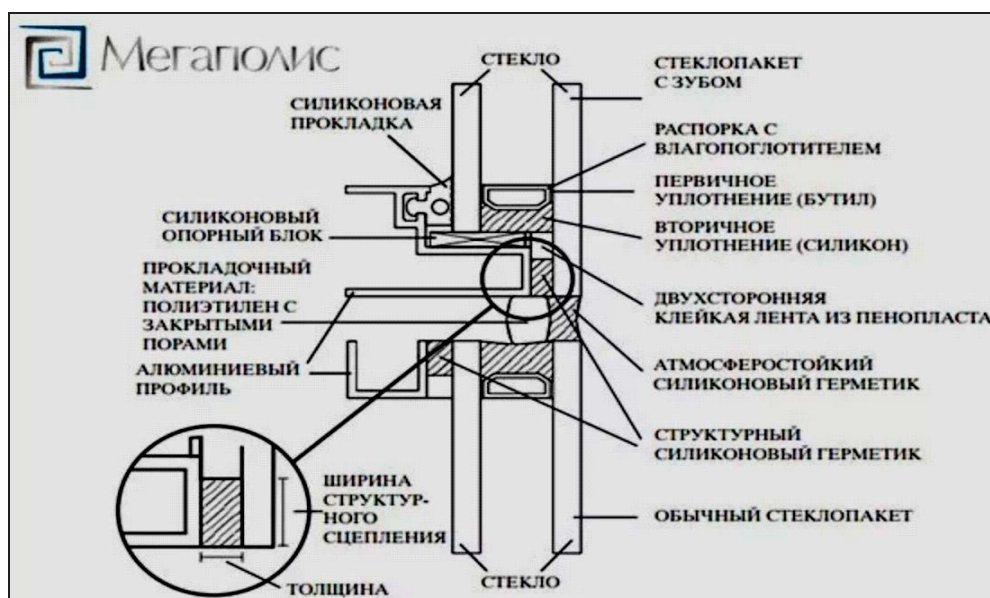


Рисунок 3 – Монтажный узел полуструктурного остекления

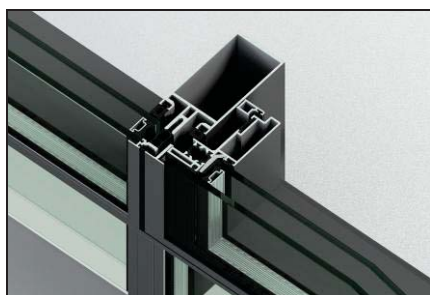


Рисунок 4 – Система полуструктурного остекления

Данный подход применяется в ситуациях, когда здание задумано выполнить в нестандартном остеклении фасада. При применении обычного структурного остекления добиться нужного результата будет практически невозможно. Исходя из этого, применяют два различных подхода полуструктурного остекления.

Первым вариантом является создание ступенчатого стеклопакета (рисунок 4). Этот способ является классической связкой с модерном. В первую очередь происходит формирование каркаса, состоящего из стоечно-ригельной или ригель-ригельной систем. Далее на них фиксируют стеклопакеты с зубцом, при помощи специальных присосок, для дальнейшего закрепления на полурамке.

Во втором варианте используют тонкие прижимные рамки, чтобы создать имитацию цельного остекления. Тем самым создается фасад, который практически ничем не отличается от структурного фасада. Кроме того, он способен выдерживать большие ветровые нагрузки.

- К достоинствам этих методов относятся:
- стоимость значительно ниже, чем у полного структурного остекления;
 - возможность выдерживать больше нагрузки;
 - применение обычных стеклопакетов;
 - гибкость конструкций;
 - выдерживание больших температур.

В структурном остеклении используют специальные стеклопакеты. Они могут быть как однокамерные, так и двухкамерные. При этом, наружное стекло обязательно должно быть больше, чем внутреннее. Это позволяет надежно примыкать стеклопакеты к алюминиевому каркасу. Стекла в данном стеклопакете могут устанавливаться как 4 мм, так и 6 мм. Наружное стекло изготавливается из закаленного стекла, а внутреннее стекло состоит из триплекса. Для сохранения монолитности и целостности стеклянного фасада между установленными стеклопакетами необходимо делать зазор минимум 1 см. Это так же поможет защитить стекло от деформаций, происходящих вследствие ветровых нагрузок и температурных перепадов. Эти зазоры необходимо заполнять специальными силиконовыми герметиками, которые не только герметизируют стеклянный фасад, но и обеспечивают надежное скрепление стеклопакетов между собой в единое целое.

Чтобы правильно подобрать герметики для структурного остекления, необходимо знать следующие критерии, применяемые к ним:

- 1) В первую очередь необходимо учитывать атмосферостойкость и сопротивление к

разрушению при ультрафиолетовых излучениях.

2) Необходимо учитывать поверхность нанесения, она может быть не только сухой, но и влажной.

3) Поведение герметика при отрицательных температурах.

4) Текучесть герметика.

5) Диапазон деформаций не должен быть больше 25%.

6) Хорошая адгезия к любым примыканиям, а также к стеклопакету.

Для структурных остеклений применяют следующие виды герметиков:

- силиконовый (Dow Corning 791 – $\pm 40^\circ$);

- полиуретановый (Tytan, Germet.Pro600, GORFEN, Sila, LAKMA);

- акрил-силиконизированный (GFLEX);

- мс-полимерный, нс-полимерный (АДВАФЛЕКС 3202, SIMP SEAL 25 MS).

Все эти герметики обязательны при возведении структурного остекления. Для того, чтобы они правильно работали, необходимо знать последовательность для их нанесения:

- очистить поверхность перед нанесением;

- обезжирить рабочую поверхность;

- наклеить малярный скотч с обеих сторон;

- нанести герметик равномерно по всему периметру швов, выдавливая из баллона с одинаковой силой;

- равномерно распределить герметик (рисунок 5).

Монтаж структурного остекления производится после правильного и точного расчета всех конструктивных элементов структурного остекления. Необходимо провести анализ на проверку ветровых нагрузок, нагрузок от собственного веса, определить положение всех конструкций в плоскости, произвести расчет и выбор материалов для монтажных швов. Необходимо уделить большое внимание герметикам, т.к. они являются ключевыми в данной конструкции.

Монтаж осуществляется четырехсторонним или двух сторонним способами.

1) Выставляют в нужном положении все стойки и ригели, соединяя их между собой при помощи закладных и сухарных элементов. Возводя конструкцию в вертикальном положении, её крепят к плитам перекрытия либо к несущим стенам здания с помощью специальных кронштейнов. Таким элементам необходимо также уделять внимание, ведь за счет них держится конструкция. Необходимо правильно рассчитать кронштейн на действия всех нагрузок и моментов, чтобы в дальнейшем не было печальных последствий. Иногда установка некоторых элементов каркаса не требует установок ригелей. В таких случаях крепление делается только в местах примыкания стеклопакетов к перекрытиям.

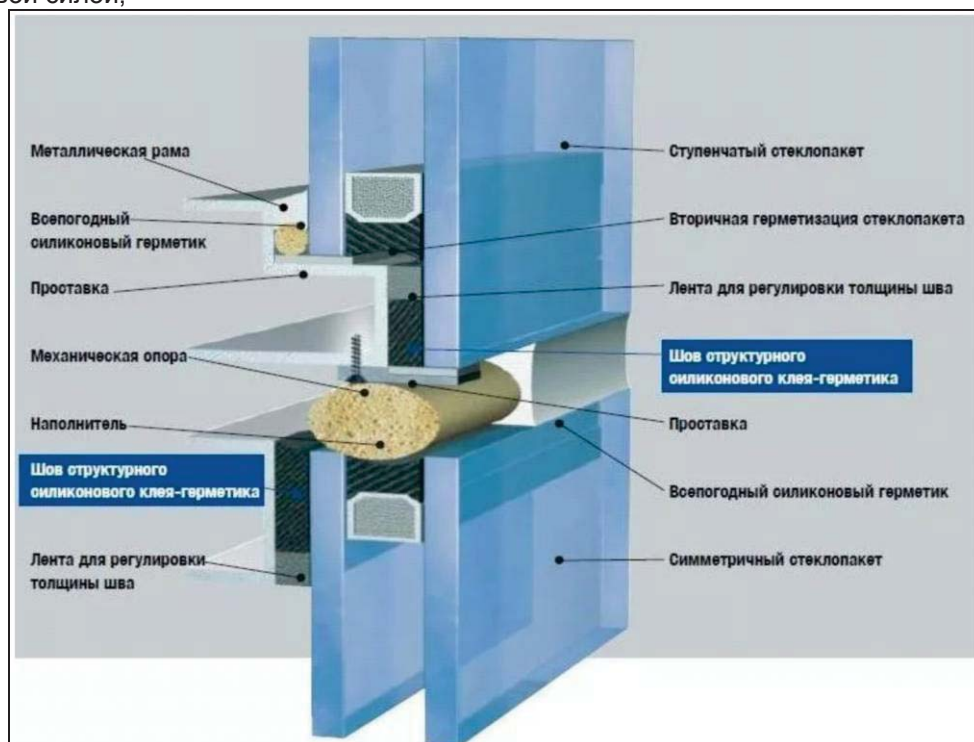


Рисунок 5 – Место нанесения и распределения герметика в стеклопакетах

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ НА СОВРЕМЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ



Рисунок 6 – Вакуумная присоска для удержания стеклопакетов

2) В пазы по бокам стеклопакетов вставляются прижимные крепежные элементы, необходимые для удержания стеклопакетов. Для этого стеклопакет ставят на опорные подкладки ригеля и фиксируются с помощью крепежных элементов к каркасному профилю. Опорные подкладки могут быть как пластиковые, так и металлические. В зависимости от нагрузки стеклопакета происходит выбор подкладок. Если стеклопакет не превышает 100 килограмм, то используются пластиковые подкладки, более 100 килограмм – металлические подкладки. Кроме крепления стеклопакетов с помощью саморезов, можно крепить с помощью герметиков.

3) После того, как выполнены все швы, необходимо промазать герметиком все места примыкания, а так же заделать их декоративными крышками или декоративным слоем структурного герметика.

Для монтажа стеклопакетов на большой высоте или крупногабаритных изделий ис-

пользуют кран. В этом случае монтаж происходит с наружной стороны.

Для удержания стеклопакетов при монтаже используют специальные присоски, с помощью которых стеклопакет достаточно плотно цепляется и без каких-либо трудностей поднимается на требуемый этаж (рисунок 6). Монтаж происходит с люлек, которые подвешиваются на верху здания.

Выбор правильных элементов и герметиков структурного остекления имеет решающее значение для обеспечения достаточной герметичности и устойчивости конструкции.

Таким образом, можно сделать вывод, что светопрозрачные конструкции являются очень важным элементом в строительстве, без которого ни одно здание не может полноценно существовать. Структурное остекление в современной жизни играет большую роль, благодаря которому строительство всё больше и больше переходит от серых стен к стеклянным фасадам.

Анненкова Ольга Семеновна – к.т.н.,
доцент кафедры «Технология и механизация
строительства», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.
И. Ползунова, E-mail: 222-ru@mail.ru;

Кушнерева Дарья Ивановна – студент
группы 8С(з)-41 ФГБОУ ВО АлтГТУ им.
И. И. Ползунова, E-mail: kushnerivad@mail.ru;

Бисс Егор Александрович – студент
группы 8С(з)-41 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И.
Ползунова, E-mail: egorbiss7@gmail.com.

ТИПЫ ДРЕНАЖНЫХ НАСОСОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В МНОГОКВАРТИРНОМ ДОМЕ

Н. О. Арзамазов, И. А. Бахтина

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрены виды и особенности дренажных насосов, достоинства и недостатки их применения в системе водоотведения, а также основные параметры для подбора насосов.

Ключевые слова: дренажные насосы, система водоотведения, погружной насос, полупогружной насос, откачивание воды.

Системы дренажа играют важную роль в обеспечении комфорта и безопасности многоквартирных жилых домов. Выбор подходящего дренажного насоса является ключевым фактором, влияющим на надежность и эффективность работы этих систем [1].

Дренажные насосы – это агрегаты для перекачивания жидкостей разной концентрации. Используют дренажные насосы для ряда целей и задач в частных домах, на загородных участках, дачах. Работа этого агрегата доступна только при наличии в жидкостях не более 10 % примесей. В конкретных моделях насосов определяют допустимую концентрацию примесей и максимально допустимые диаметры фракций твердых частиц. Применять дренажный насос нужно исключительно по установленным техническим характеристикам.

В настоящей статье проводится анализ трех основных типов дренажных насосов, применяемых в многоквартирных жилых домах: погружные, полупогружные и насосные станции [2, 3].

Погружной дренажный насос приведен на рисунке 1.

Принцип работы: погружной насос работает по принципу центробежного насоса. Электродвигатель вращает рабочее колесо (крыльчатку) внутри корпуса насоса. Под действием центробежной силы вода из нижней части насоса засасывается в рабочее колесо, разгоняется и затем выталкивается через выходной патрубок. Поплавковый выключатель контролирует уровень воды и включает/выключает насос в зависимости от этого уровня.

Конструкция (рисунок 2): насос и электродвигатель герметично объединены в единый корпус. Погружаются непосредственно в откачиваемую воду. Входное отверстие для воды расположено в нижней части корпуса, выходное – сбоку или сверху. Могут быть ос-

нащены поплавковым выключателем и сетчатым фильтром.

Преимущества:

- Компактность и легкость размещения в узких приемках.
- Простота установки и отсутствие сложных монтажных работ.
- Автоматическая работа (при наличии поплавкового выключателя).
- Достаточная надежность при правильной эксплуатации.



Рисунок 1 – Погружной дренажный насос

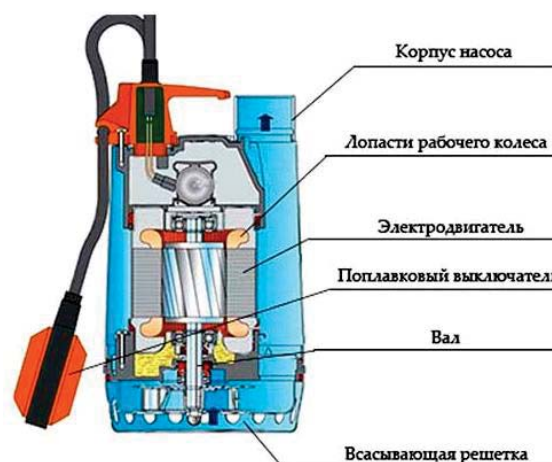


Рисунок 2 – Конструктивные элементы погружного дренажного насоса

ТИПЫ ДРЕНАЖНЫХ НАСОСОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В МНОГОКВАРТИРНОМ ДОМЕ



Рисунок 2 – Полупогружной дренажный насос



Рисунок 3 – Дренажные насосные станции

- Относительно низкая стоимость.

Недостатки:

- Подверженность засорению и необходимость периодической чистки.
- Сложность обслуживания и ремонта (необходимость извлечения из воды).
- Ограничение по максимальной глубине погружения.

Полупогружной дренажный насос приведен на рисунке 2.

Применение: откачивание грунтовых вод из подвалов, удаление воды после аварий, откачивание дождевой воды из ливневых колодцев, временная откачка воды при ремонтных работах.

Принцип работы: полупогружной насос также работает по принципу центробежного

насоса. Всасывающий шланг, погруженный в воду, забирает ее и подает к насосной части, расположенной на поверхности. Рабочее колесо вращается, создавая разрежение, которое засасывает воду через шланг. После этого вода под давлением выталкивается через выходной патрубок. Поплавковый выключатель контролирует уровень воды и включает/выключает насос.

Конструкция: электродвигатель и насосная часть разделены. Насос располагается на поверхности, а в воду погружается только всасывающий шланг. Могут быть оснащены поплавковым выключателем и обратным клапаном.

Преимущества:

- Меньшая подверженность засорению благодаря всасывающему шлангу с фильтром.
- Удобство обслуживания, не требующее извлечения насоса из воды.
- Повышенная производительность по сравнению с погружными насосами.

Недостатки:

- Менее компактные и требуют свободного места для размещения.
- Менее мобильные по сравнению с погружными насосами.
- Более высокая стоимость.

Применение: откачивание воды из больших резервуаров, затопленных помещений, откачивание воды с большим количеством примесей, дренажные системы с ограниченным доступом к приямку.

Дренажные насосные станции приведены на рисунке 3.

Принцип работы: дренажная насосная станция обычно включает один или несколько насосов, работающих по описанному выше принципу (центробежного типа). Уровень воды в баке-приемнике контролируется поплавковым выключателем или датчиками уровня. Когда уровень воды достигает определенного значения, насос включается и откачивает воду. Наличие системы управления обеспечивает автоматическую работу станции.

Конструкция: готовый комплекс, включающий один или несколько дренажных насосов, бак-приемник, поплавковый выключатель, обратный клапан, трубопроводы и систему управления. Может быть выполнена в виде герметичной емкости или отдельной конструкции.

Преимущества:

- Полностью автоматическая работа.
- Высокая надежность и стабильность работы системы.
- Удобство монтажа.

- Длительный срок службы.
- Недостатки:
- Высокая стоимость по сравнению с отдельными насосами.
 - Требуют наличия свободного места для размещения.
 - Сложное обслуживание, требующее квалифицированного персонала.
- Применение: обеспечение работы систем постоянного дренажа в многоквартирных домах, откачивание грунтовых вод из больших подвалов и подземных паркингов, обслуживание ливневых систем.
- Выбор конкретного типа дренажного насоса для многоквартирного жилого дома зависит от ряда факторов:
- Объем и характер откачиваемой воды (количество, наличие примесей).
 - Размер и глубина приемка (доступность, глубина погружения).
 - Режим работы (постоянное или периодическое откачивание).
 - Бюджет (стоимость насоса и установки).
 - Требования к автоматизации.
 - Возможность обслуживания (доступность и удобство).

При выборе дренажного насоса необходимо знать основные характеристики:

1) производительность насоса л/мин или м³/час, т.е. количество жидкости, перекачиваемое за определенное время;

2) напор – эта величина показывает, на какую высоту (разница высот между местом установки насоса и точкой сброса) могут быть откачаны сточные воды. Этот параметр влияет на возможность насоса перекачать стоки на определенное расстояние.

При выборе конструктивных параметров требуется учитывать следующие показатели:

- поперечное сечение входного отверстия;

- внутренний диаметр выходного патрубка;

- технические характеристики используемых для производства конкретного агрегата материалов.

Перечисленные данные в конечном итоге влияют на способность справляться со слабозагрязненной водой или грязной, где предельная фракция твердых частиц может быть раной 5 или 35 мм соответственно или содержать до 150 или свыше 250 грамм примесей на кубометр жидкости. Также здесь

важны производительность и мощность оборудования, что отражается на времени, за которое будет выполнена чистка колодца дренажным насосом [4].

Для большинства случаев в многоквартирных домах погружные дренажные насосы являются оптимальным выбором, обеспечивая простоту установки, компактность и достаточную производительность. Полупогружные насосы предпочтительны при необходимости откачивания больших объемов воды или при наличии примесей. Дренажные насосные станции целесообразно использовать для постоянных систем дренажа или при наличии больших и сложных объектов. При этом всегда важно учитывать общие требования СП и выбирать оборудование, соответствующее конкретным условиям эксплуатации объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573741260> (дата обращения: 20.02.2025).

2. ГОСТ 32601-2013 (ISO 9906:2012). Насосы жидкостные. Гидравлические испытания. Классы точности. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200111135> (дата обращения: 20.02.2025).

3. ГОСТ 31840-2012. Насосы погружные и агрегаты насосные. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200101512> (дата обращения: 20.02.2025).

4. Арзамазов, Н. О. Изоляция трубопровода / Н. О. Арзамазов, И. А. Бахтина, А. Н. Корнеев // Сборник: Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2024. – С. 141-145.

Арзамазов Никита Олегович – студент группы 8Соим-41 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: arzamaziv@gmail.com;

Бахтина Ирина Алексеевна – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: bia-altai@mail.ru.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ: АНАЛИЗ, ФАКТОРЫ И ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ

А. И. Бахтинов, И. А. Бахтина

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Рассматриваются вопросы повышения экономической эффективности систем охлаждения оборотной воды на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: оборотные системы водоснабжения, экономическая эффективность, энергоэффективность, качество воды, модернизация оборудования, ресурсосбережение, промышленное охлаждение, экологические требования

Оборотные системы водоснабжения представляют собой один из ключевых элементов промышленных предприятий, обеспечивая возможность повторного использования воды для охлаждения оборудования и технологических процессов. Их применение не только позволяет существенно снизить объемы потребляемой свежей воды, но и уменьшить воздействие на окружающую среду, что становится особенно актуальным в условиях ужесточения экологических норм и роста тарифов на водоснабжение. В современных условиях развитие таких систем является необходимым шагом для повышения конкурентоспособности предприятий, снижения себестоимости выпускаемой продукции и обеспечения устойчивого развития.

Экономическая эффективность оборотных систем водоснабжения зависит от множества факторов, включая техническое состояние оборудования, качество воды, энергозатраты и соответствие экологическим требованиям. Основная цель данной статьи заключается в том, чтобы подробно рассмотреть методологию оценки экономической эффективности, выявить ключевые факторы, влияющие на её уровень, а также предложить рекомендации по оптимизации работы систем охлаждения оборотной воды. Комплексный подход к анализу данных аспектов позволит не только минимизировать затраты на эксплуатацию таких систем, но и обеспечить их соответствие современным требованиям ресурсосбережения [1, 2].

Оценка экономической эффективности систем охлаждения оборотной воды представляет собой сложный процесс, требующий систематического подхода и использования различных аналитических методов. Этот процесс включает несколько ключевых этапов, начиная со сбора данных и заканчивая моделированием и прогнозированием.

На первом этапе проводится сбор исходных данных, необходимых для анализа текущего состояния системы. Включаются параметры системы водоснабжения, такие как объем циркуляции воды, температурные режимы на входе и выходе, величина тепловой нагрузки. Финансовые показатели, включая стоимость электроэнергии, химических реагентов, затраты на обслуживание оборудования и устранение неисправностей, также играют важную роль. Помимо этого, внимание уделяется техническим характеристикам оборудования, таким как эффективность насосов, теплообменников, градирен, а также качеству воды, включая уровень загрязнения, концентрацию примесей и солей.

Следующим этапом является расчет ключевых показателей эффективности. Одним из них является экономическая стоимость охлаждения на единицу объема воды, которая отражает, сколько средств расходуется на снижение температуры воды (рисунок 1).

Также важен показатель энергетической эффективности, характеризующий соотношение потребляемой энергии и объема охлаждаемой воды. Не менее значимым является анализ удельных затрат на обслуживание оборудования, позволяющий определить долю расходов на ремонт и замену. Коэффициент рециркуляции воды оценивает, насколько эффективно вода используется в системе перед её заменой или сбросом.

Для дальнейшего анализа и принятия решений используется моделирование и прогнозирование. Математические модели позволяют прогнозировать экономический эффект от внедрения новых технологий, оценивать влияние изменения внешних факторов, таких как рост тарифов на электроэнергию, и планировать внедрение решений с минимальными финансовыми рисками [3].

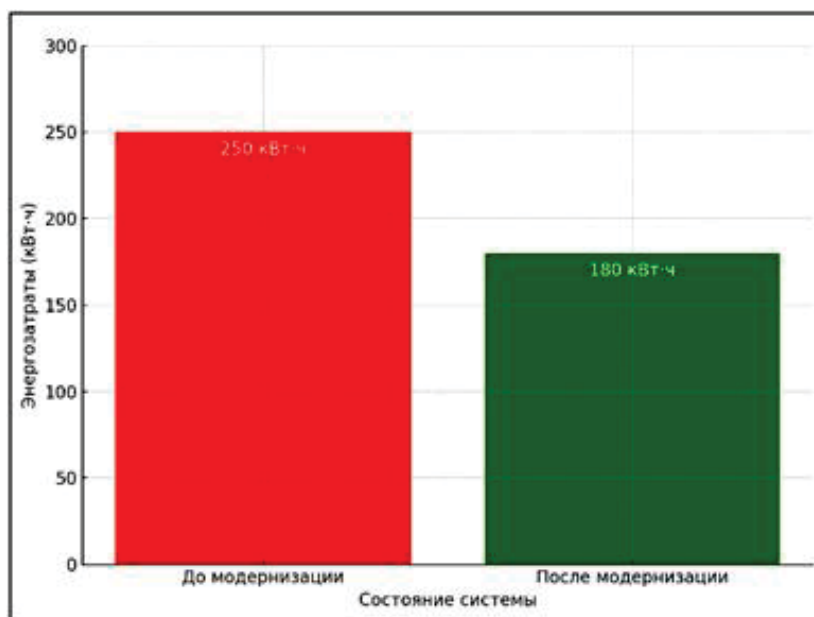


Рисунок 1 – Энергозатраты до и после модернизации



Рисунок 2. Пример загрязнения зависящий от качества воды

Экономическая эффективность оборотных систем водоснабжения определяется множеством факторов, среди которых можно выделить состояние оборудования, качество воды, уровень энергоэффективности и соответствие экологическим требованиям (рисунок 2).

Техническое состояние оборудования оказывает непосредственное влияние на затраты и производительность системы. Изношенные насосы, теплообменники и градирни увеличивают энергопотребление, требуют частых ремонтов и снижают эффективность охлаждения из-за теплотерь. Регулярная диагностика, плановые осмотры и замена устаревших компонентов способны значительно продлить срок службы системы и сократить эксплуатационные расходы.

Качество воды является ещё одним важным фактором. Высокий уровень примесей, таких как соли, органические вещества или взвешенные частицы, приводит к образованию накипи, коррозии и биологических обрастаний, что снижает эффективность теплопередачи, увеличивает энергопотребление и требует дополнительных затрат на очистку оборудования. Контроль качества воды и внедрение систем её обработки позволяют минимизировать такие риски.

Энергоэффективность оборотных систем водоснабжения определяется не только техническими характеристиками оборудования, но и режимами его эксплуатации. Оптимизация работы насосов, использование регулирующих устройств и снижение тепловых потерь позволяют значительно сократить потребление электроэнергии. Уровень автоматизации системы также играет значительную роль: автоматизированные системы управления позволяют оптимально распределять нагрузки и предотвращать неэффективное использование ресурсов.

Экологические требования и нормативы представляют собой ещё один фактор, который необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации систем водоснабжения. Ужесточение законодательных норм в области охраны окружающей среды обязывает предприятия минимизировать сбросы загрязнённой воды и выбросы парниковых газов. Соответствие таким требованиям часто требует модернизации системы и дополнительных затрат, однако в долгосрочной перспек-

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ: АНАЛИЗ, ФАКТОРЫ И ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ

тиве это способствует снижению экологических рисков и повышению устойчивости предприятия.

Для повышения экономической эффективности систем охлаждения оборотной воды предприятиям следует рассмотреть комплекс мер, направленных на оптимизацию процессов, модернизацию оборудования и улучшение управления ресурсами.

Оптимизация технологических процессов включает регулярное техническое обслуживание оборудования, настройку температурных и гидравлических параметров системы для снижения теплотерь и энергопотребления. Важно также минимизировать тепловую нагрузку на отдельные узлы системы, перераспределяя потоки воды с учётом текущих потребностей. Автоматизация процессов управления является одним из наиболее эффективных путей оптимизации. Современные системы управления позволяют в режиме реального времени контролировать ключевые параметры, реагировать на изменения условий эксплуатации и обеспечивать оптимальную работу оборудования. Автоматизация снижает человеческий фактор и повышает точность управления.

Управление ресурсами предполагает увеличение коэффициента рециркуляции воды, сокращение использования свежей воды и снижение затрат на реагенты. Внедрение систем переработки и очистки воды позволяет многократно использовать один и тот же объём жидкости, что сокращает затраты на водоснабжение и снижает экологическую нагрузку.

Модернизация оборудования представляет собой важный шаг на пути повышения эффективности. Замена устаревших насосов, теплообменников и градирен на современные аналоги позволяет сократить энергопотребление, увеличить производительность и снизить эксплуатационные расходы. Использование современных материалов с высокой износостойкостью продлевает срок службы оборудования и уменьшает затраты на его обслуживание.

Экономический эффект от модернизации систем охлаждения оборотной воды оценивается путём анализа текущих затрат и расходов после внедрения улучшений. Сравнительный анализ позволяет выявить фактическую экономию, например, за счёт снижения энергозатрат или уменьшения расхода реагентов [4]. Срок окупаемости инвестиций рассчитывается на основе соотношения между

затратами на модернизацию и ожидаемой экономией. Этот показатель является ключевым для оценки целесообразности внедрения новых решений. Параллельно проводится анализ рисков, связанных с изменением внешних условий, таких как рост цен на энергоресурсы или ужесточение экологических норм, что позволяет учесть возможные неопределённости при планировании.

Повышение экономической эффективности систем охлаждения оборотной воды является важной задачей для промышленных предприятий, стремящихся к снижению эксплуатационных затрат, улучшению экологической устойчивости и увеличению конкурентоспособности. Комплексный подход, включающий оценку текущего состояния системы, анализ факторов влияния и разработку мер по их оптимизации, позволяет достичь значительных результатов. Внедрение современных технологий, автоматизация процессов и регулярное обслуживание оборудования являются основными шагами на пути к повышению эффективности и устойчивому развитию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов, Н. И. Современные технологии охлаждения оборотной воды: науки и технологии / Н. И. Козлов, Д. С. Дмитриев // Энергетика и экология. – 2020. – № 12. – С. 32-40.
2. Смирнов, С. В. Градирни нового поколения: инновации и обзор и перспективы / С.В. Смирнов, М.А. Петров // Технические перспективы применения. Энергетика и экология. – 2021. – № 5. – С. 12-24.
3. Петров, Е. А. Экономическая эффективность и оптимизация работы систем охлаждения в крупных промышленных предприятиях / Е. А. Петров, О. М. Белова // Журнал промышленной экологии. – 2018. – № 3. – С. 18-30.
4. Бахтинов, А. И. Анализ способов повышения эффективности охлаждения оборотной воды / А. И. Бахтинов, И. А. Бахтина, А. Н. Корнеев // Сборник: Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2024. – С. 145 – 149.

Бахтинов Алексей Иванович – студент группы 8Спес-32 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: alex2001alex2001@inbox.ru;

Бахтина Ирина Алексеевна – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: bia-altai@mail.ru.

ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В AUTODESK REVIT

В. А. Бережнова, И. А. Бахтина

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрены особенности информационного моделирования систем вентиляции в программном комплексе AUTODESK REVIT.

Ключевые слова: система вентиляции, информационное моделирование, программное обеспечение Revit, особенности.

Вентиляция является одной из ключевых систем обеспечения комфорта и свежести в жилых помещениях. Для обеспечения параметров качества внутреннего воздуха требуется правильное проектирование и установка системы вентиляции с регулятором воздухообмена. Постоянное проветривание помещений позволяет избежать накопления аллергенов, пыли и постороннего шума.

Основная цель вентиляции – поддержание допустимых параметров воздуха в помещении и может быть достигнута различными путями. Необходимый воздухообмен в помещениях может быть организован отводами избытков тепла или подачи чистого воздуха в помещение. Это можно осуществить и естественным проветриванием (аэрацией), организацией в помещении воздухообмена с помощью вентиляторов, и подачей в помещение специально обработанного (охлажденного) воздуха. Способы подачи и удаления воздуха весьма разнообразны.

Вентиляционные каналы позволяют решить проблему безопасного и непрерывного поступления чистого воздуха. Грамотное составление проекта является важным фактором для обеспечения надежности и долговечности работы вентиляционного оборудования.

Система вентиляции обеспечивает организованный воздухообмен в помещении, включая приток свежего воздуха и удаление отработанного воздуха, включая запахи и газы. В зависимости от назначения здания, вентиляция может быть приточной, вытяжной или комбинированной.

Естественный воздухообмен через щели в неплотно закрытых окнах и дверях является недостаточно эффективным и не способен обеспечить оптимальные микроклиматические условия.

При монтаже системы вентиляции в квартирах и частных домах обычно используются компактные вентиляционные установ-

ки. Оптимальным вариантом является приточно-вытяжная система, которая обеспечивает подачу свежего воздуха и удаление отработанного воздуха. В ванных комнатах, санузлах и на кухне также устанавливаются отдельные вытяжные системы.

Однако, монтаж системы вентиляции без предварительного проектирования может привести к ряду проблем, таких как неправильно подобранный диаметр воздуховодов, недостаток свежего воздуха, неправильная установка вентиляционных узлов и некачественный монтаж оборудования.

Недостаточная вентиляция способствует образованию плесени и грибка, а также может привести к увеличению заболеваемости жильцов. Поэтому важно обеспечить нормальные условия жизнедеятельности, включая оптимальную температуру и эффективный воздухообмен, что достигается через правильное проектирование и монтаж системы вентиляции.

Основными конструктивными элементами систем вентиляции являются: воздуховоды, вентиляторы, фильтры, клапаны, каналы, жалюзийные решетки и др.

Вентиляция может быть естественной – за счет разницы температур и давлений, и механической – за счет механических сил – использование вентилятора.

Все больше в практику проектирования строительных объектов внедряется BIM – моделирование. BIM (Building Information Modeling) это комплексный процесс, позволяющий создавать и использовать информацию об объекте различными группам разработчикам. Информационная модель позволяет на протяжении всего жизненного цикла отслеживать состояния объекта и принимать необходимые решения на этапах проектирования, строительства, эксплуатации и сноса. BIM технологии проектирования позволяют создавать трехмерные модели, которые имеют совместный доступ для инвестора, за-

ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В AUTODESK REVIT

казчика, ген. проектировщика, ген. подрядчика, эксплуатирующей организации, в которую внесены архитектурно-конструкторские, экономические, технологические, инженерно-строительные и иные важные характеристики здания [1].

Одной из программ поддерживающей BIM является Autodesk Revit, который имеет широкий диапазон возможностей, к главным из которых относится возможность проектировать объемные объекты в 3D пространстве, и возможность задать в каждый объект определенную информацию, которую можно отобразить в спецификации и на чертежах.

Информационное моделирование систем вентиляции в Autodesk Revit имеет ряд особенностей, которые делают этот процесс эффективным и удобным для проектировщиков.

Основными особенностями являются:

- базовые инструменты и семейства для вентиляции;
- автоматизация расчетов;
- документация;
- координация с другими разделами;
- параметрическое моделирование;
- визуализация.

Разберем каждую из них.

Базовые инструменты и семейства для вентиляции. В Revit предусмотрены специальные инструменты для моделирования систем вентиляции, такие как воздуховоды, воздухораспределители, решетки и другие элементы ОВК. Также используются семейства, которые представляют собой наборы параметров и геометрии для различных элементов системы вентиляции [2]. Это позволяет легко настраивать и изменять элементы в зависимости от требований проекта. Семейства можно использовать уже имеющиеся в библиотеке Autodesk Revit, либо загрузить семейство с различных сайтов, также есть возможность создать свое семейство на основе уже существующего либо с нуля. Все

это позволяет быстро и точно моделировать систему (рисунок 1).

Автоматизация расчетов. Revit позволяет выполнять расчеты расхода воздуха и сопротивления. На основе расчетов расхода воздуха можем через вкладку «Изменить» определить размеры воздуховодов. Также в ПК Revit доступны различные инструменты на вкладке «Анализ», которые позволяют создавать аналитические модели для систем HVAC, что упрощает расчет теплопотерь и воздухообмена и для автоматического проектирования и анализа систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Документация. Revit автоматически генерирует чертежи и высокоточную спецификацию с выбранными параметрами и использованием различных фильтров выбора на основе созданной модели, что позволяет сократить время на подготовку документации и повысить её точность (рисунок 2).

Координация с другими разделами. Благодаря этой возможности можно легко выявлять и устранять коллизии между различными системами, что снижает риски ошибок на этапе строительства. Чтобы выявить все коллизии необходимо создать отчеты о пересечениях, это можно сделать двумя способами.

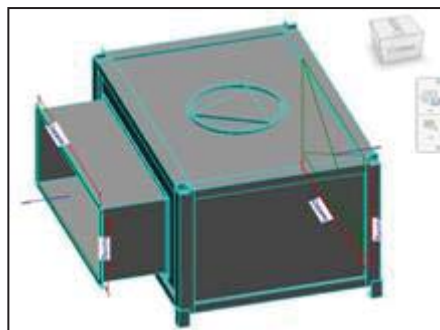


Рисунок 1 – Семейство приточной установки

A	B	C	D	E	F
Артикул	Наименование	Единица измерения	Артикул	Артикул	Артикул
по серии 5.934-51	Дефлектор типа цапи Ø300	Дефлектор (1); Дефлектор (1)			300
по серии 5.934-51	Дефлектор типа цапи Ø200	Дефлектор (1); Дефлектор (1)			200
по серии 5.934-51	Дефлектор типа цапи Ø300	Дефлектор (1); Дефлектор (1)			300
по серии 5.934-51	Дефлектор типа цапи Ø300	Дефлектор (1); Дефлектор (1)			300
по серии 5.934-51	Дефлектор типа цапи Ø200	Дефлектор (1); Дефлектор (1)			200
по серии 5.934-51	Дефлектор типа цапи Ø300	Дефлектор (1); Дефлектор (1)			300
	Зонты	Зонтикульный_Выбор (2); Зонтикульный_Выбор (2)			
	Зонты	Зонтикульный_Выбор (2); Зонтикульный_Выбор (2)			
	Зонты	Зонтикульный_Выбор (2); Зонтикульный_Выбор (2)			
	Зонты	Зонтикульный_Выбор (2); Зонтикульный_Выбор (2)			
T225 1:23-001-1505999-2018	Обводная решетка перелочная ПП 100х1	Решетка обводная перелочная (3); Решетка обводная перелочная (3)	100	150	
T225 1:23-001-1505999-2018	Обводная решетка перелочная ПП 100х1	Решетка обводная перелочная (3); Решетка обводная перелочная (3)	100	150	
T225 1:23-001-1505999-2018	Обводная решетка перелочная ПП 100х1	Решетка обводная перелочная (3); Решетка обводная перелочная (3)	100	150	
T225 1:23-001-1505999-2018	Обводная решетка перелочная ПП 100х1	Решетка обводная перелочная (3); Решетка обводная перелочная (3)	100	150	

Рисунок 2 – Спецификация воздухораспределителей

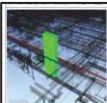
	Конфликт14	0.R-5.14 : ()_Э	X:3792.129, Y:9346.184, Z:126.889	ID объекта: 2945015
---	------------	---------------------	---	------------------------

Рисунок 3 – Пример отчета Navisworks

Отчет о пересечениях	
Файл отчета о пересечениях:	
Создано:	
Последнее обновление:	
Воздуховоды : Воздуховод прямоугольного сечения :	Трубы : Типы трубопроводов : Трубы
1 Воздуховод прямоугольный из оцинкованной стали • ГОСТ 14918-80 : Код 1522873	стальные • ГОСТ 10704-91 : Код 1613353

Рисунок 4 – Пример отчета «Совместная работа»

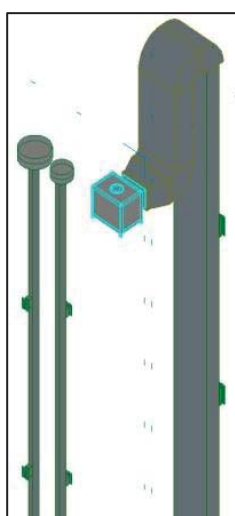


Рисунок 5 – Система вентиляции в Revit

Первый через программу Navisworks, в отчете будет показано место пересечения, с чем коллизит воздуховод и коды, через которые мы сможем найти элемент.

Второй же способ это через вкладку «Совместная работа», находим на ней «Координарование» и выбираем «Проверка на пересечения». Отчет в данном случае получится только с наименованием систем, с которыми идет пересечение и кодами элементов (рисунки 3, 4).

Параметрическое моделирование. В процессе создания модели задаются зависимости между элементами либо автоматически, либо самим пользователем. Когда происходят какие-либо изменения в модели автоматически обновляются связанные элементы и документация, что позволяет не тра-

тить большое количество времени на просмотр и правку документации. В некоторых случаях Revit может выдать ошибку, что зависимости не задаются, и отправить на нужный план или лист для решения проблемы.

Визуализация. Возможности визуализации позволяют создавать реалистичные изображения систем вентиляции, что помогает лучше представить конечный результат и облегчает коммуникацию с заказчиками (рисунок 5).

Моделирование систем вентиляции в Autodesk Revit предоставляет пользователям более полную, точную, связанную цифровую информацию в любое время и в любом месте на протяжении всего жизненного цикла проекта, начиная с наглядного представления инженерных сетей, точного расположения приборов и оборудования, заканчивая необходимыми параметрами, позволяющие заказчику и проектировщику оценить правильность подбора размеров воздуховодов, оборудования и т.д. [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 333.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. – М. : ФГУП ЦПП, 2018. – 12 с.
2. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства [Электронный ресурс]. – URL: https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/metro/img/bim_brochure.pdf (дата обращения: 12.02.2025).
3. Бережнова, В. А. Организация информационного моделирования системы вентиляции / В. А. Бережнова, И. А. Бахтина, Н. В. Гейко // Сборник: Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2024. – С. 149-154.

Бережнова Виктория Алексеевна – студент группы 8Соим-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: vika.berezhnova.97@mail.ru;

Бахтина Ирина Алексеевна – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: bia-altai@mail.ru.

РОЛЬ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ИНФОРМАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

А. С. Варавина, Б. М. Черепанов

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Цель этой статьи – показать, как принцип визуального программирования (VP) можно применять в строительстве, чтобы облегчить повседневные задачи инженерам и архитекторам, без обладания глубокими знаниями в области программирования. Также мы обсудим, какую роль VP играет в этой сфере на данный момент.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий, цифровая информационная модель, визуальное программирование, Дупато.

В настоящее время активно развиваются технологии информационного моделирования (ТИМ) в строительстве. В результате проектирования с применением ТИМ создаётся цифровая информационная модель, которая используется на всех стадиях жизненного цикла объекта. Применение таких технологий способствует более эффективной организации работы над проектами, обнаружению и устранению коллизий, а также проведению капитального ремонта и сноса зданий.

Информационное моделирование зданий (BIM) – это метод, который основан на использовании комплексных цифровых представлений зданий. BIM-модель включает в себя типизированные объекты с атрибутами и ссылками на геометрические формы. Кроме того, она отражает явные связи между объектами, что позволяет описывать структуры и зависимости. Некоторые аспекты негеометрической информации рассматриваются как дополнительные измерения в BIM-моделировании. К таким измерениям относятся 4D и 5D BIM. 4D BIM включает временные данные для планирования строительства, а 5D-модели дополнительно содержат информацию о стоимости, что позволяет оценивать и учитывать затраты.

Обогащение информационной модели объекта данными на разных уровнях LOD и LOI, где LOD (Level of Development) – это уровень проработки модели, а LOI (Level of Information) – это уровень проработки информации, связанной с моделью, который даёт возможность более детально и достоверно передать её облик и спрогнозировать, как она будет выглядеть в перспективе. Существуют нормативные документы, такие как СП 328.1325800.2020 и СП 333.1325800.2020, которые содержат рекомендации по уровням LOD и их применению. Эти документы служат

основой для разработки информационных моделей, устанавливая общие стандарты и параметры. Также важно учитывать пожелания заказчика относительно необходимого уровня детализации для решения конкретных задач на разных этапах жизненного цикла объекта. Это решение принимается исходя из целей проекта, стадии разработки и требуемой точности данных.

Средства визуального (параметрического) программирования могут значительно помочь в оптимизации процесса разработки проекта. Визуальное программирование – это метод, который позволяет создавать модели, представляя их в виде последовательности связанных компонент. По своей сути визуальное и традиционное программирование не отличаются, но в первом случае инструкции для программы задаются через графический интерфейс пользователя. Визуальный язык представляет собой формальный язык, основанный на визуальном синтаксисе и семантике. Это означает, что он описывает систему знаков и правил на синтаксическом и семантическом уровнях с помощью визуальных элементов. Благодаря визуальному представлению элементов, такой язык может быть интерпретирован быстрее и проще, и вместо того, чтобы писать полный код программы на языке программирования, пользователь соединяет предварительно подготовленные компоненты (ноды) друг с другом.

Параметрическое программирование даёт возможность создавать сложные архитектурные и конструктивные геометрические формы, которые можно легко модифицировать, изменяя параметры и начальные условия. Этот метод позволяет легко адаптировать модель к требованиям проекта, благодаря чему процесс разработки проекта ускоряется, а вероятность ошибок существенно снижается. Наглядность и управляемость

всех этапов проектирования повышают эффективность работы над проектом.

Существует множество инструментов для визуального программирования. В этой статье мы рассмотрим один из наиболее популярных – Dymato.

Dymato – это дополнение, которое представляет собой среду для разработки и выполнения скриптов в удобном для инженеров формате. Скрипт, в свою очередь, является программой, выполняющей определённые действия. С помощью скриптов можно автоматизировать рутинные задачи и реализовывать сложные операции, такие как: быстро создавать сложную геометрию, оформлять чертежи, добавлять текстовые аннотации, заполнять параметры, обрабатывать и представлять семейства, работать с таблицами и спецификациями.

Данный плагин получил широкое распространение, поскольку порог вхождения в эту область для людей без профессиональных навыков программирования ниже. Язык программирования VP более интуитивен и устойчив к ошибкам, чем традиционные текстовые языки.

Для использования визуальных языков пользователю обычно предоставляется рабочее пространство в виде холста. На холсте отдельные элементы (узлы) могут быть расположены и связаны друг с другом направленными линиями (также называемыми проводами). Различные функции обычно доступны в виде библиотеки и могут быть использованы для создания предполагаемой системы обработки информации. Полученную визуальную программу можно экспортировать в виде графа и передать другим участникам проекта или сохранить соответствующим образом.

Инструмент визуального программирования Dymato способен интегрироваться с различными программными комплексами, такими как Autodesk Revit и Renga. А также он позволяет получать данные из внешних программных сервисов и отправлять им результаты своей работы. Он может импортировать данные из различных форматов, включая CSV, Excel, JSON и другие. Он также способен взаимодействовать с разнообразными сервисами и API, что открывает широкие возможности для получения информации о климатических условиях, географических координатах и других важных данных, которые можно использовать в своих скриптах. Созданные модели, с помощью Dymato, легко могут быть экспортированы в расчётные программы, такие как SCAD, ЛИРА и «Сапфир»,

что позволяет использовать их в других системах.

Визуальные языки имеют большой потенциал для анализа и обработки данных в контексте информационного моделирования зданий. В рамках данной работы рассмотрим скрипты, которые, по моему мнению, могут повысить эффективность разработки информационной модели.

1. Автоматическое заполнение параметров элементов.

В процессе разработки проекта возможны ошибки, связанные с человеческим фактором. Для минимизации рисков, таких как, например, неучет элемента при создании спецификаций и экспликаций, разрабатываются скрипты, которые автоматически заполняют необходимые параметры для генерации спецификаций материалов, конструктивных элементов и отделочных компонентов и т.д. на основе BIM-модели. Это позволяет инженерам и архитекторам сократить время на подготовку отчётной документации и избежать ошибок, связанных с ручным вводом данных и обеспечить стандартизацию данных.

Такой визуальный код может быть полезен при заполнении параметров конструктивных элементов, включая класс бетона, тип армирования, высоту и другие характеристики. Также он может быть применён в случаях, когда требуется спецификация материалов, таких как тип отделки, толщина, площадь, коэффициент теплопроводности и др.

Автоматизация процесса заполнения параметров существенно упрощает ввод данных в рамках крупных моделей, где вручную сложно учесть все детали. Это позволяет значительно сократить время, что, в свою очередь, приводит к снижению трудозатрат и оптимизации расходов на проект. Кроме того, автоматизация снижает риск ошибок, связанных с человеческим фактором, и обеспечивает корректность данных, что особенно важно в условиях сжатых сроков и большого объема работы. Также автоматизация значительно облегчает последующую работу со спецификациями и аналитикой. Спецификации будут соответствовать стандартам и требованиям, что обеспечивает высокое качество проектной документации, а это важно для успешного прохождения экспертиз и согласований.

Чтобы настроить автоматическое заполнение параметров элементов, для начала необходимо отобрать те из них, которые требуют этой процедуры. Затем можно указать значения параметров вручную или через

РОЛЬ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ИНФОРМАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

ссылки на таблицы Excel. После этого с помощью Dymato можно будет присвоить указанные значения выбранным элементам.

2. Создание нумерации элементов.

Автоматическая нумерация элементов модели, таких как, например, двери или окна, в зависимости от их расположения, уровня или других характеристик, значительно упрощает процесс разработки проекта. Она помогает избежать ошибок, обеспечивает соответствие стандартам и нормативным требованиям, а также значительно сокращает время, затрачиваемое на ручное присвоение номеров. Кроме того, такой метод нумерации позволяет быстро собрать информацию о количестве этих элементов для оценки стоимости.

Такие скрипты можно использовать для нумерации дверей и окон, то есть для последовательного присвоения номеров в зависимости от этажа или помещения. Также их можно применять для нумерации помещений согласно плану здания или для нумерации конструктивных элементов, таких как плиты перекрытий или стальные балки.

Для реализации в Dymato сначала необходимо сделать выборку элементов модели для нумерации. Затем определить правила нумерации, например, по этажу или местоположению и после этого присвоить номера выбранным элементам.

В качестве примера рассмотрим скрипт, который присваивает дверям номера, соответствующие их расположению на плане на заданном уровне. Нумерация осуществляется через заполнение параметра «ADSK_Позиция», что позволит нам также понять, как прописываются параметры с помощью нодов в Dymato. Исходный файл проекта, который будет использоваться в дальнейшей работе, включает в себя модель многоквартирного жилого дома и несколько уровней высотной привязки элементов.

Процесс работы данного скрипта можно представить как последовательный набор действий, выполняемых по заданному алгоритму, и разделить его на несколько этапов.

На первом этапе производится отбор элементов, основываясь на их категории в модели. Этот процесс осуществляется на заданном пользователем уровне, как показано на рисунке 1. В нашем случае мы выбрали категорию дверей, однако, если это необходимо, её можно заменить на любую другую часть модели, например на окна.

Выбор дверей осуществляется с помощью узла «all elements of category». Поскольку нам нужны двери только на конкретном уровне, в скрипт вводятся узлы, которые будут фильтровать лишние элементы. К таким узлам относятся «get parameter value by name», ноды условий и «filter by bool mask», как показано на рисунке 3.

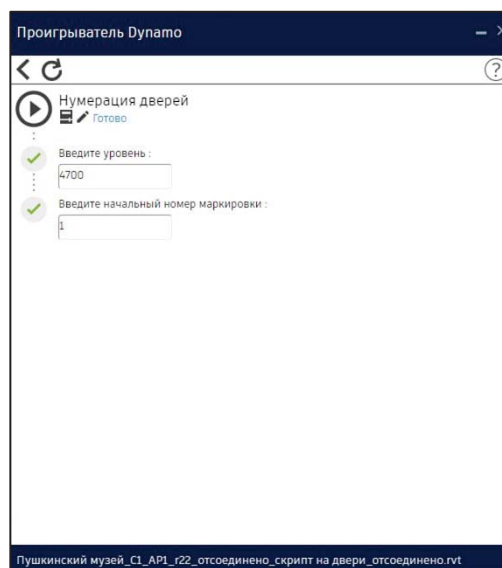


Рисунок 1 – Проигрыватель Dymato: редактирование параметров скрипта

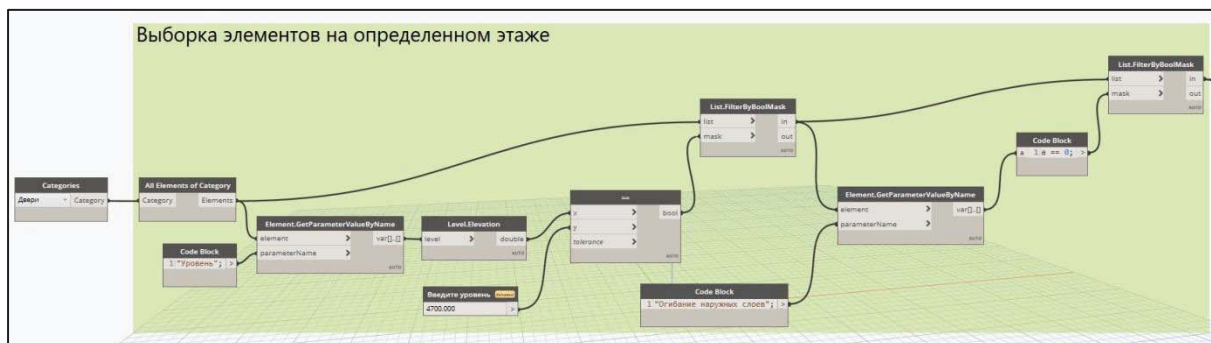


Рисунок 2 – Первый этап: выбор элементов

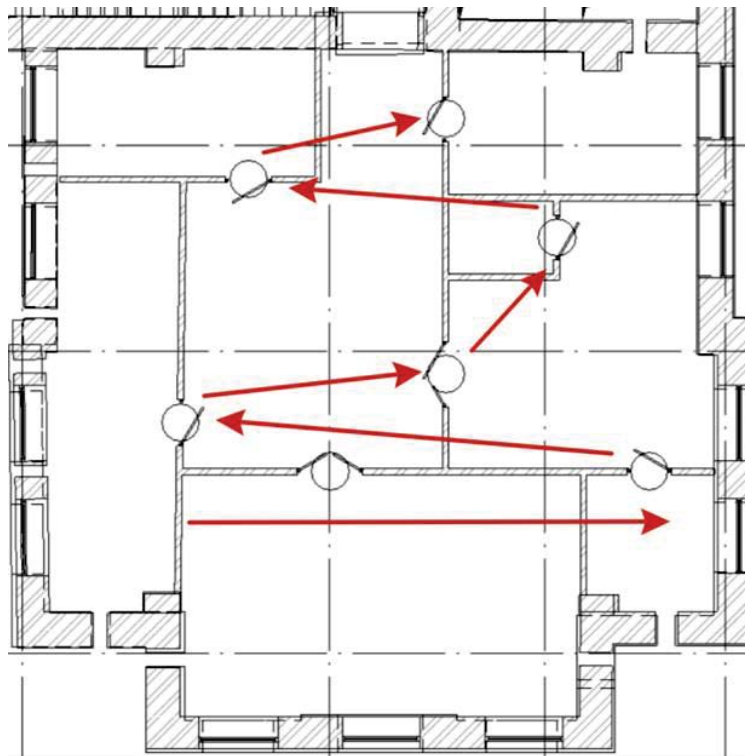


Рисунок 3 – Фрагмент плана со схемой задуманной нумерации элементов

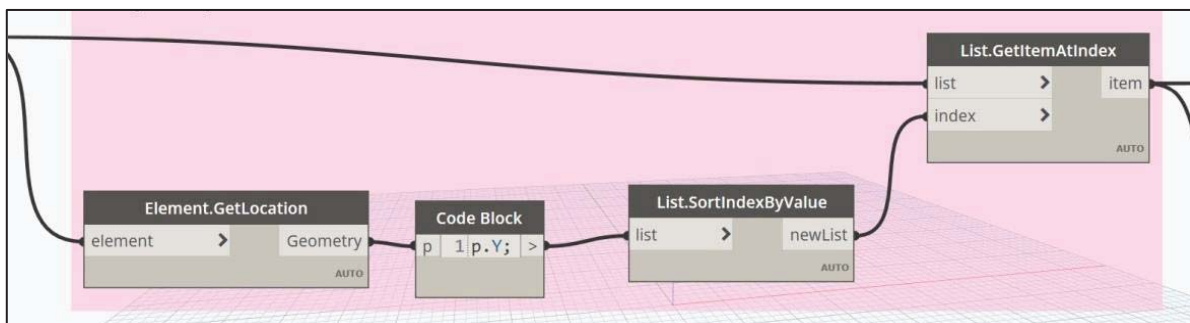


Рисунок 4 – Сортировка по оси «Y»

После того как мы отобрали нужные элементы, в нашем случае это только двери на отметке +4,700 (проёмы были исключены с помощью ещё одного ввода узла «get parameter value by name»), нам нужно продумать логику нумерации этих дверей.

Мы будем нумеровать их, начиная с нижнего левого края плана, постепенно поднимаясь выше в соответствии с заданным в скрипте шагом и двигаясь слева направо. Схему нумерации представили на рисунке 3.

Чтобы реализовать подобную логику нумерации элементов, необходимо провести сортировку по двум осям – «X» и «Y». Для начала мы определяем элемент в модели, который находится ближе всего к базовой точке проекта. Этот элемент станет отправной точкой для нумерации. Упорядочиваем

элементы по их координатам в порядке возрастания, с помощью узлов математических операций, определяем величину шага, с которым алгоритм будет перемещаться вверх по оси «Y». Алгоритм представлен на рисунках 4-6.

Завершающим шагом является установка значений для параметра «ADSK_Позиция» у отсортированных дверей. Для этого воспользуемся нодом «set parameter by name» (рисунок 7).

Для удобства введем дополнительные узлы, которые позволят корректировать начальное значение (рисунок 1). Это необходимо, чтобы при переходе на следующий уровень была возможность продолжить нумерацию.

РОЛЬ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ИНФОРМАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

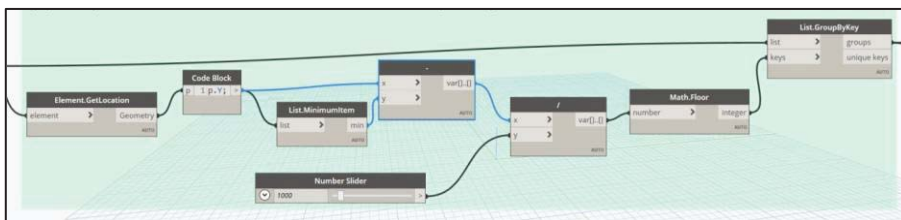


Рисунок 5 – Группировка элементов по оси «Y»



Рисунок 6 – Сортировка по оси «X»

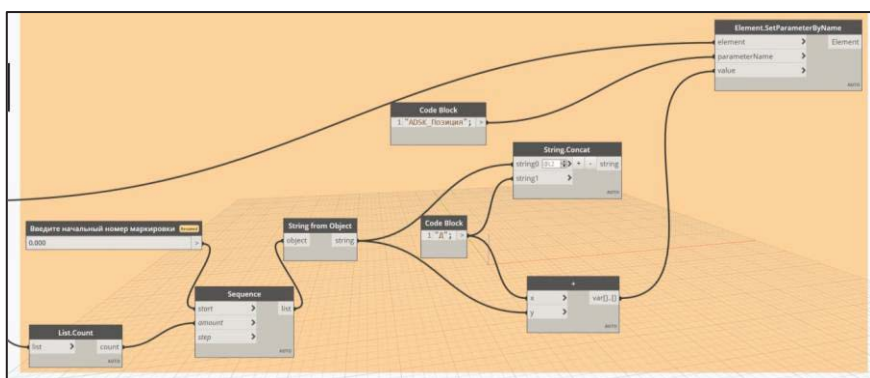


Рисунок 7 – Запись номера в параметр «ADSK_Позиция»

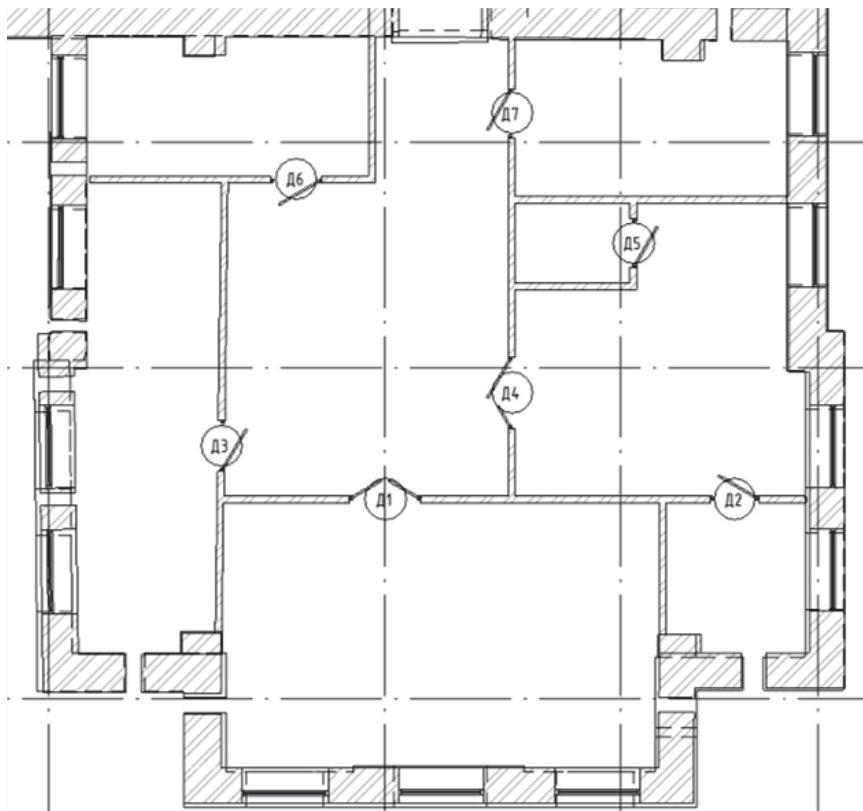


Рисунок 8 – Фрагмент плана этажа с промаркированными дверями с помощью скрипта

На рисунке 8 представлен итоговый результат работы скрипта. Этот скрипт значительно сокращает время и усилия, затрачиваемые на ручной ввод и подсчет элементов в модели. Процесс маркировки, осуществляемый с помощью данного скрипта, занимает примерно 5 минут на этаж, в зависимости от его размеров в осях (при условии автоматизации маркировки). Это может иметь большое значение при моделировании жилых зданий с большим количеством этажей.

Заключение

В данной работе была рассмотрена роль визуального программирования в информационном моделировании жилых зданий. Анализ показал, что использование визуальных языков программирования, таких как Дунато, значительно упрощает процесс проектирования, автоматизируя рутинные задачи и сводя к минимуму вероятность ошибок. Такой подход снижает требования к программированию со стороны инженеров и архитекторов, что делает технологии BIM (информационного моделирования зданий) более доступными и удобными в использовании.

На сегодняшний день визуальное программирование играет ключевую роль в развитии цифровых технологий в строительстве. Оно позволяет не только оптимизировать проектирование, но и обеспечивает интеграцию с другими программными комплексами, что расширяет возможности для анализа, расчётов и управления данными. В условиях

стремительного развития технологий информационного моделирования визуальное программирование становится неотъемлемой частью проектирования, открывая новые горизонты для автоматизации и цифровизации строительной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирколуп, Е. Р. Информационное моделирование объектов строительства [Электронное издание]: практикум / Е. Р. Кирколуп. – Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова, Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2020. – URL: http://elib.altstu.ru/uploads/open_mat/2020/Kirkolup_InfModObjStr_LP_ump.pdf (дата обращения: 12.01.2025).
2. Георгиев, Н. Г. Визуальное программирование в задачах моделирования строительных конструкций / Н. Г. Георгиев, К. А. Шумилов, А. А. Семенов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021, № 4 (38). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vizualnoe-programmirovaniye-v-zadachah-modelirovaniya-stroitelnyh-konstruktsiy> (дата обращения: 10.02.2025).

Варавина Алина Сергеевна – студент группы 8Соим-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: eyaree.a@gmail.com;

Черепанов Борис Михайлович – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: bmcher@mail.ru.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ГОСТ 31937-2024

И. О. Вербицкий, Е. В. Вербицкая, Е. С. Степанова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье были проанализированы изменения в ГОСТ 31937-2024, который устанавливает правила проверки и мониторинга технического состояния зданий и сооружений. В обновлённой версии стандарта расширен спектр применения, конкретизированы требования к проверкам и мониторингу, а также скорректированы методы разборки и оценки технического состояния объектов. В статье приведены ключевые нововведения из нормативного документа, такие как использование современных методов обследования, например фотограмметрии и лазерного трёхмерного сканирования, и их влияние на процесс проверки зданий.

Ключевые слова: *нормативный документ, ГОСТ, здания и сооружения, мониторинг, обследования, техническое состояние, инструментальное обследование, стальные и деревянные конструкции, обследование фундаментов, экспертиза, моральный износ.*

В 2024 году вступил в силу обновлённый национальный стандарт ГОСТ 31937-2024 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [1], который пришёл на смену предыдущей версии ГОСТ 31937-2011 [2]. Этот документ, направлен на улучшение системы контроля технического состояния различных зданий и сооружений, а также их инженерных систем.

В статье рассмотрим ключевые изменения и нововведения ГОСТ 31937-2024 по сравнению с его предшественником.

Самые первые изменения в ГОСТ 31937-2024, которые встречаются, – расширение области применения. Что значительно уточняет и конкретизирует задачи, которые этот стандарт охватывает. В новой редакции четко прописано, что ГОСТ распространяется на множество видов работ, включая процедуры, связанные с демонтажом объектов, определение несущей способности, виды мониторинга, недостроенные объекты, изменение назначения зданий, зоны влияния нового строительства, капитальный ремонт и реконструкция.

Хотя предыдущая версия ГОСТ 31937-2011 имела подобное содержание, новая редакция стандарта делает акцент на более структурированном подходе к обследованиям и мониторингу.

Несмотря на расширение области применения, некоторые категории объектов снова оказались вне зоны ответственности ГОСТ 31937-2024. Это касается: транспортных и гидротехнических сооружений, подземных объектов. Как и ранее, стандарт не применяется в рамках судебно-технической эксперти-

зы, для чего продолжает действовать СП 13-102-2003 [3].

Однако глобальных изменений в структуре или принципах работы стандарта не произошло. В новой редакции подверглись корректировке ссылочные блоки на другие смежные нормативные документы.

В ГОСТ 31937-2024 было откорректированы (дополнены) следующие термины.

В определении комплексного обследования технического состояния здания (сооружения) была добавлена фраза в самом начале определения «*специальный вид инженерных изысканий*, в который входит...».

Также не менее важное дополнение было отмечено в определении категории технического состояния: сделали акцент на «обеспечении *механической безопасности* несущей строительной конструкции».

Еще важным изменением стало окончание определения нормативного технического состояния: «установленным в проектной документации значениям *с учетом пределов их изменения*» сменилось на «установленным в проектной документации значениям *и действующим нормам на момент обследования*».

Также в обновленную версию ГОСТ было добавлены понятия «заказчик», «дефект (повреждение) строительной конструкции». Было удалено определение «уникальное здание».

В ГОСТ 31937–2024 были внесены уточнения относительно нормативных сроков обследования.

Относительно предыдущей редакции нормативного документа ГОСТ 31937-2011, в новой появилось следующее: теперь организация, которая проводит обследование со-

гласно этому стандарту, должна предоставлять заказчику (собственнику здания) рекомендованный срок следующего обследования.

Формы заключений по результатам остались без изменений, но теперь специализированные организации могут использовать свои собственные формы.

Сроки обследования не изменились, но к ним добавилось определение «рекомендованные», что не было предусмотрено в предыдущей версии ГОСТ 31937-2011. Также указано, что для отдельных элементов конструкции или зданий в целом можно продлить сроки следующего обследования при выполнении требований государственных стандартов.

При сносе зданий допускается не проводить детальное техническое обследование, кроме определения геометрических характеристик объекта и его конструкций. Удалён пункт о необходимости предварительного обследования морального износа объекта, так как это скорее относится к экспертизе соответствия нормам, а не к оценке технического состояния.

Добавлена возможность использования фотограмметрического метода и лазерного 3D сканирования для визуального обследования деформаций несущих и ограждающих конструкций.

Результаты предварительной оценки технического состояния должны быть соотнесены с приложениями В-Д рассматриваемого ГОСТ, содержащими информацию о дефектах и повреждениях железобетонных, каменных, стальных и деревянных конструкций.

Обновлены требования к инженерно-геологическим изысканиям, которые должны проводиться в соответствии с нормативными документами РФ, такими как СП 47.13330.2016 и СП 446.1325800.2019.

Определение динамических параметров зданий стало более чётким, теперь оно требуется только для уникальных объектов, случаев прогрессирующего обрушения или если это указано в техническом задании и программе работ.

Блок, посвящённый детальному обследованию, стал более подробным, включая обмерную часть. В ГОСТ 31937-2024 указаны все параметры, подлежащие контролю в ходе исследования.

Пункт с рекомендациями заключению результатов работ изменился: вместо формирования задания на проектирование восстановления или усиления конструкций те-

перь даются только рекомендации по этим процессам.

Положения о проведении обследования фундаментов были также изменены, включая откопку шурфов, их количество и места расположения. Также добавлен сейсмоакустический метод обследования свайных фундаментов.

Описание инструментального обследования железобетонных конструкций было существенно обновлено, включая пояснения по косвенным методам определения прочности и количеству участков бетона, необходимых для испытаний.

Проверка армирования также изменилась, добавлены указания на использование радиационного и георадиолокационного методов.

Также в рассматриваемом ГОСТ была актуализирована информация об исследовании конструкций с композитной полимерной арматурой и системами внешнего армирования. Косвенное вычисление прочности кирпича было допустимо в ГОСТ 31937-2011, но в ГОСТ 31937-2024 теперь говорится о необходимости формирования градировочной зависимости для таких испытаний, основываясь на комбинации косвенных и прямых методов, аналогично ГОСТ 22690 для бетонов.

Следующее изменение затронуло главы по исследованию прочностных характеристик и обследованию стальных и деревянных конструкций. Приведено несколько пунктов об обследовании достаточно редкого, но ответственного вида конструкций – из клееной древесины. В ГОСТ 31937-2024 появились и новые блоки – например, п. 5.3.5, регламентирующий работы по экспертизе фасадных конструкций, и п. 5.3.7 об экспертизе технического состояния огнезащитных покрытий. Ранее подобных глав не существовало.

Обследование инженерных систем и коммуникаций пункт 5.4 ГОСТ 31937-2024, декларирующий правила обследования инженерно-технических систем, оборудования зданий и сооружений не претерпел значительной редакции. В основном п. 5.4. актуализирован ссылками на нормативно-техническую документацию.

Техническое состояние зданий и сооружений подвергается мониторингу, который существенно отличается от экспертизы инженерных систем. Пункты старого документа, касающиеся мониторинга строительных конструкций, претерпели значительные изменения. Сокращение пунктов, таких как п. 6.4.1-6.3.23, связано с переходом на новые стандарты, такие как СП 22.13330.2016, СП

305.1325800.2017, ГОСТ 24846 и ГОСТ 32019, которые определяют порядок проведения мониторинга.

Новая глава «7. Охрана труда при проведении обследования» в ГОСТ 31937-2024 подчёркивает важность создания плана безопасных работ, проведения инструктажей и использования защитных средств для снижения производственных рисков.

Приложения к ГОСТ 31937-2024 обновлены в соответствии с изменениями в основной текстовой части документа. В Приложении А была добавлена обязательная таблица с формой заключения.

Теперь период основного тона собственных колебаний и крен определяются только для особо ответственных объектов класса КС-3.

После приложения А представлен список материалов, которые обосновывают выбор технической категории состояния. По сути, этот список определяет содержание отчёта по обследованию и указывает на то, какие разделы должны быть в нём представлены. последнее предложение было изменено на более лаконичное «Рекомендации по проектированию мероприятий по восстановлению или усилению конструкций (в случае ограниченно работоспособного или аварийного состояния объекта)». Это должно быть удобнее для специалиста по обследованию.

Семь справочных Приложений исключены в новой редакции.

ГОСТ 31937-2024 претерпел достаточное количество важных изменений, многие из которых дают большее понимание постав-

ленным вопросам обследования зданий и сооружений и строительства в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31937-2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния [Электронный ресурс]. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/82570/?ysclid=m6hzi94zbr327442573> (дата обращения: 15.01.2025.).

2. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния [Электронный ресурс]. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/54142/?ysclid=m6hzonqzoy974138499> (дата обращения: 15.01.2025.).

3. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений [электронный ресурс]. – URL: <https://www.gupcti.ru/upload/iblock/87b/q1dy195u4xnnpuesrf613u377i98oq1.pdf?ysclid=m6hizrjnpn7161846664> (дата обращения: 15.01.2025.).

Вербицкий Иван Олегович – старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлмГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: vane007-89@list.ru;

Вербицкая Елена Васильевна – старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлмГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: alenapantushina@mail.ru;

Степанова Екатерина Сергеевна – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО АлмГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: stkateriin@gmail.com.

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ В NANOCAD ГЕОНИКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

М. Ю. Вяткина, И. А. Бахтина

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрена методика построения цифровой модели наружных сетей водоснабжения на местности в программе nanoCAD Геоника.

Ключевые слова: цифровая модель местности, nanoCAD Геоника, информационная модель, сеть наружного водопровода.

Наружные сети водоснабжения предназначены для транспортировки, распределения и подачи воды потребителям, поэтому при их проектировании, строительстве, монтаже и эксплуатации предъявляются высокие требования. Различные ошибки и неточности, могут существенно затянуть сроки проектирования, строительства и сдачи объекта в эксплуатацию. В настоящее время применение 3D-моделирования наружных водопроводных сетей на этапе проектирования, что позволит свести погрешности до нуля и ускорить сроки проектирования, также наличие значительно упрощает монтаж инженерных систем.

Создание информационной модели объекта это процесс создания и использования информации по строящимся, а также законченным объектам строительства в целях координации входных данных, организации совместного производства и хранения данных, а также их использования для различных целей на всех стадиях жизненного цикла [1].

В соответствии с п.3.1.5 СП 333.1325800.2020 [1] инженерная цифровая модель местности (ИЦММ) – это совокупность взаимосвязанных инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических, инженерно-экологических данных, инженерно-геотехнических данных и данных о территории объекта капитального строительства, представленных в цифровом виде для автоматизированного решения задач управления процессами на жизненном цикле объектов капитального строительства.

В инженерно-геодезических данных решающее значение имеет инженерно-топографический план в цифровом объектно-пространственном виде. Традиционное проектирование – это создание чертежей или комплектов чертежей в двумерной плоскости. Недостатками данного способа в сравне-

нии с трехмерным проектированием являются низкая скорость создания проекта, не наглядность, вероятность возникновения коллизий.

Программа nanoCAD Геоника (рисунок 1) предназначена для специалистов отделов изысканий и генплана, а также проектирования и моделирования инженерных коммуникаций и линейно-протяженных объектов. Данный продукт представляет собой комплекс, состоящий из следующих модулей: «Топоплан», «Генплан», «Сети», «Трассы», «Сечения» и «Геомодель» [2].

При проектировании наружных сетей водоснабжения в программе nanoCAD Геоника, а именно для автоматизации процесса трассировки сетей наружного водопровода и построения продольных профилей по сетям разрабатывают цифровую модель местности (ЦММ). ЦММ – это основа для автоматизированного проектирования сетей наружного водоснабжения.

Создание цифровой модели местности (ЦММ) или существующей поверхности рельефа является начальным этапом в создании информационной модели объекта. Подготовка исходных данных – важный этап любого проекта. От того, в каком виде будут предоставлены исходные данные, зависят скорость и качество выполнения работ [3].

Программа nanoCAD Геоника позволяет создавать цифровые модели местности, решать на их основе задачи проектирования линейно-протяженных объектов, в частности наружных сетей водоснабжения, и получать в итоге информационную модель объекта.

Цифровая модель местности (ЦММ) – это совокупность точек местности с известными координатами в трехмерном пространстве x , y , h и кодовыми обозначениями, характеризующими местность, природные условия и ситуацию.

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ В NANOCAD ГЕОНИКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

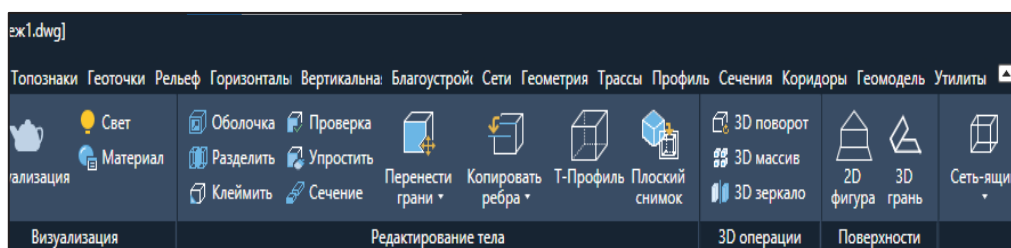


Рисунок 1 – Программа nanoCAD Геоника

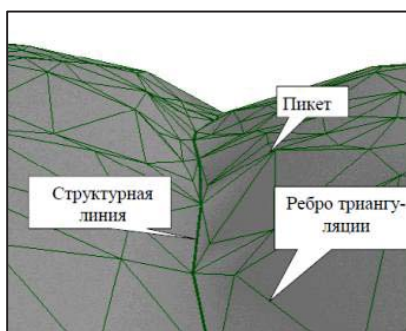


Рисунок 2 – Модель рельефа

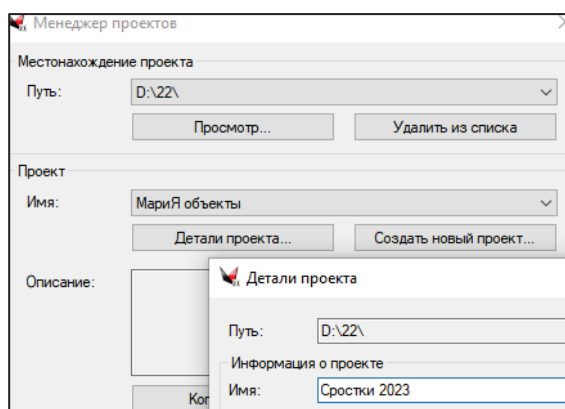


Рисунок 3 – Создание проекта

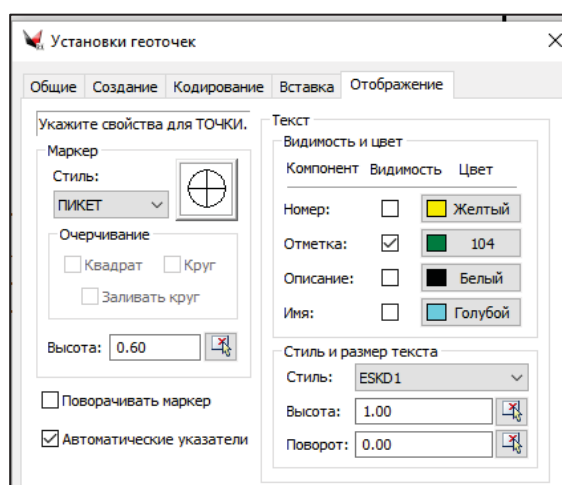


Рисунок 4 – Установка геоточек

ЦММ представляют собой точные данные о высоте земной поверхности, включая здания, растительность и другие высотные объекты. Для создания ЦММ используется информация о точках (узлы, вершины), треугольниках, их ребрах и структурных линиях (рисунок 2).

Точка имеет три координаты x, y, h . Треугольник построен в процессе триангуляции на точках рельефа, структурные линии – это трехмерные линии, определяющие характерные формы рельефа (бровку дороги, насыпи, обрывы, понижения рельефа и т.п).

Построить трехмерную модель рельефа необходимо в модуле «Топоплан». Данный модуль позволяет создавать топографические планы, базу точек съемки и строить трехмерную модель рельефа.

Для создания существующей поверхности рельефа в nanoCAD Геоника могут использоваться различные источники данных (в том числе растры, 2D- либо 3D-чертежи, полученные из других программных продуктов):

- текстовый файл точек съемки;
- примитивы (точки, 3D-полилинии, блоки, 3D-границы, 3D-сеть и т.д.);
- файлы LandXML, содержащие группы геоточек, поверхности, планы и профили трасс.

Работа в программе начинается с создания папки проекта и вся информация (чертежи dwg, поверхности и другое) будет храниться в этой папке (рисунок 3).

Следующим шагом в подготовке топоосновы является погрузка данных, полученных от изыскателей.

Для погрузки данных съёмки (геоточек) в проект на основе текстового файла в программе nanoCAD необходимо выполнить следующие шаги:

1. Настроить установку геоточек и шаблон импорта. Для этого нужно выбрать в «Установках геоточек» на закладке «Отображение» тип маркера или комбинацию, указать видимость нужных компонент, а также стиль и высоту подписи (рисунок 4).

Затем с помощью команды «Менеджер форматов» создать новое правило-шаблон для «чтения» данных съёмки из текстового файла. Команда «Анализ» обеспечит проверку правильности настройки шаблона.

2. Импортировать точки из исходного текстового файла. Для этого нужно выполнить команду «Геоточки» → «Импорт-экспорт геоточек» → «Импорт из текстового файла». Указать путь к исходному файлу, формат импорта и сразу же объединить точки в группу и вставить их в чертёж.

3. Создать поверхность. Для этого нужно в проводнике проекта создать поверхность с именем, например, «Земля» и в разделе о данных TIN указать группу геоточек, полученных в результате импорта из текстового файла.

4. Построить поверхность. Для этого нужно выполнить команду «Рельеф» → «Построить текущую поверхность». По умолчанию включены все параметры построения

Поверхность — это набор входных данных, необходимых для ее построения (групп геоточек, ссылок на текстовые файлы, границ и структурных линий разных видов), выходных данных — результирующей поверхности (выходных точек и граней). Все поверхности являются объектами проекта.

В проводнике проекта создаем поверхность с именем, например «Земля», и в разделе о данных TIN указываем группу геоточек, полученных в результате импорта из текстового файла (рисунок 5).

Помимо данных съёмки при построении поверхности используют дополнительные данные, такие как границы и структурные линии. Граница представляет собой замкнутые 2D- и 3D-полилинии, в том числе с дугами, вершины которых не обязательно лежат на точках вставки используемых для построения триангуляции геоточек.

Структурные линии используют для задания правильного положения ребер треугольников для откосов, тальвегов, водоразделов (хребтов), краев грунтовой дороги (или канав), проходящей по рельефу, откосов и т.д. Наличие структурных линий значительно сокращает необходимость ручного редактирования построенной триангуляции. Создание дополнительных данных границ и структурных линий типовое и может производиться двумя способами. Это отрисовка нужного элемента непосредственно из Проводника проекта, выбранной поверхности или опираясь на сформированную и откорректированную ранее полилинию.

Затем следует аналогично подгрузке данных групп геоточек включить границу в поверхность и перестроить последнюю с учетом внесенных изменений. Таким же образом происходит включение дополнительных данных — структурных линий. В результате добавления данных поверхность будет представлять собой симбиоз из данных съёмки, границ и структурных линий.

Программа выполняет создание поверхностей в виде 3D-граней на основе алгоритма Делоне (рисунок 6). Триангуляция Делоне достоверна для данного набора точек и границ, а структурные линии обеспечивают «групповую» ориентацию граней по ним, однако для соответствия реальному рельефу бывает необходимо ручное редактирование.

Редактирование осуществляется в программе с помощью инструмента Настройки редактора поверхности, расположенного в меню Рельеф (рисунок 7).

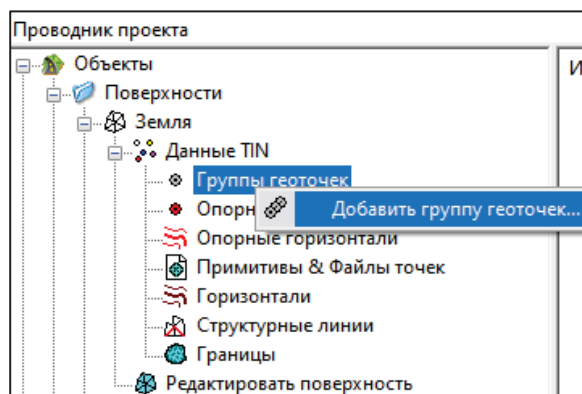


Рисунок 5 – Создание поверхности

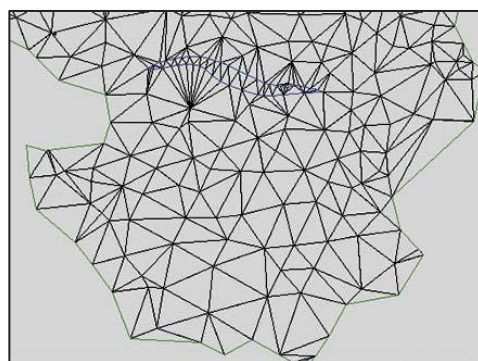


Рисунок 6 – 3D грани поверхности

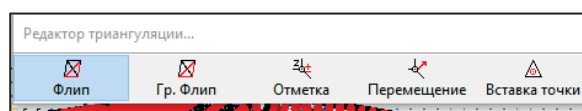


Рисунок 7 – Панель редактора поверхности

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ САМОРАСШИРЯЮЩИХСЯ РАСТВОРОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ

В. К. Гарькавский, И. В. Носков

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Статья посвящена обзору метода инъекционного усиления основания фундаментов мелкого заложения. Сделан анализ инженерно-геологических условий площадки. Проведен анализ параметров деформируемости по результатам испытаний цилиндрических образцов грунта в камере трехосного сжатия.

Ключевые слова: саморасширяющиеся растворы, инъекционное усиление, усиление фундаментов, осадка, деформации.

Исследование и анализ применения саморасширяющихся материалов для укрепления фундаментов стали важным направлением гражданского строительства благодаря инновационному подходу к повышению целостности конструкции и долговечности. Саморасширяющиеся материалы, особенно специализированные цементы, обладают уникальными свойствами, которые позволяют им заполнять щели и расширяться при затвердевании, создавая тем самым прочные соединения. Саморасширяющиеся материалы внедряются в различные области применения, от фундаментов жилых домов до коммерческих сооружений, демонстрируя универсальность при работе с различными грунтами и условиями нагрузки.

Саморасширяющиеся растворы представляют собой специальные строительные смеси, состоящие из цемента, песка, воды и специальных добавок, обеспечивающих увеличение объема раствора при твердении. Для обеспечения расширения раствора используются различные виды добавок, каждая из которых имеет свои уникальные свойства и механизмы действия. Каждая из добавок работает по-своему, но все они направлены на достижение одного результата – увеличения объема раствора после его затвердевания. Выбор добавки зависит от требований конкретного строительного проекта, условий эксплуатации и желаемого конечного результата. Изготовление саморасширяющегося раствора требует тщательного соблюдения пропорций ингредиентов.

Использование саморасширяющихся растворов нашло применение в различных сферах строительства. Этот эффект используется для восстановления целостности различных элементов зданий, таких как балки,

колонны, стены, плиты перекрытий и прочие конструкции, включая усиление оснований фундаментов. Правильное сочетание компонентов и технологий позволяет создавать высококачественные саморасширяющиеся растворы, способные эффективно решать задачи по укреплению оснований фундаментов и других строительных конструкций.

Применение саморасширяющихся растворов позволяет значительно улучшить механические характеристики грунта под фундаментами зданий и сооружений, повысить их несущую способность и устойчивость к деформациям. В данной статье рассматриваются особенности использования саморасширяющихся растворов для усиления оснований фундаментов, а также приводится пример успешного применения этой технологии.

В одном из исторических городов России было проведено усиление основания фундамента старинного здания. Здание представлено 4-х и 5-этажными флигелями без деформационного шва, высотой 15 и 18 м соответственно. На рисунке 1 представлена схема расположения здания.

Фундаменты под несущие наружные и внутренние стены выполнены ленточными бутовыми на естественном основании, выложенными из известняковых камней различных габаритов на известково-песчаном растворе. На рисунке 2 представлен разрез фундамента здания.

В ходе работы была установлена прочность известковых камней фундаментов ультразвуковым тестером – 218 кг/см². Ультразвуковые тесты могут проводиться для мониторинга состояния фундамента и выявления признаков износа, таких как снижение прочности, появление трещин и других дефектов.

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ САМОРАСШИРЯЮЩИХСЯ РАСТВОРОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ

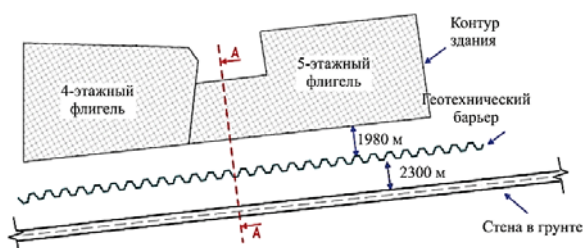


Рисунок 1 – Схема расположение здания относительно геотехнического барьера и конструкции «стена в грунте»

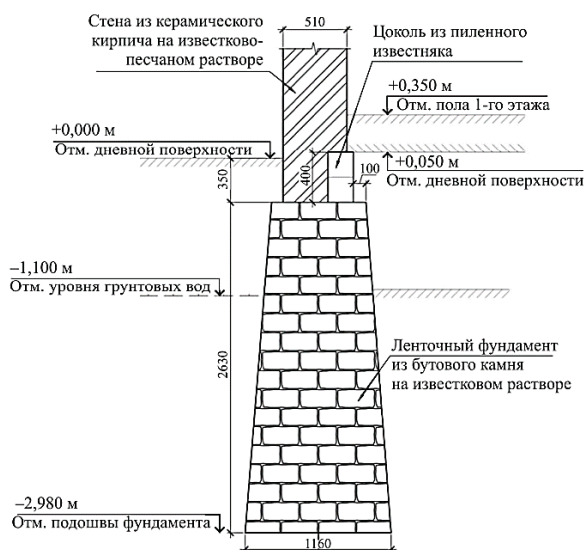


Рисунок 2 – Ленточный фундамент из бутового камня под наружные и внутренние стены здания

Расчетом установлено предельное давление, передаваемое на грунт основания, которое составляет 125 кН/м^2 . Согласно результатам проведенного обследования, фундаменты рассматриваемого здания находятся в работоспособном техническом состоянии

и не требуют дополнительного усиления, но необходимо акцентировать внимание на слабые основания фундаментов слабые грунты, подверженные к неравномерным деформациям.

Представленное здание является историческим. Несущие стены выполнены из кирпичной кладки. Данное здание в рамках действующей нормативной документации (СП 22.13330.2016) относится к III категории технического состояния (ограниченно-работоспособное). Учитывая это, предельная дополнительная осадка составляет 5 мм, а относительная разность осадок – 0,0004.

Инженерно-геологические условия территории неблагоприятны для возведения здания на естественном основании, и в соответствии с действующей нормативной документации (СП 22.13330.2016) применение фундаментов мелкого заложения на слабые грунты было бы признано недопустимым, таблица 1.

Учитывая инженерно-геологические условия территории и дополнительные технологические воздействия при производстве работ по устройству ограждающей конструкции «стена в грунте» вблизи (4,2 м) от исследуемого здания, подчеркнем необходимость компенсационного укрепления подстилающих подошву фундаментов грунтов основания с помощью нагнетания саморасширяющихся инъекционных материалов в соответствующий слой.

Рассмотрим наименее благоприятное сечение А-А, где у здания ожидается максимальные значения относительной разности осадки. На рисунке 3 показан разрез по сечению А-А с обозначением высотных отметок.

Таблица 1 – Физические свойства и гранулометрический состав грунта основания

Супеси пылеватые текучие темно-серые тиксотропные с прослоями суглинка, песка с примесью органических веществ (т, I/IV)									
Процент содержания частиц по фракциям (мм)									
>10	10-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
-	1,7	0,2	0,4	2,6	8,8	22,6	44,9	10,7	8,1
Физические свойства									
Влажность, д. ед.			Пластичность, д. ед.	Плотность, т/м ³			Пористость, дол. ед.	Консистенция, дол. ед.	Фильтрация, м/сут
природ.	на границе			грунта	скелет	частиц			
W	W _L	W _p	I _p	ρ	ρ _d	ρ _s	e	I _L	K _ф
0,325	0,318	0,258	0,060	1,86	1,40	2,66	0,895	0,97	0,07

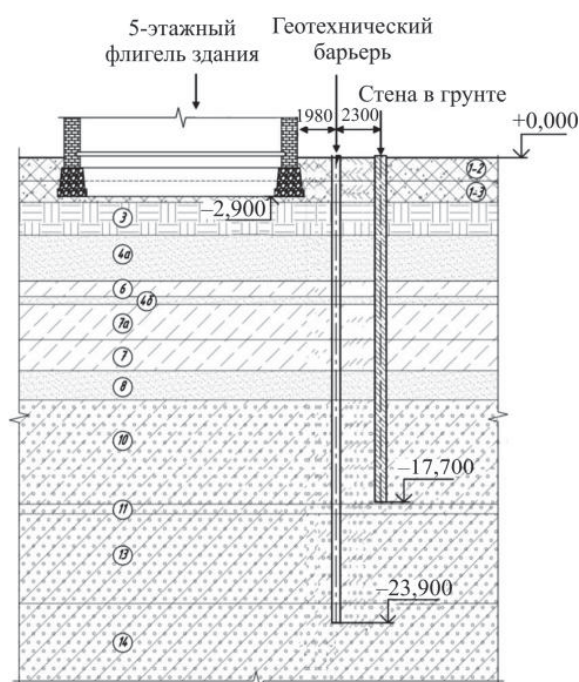


Рисунок 3 – Разрез А-А с обозначением высотных отметок

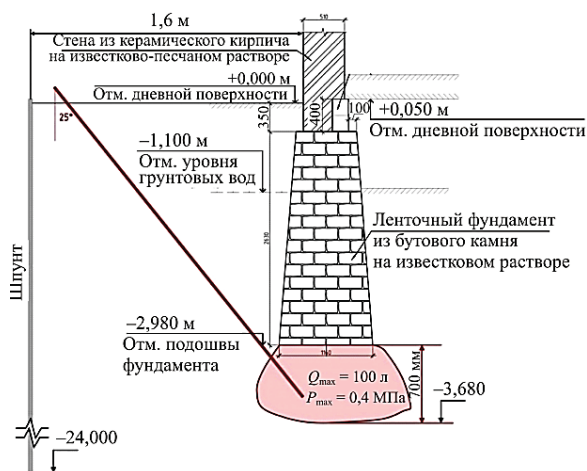


Рисунок 4 – Схема компенсационного нагнетания саморасширяющегося материала на цементной основе с модифицирующими добавками в основание фундаментов здания

Для предотвращения неравномерной осадки здания был выбран метод инъекционного усиления основания фундамента здания с использованием раствора на основе минерального вяжущего. Инъекционный метод заключается в закачивании саморасширяющихся растворов через скважины или отверстия непосредственно в грунт под основанием фундамента. Раствор заполняет поры и трещины, укрепляя основание и повышая его несущую способность. Этот метод особенно эффективен для устранения локальных де-

фектов и повышения устойчивости конструкций.

Метод инъекционного усиления основания фундамента с использованием раствора на основе минерального вяжущего включает несколько ключевых этапов. Рассмотрим их последовательно:

1. Бурение скважины по грунту $\varnothing 52$ мм установкой колонкового бурения под углом 25° до отметки $-0,7$ м ниже подошвы фундамента с внешней стороны здания.

2. В скважину на заданную глубину устанавливаются инъекторы, через которые будет подаваться раствор.

3. Нагнетание обойменного цементного раствора с последующей выдержкой скважины в течение 2 суток для исключения движения инъекционного раствора по затрубному пространству во время основного этапа инъектирования.

4. Нагнетание инъекционного раствора под основание фундамента здания с давлением, не превышающим $0,4$ МПа, т.е. в режиме пропитки.

В качестве раствора применялся саморасширяющийся материал на цементной основе марки М500 с добавлением модификаторов, обеспечивающими дополнительное расширение.

Коэффициент расширения раствора находится в диапазоне от 1,5 до 4, объемная плотность раствора без реакции – 1500 кг/м³. На рисунке 4 показана схема компенсационного нагнетания саморасширяющегося материала.

Изготовление инъекционного раствора происходило на месте производства работ путем смешивания минерального порошка с водой посредством смесительного оборудования турбулентного типа. Такие смесители работают на принципе создания турбулентных потоков, которые обеспечивают быстрый и полный обмен между всеми участками смеси. Данный метод обеспечивает равномерное распределение саморасширяющихся добавок в приготавливаемом растворе, помогает ускорить химические реакции.

Турбулентное перемешивание значительно ускоряет химические реакции за счет улучшения массопереноса, увеличения площади контакта, равномерного распределения компонентов и повышения эффективности катализаторов. Оно также помогает устранить застойные зоны и обеспечивает стабильные условия реакции. Жидкая консистенция раствора позволяла ему проникать в поры грунта без давления, сохраняя его целостность.

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ САМОРАСШИРЯЮЩИХСЯ РАСТВОРОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ

При закреплении грунтового массива в основании фундаментов основными контролируемыми показателями стали те, которые служат критерием достижения положительного результата:

1. Увеличение значения модуля деформации E более чем на 30%.

2. Степень пропитки грунтового массива.

Были отобраны образцы закрепленного грунта и в естественном сложении из-под фундамента здания на участке проводимых работ и направлены на лабораторные испытания для определения достигнутых контролируемых параметров.

Согласно нормативной документации (ГОСТ 12248-2010) для определения характеристик деформируемости укрепленного грунта был выбран метод трехосного сжатия.

Метод трёхосного сжатия – это лабораторный метод испытания образцов на прочность при всестороннем давлении. Этот метод позволяет моделировать естественное состояние грунта. Данный метод включает в себя приложение трёх взаимно перпендикулярных сжимающих напряжений к образцу материала. Эти напряжения создают всестороннее давление, которое имитирует условия, встречающиеся в природе или инженерных сооружениях. Испытания проводятся в специальной установке. Образец материала, обычно цилиндрической формы, подготавливается таким образом, чтобы его размеры соответствовали стандартам испытаний. Поверхности образца должны быть ровными и параллельными друг другу. Подготовленный образец помещается внутрь камеры. Камера состоит из трёх независимых систем нагружения, которые позволяют контролировать величину приложенного давления в каждом направлении, камера представлена на рисунке 5.

Для лабораторных испытаний использовались образцы грунта диаметром 38 мм и высотой 76 мм ненарушенного сложения с природной влажностью, отобранные с экспериментальной площадки, при помощи металлического цилиндра с заостренной нижней гранью. Образцы представлены на рисунке 6.

Испытания проводили в стабилометре по схеме консолидированно-дренированного испытания. Испытания в стабилометре по схеме консолидированно-дренированного испытания являются важным этапом лабораторных исследований механических свойств грунтов. Они позволяют оценить поведение грунта под действием внешних нагрузок в условиях дренажа, когда вода может свободно выходить из образца во время испытания.

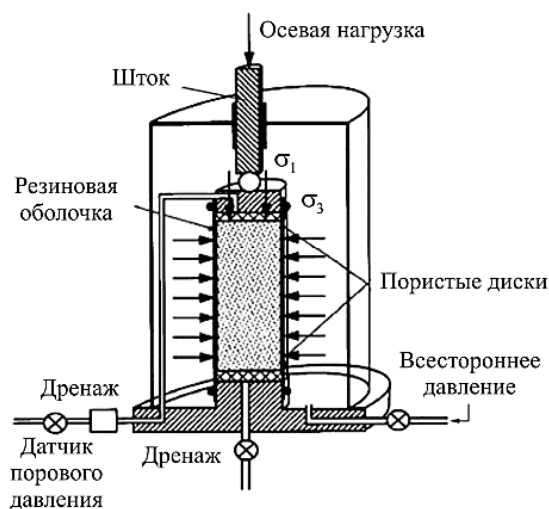


Рисунок 5 – Конструктивная схема камеры прибора трехосного сжатия

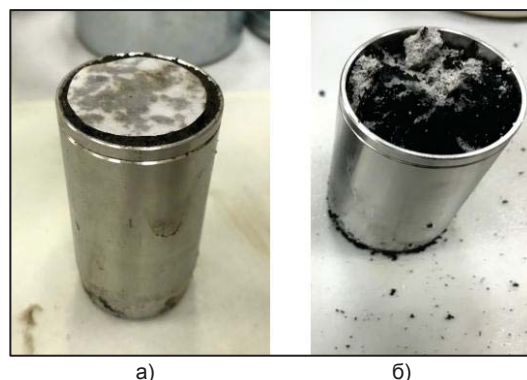


Рисунок 6 – Отобранные образцы грунта:
а) образец грунта ненарушенной структуры;
б) образец укрепленного грунта ненарушенной структуры

Основная цель испытаний – определение модуля деформации, угла внутреннего трения и силы удельного сцепления грунта. Боковое давление создается путём заполнения камеры жидкостью ($\sigma_2 = \sigma_3$) и остается постоянным. После создания начального давления, вертикальное давление (σ_1) увеличивалось ступенями $\Delta\sigma = 50$ кПа. Величина дополнительного напряжения постепенно увеличивается до тех пор, пока образец не разрушится. При достижении определенной разности напряжений ($\sigma_1 - \sigma_3$) происходило разрушение образца. Во время испытания регистрируются значения приложенного напряжения и деформации образца. Эти данные используются для построения диаграммы «напряжение-деформация», которая показывает поведение материала под нагрузкой. На рисунке 7 показаны завершённые испытания образцов.

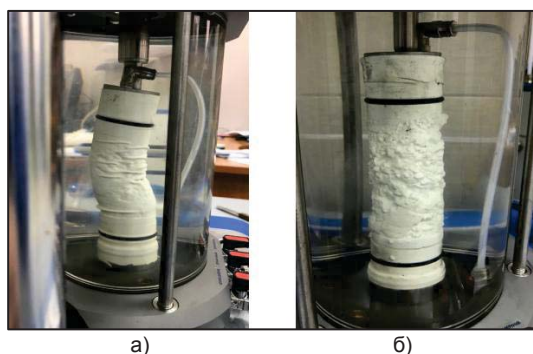


Рисунок 7 – Лабораторные испытания образцов установкой трехосного сжатия при эффективном давлении в камере 300 кПа: а) образец грунта ненарушенной структуры; б) образец укрепленного грунта

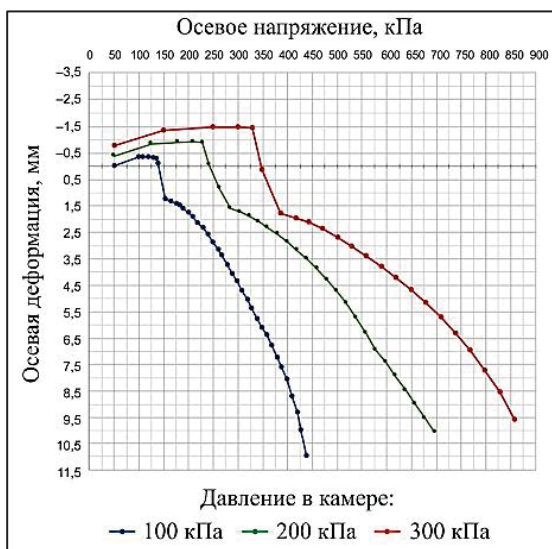


Рисунок 8 – Образец грунта ненарушенной структуры

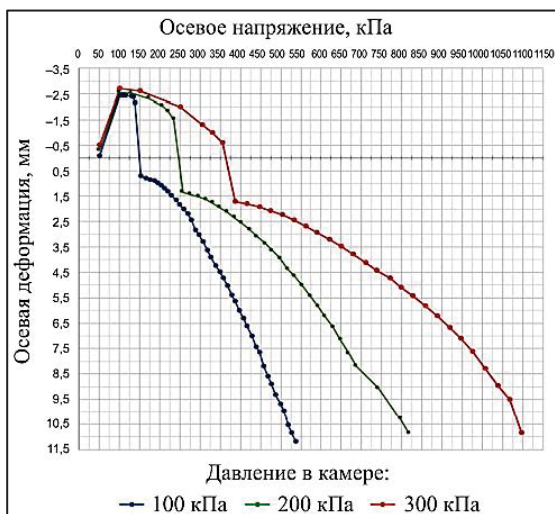


Рисунок 9 – Образец укрепленного грунта

При постоянном значении напряжений ($\Delta\sigma_3 = 0$) модуль деформации E вычисляется исходя из следующей зависимости

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{(\sigma_1^2 - \sigma_1^1) \cdot h_{обр}}{(h_1^2 - h_1^1)}$$

где $(\sigma_1^2 - \sigma_1^1)$ – приращение осевого напряжения в пределах линейного участка зависимости «деформация – напряжение» (нач. участок кривой деформирования), кПа; $(h_1^2 - h_1^1)$ – приращение осевой деформации в пределах линейного участка зависимости «деформация – напряжение» (нач. участок кривой деформирования), мм; $h_{обр}$ – высота испытываемого образца, $h_{обр} = 76$ мм.

Деформации образцов в условиях трехосного сжатия можно увидеть на рисунках 8 и 9.

По данным испытаний в условиях трехосного сжатия построены круги Мора при различных эффективных напряжениях. Круги Мора – это графический метод анализа напряженно-деформированного состояния материала. Круги Мора являются инструментом для анализа напряженно-деформированного состояния материалов. Они предоставляют наглядное представление о напряжениях и деформациях, а также позволяют быстро и удобно оценивать прочность и устойчивость конструкций.

Оценка прочности осуществлялась графоаналитическим методом с применением касательной.

Графоаналитический метод с использованием касательной – это распространенный способ определения характеристик прочности материалов. Этот метод основан на построении графика зависимости между напряжением и деформацией материала, полученным в результате испытаний. Круги Мора при различных эффективных напряжениях показаны на рисунках 10 и 11.

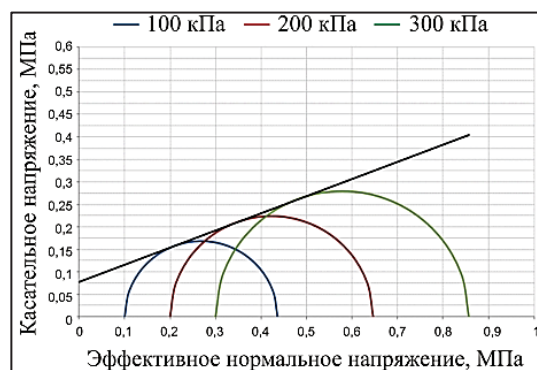


Рисунок 10 – Образец грунта ненарушенной структуры

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ САМОРАСШИРЯЮЩИХСЯ РАСТВОРОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ

Таблица 2 – Результаты лабораторных испытаний

№ п/п	Давление в камере, кПа	Вертикальное давление σ_1 , кПа	Вертикальные деформации h , мм	Высота $h_{обр}$, мм	Модуль деформации E , МПа	Прочностные характеристики
Грунт естественного сложения						
1	100	164,8	1,3	78	9,282	Удельное сцепление $c = 76,9$ кПа Угол внутреннего трения $\varphi = 20^\circ$
		175,4	1,41			
2	200	284,4	1,60	78	11,520	
		303,6	1,73			
3	300	386	1,77	78	12,275	
		415,9	1,96			
Закрепленный грунт						
4	100	152,9	0,72	78	13,260	Удельное сцепление $c = 81,5$ кПа Угол внутреннего трения $\varphi = 28^\circ$
		164,8	0,79			
5	200	256,8	1,35	78	16,883	
		275,8	1,44			
6	300	387,7	1,73	78	24,440	
		415,9	1,82			

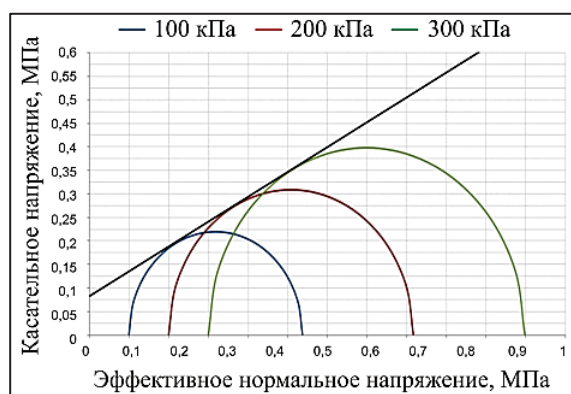


Рисунок 11 – Образец укрепленного грунта

В ходе лабораторных испытаний были определены значения, представленные в таблице 2.

В процессе проведения лабораторных исследований были испытаны образцы укрепленного в возрасте 35 суток массива грунта и находящийся в естественном сложении грунт. По результатам исследований было определено увеличение деформационного показателя укрепленного грунтового массива минимум на 40% по отношению к грунту в естественном сложении.

Вывод: Использование саморасширяющихся растворов является эффективным способом усиления оснований фундаментов, позволяющим существенно повысить их несущую способность и устойчивость к деформациям. Различные методы применения саморасширяющихся растворов позволяют

адаптироваться к конкретным условиям строительной площадки и задачам проекта. Приведенный пример демонстрирует успешность и эффективность применения этой технологии в реальных условиях, увеличение деформационных показателей укрепленного грунтового массива минимум на 40% по отношению к грунту в естественном сложении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- СП 22.13330.2016. Оснований зданий и сооружений. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054206> (дата обращения: 9.02.2025).
- Калач, Ф. Н. Оценка эффективности использования технологии инъекционного укрепления слабых грунтов в основании мелкого заложения саморасширяющимися растворами / Ф. Н. Калач. – Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – 2020. – Пермь, 2020. – 16 с.

Гарькаевский Вячеслав Константинович – студент группы 8С_{ПГС}-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: slava16.12@mail.ru;

Носков Игорь Владиславович – к.т.н., доцент, заведующей кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: noskov.56@mail.ru.

ЭКСПОРТ ОПАЛУБОЧНОЙ МОДЕЛИ МОНОЛИТНОГО МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ В РАСЧЕТНУЮ ПРОГРАММУ

П. С. Годун, Е. Р. Кирколуп

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В рамках данной статьи рассматривается процесс экспорта опалубочной модели монолитного многоэтажного здания из ПК Revit в ПК Ли́ра. Рассмотрены этапы подготовки опалубочной модели многоэтажного монолитного здания к экспорту в расчетную программу. Основное внимание уделяется способам подготовки данных, преобразования геометрических и физических характеристик конструкций, а также проверке корректности передаваемых данных. Рассмотрены возможные ошибки, возникающие в процессе экспорта, и способы их решений.

Ключевые слова: опалубочная модель, расчетная модель, IFC, ПК Revit, ПК Ли́ра.

Современное строительство монолитных многоэтажных зданий представляет собой сложный процесс, требующий высокой точности на всех этапах проектирования и возведения. Одним из ключевых аспектов успешной реализации таких проектов является корректное выполнение инженерных расчётов, которые позволяют оценить прочность, устойчивость и долговечность конструкций. Для проведения таких расчётов широко используются специализированные программные комплексы, среди которых программа Ли́ра занимает одно из ведущих мест благодаря своей универсальности и широкому набору функциональных возможностей.

Однако эффективное использование программного обеспечения для расчётов невозможно без корректной передачи данных из проектной документации или опалубочной модели в расчётную программу. Опалубочная модель, созданная, например, в программном комплексе Autodesk Revit (ПК Revit) [1], может содержать в себе всю необходимую информацию о геометрии конструкций, материалах, нагрузках и других параметрах. Тем не менее, процесс экспорта этой модели в расчётный комплекс Ли́ра (ПК Ли́ра) сопряжён с рядом технических сложностей, связанных с различиями в форматах данных, особенностями интерфейсов программ и необходимостью сохранения целостности информации.

Актуальность данной темы обусловлена тем, что ошибки на этапе передачи данных могут привести к некорректным результатам расчётов, что, в свою очередь, может повлечь за собой серьёзные последствия на этапе строительства. Например, неправильное моделирование узлов соединения элементов или некорректное задание нагрузок

может привести к недооценке напряжённо-деформированного состояния конструкций, что повышает риск аварийных ситуаций. Поэтому важно разработать и внедрить методику, которая обеспечит максимальную точность и эффективность процесса экспорта опалубочной модели в расчётную программу.

Целью данной статьи является рассмотрение основных этапов экспорта опалубочной модели монолитного многоэтажного здания, разработанной в ПК Revit, в ПК Ли́ра, а также выявление возможных проблем и способов их решения. Кроме того в работе рассмотрены вопросы подготовки опалубочной модели, выбора оптимального формата для экспорта данных и приведены практические рекомендации, которые помогут инженерам-проектировщикам минимизировать ошибки и повысить качество расчётов.

Подготовка опалубочной модели (рисунок 1) является одним из наиболее важных этапов в процессе проектирования монолитных многоэтажных зданий. Этот этап включает создание детализированной цифровой модели, которая отражает все геометрические, конструктивные и технологические особенности будущего здания. Корректность и полнота данных в опалубочной модели напрямую влияют на качество последующих расчётов в ПК Ли́ра, поэтому к подготовке модели необходимо подходить с особой тщательностью.

Каждый элемент опалубочной модели должен быть создан с такой точностью, чтобы, во-первых, их уровень проработки соответствовал СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла», а во-вторых, чтобы элементы

ЭКСПОРТ ОПАЛУБОЧНОЙ МОДЕЛИ МОНОЛИТНОГО МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ В РАСЧЕТНУЮ ПРОГРАММУ

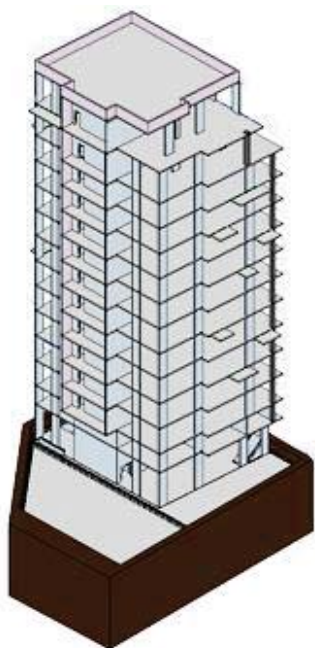


Рисунок 1 – Пример опалубочной модели здания

модели не содержали никаких отклонений в геометрических параметрах, либо возможные отклонения учитывались в дальнейшем (п. 8 ГОСТ 27751-2014 «Межгосударственный стандарт. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения»), т.к. неучет отклонений может привести к ошибкам в расчётах. Например, неправильное задание толщины перекрытия или смещение оси колонны может существенно повлиять на распределение нагрузок и напряжений в конструкции.

После формирования геометрических параметров опалубочной модели необходимо назначить свойства материалов для каждого элемента.

Для монолитных конструкций это, как правило, бетон и арматура. Важно учитывать: марку бетона, которая определяет его прочностные характеристики, класс арматуры, её диаметр и шаг укладки. Дополнительно необходимо учитывать теплоизоляционные или гидроизоляционные материалы, если они влияют на расчётные параметры.

Назначение свойств материалов должно соответствовать проектной документации и нормативным требованиям. Ошибки на этом этапе могут привести к недооценке или переоценке несущей способности конструкций.

Опалубочная модель может включать информацию о нагрузках, которые будут действовать на конструкцию. Задание нагрузок и граничных условий в рассматриваемом случае является одним из основных этапов подготовки опалубочной модели для последую-

щего экспорта в ПК Лира. Нагрузки определяют внешние и внутренние силы, которые будут действовать на конструкцию в процессе эксплуатации, а граничные условия задают поведение элементов конструкции в местах их соединения или опирания. Корректное задание этих параметров напрямую влияет на точность расчётов и, как следствие, на безопасность и надёжность здания. ПК Revit поддерживает различные типы нагрузок, которые могут быть применены к элементам модели. Например, собственный вес конструкций: вес стен, колонн, перекрытий, фундаментов и других элементов. Данный параметр рассчитывается автоматически на основе заданной геометрии и плотности материалов. Кроме того инструментами ПК Revit можно задать временные нагрузки (снеговую, ветровую, сейсмическую).

Проверка опалубочной модели на ошибки является критически важным этапом перед её экспортом в расчётную программу. Даже незначительные ошибки в модели могут привести к серьёзным последствиям на этапе строительства или эксплуатации здания. Поэтому необходимо тщательно проанализировать модель на всех уровнях: геометрическом, конструктивном и технологическом. Рассмотрим основные аспекты проверки модели.

Геометрические ошибки связаны с некорректным заданием размеров, форм или расположения элементов модели. К ним относятся:

- пересечение элементов: элементы конструкции (например, стены и колонны) могут пересекаться друг с другом, что приводит к некорректному распределению нагрузок.

- отсутствие связей между элементами: элементы конструкции не соединены между собой, что приводит к нарушению целостности модели;

- некорректные размеры.

Конструктивные ошибки связаны с некорректным заданием свойств материалов, нагрузок или граничных условий. К ним относятся:

- ошибки в назначении материалов;

- ошибки в нагрузках (нагрузки заданы некорректно или отсутствуют);

- ошибки в граничных условиях (неправильно заданы условия опирания или связи между элементами);

Проверка опалубочной модели на этапе проектирования в ПК Revit является важным шагом для обеспечения её корректности перед экспортом в расчётную программу. Это позволяет выявить потенциальные ошибки и

недочёты на ранней стадии, что снижает вероятность их появления на этапе расчётов и строительства. Рассмотрим основные методы проверки модели, реализованные в ПК Revit.

Для проверки модели можно использовать встроенные инструменты программы, такие как проверка на коллизии, а также визуальный анализ модели. Кроме того, рекомендуется привлекать к проверке опытных инженеров, которые могут выявить ошибки, неочевидные для автоматических систем.

Проверка свойств материалов сводится к анализу параметров материалов и проверке группировки материалов. Для анализа параметров материалов необходимо в библиотеке материалов проверить, что каждому материалу присвоены корректные физические свойства (плотность, модуль упругости, предел прочности и т.д.). Важно убедиться, что материалы соответствуют стандартам, указанным в техническом задании. При проверке группировки материалов следует убедиться, что материалы правильно назначены различным типам элементов (например, панелям опалубки, стойкам, креплениям).

При проверке нагрузок можно использовать функцию визуализации нагрузок для анализа того, как нагрузки распределены по элементам модели. Используя данную функцию необходимо убедиться, что нагрузки правильно применены к нужным поверхностям, линиям или узлам.

Качественная работа опалубочной конструкции зависит от правильного моделирования связей и креплений. Для этого необходимо проверить правильность задания связей и креплений следующими способами:

- Провести анализ типов соединений – проверить, что все соединения между элементами модели (например, между панелями и стойками) правильно заданы. Убедиться, что типы соединений (шарнирные, жёсткие или свободные) соответствуют реальным условиям работы опалубки.

- Провести проверку точек крепления, используя функцию типов семейств (Family Types). Убедиться, что все крепления имеют корректные механические характеристики (предельная нагрузка, жёсткость).

- Проанализировать зоны деформаций и убедиться, что зоны возможных деформаций учтены в модели.

После проверки всей модели на коллизии и дефекты необходимо подготовить модель для будущего экспорта в расчетную программу. Для этого необходимо совершить ряд действий, которые включают в себя:

- упростить геометрию модели (удалить лишние детали, которые не влияют на расчёты, например, декоративные элементы);

- группировать элементы (произвести объединение однотипных элементов для упрощения обработки данных);

- провести проверку совместимости форматов (выбрать формат экспорта, который поддерживает передачу всех необходимых данных).

Для передачи данных между программами можно использовать различные форматы файлов. Экспорт модели в ПК Лира возможен через следующие форматы файлов:

- IFC (Industry Foundation Classes) – стандартный формат обмена данными при использовании технологии информационного моделирования, позволяет сохранять как геометрию, так и атрибуты объектов.

- STEP (Standard for the Exchange of Product model data) – формат для передачи геометрических данных.

- DXF (Drawing Exchange Format) – простой формат для экспорта плоских чертежей.

В данном случае выбор остается за форматом IFC, так как он позволяет передавать информацию о зданиях и сооружениях между различными программами проектирования [2, 3], сохраняя как геометрические, так и семантические данные. То есть в отличие от других форматов файлов, таких как DXF или STEP, IFC поддерживает не только геометрию объектов, но и их атрибуты (материалы, свойства, нагрузки, связи).

IFC является независимым от конкретного программного обеспечения стандартом, что делает его идеальным выбором для взаимодействия между программами проектирования и расчётными системами. Важно выбрать версию IFC, которая поддерживается обеими программами, и указать уровень детализации, который должен соответствовать требованиям расчётов.

Важно убедиться, что в ходе экспорта модели не возникло ошибок. Это можно сделать уже в расчетной программе, открыв файл IFC и проверить корректность импорта. Если все же ошибки при передаче возникают, то необходимо использовать инструменты ПК Лира для ручной корректировки данных.

В случае успешного экспорта, либо после исправления всех ошибок в экспортированном файле, получаем пространственную расчетную модель (рисунок 2), которую можно анализировать инструментами ПК Лира на прочность, устойчивость от воздействия всевозможных статических и динамических нагрузок, предусмотренных проектом.

ЭКСПОРТ ОПАЛУБОЧНОЙ МОДЕЛИ МОНОЛИТНОГО МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ В РАСЧЕТНУЮ ПРОГРАММУ



Рисунок 2 – Пространственная расчетная схема здания в расчетной программе

Заключение

В данной статье были рассмотрены этапы подготовки опалубочной модели многоэтажного монолитного здания к экспорту в расчетную программу. Рассмотрены возможные ошибки, возникающие в процессе экспорта, и способы их решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мокряков, Р. В. О возможности автоматизации создания опалубочной модели монолитного многоэтажного здания / Р. В. Мокряков, Е. Р. Кирколуп // Ползуновский альманах. – 2023. – № 1. – С. 106-108.
2. Востряков, Н. А. Особенности экспорта аналитической модели металлической фермы из Autodesk Revit в расчетные программные комплексы / Н. А. Востряков, А. А. Кикоть // Ползуновский альманах. – 2024. – № 1. – С. 54-58.
3. Чайковский, С. М. Создание BIM-модели в системе Renga и перенос ее в программный комплекс SCAD / С. М. Чайковский, В. П. Яценко // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 269-275.

Годун Павел Сергеевич – студент группы 8Соим-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: pashalinnk@gmail.com;

Кирколуп Евгений Романович – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kirkolup@mail.ru.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ ОПОЛЗНЕЙ

И. В. Грянкин, Е. И. Вяткина

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Статья посвящена обзору способов защиты зданий и сооружений, находящихся в оползневых зонах. Рассмотрены пассивные и активные противооползневые мероприятия. Более подробно описаны подпорные стенки, контрбанкеты у подошвы оползня, свайные ряды, дренаж, габионы и бетонирование склонов.

Ключевые слова: оползень, противооползневые мероприятия, подпорные стенки, контрбанкеты у подошвы оползня, свайные ряды, дренаж, габионы, бетонирование склонов.

Данный обзор выполнен в рамках магистерской работы, посвященной исследованию и анализу устройства фундаментов в оползневых зонах. В ходе исследования были изучены различные методы защиты зданий и сооружений от оползней, включая как современные, так и традиционные подходы, применяемые в строительстве. Было проведено детальное исследование с технологической, трудозатратной и экономической точек зрения, на основе которого были выявлены преимущества и недостатки каждого метода, а также выбран наиболее оптимальный подход.

Оползни представляют собой одно из наиболее опасных природных явлений, способных нанести значительный ущерб зданиям и сооружениям. Эти геологические процессы, характеризующиеся движением массива грунта и скальных пород вниз по склону под действием силы тяжести, могут возникать в результате различных факторов: природных и антропогенных. К природным факторам можно отнести переувлажнение грунта атмосферными осадками, сейсмическую активность, влияние грунтовых вод, эрозию, подмыв основания склона рекой или морем, а к антропогенным – вырубка лесов и кустарников на склоне, производство взрывных и горных работ, распашка и полив склонов, коммунальные аварии.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью разработки и внедрения эффективных методов защиты зданий и сооружений от оползней. В последние десятилетия наблюдается рост числа случаев разрушения объектов недвижимости и инфраструктуры, что приводит не только к экономическим потерям, но и к угрозе жизни и здоровья людей. Поэтому изучение существующих способов защиты от оползней, а также ана-

лиз их эффективности, становится важной задачей.

Геотехнические исследования земельных участков до начала строительства являются обязательным этапом для надлежащей оценки потенциальных рисков. Данные исследования позволяют определить характеристики грунта, его несущую способность и спрогнозировать вероятность возникновения оползней. Полученные результаты анализа служат основой для рационального проектирования фундаментов и выбора адекватных методов инженерной защиты, направленных на минимизацию опасностей, связанных с оползнями.

Для предотвращения оползней необходимо соблюдение охранно-противооползневого режима, постоянный мониторинг состояния склонов, а также реализация комплекса противооползневых мероприятий. При этом комплекс мер должен учитывать специфику оползневого участка и гидрогеологические условия. Противооползневые мероприятия подразделяются на две категории: пассивные и активные [4].

К **пассивным мерам** противодействия оползням относятся охранно-ограничительные мероприятия, направленные на предотвращение негативного воздействия на склоны. В частности, к ним относят:

- запрет на осуществление любых видов подсыпок как на самих склонах, так и в зоне их потенциального влияния;
- ограничение деятельности, связанной с подрезкой оползневых склонов и устройством выемок на них;
- строительство любых сооружений, водоёмов, а также объектов с высоким водопотреблением на склонах и в обозначенной зоне допускаются только при условии реализации инженерно-технических решений, гаран-

тирующих полное предотвращение утечек воды в почву;

- недопущение сброса дождевых, талых, сточных и прочих вод на участки, подверженные оползням;
- запрещение орошения земель, а также случаи их вспахивания;
- запрещение использования специальных герметичных барьеров (пластырей) для локализации зон выхода грунтовых вод на поверхность;
- запрещение на проведение горных и взрывных работ вблизи оползневых участков;
- ограничение допустимой скорости движения железнодорожных составов в пределах оползневой зоны;
- охрана травянистых и древесно-кустарников насаждений;
- запрет на установку водопроводных колонок и устройство постоянного водопровода без параллельного строительства канализационной системы;
- организация масштабных мероприятий по озеленению территорий, расположенных в зонах оползневой опасности.

К числу **активных мероприятий** по борьбе с оползнями относят меры, направленные на предупреждение возникновения оползней или стабилизацию уже существующих:

- дренажные системы: от канав до штолен, предназначенные для отвода подземных вод из массива грунта, что повышает его устойчивость за счет осушения;
- установка контрбанкетов: массивные конструкции у подошвы оползня, предотвращающие смещение земляных масс своим весом;
- свайные ряды: используются для временной стабилизации оползневых склонов с ограниченным объемом смещенных пород;
- подпорные стенки: эффективный метод укрепления небольших оползней и склонов, подверженных нарушению устойчивости в результате подмыва или подрезки;
- габионы: металлические сетки, заполненные камнями или другими материалами для укрепления склонов;
- торкретирование: метод, при котором металлическая сетка с анкерными креплениями заполняется быстросхватывающейся смесью.

Рассмотрим несколько примеров, демонстрирующих активные противооползневые мероприятия.

1. Подпорные стенки представляют собой вертикальные инженерные сооружения,

предназначенные для предотвращения обрушения и осыпи грунта, представлены на рисунке 1 [3].

Подпорные стенки классифицируются по различным типам.

По назначению:

- декоративные применяются для имитации природных ландшафтов;
- укрепительные служат для предотвращения оползней грунта и используются при создании террас, выравнивании участков с большим уклоном и зонировании территории.

По конструкции:

- тонкостенные, представляющие собой угол с широкой горизонтальной опорной частью, жестко соединенной с вертикальной частью. Изготавливаются обычно из бетона и считаются экономичным вариантом;
- массивные, удерживающие грунт за счет собственного веса и защищенные от опрокидывания заглубленным фундаментом. Выполняются из бутового камня или армированного бетона.

По сечению:

- прямоугольные, с одинаковой шириной по всей высоте, используются для декоративных конструкций и небольших по высоте стен, не испытывающих больших нагрузок;
- трапециевидные, со скошенной плоскостью, обращенной к грунту, для увеличения ширины основания и повышения устойчивости, прочности и защиты от смещения. Применяются при значительном перепаде высот и большой нагрузке от грунта.

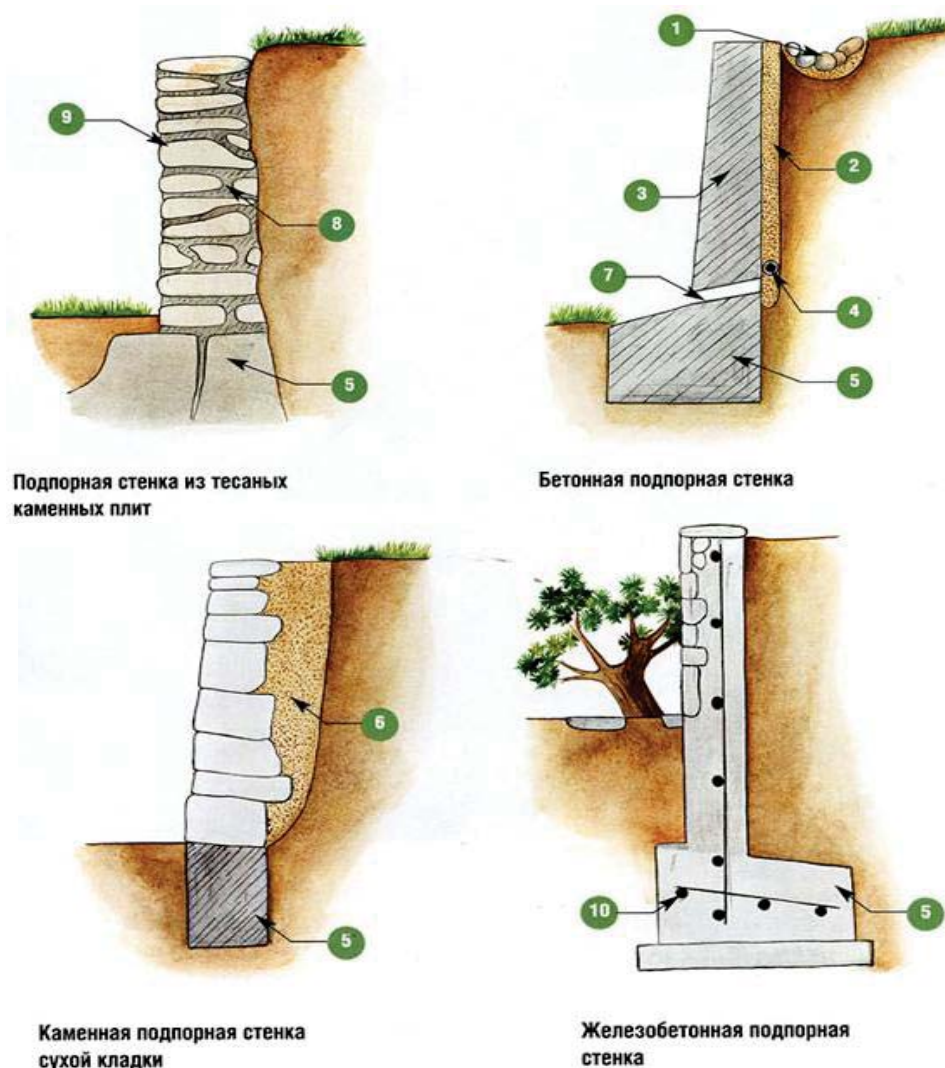
Для всех типов подпорных стенок с тыльной стороны грунта предусматривается дренажная система для отвода атмосферных осадков и понижения уровня грунтовых вод.

2. Контрбанкеты у подошвы оползня – это эффективное противооползневое мероприятие, которое своим весом препятствует смещению оползневого грунта.

Объем контрбанкеты определяется масштабами оползня, а геометрические характеристики – в зависимости от устойчивости оползневой массы.

Эти конструкции выполняются из грунтовых материалов и камня. В случаях использования непроницаемых или слабопроницаемых грунтов, необходимо предусмотреть мероприятия по отводу и защите от воздействия грунтовых вод.

На поверхности противооползневых насыпей следует реализовать комплекс мер, направленных на предотвращение поверхностного стока и предотвращение эрозии почв.



1 – открытый лоток; 2 – дренирующий слой; 3 – тело подпорной стенки; 4 - дренажная труба; 5 – фундамент; 6 – песчано-гравийная смесь; 7 – дренажное отверстие; 8 – каменные плиты; 9 – смесь для скрепления плит; 10 – арматура

Рисунок 1 – Типовые конструкции подпорных стенок

3. Свайные ряды используются для укрепления оползневых склонов в период временной стабилизации оползней, имеющих относительно малую мощность смещённого тела, представлены на рисунке 2 [2].

Сваи устанавливаются в шахматном порядке в устойчивом грунтовом основании. Выбор типа свай зависит от конкретных условий и поставленных задач.

К наиболее распространенным типам относятся:

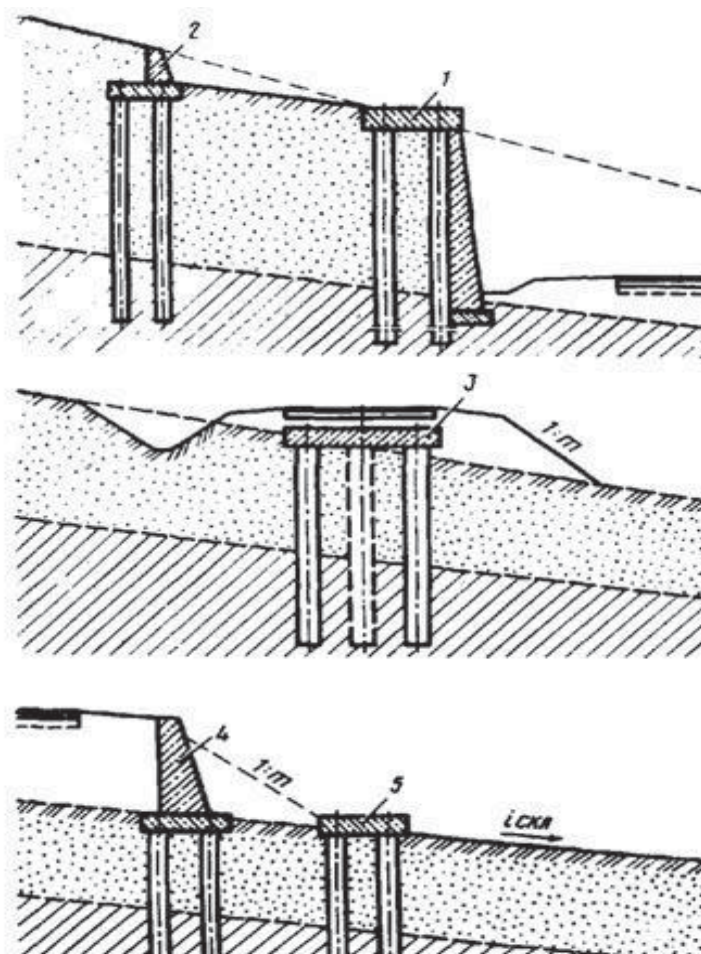
- забивные сваи, изготовленные из бетона, металла или дерева. Их забивают в грунт с помощью специализированного оборудования. Данный тип свай эффективно переносит нагрузку со склона на более прочные слои грунта;

- буронабивные сваи – формируются пу-

тем бурения скважин в грунте и их последующим заполнением бетоном, часто с армированием. Такой тип свай целесообразен для применения в сложных геологических условиях;

- винтовые сваи устанавливаются путём ввинчивания в грунтовую основу. Данный метод монтажа предпочтителен в случаях, когда доступ к месту строительства затруднён, а также при необходимости снижения влияния строительных работ на окружающую среду.

4. Дренаж представляет собой сеть подземных труб, предназначенных для отвода грунтовых вод и снижения уровня их залегания. В результате осушения грунта повышается его стабильность и несущая способность [1].



1 – верховое; 2 – нагорное; 3 – осевое;
4 – низовое откосное; 5 – низовое подоткосное

Рисунок 2 – Свайные поддерживающие сооружения



Рисунок 3 – Устройство дренажа на склоне

Некоторые виды дренажей:

- Трубный дренаж. В этом случае трубы из различных материалов (керамика, асбестоцемент, бетон, полимер и др.) с отверстиями для поглощения воды укладываются в траншею. Для предотвращения засорения труб пространство вокруг них заполняется пористым материалом, таким как щебень или гравий.

Схема устройства дренажа представлена на рисунке 3.

- Пристенный. Состоит из дренажных труб, окруженных фильтрующим материалом, которые укладываются на водонепроницаемом основании по периметру защищаемых конструкций. Такой тип дренажа используется в случаях, когда основание сооружения расположено на водоупорном грунте.

- Кольцевой. Устраивают по контуру защищаемого здания или участка, на котором у подошвы оползня размещен ряд сооружений. Принцип функционирования кольцевого дренажа заключается в снижении уровня подземных вод в пределах контролируемой территории, что предохраняет от подтопления подземные сооружения и части зданий.

5. Габионы – конструкции, используемые для борьбы с оползнями. Они позволяют надёжно и эффективно укреплять склоны, предотвращая деформацию, оползни и эрозию, представлены на рисунке 4.

Для этого используются коробчатые или матрацно-тюфячные габионы:

- Коробчатые. Укрепление осуществляется путём сооружения подпорных стенок,



Рисунок 4 – Габрионы



Рисунок 5 – Бетонирование склона

удерживающих грунтовую массу от деформации.

- Матрачно-тюфячные. Изделия (их высота подбирается в зависимости от высоты склона и вероятности оползня) выстилаются по плоскости склона, засыпаясь после этого грунтом. Через некоторое время конструкция обрастает различной растительностью, становясь ещё устойчивее.

Главным преимуществом габрионных конструкций является их способность сохранять свои свойства вплоть до разрыва сетки.

6. Бетонирование склона (рисунок 5) для защиты от оползней может проводиться несколькими способами:

- Торкретирование. На откосы наносится бетонная смесь методом струйной заливки. Для повышения прочности конструкции, как правило, перед нанесением бетона на склон монтируют арматурную сетку с анкерным креплением. В результате формируется надёжная система «грунт-арматура-бетон», способная выдерживать механические воздействия и процессы эрозии;

- Ячеистое бетонирование. На откосе устанавливается полимерная георешетка, которая после фиксации заливается тяжелым бетонным раствором. Заполнение ячеек решетки плотным бетоном формирует гибкую защитную конструкцию на поверхности склона;

- Бетонное полотно. Склон укрепляется с помощью бетонирования. Бетонное покрытие крепится к поверхности специальными креплениями. После укладки бетон заливается водой и твердеет в течение 24 часов.

Вывод:

В данной работе были рассмотрены виды защиты зданий и сооружений от оползней для разных типов склонов, преимущества и недостатки. Рассмотрены активные противооползневые мероприятия.

В результате выполненного анализа можно сделать вывод, что защита зданий от оползней требует комплексного подхода, включающего как пассивные, так и активные мероприятия. Эффективная защита возможна только при условии постоянного мониторинга, анализа и адаптации методов к изменяющимся условиям. Важно продолжать исследования в этой области, чтобы разрабатывать новые технологии и подходы, которые смогут обеспечить безопасность и долговечность зданий на территориях, подверженных оползням.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. – М. : Стандартинформ, 2016. – 219 с.
2. СП 24.13330.2021. Свайные фундаменты. – М. : Российский институт стандартизации, 2022. – 82 с.
3. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М. : Центр проектной продукции в строительстве, 2005. – 132 с.
4. СП 436.1325800.2018 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от оползней и обвалов. Правила проектирования. – М. : Стандартинформ, 2019. – 46 с.

Грянкин Илья Викторович – студент группы 8Спгс-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: gryankin.ilya@mail.ru;

Вяткина Елена Ивановна – к.г.-м.н, доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: el240943@mail.ru.

ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ С РАСЧЕТНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

А. Е. Дитин, Е. Р. Кирколуп

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В рамках данной статьи рассмотрены способы и виды реализации интеграции цифровых информационных моделей в расчетные комплексы, рассмотрены методы интеграции ЦИМ с расчетными комплексами, выявлены их преимущества и недостатки. Результат интеграции ЦИМ и расчетных программ позволяет автоматизировать процессы проектирования, повысить точность расчетов и сократить сроки реализации проектов. Однако для успешной интеграции необходимо учитывать различные аспекты, такие как выбор методов передачи данных, обучение специалистов, стандартизация процессов и обеспечение безопасности данных.

Ключевые слова: ТИМ, ЦИМ, методы интеграции, методы передачи данных.

В современных условиях развития строительной отрасли цифровизация процессов проектирования приобретает особую значимость. Технология информационного моделирования (ТИМ) зданий позволяет создать единую цифровую модель объекта, содержащую все необходимые данные для проектирования, строительства и эксплуатации. Однако одной из ключевых задач остается интеграция цифровых информационных моделей (ЦИМ) с расчетными системами, используемыми для анализа прочности, устойчивости и надежности строительных конструкций. Целью данной статьи является рассмотрение способов, видов реализации интеграции цифровых информационных моделей в расчетные комплексы.

Традиционные методы расчета основаны на использовании отдельных программных комплексов, таких как SCAD, LIRA-SAPR, Лира 10, ANSYS, Robot Structural Analysis, которые требуют ручного ввода данных. Это приводит к повышенной вероятности ошибок и увеличению сроков проектирования. Интеграция ЦИМ с расчетными инструментами позволяет автоматизировать процесс [1-3], повысить точность расчетов и сократить временные затраты.

Основные функции ЦИМ в расчетах.

ТИМ позволяет автоматизировать процесс проектирования и расчета строительных конструкций, минимизируя вероятность ошибок. В связи с этим можно выделить следующие основные функции ЦИМ, которые могут использоваться в расчетах:

- Автоматизация передачи данных. ЦИМ содержат всю необходимую информацию о геометрии, материалах, нагрузках и условиях эксплуатации конструкций, которая

может быть экспортирована в расчетные комплексы.

- Упрощение расчета нагрузок и воздействий. Использование ЦИМ позволяет автоматически учитывать снеговые, ветровые и сейсмические нагрузки согласно СП 20.13330.2016. «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*».

- Оптимизация конструктивных решений. ЦИМ позволяет анализировать различные варианты проектирования и выбирать оптимальное решение с точки зрения прочности, экономичности и технологичности.

Технологии и методы интеграции ЦИМ с расчетами строительных конструкций.

Интеграция ЦИМ с расчетными программами строительных конструкций позволяет автоматизировать процесс проектирования, сократить ошибки и повысить эффективность анализа несущей способности зданий. На сегодняшний день существует несколько подходов к интеграции ЦИМ с расчетными программами:

- Прямой импорт данных. Некоторые расчетные комплексы поддерживают импорт моделей из программ для моделирования напрямую. Например, Autodesk Robot Structural Analysis интегрируется с Autodesk Revit, а Tekla Structures может передавать данные в SCAD и LIRA-SAPR. Преимущество метода – точность передачи геометрии и материалов.

- Формат IFC (Industry Foundation Classes). IFC – открытый формат данных, поддерживаемый большинством программ

для моделирования и расчетных программ. Позволяет передавать информацию о геометрии, материалах, нагрузках и условиях эксплуатации конструкции. Однако из-за различий в алгоритмах расчетных программ возможны потери данных или необходимость ручной доработки моделей.

- Использование API (Application Programming Interface). API позволяет разрабатывать собственные инструменты интеграции между программами для моделирования и расчетными программами. Например, программирование на Python или Dynamo для автоматизации экспорта данных в расчетные комплексы. Позволяет полностью автоматизировать процесс, но требует навыков разработки программных кодов.

Методы передачи данных.

Передача данных между ЦИМ и расчетными программами строительных конструкций может осуществляться разными способами в зависимости от требований проекта и используемого программного обеспечения. Один из наиболее простых методов заключается в импорте геометрии, когда в расчетную программу передается только трехмерная модель конструкции без параметров материалов и нагрузок. Такой подход удобен для работы со сложными формами, которые трудно воссоздать вручную, но требует дополнительной настройки, так как все расчетные характеристики приходится задавать отдельно.

Более продвинутым вариантом является параметрическая передача данных, при которой в расчетную программу загружается не только геометрия, но и информация о материалах, нагрузках, соединениях и граничных условиях. Это позволяет сократить ручную работу и повысить точность расчетов, однако требует совместимости программных комплексов, поскольку данные могут интерпретироваться по-разному. В некоторых случаях приходится дорабатывать модель после импорта, особенно если расчетный комплекс не поддерживает все параметры, заложенные в информационную модель.

Еще одним способом интеграции является работа через базы данных, когда информация о конструкции хранится в структурированном виде и может автоматически передаваться из одной системы в другую [4, 5]. Такой подход позволяет организовать двустороннюю связь между информационной моделью и расчетными программами: например, после выполнения анализа в расчетной программе можно обновлять параметры мо-

дели, включая подобранные сечения элементов и перераспределенные нагрузки. Это значительно ускоряет процесс проектирования.

Преимущества и недостатки различных методов интеграции.

Каждый из методов интеграции ЦИМ с расчетными программами имеет свои преимущества и недостатки, которые необходимо учитывать при выборе подхода для конкретного проекта.

Прямой импорт данных обеспечивает высокую точность передачи геометрии и материалов, но ограничен совместимостью программных комплексов. Этот метод подходит для проектов, где используются совместимые программы для моделирования и расчетные системы.

Формат IFC является универсальным и поддерживается большинством программ, что делает его удобным для обмена данными между различными системами. Однако возможны потери данных из-за различий в алгоритмах расчетных программ, что может потребовать дополнительной ручной доработки моделей.

Использование API позволяет полностью автоматизировать процесс передачи данных, но требует наличия специалистов с навыками программирования. Этот метод подходит для крупных проектов, где необходимо обеспечить высокую степень автоматизации.

Перспективы развития интеграции ЦИМ и расчетных программ.

Развитие стандартов обмена данными, таких как IFC, и улучшение совместимости программных комплексов будут способствовать более эффективной интеграции ЦИМ и расчетных программ. Это откроет новые возможности для автоматизации проектирования и повышения качества строительных проектов.

Интеграция ЦИМ с расчетными программами строительных конструкций играет ключевую роль в автоматизации проектирования, повышении точности расчетов и ускорении процесса анализа. Выбор метода передачи данных зависит от требований проекта, уровня детализации модели и используемого программного обеспечения.

Геометрический импорт удобен для работы со сложными формами, но требует дополнительного ввода расчетных параметров. Параметрическая передача данных позволяет экспортировать не только геометрию, но и характеристики материалов, нагрузки и соединения, что сокращает количество ручных

операций, но может потребовать корректировки данных после импорта. Работа через базы данных обеспечивает двустороннюю передачу информации, позволяя автоматически обновлять расчетные параметры в ЦИМ на основе результатов анализа, однако требует более сложной настройки.

Оптимальный метод интеграции определяется спецификой конкретного проекта. Для простых задач достаточно передачи геометрии, для более сложных случаев необходим параметрический обмен или работа через базы данных. Внедрение эффективных методов связи между ЦИМ и расчетными программами позволяет повысить качество проектирования и сократить затраты времени на подготовку расчетных моделей.

Дополнительные аспекты интеграции ЦИМ и расчетных программ.

Помимо уже рассмотренных методов и технологий, стоит обратить внимание на дополнительные аспекты, которые могут повлиять на успешность интеграции ЦИМ и расчетных программ. Это в первую очередь, обучение и подготовка специалистов. Для эффективного использования ЦИМ и расчетных программ необходимо обеспечить обучение специалистов. Это включает не только навыки работы с программным обеспечением, но и понимание принципов интеграции и автоматизации процессов. Кроме того необходима стандартизация процессов. Разработка и внедрение стандартов обмена данными и процессов проектирования помогут упростить интеграцию и снизить вероятность ошибок. Это особенно важно для крупных проектов, где участвуют несколько команд и используются различные программные комплексы.

Заключение

В качестве заключения отметим, что интеграция ЦИМ и расчетных программ строительных конструкций является важным шагом в цифровизации строительной отрасли. Она позволяет автоматизировать процессы проектирования, повысить точность расчетов и сократить сроки реализации проектов. Однако для успешной интеграции необходимо учитывать различные аспекты, такие как выбор

методов передачи данных, обучение специалистов, стандартизация процессов и обеспечение безопасности данных.

С развитием ТИМ и появлением новых инструментов интеграция ЦИМ и расчетных программ будет становиться все более эффективной и доступной. Это откроет новые возможности для создания сложных и инновационных строительных проектов, отвечающих современным требованиям качества и безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Востряков, Н. А. Особенности экспорта аналитической модели металлической фермы из Autodesk Revit в расчетные программные комплексы / Н. А. Востряков, А. А. Кикоть // Ползуновский альманах. – 2024. – № 1. – С. 54-58.
2. Чайковский, С. М. Создание BIM-модели в системе Renga и перенос ее в программный комплекс SCAD / С. М. Чайковский, В. П. Яценко // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 269-275.
3. Ермакова, М. А. Особенности экспорта BIM модели из Autodesk Revit в SCAD++ / М. А. Ермакова, Е. А. Селезнева, Е. В. Зеньков, В. П. Яценко // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 317-324.
4. Низина, Т. А. Анализ совместной работы Autodesk Revit и ПК Лира 10.10 / Т. А. Низина, Л. М. Ошкина, А. А. Сельдюшов // Огарёв-Online. 2021. №6 (159). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovmest-noy-raboty-autodesk-revit-i-pk-lira-10-10> (дата обращения: 16.02.2025).
5. Медведев Д., Томашевский А. Двусторонняя интеграция с Autodesk Revit [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://help.liraland.com/ru-ru/bim/two-way-integration-with-autodesk-revit.html> (дата обращения: 16.02.2025).

Дитин Алексей Евгеньевич – студент группы 8Соим-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: ditin.alexey18@gmail.com;

Кирколуп Евгений Романович – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kirkolup@mail.ru.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ В AUTODESK REVIT

Д. С. Драгалин, И. А. Бахтина

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрены особенности проектирования систем газоснабжения котельной в программном комплексе AUTODESK REVIT.

Ключевые слова: система газоснабжения котельной, проектирование, программное обеспечение Revit, модель, семейства.

BIM (Building Information Modeling, или информационное моделирование зданий) – это процесс создания и управления цифровыми моделями объектов, таких как здания, мосты или инфраструктурные объекты. В отличие от традиционных методов проектирования, BIM включает не только графическое представление объекта, но и информацию о его физических, функциональных и эксплуатационных характеристиках [1]. Особенностью технологий BIM является создание виртуальной трехмерной модели, которая обладает реальными физическими свойствами.

Основные плюсы BIM:

1) Улучшение координации: все участники проекта (архитекторы, инженеры, подрядчики и т.д.) работают с одной моделью, что минимизирует ошибки и несоответствия между различными частями проекта.

2) Повышение точности и уменьшение ошибок: благодаря детальной цифровой модели возможны точные расчеты и предотвращение строительных ошибок до начала работ.

3) Оптимизация времени и затрат: за счет более точного планирования и расчета возможных рисков на ранних этапах снижается количество переделок и недоразумений в процессе строительства.

4) Быстрая визуализация: с помощью BIM можно создавать 3D-модели зданий и их компонентов, что позволяет заказчикам, проектировщикам и строителям лучше понять проект до начала строительства.

5) Управление жизненным циклом: после завершения строительства BIM-модель используется для управления объектом на всех стадиях эксплуатации, включая техническое обслуживание и модернизацию.

Именно всеми этими плюсами обладает программный комплекс AUTODESK REVIT.

Основной свод правил к проектированию системы газоснабжения котельной содержится в СП 62.13330.2011 «Газораспреде-

лительные системы» [2], СП 89.13330.2016. Свод правил. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76» [3].

Проектирование системы газоснабжения котельной крайне важно, поскольку на этом этапе определяются технические решения, обеспечивающие безопасность, эффективность и надежность работы котельной. Правильное проектирование позволяет минимизировать риски утечек газа, обеспечить соответствие нормативам и регламентам, а также оптимизировать распределение газа для достижения максимальной производительности котлов. Кроме того, оно способствует выбору правильного оборудования и технологических процессов, что в итоге влияет на экономичность эксплуатации и долгосрочную стабильность системы. Процесс проектирования системы газоснабжения котельной включает несколько ключевых этапов, и часто для его разработки используют BIM-программы, такие как Revit, чтобы интегрировать проект с остальными инженерными системами здания.

Этапы проектирования системы газоснабжения котельной:

1. В первую очередь разрабатывается тепловая схема, в которой учитываются все требования к объекту по необходимым тепловым мощностям. Выполняется: подбор котлов, насосов, расчет теплообменников (при необходимости), расчет гидрострелки (при необходимости), подбор диаметров трубопроводов и др. Выполняется предварительная компоновка всего оборудования, которое будет установлено котельную.

2. Создание модели AP (архитектурные решения).

Далее любое построение начинается с создания каркаса здания. Прорисовка стен и кровли котельной (теплогенераторной) исходя из примерных предполагаемых габаритов (рисунок 1). Предварительное указание расположения окон, дверей, отверстий под дымовые трубы, отверстий под жалюзийную

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ В AUTODESK REVIT

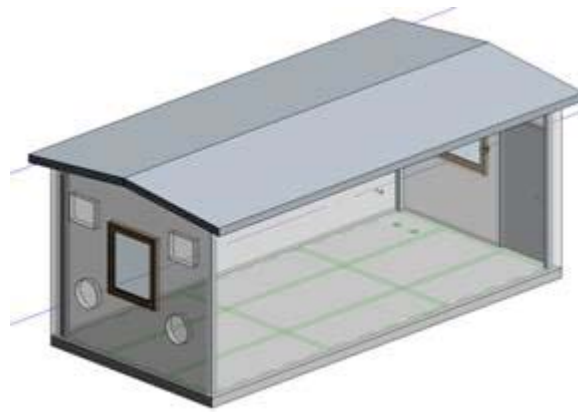


Рисунок 1 – Модель котельной

E > 2024 > > Стадия P > 01_TM > 01_Оборудование для REVIT >

Имя	Дата изменения	Тип
01_Котел Unical ELLPREX 340	30.08.2024 14:39	Папка с файлами
02_Горелка газовая GAS XP602 CE TC EVO + R. CE D1 1,2-S	30.08.2024 14:37	Папка с файлами
03_Мембранный расширительный бак WRV 500_Wester_подтянут из библиотеки	09.04.2024 14:10	Папка с файлами
04_Насос UPC 25-80-180 UNIPUMP	30.08.2024 14:34	Папка с файлами
05_Расходомер Карат-551M-50-0 DN50	30.08.2024 14:35	Папка с файлами
06_Насос CNP TD50-28G2	30.08.2024 14:44	Папка с файлами
07_Клапан TRV-3 с приводом TSL	30.08.2024 14:49	Папка с файлами
08_Предохранительный клапан VALTEC VT.1831.N.09 (НАЙТИ!!!)	30.08.2024 14:51	Папка с файлами
09-11_Затвор дисковый поворотный VP4448-02 Tescofi	30.08.2024 14:55	Папка с файлами
12-13_Обратный клапан CB3448N Tescofi	30.08.2024 15:59	Папка с файлами
14_Фильтр сетчатый F3240NA Tescofi	30.08.2024 15:10	Папка с файлами
15-17_Кран шаровой латунный муфтовый	30.08.2024 15:03	Папка с файлами
18_Автоматический воздухоотводчик DN15	30.08.2024 15:04	Папка с файлами

Рисунок 2 – Папка с упорядоченными семействами для дальнейшей работы

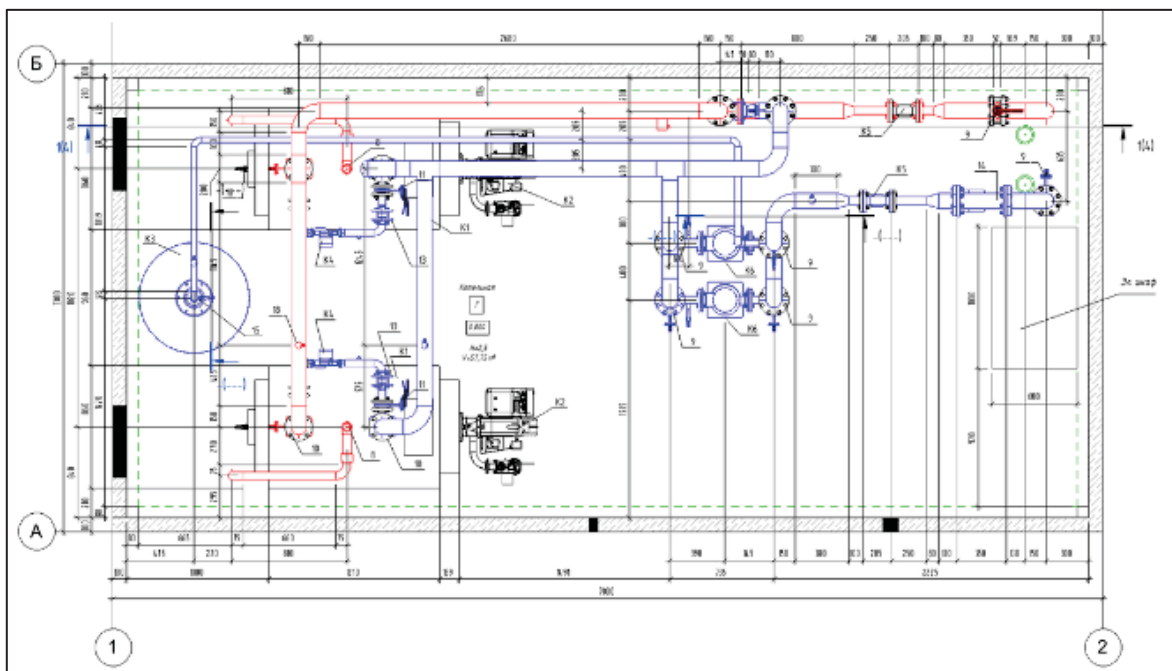


Рисунок 3 – План размещения оборудования

решетку, вход/выход теплосети (Т1/Т2), канализация, водоснабжение (при наличии), ввод газопровода, отверстия под выводы продувочных свечей (Г5).

На протяжении всего проектирования котельной – данная модель будет видоизменяться и корректироваться, в соответствии с закладываемыми в нее объектами (семействами) различного рода оборудования и трубопроводов.

3. Подготовка перечня семейств оборудования исходя из схемы ТМ (компоновка раздела ТМ)

После утверждения тепловой схемы можно приступать к компоновке семейств оборудования, для дальнейшего их размещения в поле работы в REVIT (рисунок 2).

4. Предварительная планировка и трассировка в котельной + отслеживание нормативных расстояний между трубопроводами.

Как только все семейства будут подготовлены. В новом шаблоне следует загрузить ранее спроектированную модель здания (используя диспетчер связей) и далее приступить к размещению семейств оборудования (рисунок 3) на плане с последующей обвязкой трубопроводами.

Предварительная планировка и трассировка в котельной, а также отслеживание нормативных расстояний между трубопроводами, выполняют следующие важные функции:

- эффективное использование пространства (предварительная планировка позволяет рационально расположить все необходимое оборудование и трубопроводы в ограниченном пространстве котельной (рисунки 4, 5). Это обеспечивает удобный доступ для обслуживания и ремонта);

- соблюдение нормативных требований (при трассировке необходимо учитывать нормативные расстояния между трубопроводами различного назначения. Это требуется для обеспечения пожарной безопасности, предотвращения теплопотерь и упрощения монтажа).

5. Проверка правильности установки автоматических воздухоотводчиков, в местах возможного скопления воздуха и штуцеров для слива (+корректировка схемы ТМ).

Автоматические воздухоотводчики в котельной выполняют следующие важные функции:

- *удаление воздуха из системы* (воздухоотводчики автоматически выпускают воздух, который скапливается в системе отопления или горячего водоснабжения. Это необходимо, т.к. наличие воздуха в системе сни-

жает эффективность теплообмена и может привести к повреждению оборудования);

- *поддержание циркуляции* (удаляя воздух, воздухоотводчики помогают поддерживать правильную циркуляцию теплоносителя в системе. Это обеспечивает равномерный нагрев всех элементов системы);

- *предотвращение коррозии* (наличие воздуха в системе может ускорять коррозию металлических элементов. Воздухоотводчики предотвращают накопление воздуха и, тем самым, снижают риск коррозионных повреждений);

- *повышение эффективности* (удаление воздуха из системы повышает теплопередачу, так как теплоноситель может беспрепятственно циркулировать. Это приводит к более эффективному использованию тепловой энергии, вырабатываемой котлом).

Слив с котлов в котельной выполняет несколько важных функций:

- удаление накипи и отложений (во время работы котла в воде накапливаются различные минеральные отложения, такие как накипь. Периодический слив воды из котла позволяет удалять эти отложения, предотвращая их накопление и снижение эффективности работы котла);

- регулирование качества воды (сливая воду из котла, можно контролировать ее химический состав и поддерживать оптимальные параметры, необходимые для работы котла, для предотвращения коррозии, образования накипи и других проблемы, связанных с качеством воды);

- предотвращение перегрева (слив воды из котла позволяет снизить ее уровень и предотвратить перегрев котла при неисправности системы. Это важно для безопасности и продления срока службы оборудования);

- техническое обслуживание (периодический слив воды необходим для проведения технического обслуживания котла, например, очистки внутренних поверхностей, для поддержания котла в рабочем состоянии и предотвращения преждевременного его выхода из строя).

6. Установка врезок КИПиА в соответствии со схемой АК (автоматизация комплексная).

Для установки манометров, датчиков температуры требуется предусмотреть различного рода бобышки и резьбы. Если этого не учесть при разработке модели, то в процессе монтажа может получиться так, что данное оборудование будет попросту не установить из-за отсутствия места (рисунок 6).

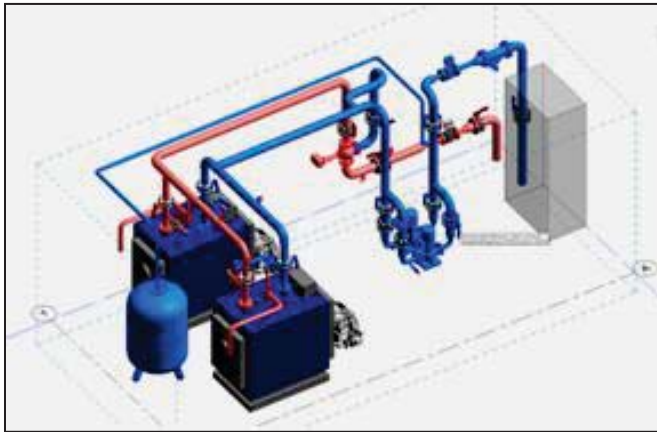


Рисунок 4 – Схема размещения – вариант 1

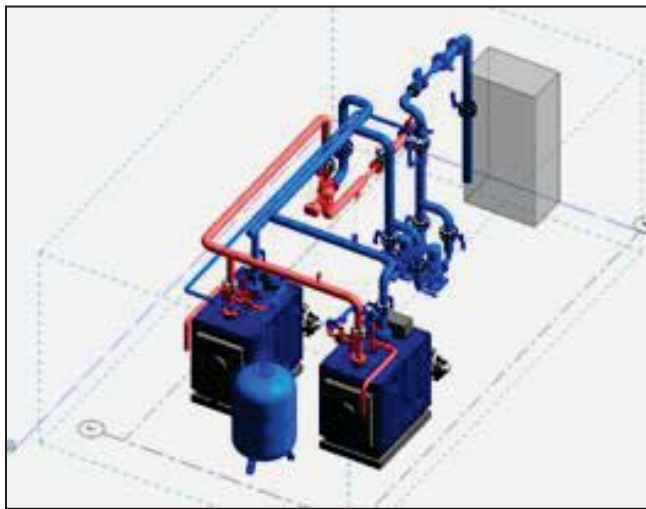


Рисунок 5 – Схема размещения – вариант 2

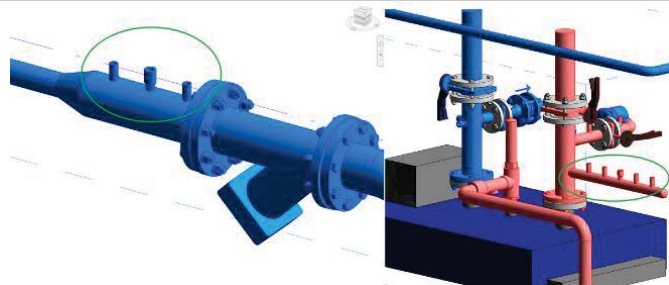
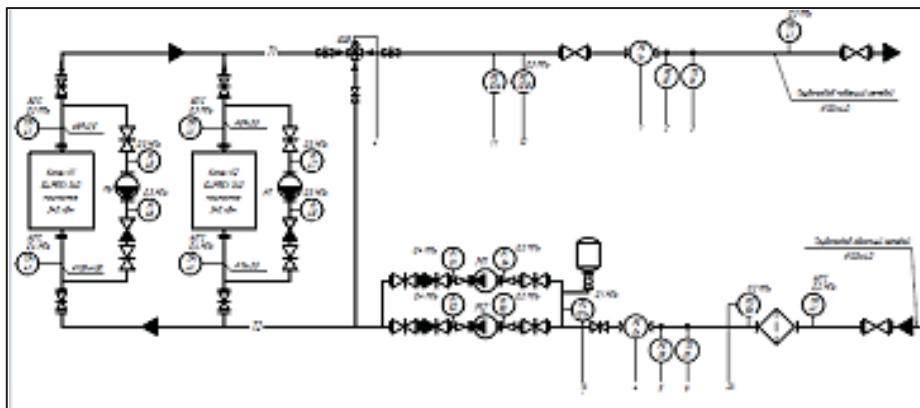


Рисунок 6 – Расстановка средств автоматизации

7. Прорисовка и расчет дымоходов:

- отвод дымовых газов (основная задача дымохода – безопасно отводить продукты сгорания (дымовые газы) из котла наружу. Это предотвращает попадание опасных газов в помещение котельной);

- создание тяги (дымоход обеспечивает необходимую тягу, которая втягивает воздух в топку котла и выводит дымовые газы наружу. Правильно рассчитанный и установленный дымоход создает оптимальную тягу для эффективного горения топлива);

- повышение эффективности (хорошая тяга в дымоходе улучшает процесс сжигания топлива в котле, повышая его КПД. Это позволяет более эффективно использовать энергию, вырабатываемую котлом);

- безопасность (дымоход отводит продукты сгорания на безопасное расстояние от здания, предотвращая попадание вредных веществ внутрь.

Правильно спроектированный дымоход также снижает риск возникновения пожара) [4].

- соответствие нормативам (дымоходы должны соответствовать строительным нормам и правилам, обеспечивая безопасную эксплуатацию котельной).

Для определения принятых в проекте изделий, оборудования и материалов в программе Revit можно точно и эффективно использовать инструмент «Спецификация». Этот инструмент позволяет автоматизировать сбор информации с объектов модели и сводить данные в таблицу нужной формы. Поскольку инструмент «Спецификация» напрямую связан с 3D-моделью объекта, любые изменения в модели автоматически отражаются в спецификации. Это не только экономит время на подготовку спецификаций, но и снижает вероятность ошибок.

Проектирование внутреннего противопожарного водопровода – это сложный и ответственный процесс, включающий множество расчетов и деталей. Современные BIM-инструменты, такие как Revit, помогают значительно повысить точность и эффективность проектирования, улучшить координацию между специалистами и ускорить подготовку документации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 333.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. – М. : ФГУП ЦПП, 2018. – 12 с.

2. СП 62.13330.2011*. Газораспределительные системы. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200084535> (дата обращения: 11.02.2025).

3. СП 89.13330.2016. Котельные установки. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054199> (дата обращения: 11.02.2025).

4. Драгалин, Д. С. Моделирование внутреннего газопровода / Д. С. Драгалин, И. А. Бахтина, М. Л. Лопатина // Сборник: Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2024. – С. 165-170.

Драгалин Дмитрий Сергеевич – студент гр. 8Спгс-41 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: dimadragalin@mail.ru;

Бахтина Ирина Алексеевна – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: bia-altai@mail.ru.

ПОВЫШЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ РАБОЧИХ ШВОВ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТАХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ШПОНОК

С. И. Емельянова, А. В. Вольф

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

В данной работе рассматриваются современные технологии повышения герметичности рабочих швов в железобетонных фундаментных плитах жилых зданий города Барнаула с использованием гидроизоляционных шпонок. Гидрошпонки, обладая высокой эластичностью и адаптивностью к деформациям, позволяют снизить затраты на обслуживание и ремонт, что ведет к экономии ресурсов в процессе эксплуатации зданий. Работа также анализирует технологические особенности бетонирования, необходимость разделения конструкций на секции и выбор материалов для гидроизоляции, подчеркивая, что правильная установка гидрошпонок в рабочих швах является ключевым фактором для обеспечения надежности и долговечности строительных объектов. В отличие от традиционных методов герметизации, таких как битумные мастики и цементные растворы, гидрошпонки обеспечивают более высокий уровень защиты благодаря своей устойчивости к химическим веществам и атмосферным условиям.

Ключевые слова: Гидроизоляционные шпонки, строительная отрасль, герметичность, рабочие швы, эластичность, железобетонные плиты

С каждым годом строительная отрасль совершенствуется, внедряя новые технологии, направленные на экономию ресурсов и улучшение методов возведения зданий. В данной работе рассмотрены возможности повышения герметичности рабочих швов в железобетонных фундаментных плитах жилых зданий города Барнаула с использованием гидроизоляционных шпонок.

Эта технология обеспечивает надежную защиту от влаги, предотвращая утечки и тем самым повышая долговечность конструкций. Благодаря своей высокой эластичности и адаптивности к деформациям, гидрошпонки способствуют снижению затрат на обслуживание и ремонт, что в свою очередь ведет к экономии средств и ресурсов в процессе эксплуатации зданий.

Гидроизоляционные шпонки и их значение.

Гидроизоляционные шпонки – это полимерные элементы, виде профилированной ленты, полученной методом экструзии (рисунки 1, 2). Эта технология обеспечивает надежную защиту от влаги, предотвращая утечки и тем самым повышая долговечность конструкций.

Разделение монолитных конструкций на секции.

Из-за технологических особенностей производства бетонных работ монолитные

бетонные и железобетонные конструкции должны быть разделены на секции с помощью неподвижных (конструкционные, рабочие) и (или) подвижных деформационных швов. Для герметизации и гидроизоляции бетонных конструкций, во все существующие швы возможна установка гидрошпонок. Выбор правильного материала гидроизоляционного элемента, общей концепции гидроизоляции и профиля сечения гидрошпонок зависит от назначения конструкции, специфики воздействия на неё воды, условий эксплуатации (рисунок 3).

Гидроизоляционные шпонки в технологических швах фундаментных железобетонных плит играют ключевую роль в обеспечении долговечности и надежности строительных объектов. Они служат для защиты швов от проникновения сырости, влаги и воды под давлением, что особенно актуально для железобетонных конструкций в подземных и заглубленных частях зданий и сооружений.

Рабочий (технологический) шов бетонирования представляет собой плоскость стыка между затвердевшим и новым (свежеуложенным) бетоном. Установка гидрошпонки должна осуществляться в процессе бетонирования или ремонта конструкций, при этом важно, чтобы шпонка была надежно закреплена в проектном положении до начала бетонирования.

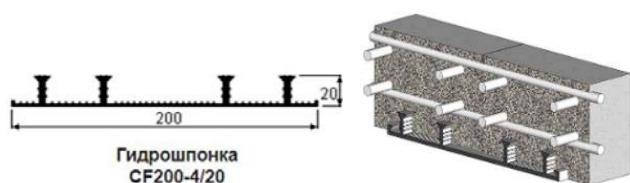


Рисунок 1 – Гидрошпонка CF 200-4/20

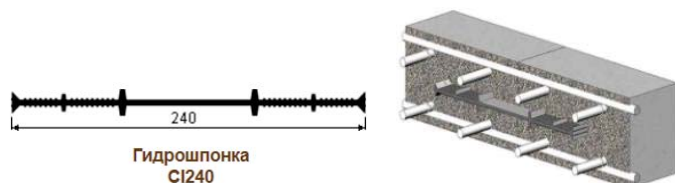


Рисунок 2 – Гидрошпонка CI 240

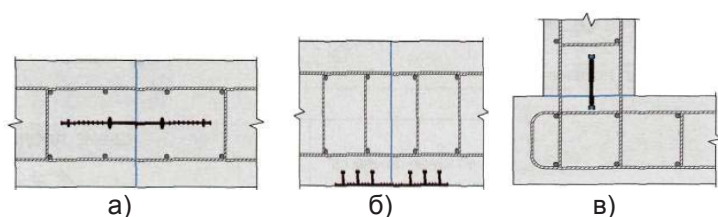


Рисунок 3 – Типы гидрошпонок в технологическом шве бетонирования [1]: а) внутренние для холодных рабочих швов (ХВ); б) внешние опалубочные для холодных швов (ХО) и для холодных швов, используемых совместно с мембранами (ХОМ); в) внутренние (ХВС)

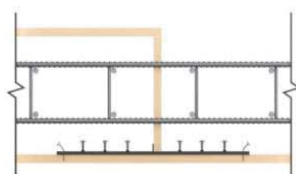


Рисунок 4 – Первый этап работы

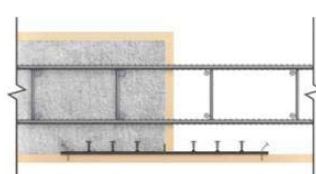


Рисунок 5 – Второй этап работы

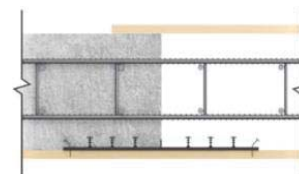


Рисунок 6 – Третий этап работы

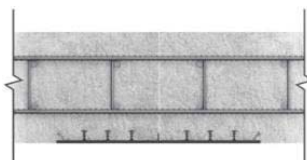


Рисунок 7 – Четвертый этап работы

Допускается укладка следующего слоя бетона до начала схватывания предыдущего слоя только в случае небольших объемов работ и невысокой сложности конструкций. В других случаях необходимо делать перерывы в процессе бетонирования, для чего следует предусматривать создание рабочих швов.

Рабочий шов образуется при перерыве в бетонировании, который длится более 7 часов, что означает укладку бетона на уже затвердевшую захватку. Рабочие швы могут существенно ослабить прочность конструкции, поэтому их расположение должно быть тщательно продумано, чтобы избежать негативного влияния на прочность [2].

Процесс установки гидрошпонки в рабочий шов:

1) Подготовить устанавливаемый отрезок шпонки, очистить его от загрязнений, ус-

тановить и раскрепить шпонку в арматурном каркасе и элементах опалубки в соответствии с проектным положением (рисунок 4).

2) Зabetонировать участок конструкции, снять опалубку, провести визуальный контроль качества установки шпонок (рисунок 5).

3) Очистить открытую часть шпонки перед бетонированием смежного участка конструкции, установить опалубку на смежном участке конструкции (рисунок 6).

4) Зabetонировать смежный участок конструкции, разобрать опалубку, провести визуальный контроль качества выполненных работ (рисунок 7).

Преимущества использования гидрошпонок:

1) Устойчивость к химическим веществам и внешним воздействиям. Полимерные материалы выдерживают ультрафиолетовое

ПОВЫШЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ РАБОЧИХ ШВОВ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТАХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ШПОНОК

излучение и экстремальные температуры.

2) Легкость установки снижает временные и финансовые затраты на монтаж. Процесс не требует сложного оборудования или навыков.

3) Низкая стоимость обслуживания, что снижает эксплуатационные расходы. Защита сохраняется без необходимости частого вмешательства.

4) Подходит для всех типов зданий: жилых, коммерческих и промышленных, благодаря универсальности и адаптивности материала.

Гидрошпонки обеспечивают значительно большую долговечность до 100 лет по сравнению с традиционными материалами, требующими частого обслуживания. Гидрошпонки более экономичны и долговечны, чем традиционные методы для герметизации швов в строительных конструкциях [3].

До появления гидрошпонок в рабочих швах фундаментных железобетонных плит использовались различные методы и материалы для обеспечения герметичности и защиты от влаги, такие как:

- Битумные и асфальтовые мастики. Эти материалы часто использовались для герметизации швов. Битумные и асфальтовые мастики обладают хорошей водоотталкивающей способностью, однако со временем могут терять свои свойства из-за воздействия ультрафиолетового света, температуры и механических нагрузок.

- Цементные растворы. В некоторых случаях для заполнения швов использовались цементные растворы с добавлением водоотталкивающих добавок. Хотя такие растворы могут обеспечивать определенную степень герметичности, они не всегда эффективны при длительном воздействии влаги.

- Герметики на основе полимеров. Различные полимерные герметики, такие как силиконовые и полиуретановые, также применялись для герметизации швов. Эти материалы обладают хорошими адгезионными свойствами и гибкостью, что позволяет им компенсировать деформации конструкций.

- Металлические и пластиковые вставки. В некоторых случаях использовались металлические или пластиковые вставки, которые устанавливались в швы для предотвращения проникновения влаги. Но такие решения часто требовали дополнительной обработки и не всегда обеспечивали полную герметичность.

- Песчаные и гравийные подушки. В не-

которых случаях для дренажа использовались песчаные или гравийные подушки, которые располагались под плитами. Это позволяло уменьшить давление грунтовых вод на конструкции, однако не гарантировало полной герметичности швов.

Методы герметизации до появления гидрошпонок имели ограничения, так как многие материалы теряли свои свойства и требовали регулярного обслуживания. Появление гидрошпонок революционизировало защиту конструкций от влаги и механических нагрузок. Они обеспечивают высокий уровень герметичности благодаря качественным полимерным материалам, устойчивым к химическим веществам, ультрафиолету и атмосферным условиям. Например, гидрошпонка ЕС 320-4 от компании «Технониколь» имеет срок службы до 100 лет.

Заключение.

Гидрошпонки могут использоваться в различных типах зданий, включая жилые, коммерческие и промышленные. Установка гидроизоляционных шпонок повышает надежность и долговечность конструкций зданий и сооружений при снижении затрат в процессе их эксплуатации, не требует сложного оборудования при монтаже.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологический регламент – Гидроизоляция железобетонных конструкций: сайт. – Москва, 2008 [Электронный ресурс]. – URL: https://gemiit.ru/wp-content/uploads/2020/12/TR_186-07_Izdanie-03_STR.pdf (дата обращения 22.10.2024).

2. Инструкция по монтажу гидрошпонки: сайт. – 2024 ООО ПК «ППЗ» [Электронный ресурс]. – URL: <https://1-stpc.ru/cntnt/ru/rukatalog/instrukcii/gidroshpon17.html> (дата обращения 22.10.2024).

3. Корпорация ТЕХНОНИКОЛЬ – Официальный пресс-центр производственной компании ТЕХНОНИКОЛЬ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tn.ru/about/press/news/issledovaniya-dokazali-potentsialnyy-srok-sluzhby-gidroshponok-es-320-4-ot-tekhnonikol-sostavlyayet-m/?ysclid=m7e7xpzwq9332455112> (дата обращения 19.10.2025).

Емельянова Софья Игоревна – студент группы 8Спс-41 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: cocsandi@mail.ru;

Вольф Анна Владимировна – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: volf.anna@mail.ru.

РОЛЬ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Е. В. Кагарлык, Е. Р. Кирколуп

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В рамках данной статьи рассмотрена технология информационного моделирования и ее роль в современном строительстве. Приведены компоненты и уровни проработки ЦИМ на каждой стадии жизненного цикла объекта. Описан процесс создания проектной модели. Также приведены основные преимущества и недостатки ТИМ.

Ключевые слова: ТИМ, ЦИМ, жизненный цикл объекта строительства, компоненты ЦИМ, уровни проработки.

Современное строительство – это сложный процесс, требующий координации множества участников, точного планирования и контроля на всех этапах реализации проекта. В таких условиях постоянно растут требования к скорости и качеству выполнения, а также к экономической эффективности строительных проектов, поэтому внедрений инновационных технологий становится не просто новшеством, а необходимостью.

Одной из таких технологий, которая стремительно набирает популярность и изменяет подходы к проектированию и строительству на всех стадиях жизненного цикла объекта, является технология информационного моделирования (ТИМ). Данная технология позволяет создавать высокодетализированные цифровые информационные модели (ЦИМ) зданий и сооружений, которые становятся основой для всех этапов строительного процесса.

ТИМ позволяет на качественно новом уровне управлять процессами планирования, организации, координации и контроля закупок материалов, проектными и строительномонтажными работами, логистикой, а также передачей объекта в эксплуатацию, т.к. дает необходимую и полную информация по строительному объекту на каждом этапе реализации проекта. Благодаря ТИМ появилась возможность хранить все накопленные данные в едином информационном пространстве.

Принцип работы ТИМ заключается в обеспечении общего доступа к информационной модели для всех участников в процессе создания проекта. ТИМ подразумевает такие процессы как сбор, накопление и комплексная обработка различных видов информации, таких как конструкторская, архитектурная, инженерная, экономическая и многие другие в единой платформе.

В связи с концентрацией больших объемов информации в ЦИМ могут возникать определенные трудности с их использованием. Поэтому на практике принято делить ЦИМ на более мелкие модели или компоненты модели. Так, к примеру, можно встретить такие понятия как архитектурная модель, расчетная модель, исполнительная модель, единая модель и т.д.

Деление ЦИМ на части или компоненты позволяет организовывать одновременную совместную работу для всех участников строительного проекта, по мере их задействования в нем. Последующее объединение частей в единую ЦИМ дает, помимо общего представления об объекте строительства, возможность производить проверки на пересечения элементов модели, выполнять расчеты конструкций на прочность и устойчивость, расчеты систем жизнеобеспечения здания, получать проектную и рабочую документацию и многое другое.

В данной работе была предпринята попытка изучить как каждый этап жизненного цикла объекта может быть отражен в цифровой информационной модели, а также приведены основные плюсы и минусы ТИМ.

ЦИМ представляют собой сложные структуры, которые включают в себя различные аспекты проекта. Эти модели могут быть многомерными, охватывая не только пространственные характеристики, но и временные, стоимостные и эксплуатационные параметры.

Рассмотрим сначала неофициальное деление многомерных моделей на компоненты, которое можно часто встретить и в научной литературе [1, 2].

3D или трехмерная модель – это основа ТИМ. Трехмерная геометрическая модель представляет собой точное цифровое отображение будущего объекта строительства.

РОЛЬ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Она включается в себя все конструктивные и инженерные элементы. ЦИМ позволяет визуализировать объект и создавать рабочие чертежи. Это первый шаг к тому, чтобы проект стал понятным и наглядным для всех участников. В последующем после завершения этапа строительства трехмерная модель становится «цифровым двойником» объекта.

4D – следующий компонент ЦИМ (3D+время), который добавляет к модели временное измерение. В данном случае подразумевается организация и планирование строительства. Каждый элемент модели привязывается к определенному этапу работ, что позволяет создавать календарные графики и визуализировать процесс строительства. Например, можно увидеть, как объект будет возводиться поэтапно, начиная с фундамента и заканчивая отделкой. Это помогает оптимизировать логистику, управлять ресурсами и контролировать сроки выполнения работ.

5D (4D+стоимость) – компонент ЦИМ связанный с финансами, позволяет интегрировать в модель данные о стоимости материалов, работ и оборудования. Благодаря этому можно автоматически рассчитывать сметы, контролировать бюджет и прогнозировать финансовые риски.

6D (3D+расчет, может содержать 4D и 5D) компонента ЦИМ фокусируется на эксплуатационных характеристиках объекта. Здесь модель дополняется данными об энергоэффективности, тепловых потерях, освещении и другими параметрами. Это позволяет проектировать здания с учетом экологических стандартов, таких как LEED или BREEAM, а также планировать эксплуатационные затраты. Например, можно смоделировать, как будет работать система отопления или вентиляции, и оптимизировать её для снижения энергопотребления.

7D (3D+эксплуатация, может содержать 4D, 5D, 6D) – этот компонент охватывает весь жизненный цикл объекта, от строительства до демонтажа. Модель становится базой данных, где хранится информация о материалах, оборудовании и их характеристиках. Это позволяет планировать техническое обслуживание, ремонты и даже демонтаж объекта. Например, можно заранее знать, когда потребуется замена определенного оборудования или как безопасно утилизировать материалы после сноса здания.

8D (3D+техника безопасности, может содержать 4D-7D) – этот компонент ЦИМ предназначен для предотвращения несчастных случаев в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений посредством их

моделирования на стадии проектирования.

В литературе встречается и более детальное деление ЦИМ на компоненты, но данное деление не отражено в нормативных документах. Официальное деление определяет уровни проработки ЦИМ и приведено в СП 333.1325800.2020. «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». Уровни проработки модели в СП 333.1325800.2020 обозначены буквами А, В, С1, С2, D, G и отражают деление ЦИМ на следующие модели: модель инженерных изысканий (А) – содержит информацию об инженерных изысканиях; проектная модель (В) – содержит информацию о архитектурно-строительном проектировании, включая расчеты; строительная модель (С1) – включает в себя информацию об организации строительства и результатах строительства, включая реконструкцию и капитальный ремонт; исполнительная модель (С2) – модель, полученная по исполнительной документации, либо в результате трехмерного сканирования возведенного объекта; эксплуатационная модель (D) – модель, используемая на стадии эксплуатации; модель сноса и демонтажа (G) – модель, используемая для реализации проектов сноса и ликвидации объекта.

Рассматривая преимущества ТИМ отметим, что одним из ключевых достоинств технологии является гибкость и адаптивность разработанной модели. Изменение какого-либо параметра объекта автоматически приводит к корректировке всех связанных с ним данных, включая чертежи, объекты визуализации, спецификации и календарные графики. Это обеспечивает целостность проекта и сводит к минимуму вероятность ошибок и несоответствий.

Считается, что процесс создания информационной модели начинается с этапа проектирования, но по факту уже на стадии планирования может использоваться, так называемая концептуальная модель, отражающая замысел архитектора, и которая используется для технико-экономического обоснования строительства объекта. Далее на стадии проектирования архитекторы, конструкторы и инженеры создают из концептуальной модели проектную модель здания с использованием специализированного программного обеспечения. На этом этапе формируется точная геометрия объекта: стены, перекрытия, окна, двери и другие элементы. Каждый элемент модели создается с учетом точных размеров и привязок. Например, при форми-

ровании стены не просто рисуются обозначающие ее линии, а задаются геометрические параметры толщины и высоты с указанием ее структуры и материалов, которые, в свою очередь, сдержат информацию о физических свойствах. Окна и двери автоматически «вырезаются» в стенах, что исключает ошибки в их размещении.

После создания геометрии модель наполняется параметрами. Это важный этап, который превращает простую 3D-модель в информационную. Каждый элемент получает набор атрибутов такие как физические свойства (материал, вес, плотность, теплопроводность), экономические данные (стоимость, сроки поставки, производитель), технические характеристики (нагрузка, энергопотребление, требования к монтажу) и другие.

Например, для окна (рисунок 1) могут заполняться следующие параметры: размеры, тип стекла, коэффициент теплопроводности, стоимость и срок службы. Эти данные делают модель не просто визуальным отображением, а интеллектуальной базой данных, которая может использоваться для анализа, расчета и управления проектом.

Следующим шагом идет один из самых значимых этапов – проверка модели на коллизии (конфликты).

Коллизии – это пересечения или конфликты между элементами модели, которые могут привести к проблемам при строительстве или эксплуатации объекта. Коллизии могут быть геометрическими (физическое пересечение элементов) или функциональными (например, неправильное расположение оборудования, которое мешает его обслуживанию).

Для обнаружения конфликтов используется специальное программное обеспечение. Программа автоматически анализирует модель и находит все пересечения элементов.

После того, как модель проверена и откорректирована, на ее основе создается рабочая документация. Программное обеспечение автоматически генерирует планы этажей (рисунок 2), фасады, разрезы, списки материалов и оборудования.

Благодаря тому, что модель содержит детальную информацию о каждом элементе, она позволяет автоматизировать проведение различных расчетов и получать точные данные для анализа и принятия решений.

Например, конструктивные расчеты (расчет несущих конструкций, анализ нагрузок, проверка прочности и устойчивости элементов здания), энергетические расчеты (теплотехнический расчет, расчет энергопо-

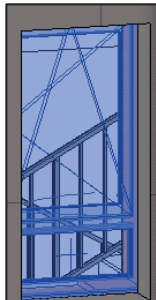
требления, моделирование микроклимата), сметные расчеты (подсчет объемов материалов, расчет трудозатрат и сроков выполнения работ, формирование сметной документации) и другие.

Расчеты на основе информационной модели позволяют обеспечить высокую точность, надежность и эффективность строительных конструкций. Использование ТИМ позволяет проводить комплексные анализы и оптимизировать проектные решения.

Как и любая инновация, ТИМ имеет свои преимущества и недостатки [3, 4], которые важно учитывать при ее использовании.

Преимущества технологии информационного моделирования:

- возможность обнаружения пространственных коллизий между различными элементами проекта на ранних стадиях позволяет избежать дорогостоящих исправлений на поздних этапах строительства;
- инструменты ТИМ позволяют проводить точные конструкторские расчеты, что помогает оптимизировать проектные решения и повысить безопасность объектов;
- на основе информационной модели можно проводить оценку стоимости материалов и работ, что способствует более эффективному планированию бюджета и контролю затрат;



Данные	
ADSK_Коэффициент теплопроводности	0,4
ADSK_Стоимость	8159
ADSK_Тип стекла	Б1
ADSK_Предел огнестойкости	Е 30
ADSK_Обозначение	ГОСТ 30674-99
ADSK_Наименование	ОП Б1 1710-920
ADSK_Завод-изготовитель	"Алькон"
ADSK_Код изделия	
ADSK_Масса	
ADSK_Наименование краткое	
ADSK_Марка	OK-7
Видимость	
Импост декоративный 1x1 (8xГ)	<input type="checkbox"/>

Рисунок 1 – Пример заполнения параметров для окна

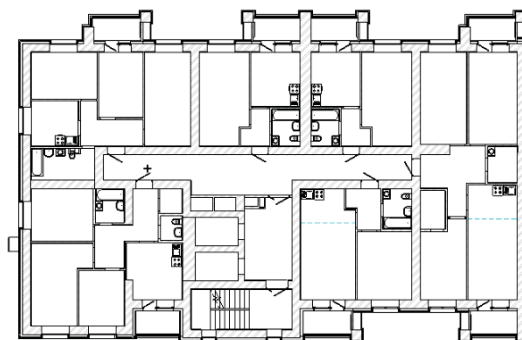


Рисунок 2 – Пример формирования плана этажа

РОЛЬ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

- эффективное управление изменениями и контроль качества на всех этапах проекта позволяют минимизировать риски и избежать недоразумений.

Недостатки технологии:

- все данные и документы, связанные с проектом, централизованно хранятся и управляются, что обеспечивает легкий доступ и обмен информацией между всеми участниками проекта;

- переход на использование ТИМ требует значительных инвестиций в новое программное обеспечение, оборудование и обучение сотрудников. Это может существенно увеличить начальные расходы проекта;

- для работы с цифровыми информационными моделями требуется длительное и тщательное обучение, что может вызвать временные задержки и дополнительные затраты на образовательные программы и курсы;

- внедрение новой технологии требует изменения подходов к проектированию и строительству, что может вызвать сопротивление со стороны сотрудников, привыкших к традиционным методам работы;

- на начальных этапах возможны ошибки и недоработки, связанные с освоением новых технологий, что может повлиять на качество проектной документации и управления проектами;

- многие популярные программы являются иностранными разработками, что может создавать риски, связанные с санкциями, изменениями в законодательстве и политических факторами.

ТИМ является важным шагом вперед в организации строительных процессов. Она приносит значительные преимущества и помогает улучшить управление объектами на всех этапах их жизненного цикла. Однако внедрение ТИМ связано с рядом недостатков: высокая стоимость, недостаток квалифицированных кадров, необходимость обновления технической базы.

Понимание и учет этих недостатков могут более эффективно внедрять и использовать технологию в строительных проектах.

ТИМ – это не просто инструмент, а стратегическое направление развития строительной отрасли, которое требует комплексного подхода и поддержки на всех уровнях.

Заключение

В данной статье была рассмотрена роль технологии информационного моделирования в современном строительстве. Изучено как каждый этап жизненного цикла объекта строительства может быть отражен в цифровой информационной модели. Описан процесс создания ЦИМ, а также приведены основные плюсы и минусы технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецова, К. К. Исследование возможностей применения 4D BIM-технологий для управления архитектурным проектом / К. К. Кузнецова // Будущее науки-2016: Сб. науч. статей 4-й Международ. молодежной науч. конф. : в 4-х томах, Курск, 14-15 апреля 2016 года. Том 3. – Курск : ЗАО Университетская книга, 2016. – С. 183-185.

2. 4D BIM for Construction Planning and Environmental Planning / S. Sheina, E. Seraya, V. Krikunov, N. Saltykov // E3S Web of Conferences : 2018 International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development, SPbWOSCE 2018, St. Petersburg, 10-12 декабря 2018 года. Vol. 110. – St. Petersburg : EDP Sciences, 2019. – P. 01012.

3. Козлов, Н. А. Проблемы внедрения технологий BIM проектирования в России / Н. А. Козлов, К. А. Попова // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2016. – № 1 (15). – С. 18-21.

4. Кравченко, Т. В. BIM-технологии в управлении строительными проектами / Т. В. Кравченко. – Текст : // Молодой ученый. – 2019. – № 3 (241). – С. 176-179. – URL: <https://moluch.ru/archive/241/55724/> (дата обращения: 11.02.2025).

Кагарлык Евгения Владимировна – студент группы 8Соим-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: eva.kagarlyk1808@mail.ru;

Кирколуп Евгений Романович – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kirkolup@mail.ru.

АНАЛИЗ СМЕТНЫХ ПРОГРАММ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А. С. Каменецкий, Л. В. Куликова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассмотрено программное обеспечение для сметчиков, проанализированы факторы, влияющие на выбор программы при составлении смет и сметной документации. Проведен мониторинг самых популярных классических сметных комплексов и комплексов, реализующих ТИМ-подход на территории РФ. Выявлены их основные направленности, области применения, достоинства и недостатки.

Ключевые слова: сметная документация, программное обеспечение, анализ сметных комплексов, ТИМ-подход, область применения.

Все больше компаний строительного комплекса внедряют современные ИТ-решения, чтобы использовать преимущества автоматизации для повышения эффективности работы и сокращения расходов. Правильно подобранное программное обеспечение облегчает финансовое планирование, позволяет эффективнее взаимодействовать с контрагентами и регулирующими органами, помогает завершать проекты в срок, сокращать прямые затраты и накладные расходы.

Условно программное обеспечение для строительных компаний можно разделить на четыре основные категории:

- 1) Составление смет и сметной документации;
- 2) Автоматизация всех видов учета как основа хозяйственной и экономической деятельности организации;
- 3) Автоматизация планирования работ и управления строительными проектами;
- 4) Автоматизация отдельных подразделений и строительных участков [1].

На рынке программных продуктов существуют как простые сметные программы, предназначенные для несложных сметных расчетов, так и сметно-аналитические комплексы для точной калькуляции стоимости всех необходимых ресурсов.

Специализированное программное обеспечение для сметчиков позволяет автоматизировать многие процессы, уменьшая вероятность человеческой ошибки и сокращая время на подготовку документации.

Выбор программы для составления сметной документации является сложной задачей и зависит от ряда факторов:

- наличие дистрибутива в открытом доступе;
- наличие ДЕМО версии;

- установка программного обеспечения: простота и время, способы обновления, количество обновлений в год;
- система защиты;
- сервер баз данных;
- возможности работать по сети;
- стоимость;
- техническая поддержка;
- общий функционал и дополнительные возможности;
- возможность обучения работе на курсах, обучающие и дополнительные материалы;
- выгрузка данных в 1С.

На данный момент рынок существующих сметных программ достаточно разнообразен. Самые популярные классические сметные комплексы по числу использования в РФ за последние несколько лет представлены на рисунке 1.

Был проведен анализ классических сметных комплексов.

Гранд-Смета – самая распространённая программа для составления смет, на территории РФ работает около 75% сметчиков, а в

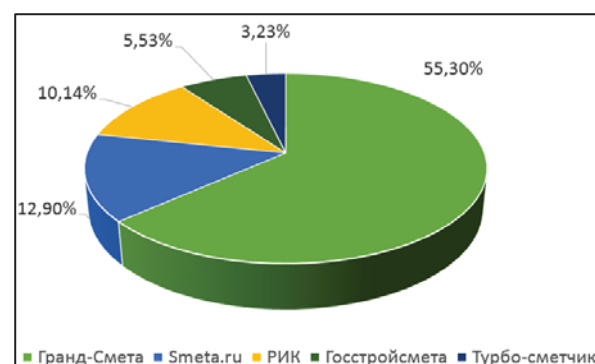


Рисунок 1 – Самые популярные классические сметные комплексы по числу использования в РФ

АНАЛИЗ СМЕТНЫХ ПРОГРАММ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Москве и Московской области – более 50% организаций. Имеет функциональный, интуитивный и не перегруженный интерфейс, удобные настраиваемые выходные формы (в том числе и для экспертиз), практические примеры составления смет всеми способами расчета, грамотную техническую поддержку, «Электронную библиотеку сметчика», модуль «Гранд-Калькулятор», возможности для конъюнктурного анализа рынка, режим составления ведомости объемов работ, возможность надстраивания программы с учетом специфики предприятия.

Smeta.ru (Смета.ру) – универсальная сметная программа, созданная для составления и анализа документации, связанной со строительными сметами. Самая распространенная программа в Москве. Имеет множество способов расчета сметной документации и шаблонов, многопользовательский режим, контроль каждого этапа создания сметной документации, обширную нормативно-правовую базу.

РИК («WinРИК», Смета-РИК) – позволяет автоматизировать процесс составления всей необходимой сметной документации, ориентирована на специалистов любого уровня подготовки, проектные институты, региональные центры (РЦЦС), службы заказчика, генподрядчиков и подрядчиков, начинающих сметчиков. Поддерживает все лицензированные нормативные базы. Выпускается в шести разновидностях программы и адаптируется к различным запросам пользователей, имеет обмен данными с любой сметной программой, возможность многопользовательской работы в сетевом архиве, графическое представление данных, позволяет службам заказчика осуществлять контроль за объемами выполненных работ и экспертизу сметной документации.

Госстройсмета – внешне очень похожа на «Гранд-смету». Распространена в Москве в структурах Минобороны, Спецстроя, а также регионах России. Имеет продуманный, понятный интерфейс, конструктор выходных форм и отчетов, поддержку сетевого режима работы, контроль и проверку всех этапов составления сметы.

Турбосметчик – программа «Турбосметчик» распространена на территории Московской области, Москвы, фактически «стандарт» в структурах РЖД, программным комплексом пользуется более 70% структур и филиалов ОАО «РЖД». Достаточно хорошо представлена в регионах РФ. Одним из главных плюсов является интерфейс, в основе которого – простейшие принципы MS Excel.

Имеет поддержку большого количества сметно-нормативных баз с возможностью работы сразу с несколькими из них в одном окне, Турбо архив, ПИР, отсутствие перегруженности лишним функционалом.

1С:Смета – специально создана для проектных организаций, инвесторов, заказчиков и подрядчиков строительства.

Обладает гибким и полнофункциональным инструментом по работе со сметной документацией, а именно: создание, хранение и вывод на печать. Имеет широкие форматы обмена сметами, полноту нормативных данных, функцию работа с ведомостями и учет выполненных работ.

Смета-Багира – адаптирована под специфику смет на строительство, бурение и ремонт газовых, нефтяных и иных специализированных скважин, содержания автодорог, ЛЭП и трубопроводов.

SmetaWizard – эта программа имеет надежные и быстрые алгоритмы автоматического расчета смет, проверки сметной документации, а так же ее экспертизы. Есть режим составления документов, который позволяет увидеть будущий печатный вид.

А0 – сметно-аналитический Комплекс А0 предназначен для оценки стоимости строительства, выпуска сметной документации, подготовки и учета строительного производства. Для расчета или формирования стоимости Проекта по правилам сметного дела РФ, а также для расчета или формирования стоимости Проекта по правилам компании. Позволяет решить следующие задачи: контроль себестоимости, проведение анализа по критериям, выборка данных, работа с проектами аналогами от создания до применения, разработка шаблонов для прогнозных оценок стоимостных характеристик, обеспечение прозрачности формирования стоимостных характеристик, отслеживание степени готовности сметной документации на разных этапах жизненного цикла, и т.д.

Арос-Лидер – программный комплекс, в сферу деятельности которого входят создание, расчет и анализ смет на строительные объекты. Нацелен на следующие группы пользователей: строительно-монтажные предприятия, организации-заказчики строительства, проектные организации.

Гектор: Сметчик строитель – наличие широкой нормативной базы, поддержка универсального формата АРПС, понятный и удобный в обращении интерфейс с возможностью гибкой настройки программы, наличие дополнительного модуля «Календарный план», встроенный генератор отчетов.

DefSmeta – подходит для небольших масштабов строительства и объемов работ [3].

Программные комплексы, реализующие ТИМ-подход, дают возможность оперативно оценивать влияние изменений в проекте на его стоимость. Это помогает выбрать наиболее экономически эффективные варианты без ущерба для качества и функциональности объекта [2]. ТИМ позволяет создавать детальные модели зданий, содержащие информацию о всех элементах конструкции, материалах и объемах работ. Это значительно повышает точность расчетов стоимости строительства и снижает вероятность ошибок.

Анализ сметных комплексов, реализующих ТИМ-подход.

5D Smeta – позволяет выгрузить информацию для расчета сметной стоимости проектируемых объектов и связать с BIM-проектом автоматическое составление сметной документации в любой сметной программе. 5D Smeta состоит из двух рабочих мест – одно для проектировщика, другое для сметчика (модуль привязки сметных норм). Позволяет сметчику и проектировщику работать совместно, объединять свои знания и навыки.

Функциональные возможности программного комплекса обеспечивают автоматизацию: расчета объемов работ, привязки сметных норм, создания структуры сметы, контроля полноты осмечивания и изменений в проекте

Larix.EST – система оценки стоимости строительства на основе BIM-моделей с учетом требований российского рынка. Позволяет формировать ведомость объемов работ в терминах государственной и корпоративной нормативной базы. Состоит из трех основных модулей:

- EST.Manager – модуль для проверки и анализа информационных моделей;

- EST.Designer – модуль для подготовки данных для расчетов и непосредственно автоматизированного расчета;

- EST.Analyzer – модуль для анализа расчетов, формирования нужных форм, выгрузок данных в Excel, Larix.

ABC – комплект BIM-смета предназначен для интеграции сметной системы ABC с BIM-платформами, по средствам программного продукта «ABC-Рекомпозитор».

Позволяет выполнять задачу преобразования проектных объемов, полученных из BIM-системы, в сметно-экономическое пред-

ставление, а также соединяет проектные объемы, полученные из разных BIM-систем. Основой интеграции с BIM-моделью выступает база знаний ABC.

АДЕПТ:СМЕТА – надежная и проверенная программа для составления смет на СМР с возможностью расчета смет на основе BIM модели. Позволяет выполнять экспертизу сметной документации, создавать калькуляции, ведомости и другие дополнительные расчеты, проверять сметы на соответствие нормативам, анализировать взаиморасчеты Заказчиков и Подрядчиков, учитывать несоответствие реальных данных с данными по смете-акту [3].

ТИМ-технологии являются мощным инструментом для оптимизации ценообразования в строительстве. Внедрение ТИМ позволяет повысить точность смет на 10-15%, сократить сроки разработки проектной документации на 20-30%, улучшить контроль затрат и оптимизировать закупки материалов. Несмотря на некоторые сложности внедрения, ТИМ имеет огромный потенциал для повышения эффективности строительного сектора. Дальнейшее развитие ТИМ-технологий и их интеграция с другими цифровыми инструментами приведет к еще более значительным улучшениям в процессах ценообразования и управления строительными проектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выбираем софт для строительства. Советы и примеры [Электронный ресурс]. – URL: https://barnaul.1cbit.ru/blog/vybiraem-soft-dlya-stroitelstva-sovety-i-primery/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F/ (дата обращения: 23.02.2024).

2. Захаров, А. Н. Уменьшение расходов на строительство через использование BIM-технологий для проектирования и контроля за процессом строительства / А. Н. Захаров // Актуальные исследования: междунар. науч. журнал. – 2022. – № 37 (116). – С. 97-103.

3. Строительные сметные программы [Электронный ресурс]. – URL: https://www.all-smety.ru/programs/smetnye_programmy/ (дата обращения: 23.02.2024).

Каменецкий Артур Сергеевич – студент группы СУЗ-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова;

Куликова Людмила Владимировна – старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: lyutova_lyudmila@mail.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

И. В. Карелина, А. В. Галле

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассматриваются вопросы о возможности использования искусственного интеллекта в строительстве. Использование технологий искусственного интеллекта и машинного обучения позволяет, запрашивая и анализируя различные данные, делать выводы и прогнозировать возможные риски (простой техники, отказы оборудования и т.д.). По итогам выявления возможных рисков, искусственный интеллект предоставляет соответствующие действия или предупреждает о ситуациях. Основные направления использования искусственного интеллекта в строительстве: предотвращение роста сметы в ходе строительства, нахождение оптимального решения на стадии проектирования, управление материально-техническими ресурсами, планирование и контроль строительно-монтажных работ, управление строительными машинами и оборудованием, использование роботов для выполнения рутинных процессов, выполнение работ за пределами строительной площадки, контроль качества работ, обеспечение безопасности работ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, строительство, строительная робототехника, дроны.

В последнее время стала очень популярной тема по применению искусственного интеллекта (ИИ) в самых различных областях. ИИ применяют при освобождении человека от монотонной работы, для поддержки в принятии решений, для автоматизации опасных видов работ, для поддержки коммуникаций между людьми.

Искусственный интеллект состоит из множества нейронов, которые обмениваются между собой информацией. По сути – это математические модели, имитирующие работу человеческого мозга. Чтобы эта система работала, необходимо, чтобы одни нейроны получали информацию извне, другие ее обрабатывали, третьи – анализировали и выдавали готовый материал. Но, разумеется, вначале эту систему нужно правильно обучить.

В производстве ИИ по своей сути представляет собой интеллект машин для выполнения различных задач, реагирования на внутренние и внешние события и даже автономного предсказания возможных вариантов событий. Машины могут определить износ инструмента или что-то непредвиденное – возможно, действительно ожидаемое – и могут отреагировать и решить проблему. Но он не способен:

- к комплексному стратегическому планированию;
- работе, требующей точной зрительно-моторной координации;
- работе с неизвестными и неструктурированными пространствами;

- сочувствию и состраданию.

Зато ИИ может обучаться и совершенствоваться по мере выполнения поставленных задач. Иначе говоря, чем интенсивнее используется технология, тем лучше она «понимает» запросы заказчика. В этом принципиальная разница ИИ от обычных алгоритмов обработки информации, созданных человеком.

В настоящее время ИИ уже широко применяется:

- в качестве системы мониторинга промышленного оборудования и персонала в реальном времени;
- в качестве аппаратно-программного комплекса по контролю за содержанием дорожной сети и городской инфраструктуры в реальном времени;
- как системы обработки бухгалтерских и иных документов на основе технологий распознавания естественного языка;
- в диагностике и лечении заболеваемости человека;
- для анализа данных, теоретического моделирования и проведения экспериментов в ядерной науке, способствуя продвижению технологических инноваций и ускорению фундаментальных исследований, например в области сбора и анализа ядерных и атомных данных и т.д.

Применение ИИ способно повысить эффективность строительства. С его помощью можно оценивать количество и стоимость ре-

сурсов, отслеживать расположение и использование техники, контролировать качество работ, снижать риски и обеспечивать безопасность на объекте и т.п.

Использование способа прогнозирования, основанного на использовании больших данных, и ИИ помогает решить, выявить многие проблемы через анализ накопленных статистических данных. Система ИИ их обрабатывает, обучается и выдает ориентировочный прогноз. Он позволяет смоделировать, как большое количество различных факторов повлияет на процесс строительства, а значит, управленческие решения, принимаемые в опоре на ИИ, будут более рациональными, обоснованными. Для сбора данных можно с помощью, например BIM-инструментов. Чем больше выборка таких данных об объекте, тем точнее и корректнее итоговое прогнозирование.

Если взять для примера разработку проектной модели организации строительства или проекта организации работ, совмещенной с графиком СМР (4D-ПОС/ПОР), то система ИИ может построить различные сценарии строительства, благодаря чему можно предсказать и оптимизировать длительность производства работ в тех или иных условиях. Система анализирует текущие и имеющиеся статистические и исторические данные по конкретному проекту и его аналогам в регионе, по климатическим условиям, доступным ресурсам, материалам и их поставщикам. При этом ИИ учитывает не только отдельные факторы сами по себе, но и их влияние друг на друга.

Функционал современных BIM-систем также использует возможности ИИ: например, при проектировании и автоматизированной проверке соответствия цифровой модели нормативным требованиям и стандартам. Проектировщик работает эффективнее и быстрее за счет того, что получает требования в режиме реального времени, а ошибки и проектные коллизии, вызванные человеческим фактором, сводятся к минимуму.

Подобный подход применим также для прогнозирования и оценки стоимости капитальных вложений по проекту еще до начала строительства. Размер инвестиций прогнозируется путем моделирования ключевых допущений и подходов к реализации проектов за счет сокращения издержек на разных этапах жизненного цикла, оптимизации и сокращения времени проектной подготовки и строительства, что с большей предсказуемо-

стью позволяет оценить финальные результаты.

Интеграция ИИ с робототехникой стала новой фазой преобразований: меняются принципы работы стройплощадок и сама суть строительных методик. Сюда относятся применение на стройке робототехники, технологий дополненной и виртуальной реальности, анализ данных, получаемых с помощью дронов и многие другие направления. Эти решения, объединяющие когнитивные способности с механическими возможностями, – одновременно инновационные и прагматичные.

Строительная робототехника усиливается ИИ. Например, в США появился полуавтоматический каменщик SAM – робот, который умеет укладывать кирпич или вязать арматуру. Он выполняет повторяющуюся задачу с безупречной точностью, при этом встроенный компонент искусственного интеллекта обеспечивает адаптивность, т.е. робот в режиме реального времени приспосабливается к изменению размера кирпичей или качества раствора.

Еще пример – роботизированная автономная система TyBOT от Advanced Construction Robotics (США) (рисунок 1). Робот связывает до 1100 пересечений арматуры в час – задача, для которой обычно требуется бригада из 6-8 рабочих. Робототехника и искусственный интеллект повышают безопасность и производительность стройки, снижают риски невыполнения графика, а в глобальном смысле – преобразовывают строительную отрасль.

В Европе EffiBOT создали автономные транспортные средства, которые следуют за рабочими. Робот несет инструменты или материалы, используя алгоритмы искусственного интеллекта для безопасного перемещения по оживленным строительным площадкам.

Другая область разработок – дроны (беспилотные летательные аппараты). Их использование меняет традиционные подходы, особенно в сфере мониторинга и контроля. С их помощью из офиса, получают актуальную информацию со стройплощадки в реальном времени, моментально измеряют высоту, длину, площадь и объем объекта строительства. Компания SkyMule (США) показала испытания дрона, который помогает строителям при подготовке арматуры к заливке бетона. Он самостоятельно летает над уложенной арматурой и связывает прутья, экономя время рабочих. Компания утверждает, что дрон ускоряет процесс вязки в 2,4 раза и делает его на 32% дешевле.



Рисунок 1 – Работа роботизированной автономной системы TyBOT

Таблица – Приоритетные направления развития ИИ в строительной отрасли, основные проблемы и пути их решения, прогноз по результатам применения ИИ

Приоритетное направление	Проблема	Решение	Результат
Мониторинг строительных объектов и рабочих	Снижение эффективности работы из-за нарушения норм рабочими, задержек и отсутствия своевременного отчета руководству	Анализ данных с носимых устройств и стационарных камер для контроля за временем активности и покоя рабочих. Использование дронов и камер для отслеживания хода строительства, поставок материалов и затрат ресурсов.	Увеличение производительности на 30%
Прогнозирование рисков и автоматизация типовых операций	Затраты времени и ошибки из-за ручного выполнения стандартных задач. Отсутствие автоматизации для учета рисков в планах	Интеграция ИИ в системы управления для разработки смет, анализа и прогнозирования на основе данных. Внедрение модулей ИИ для стандартного проектирования, включая разработку инженерных сетей и соответствие нормам.	Увеличение производительности на 20%. Снижение издержек на 10%. Сокращение времени проектирования на 40%
Применение автономной техники	Нехватка квалифицированных работников для управления сложной техникой	Внедрение автономных строительных машин, способных работать непрерывно для облегчения рабочего процесса и повышения эффективности.	Снижение операционных затрат на 50%. Ускорение строительства на 50%.

В сочетании с передовым программным обеспечением дроны превращаются в аналитические инструменты. Сложные алгоритмы обрабатывают полученные изображения для поиска ошибок и аномалий, будь то структурные трещины, несанкционированные изменения или отклонения от утвержденных черте-

жей. Такой упреждающий подход сводит к минимуму дорогостоящие исправления и обеспечивает соблюдение стандартов безопасности.

Кроме того, дроны можно использовать в управлении ресурсами. Как за рубежом, так и в России строительные площадки часто за-

нимают обширные территории со множеством активных зон. Дроны, оснащенные инфракрасными датчиками или тепловизионными камерами, могут отслеживать движение и использование техники, благодаря чему достигается оптимальное развертывание и уменьшается время простоя и техники, и производственных ресурсов.

Моделирование виртуальной реальности на базе ИИ используется для обучения технике безопасности. Симуляции воссоздают реальные сценарии строительства, заставляя рабочих ориентироваться в потенциальных опасностях. Искусственный интеллект оценивает их реакцию и предлагает обратную связь. Предполагается, что работник, прежде чем заступить на реальный объект, уже будет обучен выявлять и снижать риски.

Искусственный интеллект, обладая очевидными преимуществами, существенно трансформирует систему управления строительной отраслью. Об этом свидетельствуют данные об увеличении производительности, сокращении издержек и времени проектирования, о повышении эффективности управления и контроля.

Несмотря на ограничения и препятствия, искусственный интеллект перспективен. ИИ способен ускорять проектирование, повышать производительность, улучшать контроль над стройкой, оптимизировать ресурсы

и т.п. Но, будучи новым инструментом, искусственный интеллект еще требует полноценного освоения. Он предъявляет новые требования к специалистам и их обучению, к модернизации технической базы, к способам стратегического планирования и ведения бизнеса.

В таблице [1] приведены систематизированные приоритетные направления развития ИИ в строительной отрасли, выделены основные проблемы и пути их решения, а также приведены результатам применения ИИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, А. Искусственный интеллект в строительстве. / Айбим. Цифровизация строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bim-info.ru/articles/iskusstvennyy-intellekt-v-stroitelstve/> (дата обращения 8.02.2025).

Карелина Ирина Владимировна – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: karelina7@mail.ru;

Галле Анастасия Владимировна – студент группы 8Спгс-41 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: nngalle@mail.ru.

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ РАСКЛАДКИ НЕРАЗРЕЗНЫХ МНОГОПРОЛЕТНЫХ ПРОГОНОВ ПОКРЫТИЯ ИЗ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ОЦИНКОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ Z-ОБРАЗНОГО СЕЧЕНИЯ

А. А. Кикоть, Е. С. Степанова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье приводится анализ раскладки прогонов Z-образного сечения по неразрезной схеме. Неразрезность на опорах создается путем перехлеста профилей с разной шириной поясов. Приводятся варианты с увеличенной толщиной металла в крайних пролетах, а также с дополнительным вкладышем. Дано мероприятие, снижающее максимальные опорные реакции неразрезного прогона на вторых от торца опорах.

Ключевые слова: схема раскладки прогонов, неразрезной прогон, перехлест, Z-образный профиль, расчет.

В зарубежной практике легкие стальные тонкостенные конструкции в качестве прогонов достаточно распространены при возведении зданий, вне зависимости от их назначения. Однако в России при строительстве объектов такие системы прогонов встречаются не так часто. К преимуществам системы прогонов из холодногнутого оцинкованного профиля, в общем, можно отнести: высокую прочность и жесткость, экономию материалов, гибкость проектирования, быстрый монтаж.

Z-образные профили дают возможность объединить прогоны в многопролетную неразрезную систему. Это достигается за счет того, что одна полка профиля больше другой, и на опорах два соседних профиля заводят один в другой (рисунок 1). Длину перехлеста назначают от 0,1 до 0,15 пролета [1]. Для такого сопряжения характерно болтовое крепление – устанавливают по два болта по высоте стенки профиля, в некоторых случаях дополнительные болты монтируют на пояса.

Неразрезная многопролетная система с перехлестом – это непрерывная конструкция, в которой все элементы соединены между собой на опорах за счет заведения одного профиля за другой (рисунок 2).

Такая система прогонов позволяет эффективно распределять нагрузки по всей длине балки, снижая изгибающие моменты в пролете.

Эта система применима в основном для Z-образных профилей. При небольших пролетах (шагах несущих конструкций) есть возможность применять двухпролетную систему с перехлестами с использованием накладок на промежуточных опорах или без них (рису-

нок 3). В данной системе прогонов достигается уменьшение количества стыков, что увеличивает скорость монтажа.



Рисунок 1 – Узел соединения Z-образных прогонов из стальных холодногнутого профилей

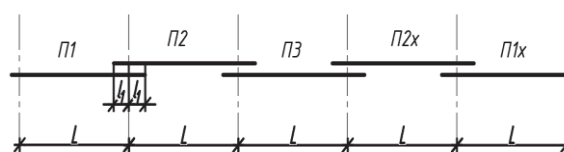


Рисунок 2 – Неразрезная многопролетная система с перехлестами

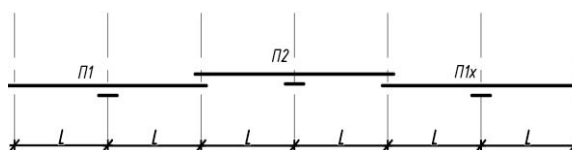


Рисунок 3 – Неразрезная многопролетная система с перехлестами и двухпролетными прогонами

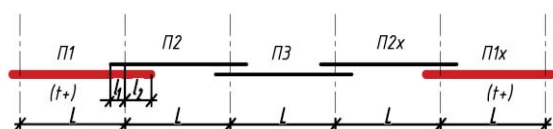


Рисунок 4 – Неразрезная многопролетная система с перехлестом и увеличением профиля в крайних пролетах

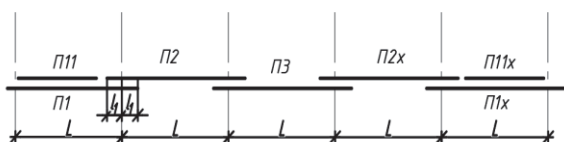


Рисунок 5 – Неразрезная многопролетная система с перехлестом и вкладышем в крайних пролетах

В неразрезных многопролётных балках в крайних элементах возникают большие изгибающие моменты, что приводит к проектной задаче усилить эти прогоны. Крайние прогоны также могут быть включены в состав связевой системы каркаса и частично воспринимать ветровую нагрузку, действующую на здание. Для решения этой проблемы можно использовать два метода: увеличить толщину профиля (рисунок 4) или установить дополнительный профиль (вложить его в основной профиль (рисунок 5). При этом рекомендуется выбирать величину перехлёста l_2 больше, чем l_1 ($l_2 = 0,15..0,2L$).

Подберем сечения прогона покрытия из Z-образного профиля, выполненного по неразрезной пятипролетной схеме (рисунок 2). Длина каждого пролёта $L = 6$ м. Перехлест составляет 600 мм с каждой стороны опоры. Уклон кровли 15° . Сталь 350 по ГОСТ 14918-2020 с пределом текучести 350 Н/мм^2 . Коэффициент надежности по материалу $\gamma_m = 1,05$ [2]. Полагается, что на верхний пояс прогона опирается стальной профилированный настил Н57-750-0,8 [3], который является абсолютно жесткой диафрагмой. По профнастилу устраивается теплая кровля с эффективным утеплителем. Скатная составляющая нагрузка воспринимается опорными устройствами в местах опирания прогона. Предельный прогиб $f_u = 1/200L$ [4].

Для расчёта сформированы следующие загрузки.

Загрузка 1 (LC 1): расчётное значение веса прогона (принято предварительно) + расчётное значение веса профилированного настила: $0,256 \text{ кН/м}$ (постоянная нагрузка).

Загрузка 2 (LC 2): расчётное значение веса кровли: $0,87 \text{ кН/м}$ (постоянная нагрузка).

Загрузка 3 (LC 3): расчётное значение

веса снега: $4,32 \text{ кН/м}$ (кратковременная нагрузка).

Загрузка 4 (LC 4): вес прогона + вес профилированного настила с коэффициентами надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,0$: $0,243 \text{ кН/м}$ (постоянная нагрузка).

Загрузка 5 (LC 5): расчетное значение ветровой нагрузки: $-0,692 \text{ кН/м}$ (кратковременная нагрузка направлена вверх).

Загрузка 6 (LC 6): нормативное значение веса прогона + нормативное значение веса профилированного настила + нормативное значение веса кровли: $0,912 \text{ кН/м}$ (постоянная нагрузка).

Загрузка 7 (LC 7): в целях расчета прогона по прогибам (вторая группа предельных состояний) примем пониженное значение снеговой нагрузки [4]: $1,543 \text{ кН/м}$ (длительная нагрузка, нормативное значение).

Сочетания для расчёта по первой группе предельных состояний:

Сочетание 1: $1 \cdot LC1 + 1 \cdot LC2 + 1 \cdot LC3$ (гравитационная нагрузка).

Сочетание 2: $1 \cdot LC4 + 1 \cdot LC5$ (подъемная нагрузка).

Сочетание для расчета по второй группе предельных состояний (расчет по прогибам):

Сочетание 3: $1 \cdot LC6 + 1 \cdot LC7$.

Расчет прогона производился в расчетном комплексе по проектированию конструкций из тонкостенных холодногнутых профилей CFSteel 4.4 [5, 6].

В результате расчета подобран профиль Z300-79-86-26-3,0. Определяющим явилось Сочетание 1, по которому коэффициент использования несущей способности составил 0,92. Масса 1 погонного метра такого профиля $11,75 \text{ кг/м}$. Общий расход профиля на один пятипролетный прогон с учетом перехлестов $408,9 \text{ кг}$.

Возможен вариант, в котором для закрепления из плоскости нижнего пояса прогона в середине каждого пролета устанавливаются стержневые распорки/растяжки. В этом случае подобран профиль Z260-74-81-25-2,5 с коэффициентом использования 0,86. Масса 1 погонного метра профиля $8,82 \text{ кг/м}$. Общий расход профиля $306,9 \text{ кг}$. Но необходимо учесть дополнительный расход стали на связи и расходы на их установку.

Одним из недостатков раскладки прогонов по неразрезной схеме является неравномерность в значениях опорных реакций. Реакция на второй от торца опоре с каждой стороны значительно превышает реакции на средних опорах. Это ведет к неравномерности загрузки несущих конструкций, на ко-

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ РАСКЛАДКИ НЕРАЗРЕЗНЫХ МНОГОПРОЛЕТНЫХ ПРОГОНОВ ПОКРЫТИЯ ИЗ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ОЦИНКОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ Z-ОБРАЗНОГО СЕЧЕНИЯ

торые опираются прогоны. В частности в рассматриваемом случае это превышение составляет 20%.

Если позволяет проектная ситуация для сглаживания этой неравномерности загрузки опор можно уменьшить крайние пролеты неразрезного прогона.

Для примера выполним расчет первоначального прогона (без связей по нижнему поясу) с первым и пятым пролетами по 5,5 м. Такое уменьшение крайних пролетов приводит к разнице опорных реакций уже в размере 11%. Кроме того во втором, третьем и четвертом пролетах удалось снизить толщину профиля Z300 с $t = 3,0$ мм до 2,5 мм. В результате общий расход профиля на пятипролетный прогон составил 355,5 кг.

Заключение

Стальной холодногнутый Z-образный профиль, уложенный по неразрезной многопролетной схеме, является эффективным решением прогона покрытия.

Снижение расхода стали может быть достигнуто за счет варьирования толщиной металла в разных пролетах при сохранении одного калибра профиля или установкой дополнительного профиля – вкладыша в крайние пролеты.

В проектных ситуациях, когда это возможно добиться некоторого выравнивания опорных реакций неразрезного прогона, можно уменьшением величины крайних пролетов. Например, снижение длины с 6 м до 5,5 м приводит к сокращению разницы максимальной опорной реакции на второй опоре с соседними внутренними опорными реакциями с 20% до 11% в пятипролетном прогоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК). Проектирование, изготовление, монтаж: учебное пособие [Электронный ресурс]. – URL: <file:///C:/Users/katch/Downloads/lstk-small.pdf> (дата обращения: 04.02.2025).
2. СП 260.1325800.2023. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – 2023. – 115 с.
3. ГОСТ 24045-2016. Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства [электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293750/4293750590.pdf> (дата обращения: 08.02.2025).
4. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия [электронный ресурс]. – URL: <https://3d-bim.ru/downloads/sp-20.pdf> (дата обращения: 08.02.2025).
5. CFSteel v.4.4. Документация. Том I. Руководство пользователя, 2024, [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cfsteel.ru> (дата обращения: 10.02.2025).
6. CFSteel v.4.4. Документация. Том IV. CFSPurlin. Расчет прогонов из стальных тонкостенных холодногнутых профилей, 2024 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cfsteel.ru> (дата обращения: 10.02.2025).

Кикоть Андрей Александрович – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: deltaing@mail.ru;

Степанова Екатерина Сергеевна – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: stkateriin@gmail.com.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ REVIT И RENGA ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АРХИТЕКТУРНОГО РАЗДЕЛА

М. Н. Корницкая, М. А. Подъяпольская, Е. С. Степанова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье проводится сравнительный анализ двух популярных программных продуктов для информационного моделирования зданий – Renga и Revit. Оба инструмента активно используются в архитектурном и строительном проектировании, однако имеют свои уникальные особенности и преимущества. В ходе исследования рассматриваются ключевые аспекты, такие как производительность, функционал, удобство интерфейса и возможности моделирования.

Ключевые слова: ТИМ проектирование, чертеж, 3D модель, архитектура, планы, проектирование, фундамент, семейство, Renga, Revit.

В последние годы активно развивается направление технологии информационного моделирования (ТИМ), которое осуществляется с помощью 3D моделирования объектов при проектировании зданий и сооружений. Увеличивается количество программных средств, с помощью которых ТИМ можно осуществить. Самым распространенным на данный момент является комплекс Revit компании Autodesk. С недавнего времени в России идет активная разработка ТИМ-систем такими компаниями, как CS Soft, Renga Software, Нанософт. Из-за сложной ситуации в мире и на рынке у рассматриваемой в статье программы Renga появилась возможность составить конкуренцию зарубежным производителям. Это достаточно молодая программа, которая активно развивается в данный момент.

В данной статье рассматривается сравнение двух названных графических систем. Чтобы уравнивать шансы при сравнении двух программ, проанализируем их возможности при работе с архитектурным разделом проектирования.

Первое отличие в работе программ – подход разработчиков к корректировке моделей. Revit дает возможность вносить корректировки в модель не только с 3D видов, но и на разрезах и планах, а также в пространстве листа через видовые экраны. Renga же придерживается другой политики – работа с моделью происходит через 3D пространство и 2D уровни. Чертежи, разрезы, фасады, табличные данные формируются из модели, изменения в них вносятся только в модели.

Что касается режимов измерения и привязок, то в Revit они более привычные для уверенных пользователей стандартных про-

грамм CAD и 2D проектирования. В Renga же мы имеем на выбор следующие режимы измерения: полярный, прямоугольный, кубический, цилиндрический, сферический. Необходимо поработать некоторое время в программе, чтобы к ним адаптироваться и переключаться в нужный режим. В то же время режимы объектной привязки (к концам, пересечениям, серединам объектов и др.) реализованы аналогично другим системам.

Стоит сравнить навигацию в 3D пространстве: разработчики Renga связали поворот модели с правой клавишей мыши, что оказалось достаточно удобным, по сравнению с Revit, где для выполнения этого действия необходимо зажимать колесо мыши и клавишу Shift.

Как правило, проектирование начинается с задания уровней и построения разбивочных осей. В Revit и Renga принцип расстановки осей примерно схож. Нужно выбрать инструмент «Ось» и указать первую и вторую точки на планах. Однако Revit имеет преимущество перед Renga так как он автоматически пронумеровывает следующие оси, а в Renga пользователю необходимо нумеровать их самостоятельно (рисунки 1, 2). Аналогично происходит задание уровней.

Реальное строительство обычно начинается с фундаментов, поэтому начнем рассмотрение моделирования с этого конструктивного элемента. Обе программы имеют встроенный функционал, с помощью которого можно запроектировать как ленточный, так и столбчатый фундамент. В Revit ленточный фундамент строится относительно стен [2], т.е. выбирается замоделированная стена и уже под ней автоматически строится фунда-

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ REVIT И RENGA ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АРХИТЕКТУРНОГО РАЗДЕЛА

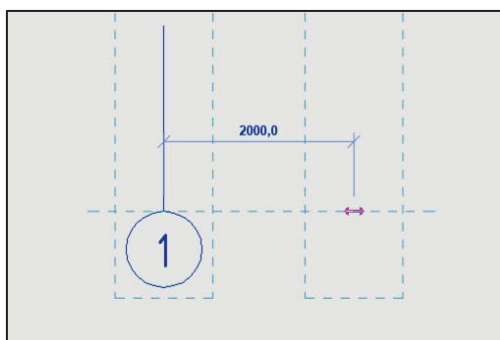


Рисунок 1 – Построение осей в Revit

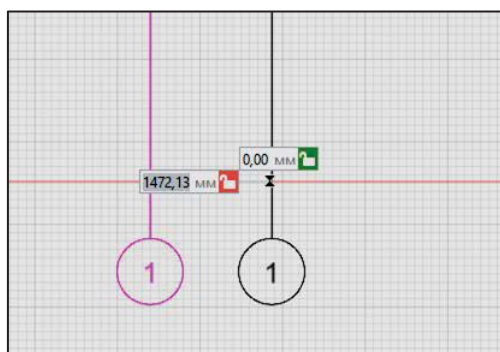


Рисунок 2 – Построение осей в Renga

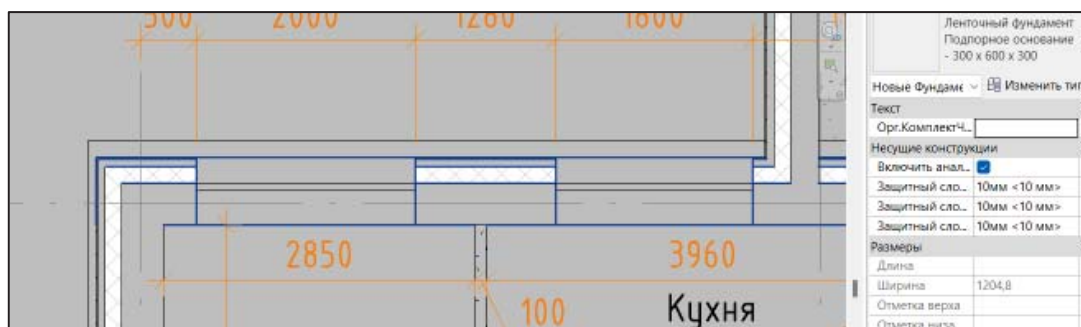


Рисунок 3 – Построение фундамента в Revit

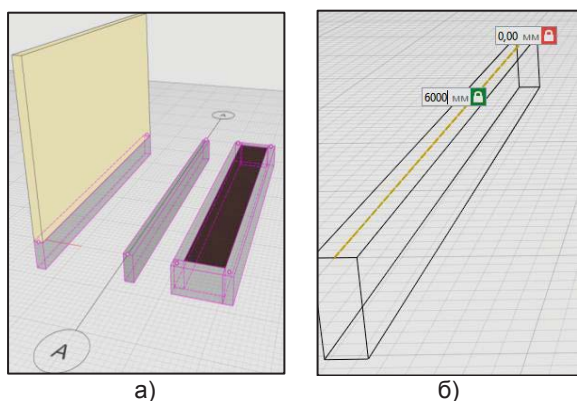


Рисунок 4 – Построение фундамента в Renga:
а) по подобию; б) по точкам

мент с заранее заданными характеристиками, как изображено на рисунке 3.

В Renga реализовано несколько способов построения такого вида фундаментов: по подобию, т.е. по имеющемуся объекту (стене,

оси, перекрытию), как показано на рисунке 4-а, или по точкам, задавая высоту, ширину, смещения, привязку к оси и другие параметры [1], как приведено на рисунке 4-б.

Построение стен подобно в обеих системах, то есть задаются характеристики стены, привязки, уровни, а затем последовательно задаются точки, между которыми будет расположена будущая стена.

Перекрытия также моделируются аналогично в двух программах. Однако в Renga есть некоторое преимущество в простоте построения, так как в Revit редактирование границы перекрытия выполняется в особом режиме, требующем специального выхода из него, что вызывает затруднения на этапе освоения работы программы. В Renga построение выполняется либо по имеющимся объектам, либо по точкам [3]. Примеры построения перекрытий приведены на рисунках 5, 6.

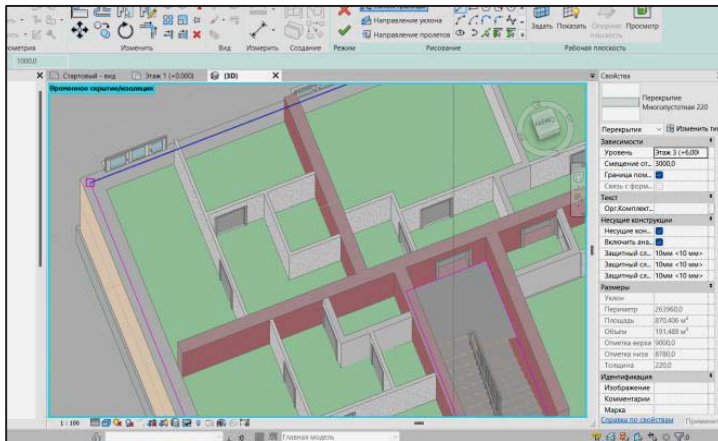


Рисунок 5 – Построение перекрытий в Revit

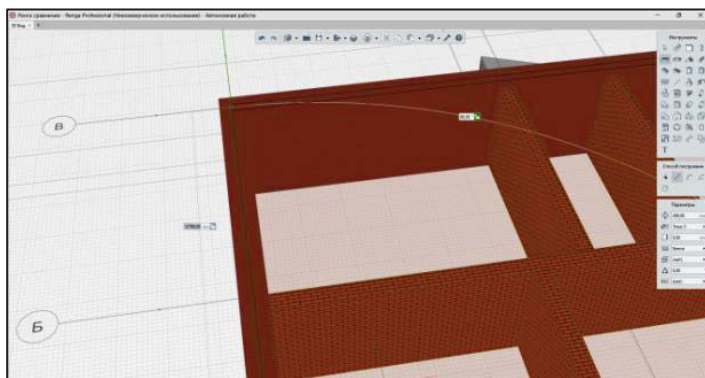


Рисунок 6 – Построение перекрытий в Renga

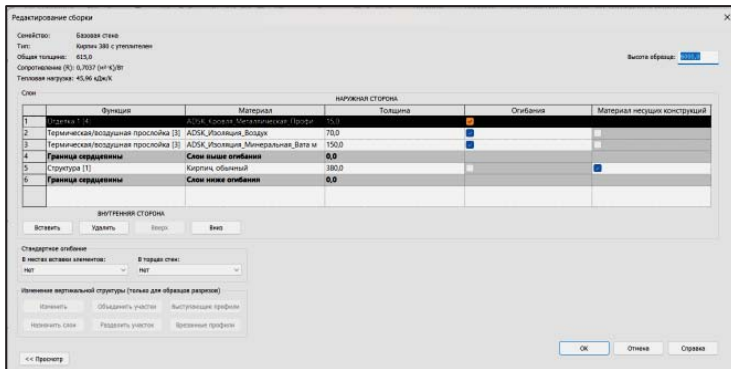


Рисунок 7 – Редактирование материала стены

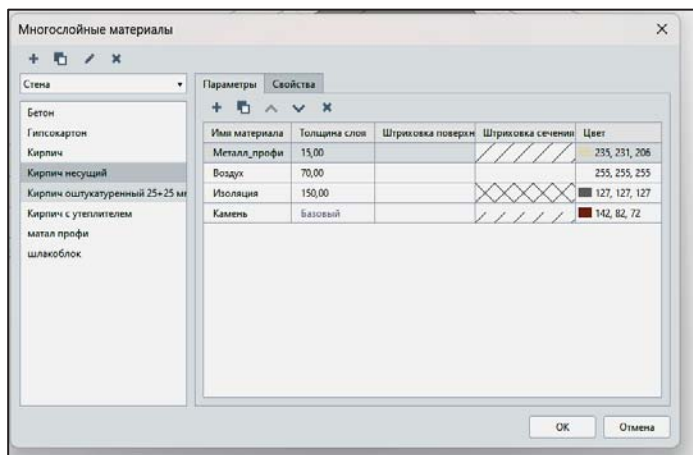


Рисунок 8 – Редактирование материала стены

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ REVIT И RENGA ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АРХИТЕКТУРНОГО РАЗДЕЛА

В Revit все окна и двери являются семействами, есть некоторая часть системных семейств. Создается Тип, внутри которого задаются необходимые пользователю параметры. И далее можно поставить окно или дверь как в пространстве модели, так и на разрезах или планах. В Renga есть похожий стартовый набор, есть некоторое количество стилей дверей и окон, на основе которых можно создать подходящий тип проема. Однако в Revit можно создать большее количество типов проемов за счет параметризации семейств. В Renga в свою очередь имеется большое количество бесплатных каталогов от производителей, содержащих настроенные стили окон и дверей.

Создание материалов для стен, перекрытий и крыш также схожи между собой. В обеих программах сначала создаются или выбираются материалы, а затем на их основе определяются многослойные материалы. Отличие заключается в материале стен. В Revit сразу задается толщина каждого слоя и изменить их можно только через редактор материалов, изображенный на рисунке 7.

В Renga же при редактировании материала есть базовый слой, как показано на рисунке 8, за счет которого в дальнейшем редактируется толщина самой стены.

Проведем детальное сравнение некоторого функционала обеих программ на примере моделирования входной группы, изображенной на рисунках 9, 10.

Построение фундамента под входную группу было аналогично построению фундамента для всей модели здания. С помощью ленточного фундамента в Renga и в Revit с помощью инструмента «фундамент несущий конструкции» – плита. Поверх бетонной подготовки идет перекрытие, которое создается, как было описано выше.

Что касается создания пандуса, Renga намного упрощает выполнение задачи пользователю. Так как тут имеется в базовом функционале инструмент пандус. Указываем необходимые параметры и две точки: начальную и конечную. В Revit также есть аналогичный инструмент пандус, но он работает аналогично «перекрытию». В Renga создавать пандус удобнее и понятнее.

В Renga и в Revit имеется инструмент для создания ограждения, причем в обеих системах ограждение можно указать по подобию, т.е. по имеющейся лестнице или пандусу. В этом случае достаточно указать место размещения ограждения.

Стены строятся аналогично вышеописанному.

Далее необходимо было построить колонны, которые выполнены из трубы. В обеих программах использовался инструмент «Колонна». Для построения колонны в Renga был создан новый стиль, а в Revit подгружено готовое семейство.

На колонны опирается металлический каркас для того, чтобы можно было положить крышу над крыльцом. Выполнен он из швеллеров, с помощью инструмента балка в обеих системах, как показано на рисунках 11-12.

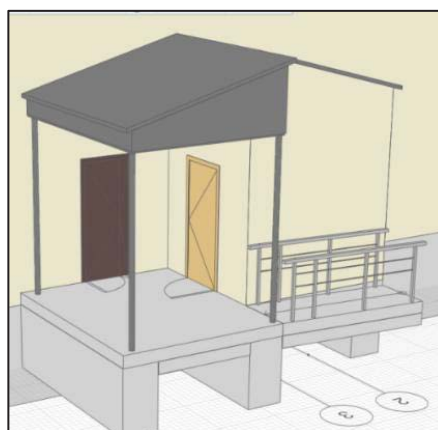


Рисунок 9 – Входная группа в Renga

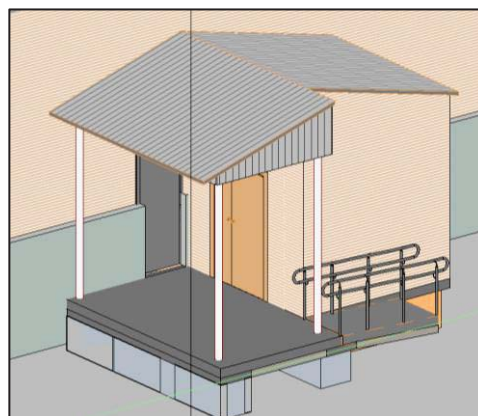


Рисунок 10 – Входная группа в Revit

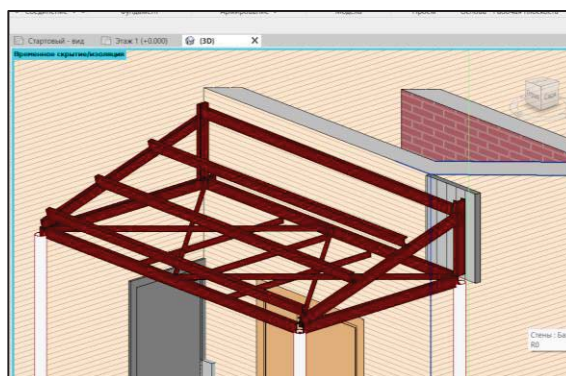


Рисунок 11 – Каркас в Revit

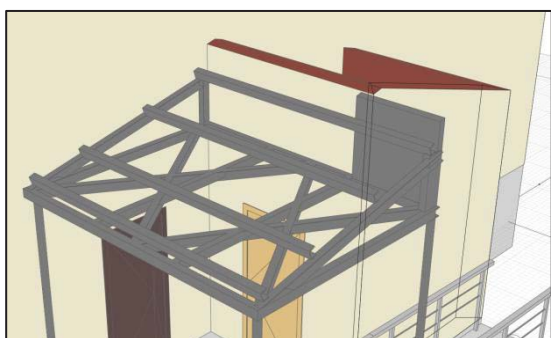


Рисунок 12 – Каркас в Renga

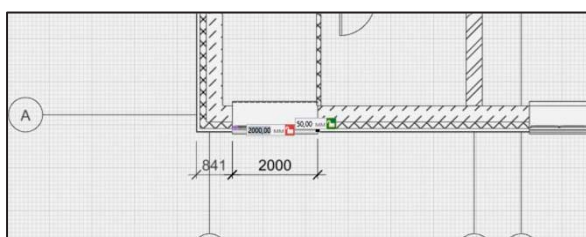


Рисунок 13 – Проставление размеров в Renga

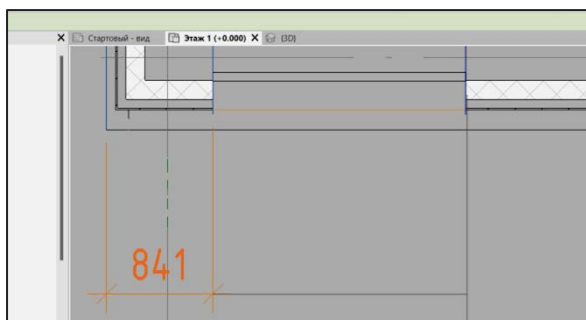


Рисунок 14 - Проставление размеров в Revit

При построении балок в Renga есть огромное преимущество в скорости за счет возможности менять режим измерения, например, на полярный или сферический, за счет чего появляется возможность быстро менять угол наклона балок. В Revit же придется пользоваться либо рабочей плоскостью или создавать опорную плоскость, что увеличивает трудозатраты при построении.

Далее стенкой из материала профлиста закрывается по бокам контур каркаса крыши над крыльцом.

Построение крыши значительно отличается в двух программах. В Renga задается сегмент крыши (скат/фронтон) и параметры каждого сегмента (угол наклона ската, величина свеса, привязка базовой линии). В Revit же необходимо сначала задать плоский эскиз крыши, а затем указать направляющую линию и скат. Достаточно сложное построение для неопытных пользователей. В Renga по-

строение крыши интуитивное, особенно в отношении сложных крыш.

В обеих программах крыша имеет более высокий приоритет, она подрезает стены. То есть стена дотягивается до самой высокой точки крыши и при этом подрезается под крышу.

Оформление разрезов и фасадов. В Renga создание разрезов осуществляется путем выбора нужного вида и настройки его параметров. Программа автоматически генерирует окна разрезов на основании заданных осей и уровней, что значительно упрощает работу проектировщика. Но если на разрезе были выявлены ошибки, то все необходимые исправления нужно выполнять в модели. Окно разрезов является не редактируемым. В Revit можно легко управлять видимостью объектов и изменять параметры разреза в процессе работы. Все элементы модели взаимосвязаны, что позволяет автоматически обновлять размеры и параметры при изменении геометрии. Это делает работу более динамичной и удобной для проектировщиков.

Рассмотрим создание табличной документации. Renga оснащена основными ведомостями и спецификациями, которые необходимы архитекторам для оформления чертежей по ГОСТ. Revit же не имеет таких в своей стандартной поставке, поэтому приходится их подгружать каждый раз в проект или сразу шивать в рабочий шаблон.

Оформление чертежей. В Renga размеры можно проставлять как в 3D-виде, так и на чертеже, как приведено на рисунке 13. Однако, размеры не привязываются к элементам, что требует ручного редактирования при изменении геометрии. При перемещении объектов размеры остаются на прежних местах, что может усложнить работу. Имеется возможность выбора единиц измерения и настройки количества дробных знаков. Также можно изменять высоту строк спецификации, что упрощает оформление чертежей.

В Revit размеры автоматически привязываются к элементам модели, что позволяет им динамически обновляться при изменении геометрии. Также размеры проставляются цепочкой, что упрощает их редактирование в дальнейшей работе. Пример проставления размеров в Revit приведен на рисунке 14.

Одним из преимуществ Renga является формирование пакетного файла для вывода чертежей на печать. В Renga указываются необходимые листы, система дает возможность напечатать их отдельно или сформировать многостраничный файл. В стандартной поставке Revit, если имеются разнофор-

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ REVIT И RENGA ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АРХИТЕКТУРНОГО РАЗДЕЛА

матные листы, необходимо сначала напечатать один формат, затем следующий и т.д.

Сравним размеры файлов, содержащих только входную группу, в двух программах. В Revit файл имеет расширение rvt, размер файла 7716 КБ. У Renga расширение файла rpr и размер файла составил 1220 КБ. Отсюда можно сделать вывод, что объем файла формата rpr, применяемого в Renga, занимает меньше места, чем аналогичный файл в Revit при том же информационном объеме.

Renga выделяется своей высокой производительностью, обеспечивая моментальное редактирование элементов и автоматическое армирование, что значительно ускоряет процесс проектирования. Пользователи отмечают простоту освоения интерфейса и возможность одновременного плоского и трехмерного моделирования, что делает работу более удобной.

С другой стороны, Revit предлагает более широкий набор инструментов для ручного армирования и детализированного проектирования, что делает его предпочтительным для крупных и комплексных проектов. Автоматическая привязка размеров к элементам модели позволяет избежать ошибок при изменениях, а развитая система аннотаций упрощает подготовку чертежей. Однако, Revit может быть сложнее в освоении и требует больше времени на настройку шаблонов.

В заключение, выбор между Renga и Revit зависит от конкретных потребностей проекта: Renga может быть предпочтительнее для быстрого проектирования с акцентом на производительность, в то время как Revit лучше подходит для детализированного про-

ектирования с высокими требованиями к функциональности.

Revit в стандартной поставке сложен в использовании, однако настроенные под нужды проектировщиков шаблоны и большое количество наработок являются основной причиной нежелания многих проектных организаций переходить на отечественные BIM-системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Практическое руководство пользователя Renga [Электронный ресурс] // Renga. – Режим доступа: <https://manual.rengabim.com/> (дата обращения: 26.11.2024).
2. Руководство пользователя. Revit MEP 2011 [Электронный ресурс] // Autodesk. – Режим доступа: https://images.autodesk.com/adsk/files/revit_mep_2011_user_guide_rus.pdf (дата обращения: 26.11.2024).
3. Renga vs Revit [Электронный ресурс] // Renga. – Режим доступа: <https://rengabim.com/stati/renga-vs-revit/> (дата обращения: 26.11.2024).

Корницкая Маргарита Николаевна – доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kornic_stud@mail.ru;

Подъяпольская Мария Александровна – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: mariapodyapol-skaya@mail.ru;

Степанова Екатерина Сергеевна – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: stkateriin@gmail.com.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА В AUTODESK REVIT

В. А. Коробка, И. А. Бахтина

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрены виды и особенности проектирования систем внутреннего противопожарного водопровода в программном комплексе AUTODESK REVIT.

Ключевые слова: система внутреннего пожарного водоснабжения, проектирование, программное обеспечение Revit, модель, семейства.

Противопожарное водоснабжение зданий любого назначения с помещениями различных категорий по взрывопожарной опасности – это комплекс инженерного оборудования, предназначенный для доставки и подачи воды к очагам возникновения тления или открытого огня в достаточном количестве с требуемым напором для предупреждения, а также ликвидации пожара. В состав такого водоснабжения входят насосные станции пожаротушения, осуществляющие забор воды из природных и искусственно созданных пожарных водоемов, резервуаров, повышающие давление во внутренней сети после ввода из наружного противопожарного водоснабжения или питьевого, производственного водопровода населенных пунктов, промышленных объектов, а также система внутреннего противопожарного водопровода (ВПВ), доставляющего воду к пожарным кранам, питающего водяные установки пожаротушения.

Противопожарное водоснабжение зданий, состоящее в большинстве случаев из неразрывно связанных наружных и внутренних сетей, является самым действенным, эффективным средством тушения пожара.

Функционально комплексная система внутреннего пожаротушения делится на два вида: общая и отдельная.

Общий водопровод с дополнительной функцией пожаротушения. Практически это выглядит так. К водопроводной системе общего назначения, с помощью дополнительной разводки труб подключается ВПВ. Вода в таком случае используется та же, что и для нужд коллектива. Это может быть питьевая вода. Разводку можно провести по всему помещению офиса или цеха и т.д. А можно создать ограниченные участки там, где высока вероятность возникновения возгорания.

Отдельная система, которая не соединяется с общим водопроводом. ВПВ устанавливается на высоту здания. Вода для таких нужд предназначается только для тушения. Ис-

пользовать ее для мытья, приготовления пищи и т.д. нельзя.

Схематически и по способу разводки внутри здания ВПВ можно разделить на несколько типов.

Тупиковая или концевая схема используется там, где площадь здания позволяет использовать максимально 12 пожарных кранов. Применима для небольших зданий.

Универсальная или кольцевая схема может быть разработана под нужды любого здания. Площадь в данном случае не играет никакой роли. Преимущество данного способа разводки в том, что при выходе из строя одного из участков, остальные остаются в строю. Чтобы отремонтировать поврежденное место, следует отсечь его от общей системы запорной арматурой и провести необходимые манипуляции.

BIM (BuildingInformationModeling, или информационное моделирование зданий) – это процесс создания и управления цифровыми моделями объектов, таких как здания, мосты или инфраструктурные объекты. В отличие от традиционных методов проектирования, BIM включает не только графическое представление объекта, но и информацию о его физических, функциональных и эксплуатационных характеристиках [1]. Особенностью технологией BIM является создание виртуальной трехмерной модели, которая обладает реальными физическими свойствами.

Основные плюсы BIM:

1) Улучшение координации: все участники проекта (архитекторы, инженеры, подрядчики и т.д.) работают с одной моделью, что минимизирует ошибки и несоответствия между различными частями проекта.

2) Повышение точности и уменьшение ошибок: благодаря детальной цифровой модели возможны точные расчеты и предотвращение строительных ошибок до начала работ.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА В AUTODESK REVIT

3) Оптимизация времени и затрат: за счет более точного планирования и расчета возможных рисков на ранних этапах снижается количество переделок и недоразумений в процессе строительства.

4) Быстрая визуализация: с помощью BIM можно создавать 3D-модели зданий и их компонентов, что позволяет заказчикам, проектировщикам и строителям лучше понять проект до начала строительства.

5) Управление жизненным циклом: после завершения строительства BIM-модель используется для управления объектом на всех стадиях эксплуатации, включая техническое обслуживание и модернизацию.

Именно всеми этими плюсами обладает программный комплекс AUTODESK REVIT.

Основной свод правил к проектированию внутреннего противопожарного водопровода содержится в СП 10.13130-2020 [2], а так же в СП 8.13130-2020 [3].

Проектирование внутреннего противопожарного водопровода (ВПВ) – это важный этап в обеспечении безопасности зданий и сооружений. Внутренний противопожарный водопровод предназначен для обеспечения необходимого давления и расхода воды для тушения пожара в случае его возникновения. Процесс проектирования ВПВ включает несколько ключевых этапов, и часто для его разработки используют BIM-программы, такие как Revit, чтобы интегрировать проект с остальными инженерными системами здания.

Перед тем, как начинать работу в Revit, нужно подготовить всю информацию об объекте для этого необходимо на первом этапе проектирования ВПВ определить необходимого расхода воды для тушения пожара, в зависимости от категории проектируемого здания, его назначения и общей площади. Затем определяется давление в системе, для этого используются коэффициенты, учитывающие параметры здания, его высотность. Затем происходит выбор материалов и диаметров труб, очень важно подобрать подходящий диаметр для необходимого расхода воды. Для бесперебойной работы ВПВ проектируются насосные станции, которые обеспечивают подачу воды под необходимым давлением.

Для создания проекта необходим шаблон. Следует настроить шаблон проекта, задав все характеристики будущей системы: материалы трубопроводов, правила гидравлического расчета, настройки аннотаций, настройки трассировки и др.

После этого нужно подготовить комплект семейств оборудования, в дальнейшем ис-

пользуемых в проекте. Их можно создать самостоятельно с помощью инструмента «Семейства», или же запросить у производителя. Семейства предоставляемые производителем качественные и содержат в себе много деталей и настроек, которые упрощают проектирование. После этого следует добавить архитектурную связь модели Revit, после этого можно переходить к моделированию магистрального трубопровода ВПВ и расстановке оборудования.

В проектировании ВПВ важно учитывать взаимодействие с другими системами, такими как система водоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования. Так же необходимо учесть, чтобы проектируемая система ВПВ не создавала конфликтов с другими строительными конструкциями, что требует совместной работы с архитекторами и инженерами других специализаций. Созданная в Revit 3D-модель позволяет легко проверять ее на возможные столкновения с другими инженерными системами или строительными конструкциями.

Revit – это возможность подобрать пожарный кран, пожарный шкаф и другое оборудование по условиям проекта, отобразить правильно на схеме, маркировать, заполнить спецификацию.

Созданная модель в Revit позволяет не только представить проектируемую систему в виде 3D-модели и увидеть расположение всех трубопроводов, но так же и в классическом виде на планах этажей здания в 2D формате (рисунок 1). Такая возможность помогает лучше согласовывать элементы системы между собой и конструкциями здания, минимизируя ошибки. Кроме того это позволяет оперативно вносить изменения в проект и редактировать систему.

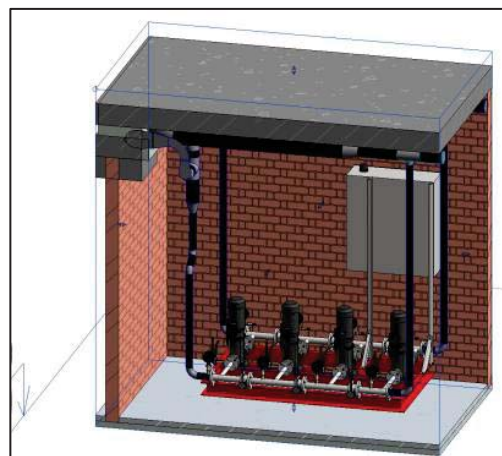


Рисунок 1 – 3D-вид насосной станции ВПВ

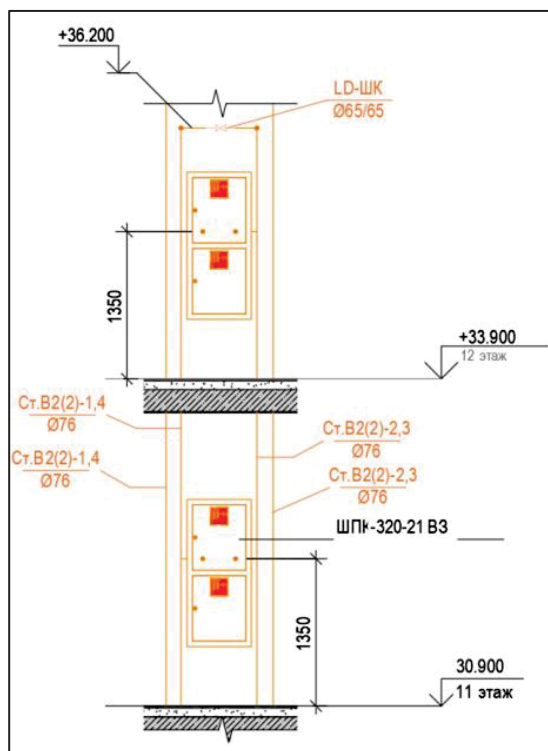


Рисунок 2– Вид «разрез» пожарных стояков

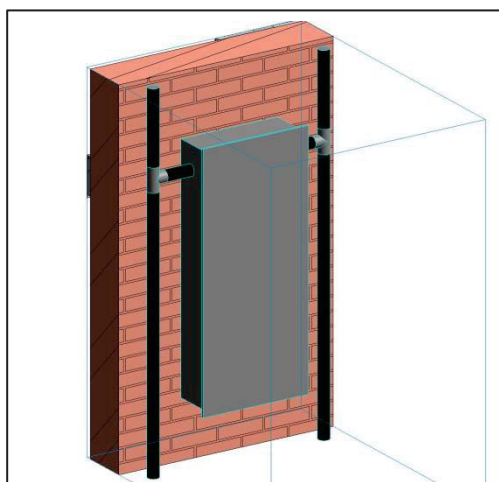


Рисунок 3 – 3D-вид пожарного шкафа в высокой детализации

После завершения создания модели ВПВ переходят к оформлению чертежей. В Revit можно создавать различные виды (планы, разрезы, 3D-виды) с помощью встроенных инструментов. Revit использует шаблоны чертежей, которые включают в себя необходимые графические элементы. Можно использовать стандартные шаблоны или создавать собственные. В Revit можно легко автоматизировать процесс маркировки элемен-

тов, с помощью инструмента «Марка», семейства марки так же можно загружать в проект или создавать собственные (рисунок 2).

Для определения принятых в проекте изделий, оборудования и материалов в программе Revit можно точно и эффективно использовать инструмент «Спецификация». Этот инструмент позволяет автоматизировать сбор информации с объектов модели и сводить данные в таблицу нужной формы (рисунок 3). Поскольку инструмент «Спецификация» напрямую связан с 3D-моделью объекта, любые изменения в модели автоматически отражаются в спецификации. Это не только экономит время на подготовку спецификаций, но и снижает вероятность ошибок.

Проектирование внутреннего противопожарного водопровода – это сложный и ответственный процесс, включающий множество расчетов и деталей [4]. Современные BIM-инструменты, такие как Revit, помогают значительно повысить точность и эффективность проектирования, улучшить координацию между специалистами и ускорить подготовку документации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 333.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. – М. : ФГУП ЦПП, 2018. – 12 с.
2. СП 10.13130-2020. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности. – М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2020. – 16 с.
3. СП 8.13130-2020. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности. – М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2020. – 17 с.
4. Коробка, В. А. Моделирование систем водоснабжения зданий / В. А. Коробка, И. А. Бахтина, А. Н. Корнеев // Сборник: Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2024. – С. 174-177.

Коробка Владислав Александрович – студент группы 8Спас-41 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: korobka.vlad01@mail.ru;

Бахтина Ирина Алексеевна – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: bia-altai@mail.ru.

РАСЧЁТ КОНСОЛИ ОТ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ДЫМОУЛАВЛИВАЮЩИХ ВЕНТИЛЯТОРОВ В ПК ЛИРА СОФТ

А. В. Костюнин, Г. М. Бусыгина

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассматривается: расчёт железобетонной монолитной плиты от действия динамической нагрузки дымоулавливающих вентиляторов различной массы и мощности, проектирование конструкций с учетом динамической составляющей, возможные места и способы установки осевых вентиляторов. Сформированы исходные данные для проектирования и расчёта. Приведены особенности формирования расчетной схемы в ПК Лира Софт при использовании динамической вибрационной нагрузки. Рассмотрены результаты расчета и приведено сравнение с расчетом в статике. Проанализирована возможность появления резонанса на различных этапах работы осевых вентиляторов.

Ключевые слова: ПК Лира Софт, расчетная схема, железобетонная монолитная плита, консоль, дымоулавливающие вентиляторы, расчет строительных конструкций, жёсткая заделка, частота вращения, расчётная нагрузка, эпюра, резонанс.

Вентиляторы дымоудаления являются основными элементами систем дымоудаления. По конструктивному исполнению они разделяются на крышные вентиляторы, которые устанавливаются непосредственно на кровлю здания или специальный стакан, центробежные, монтаж которых может быть выполнен как снаружи здания, так и в помещении вентиляционных камер, а также осевые вентиляторы, монтаж которых выполняется внутри здания [3]. Таким образом, вентиляторы могут размещаться на кровле и снаружи здания, а также внутри здания на консоли, примыкающей к стене или колонне (рисунок 1).

Рассматривается расчет монолитной железобетонной плиты, на которой установлен вентилятор дымоудаления с электродвигателем. В качестве примера принят часто используемый ВО-16-308-6/37-11.2 ДУ [4].

При выборе оборудования промышленного типа, к которому относятся вентиляторы дымоудаления, заказчики ориентируются на продукцию известных производителей (таблица 1): ОАО «Вента»; ООО «Завод Вентилятор»; ЗАО «Вентмаш»; ООО «Корпорация климат», которые рекомендуют к эксплуатации вентиляторы (помимо ВО 16-308-6/37-11.2 ДУ) ВКР-12,5 ДУ и ВРП-А 8ДУ-4-01Пр/600 [4].

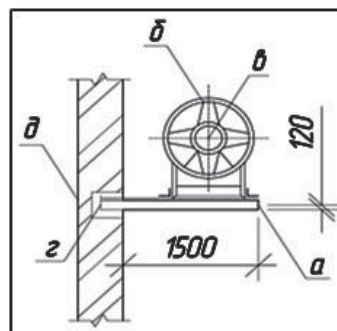
При формировании расчетной схемы в нагружения входят собственный вес, статическая нагрузка от веса оборудования и динамическая нагрузка (рисунок 2).

При смещении центра тяжести ротора от оси его вращения, при вращении, появляется центробежная сила, которая зависит от угло-

вой скорости вращения, массы ротора и величины смещения центра тяжести от оси вращения. Для определения вертикальной и горизонтальной вынуждающей силы центробежную силу раскладывают на вертикальную (действующую по закону синуса) и горизонтальную (действующую по закону косинуса) составляющие.

При работе вентилятора частота его вращения изменяется, поэтому для расчетов выделяют три режима работы: запуск вентилятора, рабочий режим, с постоянной максимальной частотой вращения, режим остановки, при котором частота вращения уменьшается до нуля.

Режим запуска и остановки рассматривают, если частота вращения вентилятора больше частоты собственных колебаний опоры, на которой он установлен, так как при прохождении частоты вращения от нуля до



а – ж/б плита, б- дымоулавливающий вентилятор, в – ротор вентилятора, г – заделка, д – стена

Рисунок 1 – Схема заделки плиты и расположение дымоулавливающего вентилятора

Таблица 1 – Технические характеристики дымоулавливающих вентиляторов [4]

Наименование	ω, частота вр., об/мин	Масса, кг
ВО-16-308-6/37-11,2 ДУ	735	571
ВКР-12,5 ДУ	415	705
ВРП-А 8ДУ-4-01Пр/600	1450	595

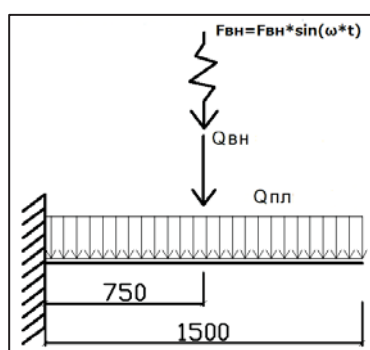


Рисунок 2 – Расчётная схема консоли

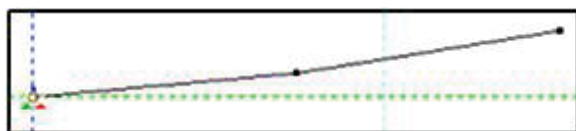


Рисунок 3 – Первая форма собственных колебаний

Таблица 2 – Технические характеристики дымоулавливающих вентиляторов

Тип вентилятора	Собственная частота ω, рад/сек	Вынужденная частота θ, рад/сек	θ/ω
ВО-16-308-6/37-11.2 ДУ	158,2	76,97	0,487
ВКР-12,5 ДУ	152,96	43,5	0,284
ВРП-А 8ДУ-4-01	157,21	151,84	0,966

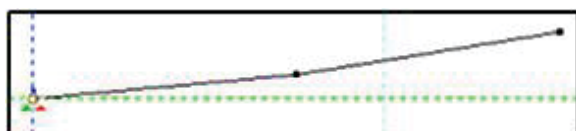


Рисунок 4 – Вертикальное перемещение консоли

максимального значения и обратно до нуля, в какой-то момент времени, она будет совпадать с частотой колебаний опоры и вызывать резонанс.

Если частота колебаний опоры выше частоты вращения вентилятора, то рассматривают только рабочий режим, при котором процесс вынужденных колебаний принимает

установившийся гармонический характер. При этом режиме изменение перемещения во времени происходит с частотой возмущающей силы. Эта сила постоянная по величине, но переменная по направлению создает динамическое воздействие на опору вентилятора, которую можно представить в виде гармонического воздействия во времени.

Амплитуда (максимальное значение) вертикальной составляющей нормативной центробежной силы, развиваемой при рабочем режиме вентилятора с точки приложения на его оси известна для каждого типа вентилятора. Зависит она от вращающихся частей.

При выполнении модального анализа получены частоты и периоды собственных колебаний конструкции (таблица 2). Первая форма имеет вид, представленный на рисунке 3.

Для модели ВРП $\theta/\omega \approx 1$, т.е. при пуске и остановке может возникнуть резонанс.

При добавлении в расчетную схему динамической составляющей можно проанализировать вертикальные перемещения от её воздействия. Общий вид перемещения представлен на рисунке 4.

Согласно РД 34.21.306-96 [2] п. 4.5: «При оценке прочности и выносливости колебания конструкций можно считать безопасными, если наибольшее динамическое перемещение балки, перекрытия и других конструкций, совершающих колебания, связанные с изгибом, не превышает 1/50000 длины пролета. В этом случае при проверке несущей способности конструкции можно не учитывать динамических нагрузок». Здесь предельное динамическое перемещение вычисляется как $1500/50000 = 0,03$ (мм).

Перемещение на конце консоли составляет для модели ВО16-308-6/37-11.2 ДУ – 0,092 мм, для ВКР – 0,159 мм, для ВРП 0,3594 мм. С другой стороны в соответствии с таблицей 5 СП 26.13330.2012 [1] для машин с вращающимися частями, при частоте вращения 500-750 об/мин, предельно допустимая амплитуда вертикальных колебаний основания, к которому крепится вентилятор, равна 0,1 мм.

Для ВО-16-308-6/37-11.2 ДУ на рисунке 5 отображен изгибающий момент для статического нагружения и с добавлением динамической составляющей. В последнем случае он увеличивается в заделке и незначительно добавляется на конце консоли.

В методиках расчета допускается вычислить коэффициент динамичности по формуле

РАСЧЁТ КОНСОЛИ ОТ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ДЫМОУЛАВЛИВАЮЩИХ
ВЕНТИЛЯТОРОВ В ПК ЛИРА СОФТ

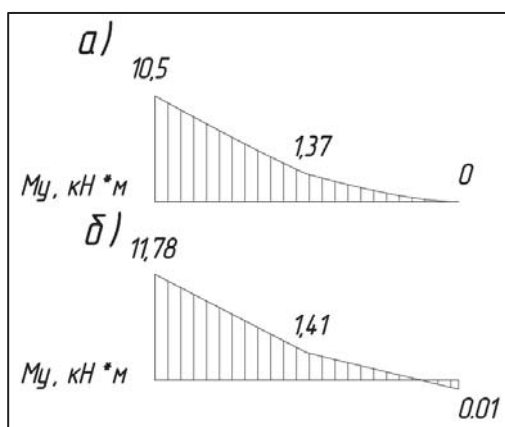


Рисунок 5 – Эпюры изгибающего момента для вентилятора ВО-16-308-6/37-11.2 ДУ: а) статическое нагружение, б) динамическое нагружение

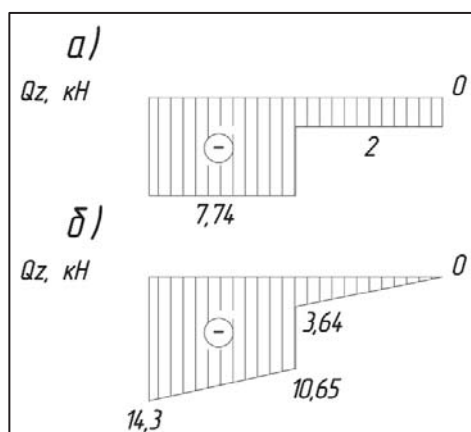


Рисунок 8 – Эпюры перерезывающих сил для вентилятора ВРП-А 8ДУ-4-01: а) статическое нагружение; б) динамическое нагружение

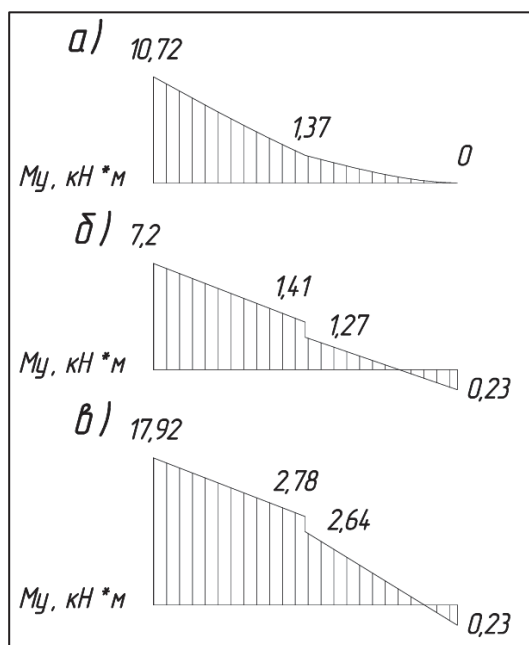


Рисунок 7 – Эпюры изгибающего момента для вентилятора ВРП-А 8ДУ-4-01: а) статическое нагружение; б) динамическое нагружение; в) общая эпюра

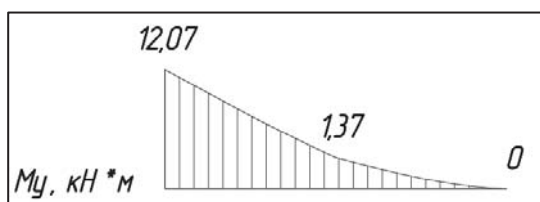


Рисунок 6 – Общая эпюра изгибающего момента для вентилятора ВО-16-308-6/37-11.2 ДУ

$$\mu = \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\theta^2}}$$

где ω – собственная частота вращения, раз/сек, θ – вынужденная частота вращения, рад/сек.

Если увеличить в соответствии с ним вес оборудования и выполнять расчет без динамической составляющей, то в этом случае эпюра моментов будет иметь вид, представленный на рисунке 6. Действительно, расчет с коэффициентом динамичности ненамного увеличивает результаты по сравнению с динамической составляющей, и поэтому часто применяется при «ручном» расчете.

Изгибающие моменты для ВКР-12,5 ДУ имеют аналогичный вид, аналогичный ВО-16-308-6/37-11.2 ДУ.

Для ВРП-А 8ДУ-4-01 собственная частота консоли близка к возмущающей частоте двигателя вентилятора и возникает резонанс. К статической составляющей добавляется значительная динамическая составляющая и вид эпюры изменяется (рисунок 7).

Перерезывающие силы для этого вентилятора показаны на рисунке 8. Усилия от динамической составляющей достигают 50% от общего статического нагружения.

Для динамической составляющей в этом случае можно построить АЧХ [5] (амплитудно частотные характеристики) для узла (рисунок 9), где приложена нагрузка, и на конце консоли, задавая коэффициенты неупругого сопротивления бетона (0,1; 0,05; 0,25).

Для изначально рассматриваемого вентилятора, при расчете отсутствует резонанс ВО16-308-6/37-11.2 ДУ. Все расчёты и построение эпюр проводились и использованием программного комплекса Лира Софт [5].

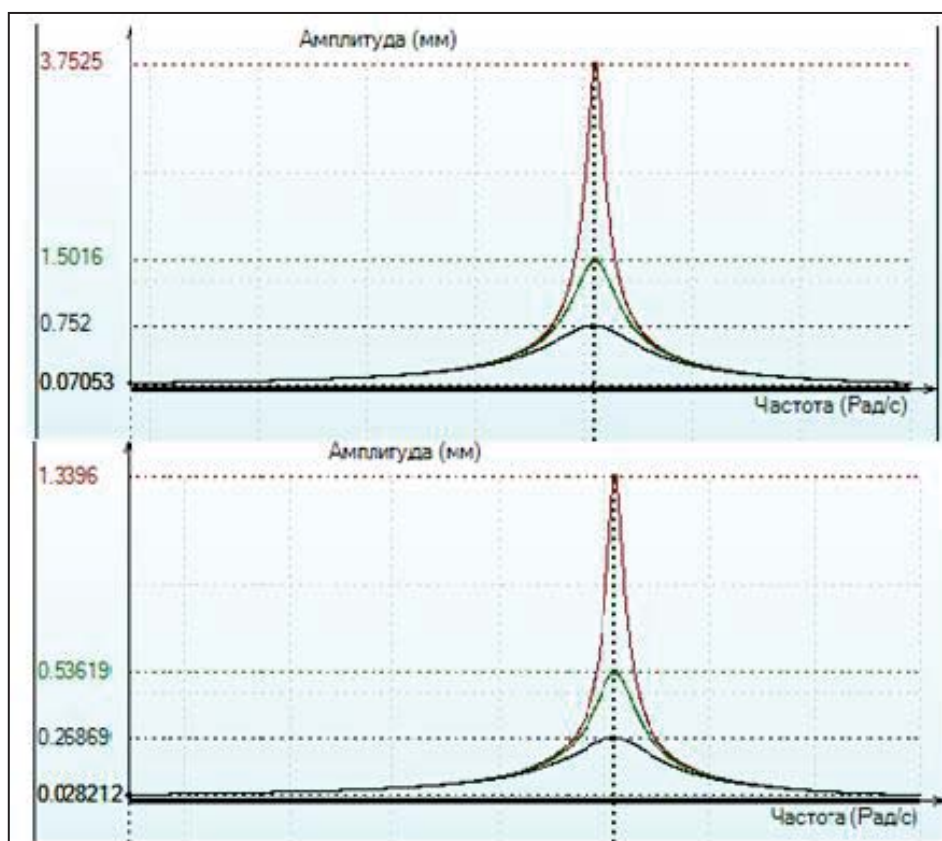


Рисунок 9 – Амплитудно-частотная характеристика в месте прикладывания динамической нагрузки и на конце консоли от действия вентилятора ВРП-А 8ДУ-4-01

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 26.13330.2012. Фундаменты машин с динамическими нагрузками. – М. : Минразвития России, 2012. – 70 с.
2. РД 34.21.306-96. Методические указания по обследованию динамического состояния строительных конструкций сооружений и фундаментов оборудования энергопредприятий. – М. : ЕЭС России, 1996. – 46 с.
3. ГОСТ Р 53302-2009. Оборудование противодымной защиты зданий и сооружений. Вентиляторы. Метод испытаний на огнестойкость. – М. : Стандартиформ, 2009. – 17 с.
4. Вентиляторы осевые // Энситеч [Электронный ресурс] – URL: <https://ensytech.ru/wp-content/uploads/2019/02/Ventilyatory-osevye-VO.pdf>

(дата обращения: 21.02.2025).

5. Руководство пользователя ЛИРА 10.12 [Электронный ресурс] – URL: https://lira-soft.com/upload/iblock/7b9/an6bai2i3shhyrwx4gdz9f0lly5daoqv/Rukovodstvo_pol_zovatelya_LIRA_10.12.pdf (дата обращения: 21.02.2025).

Костюнин Артем Владимирович – студент группы С-21 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kostyunin.a.v@mail.ru;

Бусыгина Галина Михайловна – к.э.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: galinab14@yandex.ru.

О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. В. Костюнин, Ю. В. Халтурин

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассматриваются возможности развития нормативной базы по пожарной безопасности для зданий с применением клееных деревянных конструкций, а также более широкого применения клееных деревянных конструкций в жилом многоквартирном строительстве. Затронут мировой опыт строительства общественных и жилых зданий и сооружений с применением клееных деревянных конструкций. Рассмотрен отечественный опыт производства и применения в строительстве таких конструкций. Проанализированы конструктивные системы жилых многоквартирных зданий за рубежом и в России. Описаны основные виды клееных деревянных конструкций. Отмечены наиболее перспективные материалы и изделия для строительства, а также узлы сопряжения конструктивных элементов зданий. Рассмотрены проблемы пожарной безопасности зданий с применением клееных деревянных конструкций. Оценены дальнейшие перспективы развития клееных деревянных конструкций на базе экспериментальных исследований, проведенных МЧС России.

Ключевые слова: клееные деревянные конструкции, CLT панели, LVL-брус, жилые многоквартирные здания, нормативная база, производство конструкций, стеновая конструктивная система, каркасная конструктивная система, пожарная безопасность, степень огнестойкости, высота здания.

Мировой строительный рынок все активнее обращается к использованию клееной древесины, и этому есть веские причины. Клееные деревянные конструкции (КДК) – это конструкции в основе которых лежат заранее обработанные деревянные доски, склеенные под давлением. КДК – это не просто тренд, а эффективный и экологически ответственный подход к возведению общественных и жилых зданий. Применение деревянных конструкций значительно снижает углеродный след, по сравнению с производством железобетона и стали. При этом КДК позволяет использовать в дальнейшем и древесные отходы, минимизируя потери природных ресурсов.

В Европе массовое развитие клееных деревянных конструкций началось в XX веке, благодаря появлению новых видов вяжущих на основе синтетических смол, что позволило улучшить прочностные характеристики конструкций. В 1960-х годах в Европе была разработана нормативная база, которая стандартизирует производство таких материалов. С начала XXI века идет тенденция к повышению экологичности и энергоэффективности строительных материалов.

Страны Центральной и Северной Европы, такие как Австрия, Англия, Германия, Норвегия, Швеция, Финляндия являются признанными лидерами в области деревянного

многоквартирного домостроения. В 2019 году в Норвегии было построено общественное здание, имеющее каркасную конструктивную систему, высотой 85,4 м состоящее из LVL-бруса и CLT панелей (рисунок 1). Стоит отметить, что наружные ограждающие конструкции – CLT панели, покрытые снаружи специальной пропиткой, являются и фасадом.

К январю 2009 года в Великобритании был сдан объект в эксплуатацию под названием «Stadthaus». Это здание является жилым и имеет стеновую конструктивную систему. Высота дома составляет 30 м. Стены выполнены из CLT панелей (рисунок 2).



Рисунок 1 – Общий вид башни «Mjøstårnet» в г. Брумунддал



Рисунок 2 – Общий вид на здание «Stadthaus» в г. Лондоне



Рисунок 3 – Общий вид на здание восточных единокорпусов в г. Оренбурге



Рисунок 4 – Общий вид на жилое здание в п. Ложок Новосибирской области

Крупномасштабное развитие производства клееных деревянных конструкций в СССР началось в 1970-х годах и достигало своего пикового значения производства более 100 тыс. м³ конструкций в год. К 1990-м годам, после передела собственности, количество заводов выпускавших КДК сократилось до одного. Объем выпускаемой продукции был минимальным.

В начале XXI века производство клееных деревянных конструкций начало увеличиваться, а вместе с увеличением объема выпускаемой продукции, началось развитие собственной нормативной базы. Были созданы своды правил по проектированию конструкций (изделий) с различными видами узловых соединений, зданий с различными конструкциями деревянных стен, а также зданий различного назначения в том числе:

- СП 451.1325800.2019 «Здания общественные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования» [1],

- СП 452.1325800.2019 «Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования» [2].

Вышеуказанные документы позволили проектировать здания с применением КДК высотой до 28 м. При этом всё же большую популярность КДК получили в малоэтажном жилом строительстве.

В 2000 году было сдано в эксплуатацию общественное здание в г. Оренбурге. Здание является каркасным высотой 14,5 м. Колонны и двухскатные фермы выполнены из клееного бруса (рисунок 3).

Первый многоквартирный жилой дом из LVL-бруса в России был построен в 2022 году в п. Ложок Новосибирской области. Конструктивная система здание – стеновая, высота – 4 этажа (рисунок 4).

Выбор конструктивного решения для будущего здания из КДК зависит непосредственно от назначения объекта и требований нормативных документов, которые устанавливают множество параметров. Отсюда идёт выбор экономически целесообразного материала для применения в строительстве.

Одним из наиболее перспективных материалов для строительства многоквартирных жилых зданий могут быть CLT панели (ДПК – плиты из древесины перекрестно-клееной по терминологии ГОСТ Р 56706–2015). Главное преимущество такой конструкции – скорость её сборки. Поэтому для зданий повышенной этажности (до 10 этажей) рационально использовать стеновую конструктивную систему, где стены будут выполнены из CLT панелей, это поможет значительно снизить сроки строительства. Для многоэтажных зданий (до 25 этажей) рационально использовать каркасную конструктивную систему, где данные панели используются в качестве ограждающих конструкций.

Одним из крупнейших производителей таких конструкций у нас в России является компания ПАО «Сегежа Групп», находящаяся в Вологодской области, обладающая произ-

О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

водственной мощностью 50 тыс. м³ в год таких конструкций. Для уменьшения сроков монтажа и выхода на новые рынки продаж своей продукции «Сегежа Групп» разработала различные варианты соединений CLT конструкций, а также узлов (рисунки 5 и 6).

Для демонстрации перспективы применения таких конструкций «Сегежа Групп» в 2022 году построило 64-квартирный 4-этажный жилой дом в г. Сокол Вологодской области (рисунок 7). Здание стеновое, стены и перекрытия из CLT конструкций. Здание вошло в «Книгу рекордов России» как «Самое большое количество этажей жилого дома, построенного из CLT-панелей, в России». На момент проектирования этого дома СП 452.1325800.2019 [2] позволял строительство зданий с применением КДК высотой до 28 м, однако CLT конструкции являются деревянными, следовательно степень огнестойкости таких конструкций согласно СП 2.13130.2020 [3] является IV. Аналогичные требования приведены в СП 54.13330.2022 [4], который устанавливает ограничения по этажности зданий, в зависимости от степени огнестойкости здания, класса конструктивной пожарной опасности. Для дома из таких конструкций максимальная высота составляет 15 м. Конечно, можно изменить конструктивную систему здания и использовать другие материалы, предусмотрев дополнительные меры пожарной безопасности. Строительство такого дома становится просто экономически целесообразно.

При использовании КДК необходимо предусмотреть меры по снижению и распространению огня. Согласно СП 2.13130.2020 [3] существуют два основных метода огнезащиты:

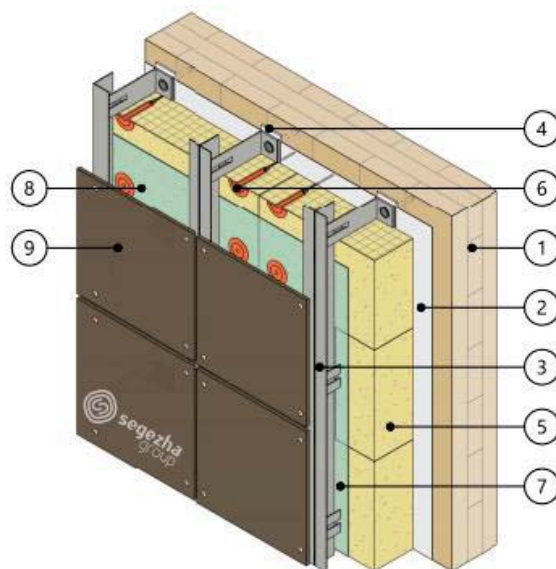
1. Конструктивная огнезащита. Это, прежде всего, использование конструкций прямоугольного массивного сечения с относительно малой поверхностью, омываемой воздухом и узловых соединений с металлическими крепежными элементами, размещенными в толще деревянных элементов. Может также выполняться обшивка конструкций листовыми материалами группы горючести не менее Г1.

2. Обработка поверхностей огнезащитными составами.

С целью развития нормативно технической базы 26 июня 2024 года в г. Оренбурге на полигоне ФГБУ ВНИИПО МЧС России при участии специалистов АО «НИЦ Строительство» и представителей Минстроя был проведен эксперимент по развитию и распространению огня в заранее построенном доме

высотой три этажа, имеющий стеновую конструктивную систему (рисунок 8) [5]. Стены и перекрытия здания были выполнены из CLT конструкций, навесной фасад – из негорючих материалов. Внутри были установлены:

- спринклерная система пожаротушения;
- система дымоудаления;
- противопожарные двери.



1 – базовая стена из CLT (строительное основание);
2 – пароизоляция; 3 – несущая подконструкция навесного фасада; 4 – теплоизоляционная прокладка; 5 – теплоизоляционный слой; 6 – телескопический дюбель с саморезом; 7 – гидроветрозащита; 8 – воздушный зазор; 9 – наружная облицовка

Рисунок 5 – Пример типового архитектурного узла «СоколCLT» – «Принципиальная схема навесного вентилируемого фасада»

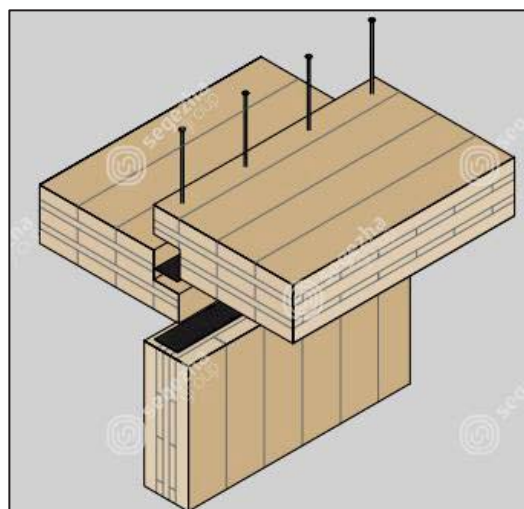


Рисунок 6 – Узел сопряжения плит перекрытия вполдерева с опиранием на стену



Рисунок 7 – Общий вид на жилой здание в г. Сокол Вологодской области



Рисунок 8 – Испытания дома из CLT конструкций на полигоне в г. Оренбург

Основными задачами эксперимента были:

1. Исследовать взаимодействие строительных конструкций в ходе пожара.
2. Проанализировать распространение огня с учётом планировки и конструктивных особенностей здания.
3. Влияние прокладки инженерно-технических коммуникаций на характер распространения пожара.

По результатам на одном из этапов испытания здание горело более 90 мин, и не было зафиксировано распространение огня на пути эвакуации и обрушения несущих конструкций. Подобные эксперименты позволяют внести изменения в нормативную базу, позволяющие повысить этажность зданий из таких конструкций до 6 этажей, а с применени-

ем дополнительных средств противопожарной защиты и до 9 этажей.

В заключение необходимо отметить, что увеличение этажности таких зданий повысит спрос у заказчиков в виду их быстрого срока строительства. Это приведет к увеличению предложений на рынке клееных деревянных конструкций, среди которых будут товары низкого качества. Полимерные составы в их основе могут не соответствовать необходимым нормам СанПиН, а также не соответствовать необходимым нормам пожарной безопасности. Следует предусмотреть мероприятия по регулированию товара на рынке.

В любом случае, необходимость строительства домов с применением КДК имеется, так как они быстры в производстве и могут обеспечить страну новым жильём.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 451.1325800.2019. Здания общественные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования. – М. : Минстрой России, 2019. – 20 с.
2. СП 452.1325800.2019. Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования. – М. : Минстрой России, 2019. – 46 с.
3. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. – М. : ВНИИПО, 2020. – 45 с.
4. СП 54.13330.2022. Здания жилые многоквартирные : актуализир. ред. СНиП 31-01-2003 : дата введения 2022-06-14. – М. : Минстрой, 2022. – 57 с.
5. Многоэтажные здания с применением деревянных конструкций. Второй эксперимент во ВНИИПО // Учебный центр Такир URL: <https://takir.ru/vse-publikacii/stati/obespechenie-pozharnoj-bezopasnosti-mnogojetazhnyh-zdanij-iz-derevjannyh-konstrukcij/> (дата обращения: 16.01.2025).

Костюнин Артем Владимирович – студент группы С-21 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kostyunin.a.v@mail.ru;

Халтурин Юрий Васильевич – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: khalt.yuriy@mail.ru.

СОЗДАНИЕ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА АРХИТЕКТУРНОЙ ЧАСТИ ОБЪЕКТА «МБУ «КУЛЬТУРНО-ДОСУГОВЫЙ ЦЕНТР», РАСПОЛОЖЕННОГО ПО АДРЕСУ: АЛТАЙСКИЙ КРАЙ, Г. АЛЕЙСК, УЛ. ПЕРВОМАЙСКАЯ, 84» В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ RENGA

О. М. Левченко, М. Н. Корницкая

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье приводится понятие информационной модели (ИМ). Освещаются особенности создания пилотного проекта цифровой информационной модели (ЦИМ). Рассматриваются рекомендации, предъявляемые к пилотному проекту ЦИМ. Рассказывается об опыте создания пилотного проекта в ПК Renga на примере ЦИМ архитектурной части «МБУ «Культурно-досуговый центр», расположенного по адресу: Алтайский край, г. Алейск, ул. Первомайская, 84».

Ключевые слова: проектная деятельность, информационная модель, цифровая информационная модель, ТИМ, ЦИМ, 3D-моделирование, компьютерное моделирование, пилотный проект, опыт создания.

В настоящее время развитие строительной области связано с внедрением информационного моделирования. Проектные и строительные организации переходят в своей деятельности к созданию информационных моделей проектов, используя как зарубежное, так и отечественное специализированное программное обеспечение.

На сегодняшний день понятие информационной модели официально закреплено в Градостроительном кодексе РФ, Статья 1, часть 10.3: «Информационная модель объекта капитального строительства представляет собой «совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства» [1, 4]. Это же определение приведено в СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» [2].

Создание информационной модели – это один из начальных этапов технологии информационного моделирования (ТИМ). ТИМ – это методология взаимодействия участников строительного проекта, в которой все данные унифицированы, упорядочены и объединены в единую систему [5].

Главным заблуждением многих руково-

дителей проектных организаций является мнение, что для внедрения информационного моделирования достаточно обновить компьютеры и программное обеспечение, оборудовать рабочие места, обучить сотрудников работе в специализированных программах, дать поручения по работе с ТИМ и ожидать немедленного положительного результата. При этом сроки на выполнение работы остаются прежними и т.д. В результате получается срыв сдачи проекта, дальнейшая спешная доработка их в прежних программах. Как итог – неудачный опыт и как следствие – отказ от цифрового информационного моделирования.

Без пилотного проекта внедрение ТИМ обречено на неудачу. Одним из обязательных условий для удачного внедрения процесса информационного моделирования является этап реализации успешного пилотного проекта. Такой пилотный проект должен включать в себя практическое применение программного обеспечения с использованием необходимых в работе инструментов, моделирование самого процесса работы и соответственно выявление возникших проблем и возможности их решения. «Пилотный проект – это пробный, экспериментальный проект, реализуемый для изучения положительных и отрицательных сторон какого-то замысла в целях дальнейшего принятия решения о целесообразности широкого внедрения этого замысла в практику» [3].

Ключевыми целями реализации пилотного проекта являются:

- 1) изучение и внедрение ТИМ на практике;
- 2) повышение квалификации персонала;
- 3) использование нового программного обеспечения;
- 4) опыт командного взаимодействия с использованием новых специализированных программ;
- 5) определение оптимальной роли каждого специалиста в структуре коллектива;
- 6) отработка некоторых процессов и создание определённых элементов и шаблонов для удобства и оптимизации дальнейшей работы;
- 7) оптимизация оформления документации.

Первые пилотные проекты в организации должны быть небольшими, чтобы освоить новые технологии, но в то же время сроки для их сдачи должны давать время на изучение и адаптацию к новому процессу работы. Пилотный проект должен быть комплексным, для полноценной проработки взаимодействий специалистов в коллективе, а также возможность замены специалистов по необходимости.

Важно, чтобы пилотный проект был доведён до логического конца, включая оформление полной проектной документации, иначе можно считать такой проект не удавшимся. Желательно осуществить 2-3 таких проекта с постепенным их усложнением для проработки всех возможных сложных моментов.

Исходя из всего выше сказанного, в данной работе была поставлена задача создать

пилотный проект архитектурной части объекта «МБУ «Культурно-досуговый центр», расположенного по адресу: Алтайский край, г. Алейск, ул. Первомайская, 84» в программном комплексе «Renga». Объект представляет собой трехэтажное здание социально-культурного назначения.

Так как информационная модель представляет собой своего рода точную копию строящегося объекта, в 3D-проекте максимально точно были воплощены все особенности культурно-досугового центра. При работе над созданием информационной модели в программном комплексе «Renga» были использованы следующие инструменты: Стена, Перекрытие, Проём, Лестница, Пандус, Дверь, Окно, Ограждение, Обозначение, Размер, представленные на рисунке 1.

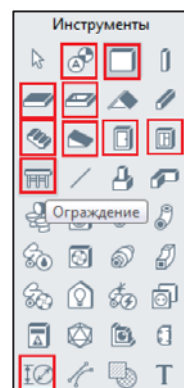


Рисунок 1 – Инструменты ПК «Renga»

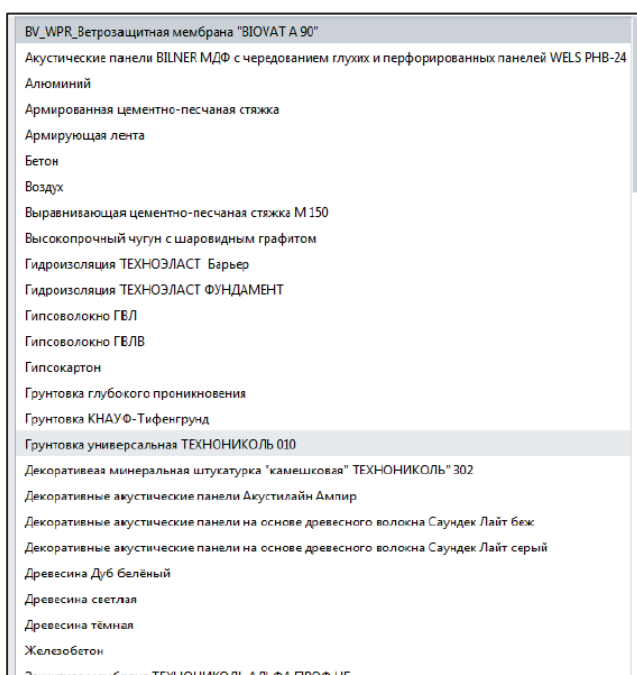


Рисунок 2 – Пример созданных материалов

СОЗДАНИЕ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА АРХИТЕКТУРНОЙ ЧАСТИ ОБЪЕКТА «МБУ «КУЛЬТУРНО-ДОСУГОВЫЙ ЦЕНТР», РАСПОЛОЖЕННОГО ПО АДРЕСУ: АЛТАЙСКИЙ КРАЙ, Г. АЛЕЙСК, УЛ. ПЕРВОМАЙСКАЯ, 84» В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ Renga

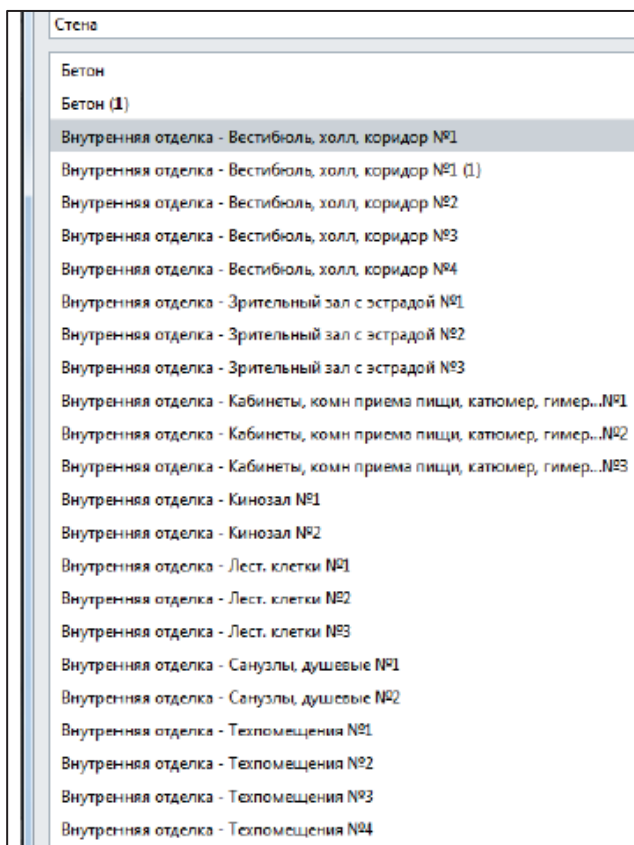


Рисунок 3 – Пример созданных многослойных материалов для стены

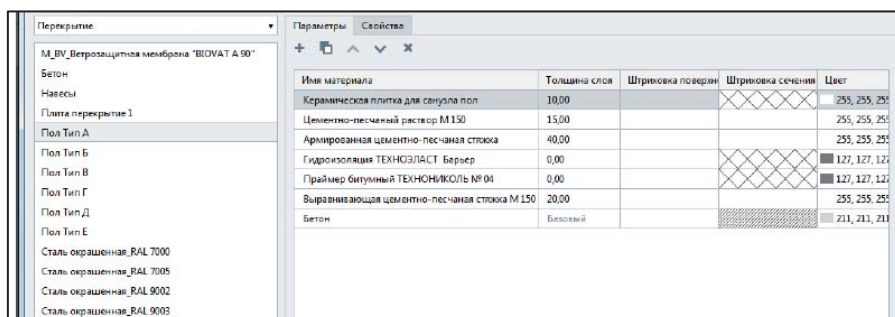


Рисунок 4 – Пример созданных многослойных материалов для перекрытий

Для начала была проведена большая работа по созданию материалов и многослойных материалов, необходимых для построения стен, перекрытий, пола, наружной и внутренней отделки стен, примеры которых приведены на рисунках 2-4.

В некоторые материалы для наглядности была найдена и добавлена подходящая текстура, что позволило также максимально приблизить модель к реальности, как показано на рисунке 5.

В данном проекте предусмотрено немалое количество разных дверей, окон и витражей, для которых были созданы специальные стили, приведенные на рисунках 6, 7.

В процессе создания модели были обнаружены и решены следующие проблемы:

- при моделировании витража В1 из-за

своеобразной формы пришлось разделить витраж на три части, как отображено на рисунке 8, т.к. в ПК «Renga» не найдены стандартные средства спроектировать его как один витраж;



Рисунок 5 – Пример текстуры объемных 3D навесных фасадных металлокассет

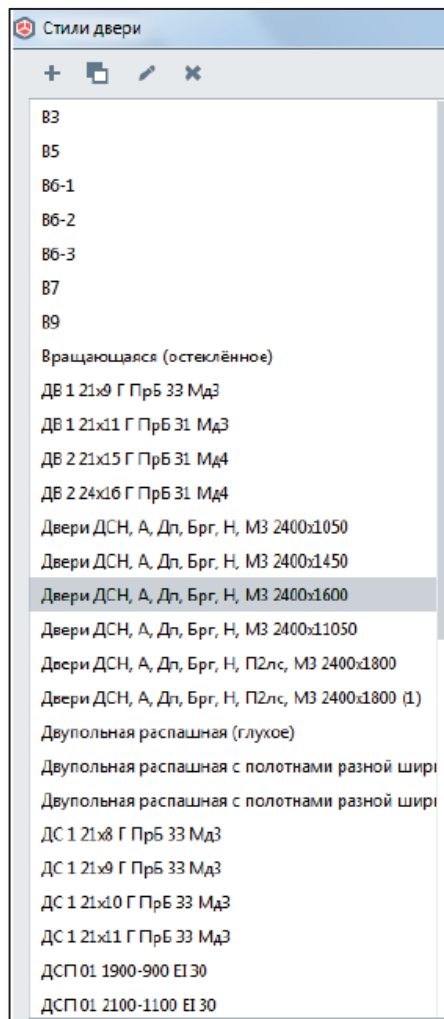


Рисунок 6 – Список созданных стилей дверей

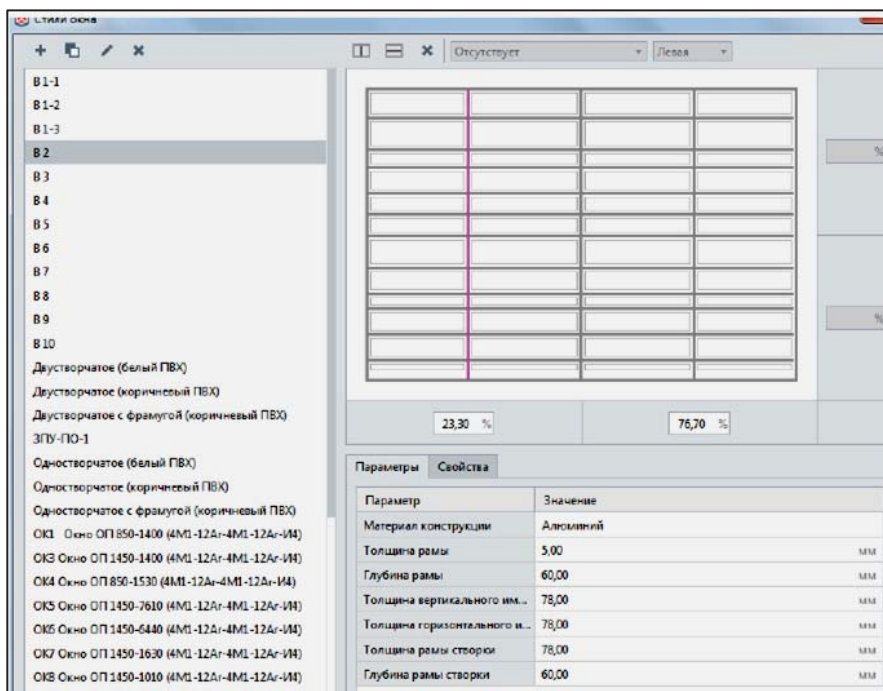


Рисунок 7 – Список созданных стилей окон и витражей

СОЗДАНИЕ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА АРХИТЕКТУРНОЙ ЧАСТИ ОБЪЕКТА «МБУ «КУЛЬТУРНО-ДОСУГОВЫЙ ЦЕНТР», РАСПОЛОЖЕННОГО ПО АДРЕСУ: АЛТАЙСКИЙ КРАЙ, Г. АЛЕЙСК, УЛ. ПЕРВОМАЙСКАЯ, 84» В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ Renga



Рисунок 8 – Модель витража В1

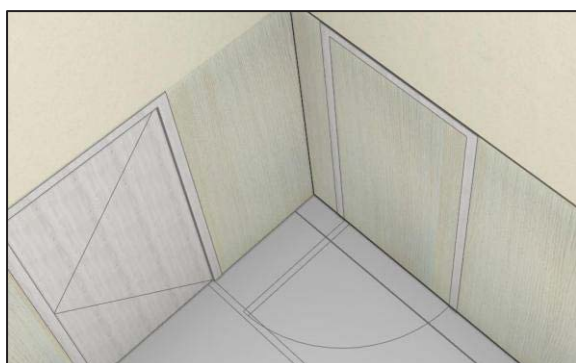


Рисунок 9 – Дверные проёмы с применением обрамления и без



Рисунок 10 – Оконные проёмы на стенах с отделкой



Рисунок 11 – Коридор третьего этажа

- при размещении дверей и витражей встала проблема из-за разнообразия стен в проекте, которые размещались как одна над другой горизонтально, так и рядом одна с другой вертикально, и так как самое маленькое смещение уже визуальное закрывало просмотр располагаемых объектов, это значительно затрудняло и увеличивало время работы над моделью;

- ещё одной проблемой стало размещение внутренней отделки помещений, так как расположенные двери визуальное не просматривались, что вынудило, для решения данного вопроса, располагать поверх дверей ещё и обрамление проёма с двух сторон, как приведено на рисунке 9, что также существенно затрудняло работу;

- проблема привязки точек: не всегда совпадают, даже при привязке в большом масштабе (особенно в отделке стен, имеющих два вида отделки (санузлы), небольшое смещение исключало визуализацию двери наполовину);

- не во всех помещениях проставляется площадь (не автоматически, не вручную, это также связано с проблемой привязки точек);

- установка окон на стены с отделкой визуально давала только контур, как изображено на рисунке 10;

- на третьем этаже встала проблема расчёта площади коридора, а также отделки пола целиком, для дальнейшего расчёта в спецификации, из-за расположения группы помещений в центре коридора, приведенной на рисунке 11. Проблема была решена путём разделения помещения на две части и вычисления этой площади по отдельности.

Нужно отметить, что от качества выполненной работы зависит успех пилотного проекта и соответственно проекта в целом.

В результате выполнения проекта все возникшие проблемы были устранены. Все процессы апробированной технологии отработаны практически. Полученный опыт помо-

жет сократить время на создание более сложного проекта и даст уже готовые варианты решений возможных проблем в будущем.

Можно с уверенностью сказать, что программный комплекс «Renga», равно как и другие программы 3D моделирования, со временем будет дорабатываться и совершенствоваться, а соответственно качество и время на создание проектов также будут улучшаться. Так, уже в процессе работы над проектом, вышла новая версия Renga, в которую был добавлен инструмент «Отверстие», что позволит облегчить работу с проемами в стенах, состоящих из нескольких слоев. Будет больше специалистов с соответствующей квалификацией, имеющих достаточный опыт работы в данной сфере, имеющих своё видение и предложение по совершенствованию данного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации : от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 13.06.2023). – Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 20.12.2024).

2. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла : Свод правил от 31.12.2020 № 928/пр / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва, 2014-2024. –

URL: <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/5de/SP-333.1325800.2020.pdf> (дата обращения: 20.12.2024).

3. Козлова, Т. Внедрение BIM: особая роль пилотных проектов / Т. Козлова, Д. Кулаков, А. Савватеев и др. – 2013. – URL: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16641 (дата обращения: 22.12.2024).

4. BIM-технологии (рынок России). Информационное моделирование зданий и сооружений // TAdviser: портал, 2005-2024. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:BIM-%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8_\(%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8\)](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:BIM-%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8_(%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8)) (дата обращения: 22.12.2024).

5. Обязательное использование ТИМ для застройщиков в 2024 в РФ (10 июля 2024) // tangl. Платформа для автоматизированного управления BIM-данными строительных проектов: сайт. – URL: <https://tangl.cloud/poleznoe/obyazatelnoe-ispolzovanie-tim-s-1-iyulya-2024/?ysclid=m6x5gzhe1k774878935#> (дата обращения: 9.02.2025).

Левченко Ольга Михайловна – студент группы 8Соим-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: olgalevchenko19@mail.ru;

Корницкая Маргарита Николаевна – доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kornic_stud@mail.ru.

ПРИЕМКА И КОНТРОЛЬ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Д. А. Ляшевич, Е. Р. Кирколуп

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В рамках данной статьи рассмотрены приемка и контроль цифровой информационной модели, необходимые нормативные документы, этапы приемки и контроля качества ЦИМ, существующие проблемы и пути их решения. Рассмотрены рекомендации по улучшению процесса приемки и контроля и перспективы развития данного направления.

Ключевые слова: ТИМ, ЦИМ, приемка и контроль ЦИМ, методы контроля ЦИМ.

Внедрение технологий информационного моделирования зданий (ТИМ) в России требует строгого соблюдения национальных нормативных документов и стандартов. В статье подробно рассмотрены процессы приемки и контроля цифровых информационных моделей (ЦИМ) в контексте российского законодательства. Особое внимание уделено требованиям ГОСТ, СП и приказам Минстроя России, регулирующим создание, проверку и использование ЦИМ. Предложены практические рекомендации по улучшению процессов приемки и контроля, а также рассмотрены проблемы и пути их решения.

ЦИМ становится ключевым инструментом в проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. В России внедрение ТИМ активно поддерживается на государственном уровне, что подтверждается принятием ряда нормативных документов. Однако успешное использование ЦИМ невозможно без четко организованных процессов приемки и контроля, которые обеспечивают качество и корректность данных. Несоблюдение установленных правил может привести к ошибкам в проектировании, увеличению сроков реализации проекта и повышению затрат. Поэтому важно понимать как теоретические основы, так и практические механизмы приемки и контроля ЦИМ.

Нормативная база для приемки и контроля ЦИМ в России. Российская нормативная база, регулирующая процессы создания, приемки и контроля ЦИМ, включает следующие ключевые документы:

1. ГОСТ Р 57306-2016 «Модели информационные. Требования к информационному моделированию зданий и сооружений». Этот стандарт устанавливает общие требования к структуре, содержанию и качеству ЦИМ, а также регламентирует процессы ее создания и проверки.

2. СП 328.1325800.2017 «Информаци-

онное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на разных стадиях жизненного цикла». Документ определяет правила формирования ЦИМ на всех этапах жизненного цикла объекта, включая проектирование, строительство и эксплуатацию.

3. Приказ Минстроя России № 926/пр от 29.12.2021 «Об утверждении требований к информационным моделям объектов капитального строительства». Приказ устанавливает обязательные требования к ЦИМ, включая состав данных, структуру модели и порядок ее проверки.

4. ГОСТ Р 21.1101-2020 «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации». Стандарт регламентирует требования к оформлению проектной документации, включая цифровые модели.

Эти документы формируют основу для организации процессов приемки и контроля ЦИМ в России.

Процесс и этапы приемки ЦИМ. Процесс приемки ЦИМ можно разделить на несколько основных этапов:

1. Подготовка технического задания. На этом этапе заказчик формулирует требования к ЦИМ [1], указывая:

- Необходимый уровень детализации (LOD);
- Форматы экспорта данных;
- Стандарты классификации объектов (например, ГОСТ Р ИСО 12006-2);
- Требования к метаданным и атрибутам объектов.

Пример: Для проекта жилого дома может быть указан LOD 400 с обязательным включением параметров энергетической эффективности и стоимости материалов.

2. Проверка соответствия требованиям. Проверка ТИМ осуществляется по нескольким направлениям:

- Геометрическая корректность: отсутствие пересечений, конфликтов и других геометрических ошибок.

- Логическая целостность: правильность связей между объектами, например, подключение коммуникаций к точкам потребления.

- Атрибутивная полнота: наличие всех необходимых параметров и свойств объектов.

Инструментальные средства, такие как Solibri Model Checker, Navisworks или Pilot-BIM, позволяют автоматизировать часть проверок.

3. Испытания совместимости. ЦИМ должна быть совместима с различными программными комплексами и форматами обмена данными. Это особенно важно при работе с междисциплинарными командами. Например, модель должна корректно экспортироваться в формат IFC для использования в системах эксплуатации.

4. Финальная приемка. После завершения всех проверок и исправлений модель передается заказчику. На этом этапе составляется акт приемки, где фиксируются все выявленные недостатки и их устранение.

Контроль качества и методы контроля ЦИМ. Контроль качества ЦИМ осуществляется с использованием различных методов:

1. Визуальный анализ. Визуальный анализ позволяет выявить геометрические ошибки и несоответствия. Этот метод используется на ранних этапах проверки. Также особенно важен визуальный анализ для выявления ошибок, которые не могут быть обнаружены автоматизированными методами.

2. Автоматизированный контроль. Автоматизированные системы проверки позволяют выявить скрытые ошибки и нарушения стандартов [2, 3]. Например: Solibri Model Checker – проверяет соответствие модели техническому заданию и стандартам. BIMCollab ZOOM, Navisworks, Pilot-BIM – обеспечивают координацию моделей и выявление коллизий. Использование данных программных средств позволяет значительно ускорить процесс проверки и снизить вероятность ошибок.

3. Функциональное тестирование. Функциональное тестирование направлено на проверку способности модели удовлетворять функциональным требованиям заказчика. Оно включает проверку расчетов площадей, объемов и других параметров; корректность экспорта данных в различные форматы.

Проблемы и перспективы развития

Проблемы внедрения. Основные проблемы внедрения ЦИМ в России включают:

- Отсутствие достаточного уровня подготовки специалистов;

- Необходимость доработки некоторых нормативных документов для учета специфики российского рынка;

- Отсутствие системы автоматизированной проверки на всех этапах проекта;

- Высокую стоимость программного обеспечения для создания и проверки моделей.

Перспективы развития. Рассмотрим основные тенденции и направления, которые определяют будущее процессов приемки и контроля ЦИМ:

1. Совершенствование нормативно-правовой базы. Российская нормативная база для работы с ЦИМ постоянно расширяется и адаптируется под современные требования отрасли. В ближайшие годы можно ожидать:

- Дополнительные стандарты для эксплуатации объектов. На данный момент большинство документов фокусируются на этапах проектирования и строительства. Однако появление новых стандартов для управления ЦИМ на этапе эксплуатации позволит повысить эффективность технического обслуживания и ремонта зданий.

- Цифровизацию государственных процедур. Интеграция ЦИМ в государственные реестры объектов капитального строительства упростит управление проектами федерального значения и повысит прозрачность их реализации.

- Учет региональных особенностей. Разработка дополнительных требований для ЦИМ, учитывающих специфику различных регионов России (например, сейсмическая активность, климатические условия).

2. Расширение использования ЦИМ на всех этапах жизненного цикла объекта. Сегодня ЦИМ активно применяется на этапах проектирования и строительства, но её потенциал гораздо шире. В будущем ожидается:

- Интеграция ЦИМ в системы управления эксплуатацией. Использование моделей для мониторинга состояния инженерных систем, планирования ремонтов и прогнозирования ресурсов.

- Поддержка демонтажа и реконструкции. Создание ЦИМ для старых зданий путем сканирования или других методов обратного проектирования позволит оптимизировать процессы их модернизации или сноса.

ПРИЕМКА И КОНТРОЛЬ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

- *Энергоэффективность и экология.* Включение параметров энергетической эффективности и экологической безопасности в ЦИМ станет обязательным требованием для многих типов объектов.

3. Автоматизация процессов проверки и контроля. Технологии искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения уже начинают применяться в строительной отрасли. В будущем они могут значительно улучшить качество приемки и контроля ЦИМ:

- *Автоматическое выявление ошибок.* Алгоритмы ИИ смогут анализировать модели на предмет геометрических конфликтов, несоответствий стандартам и логических нестыковок.

- *Прогнозирование проблем.* Системы машинного обучения будут предсказывать потенциальные сложности на основе анализа исторических данных о подобных проектах.

- *Быстрая верификация изменений.* При внесении корректировок в модель автоматические системы смогут быстро проверить их влияние на остальную часть проекта.

4. Цифровая экосистема для совместной работы. В будущем ожидается создание единой цифровой платформы для работы со всеми участниками проекта:

- *Облачные решения.* Универсальные облачные сервисы позволят всем заинтересованным сторонам работать с одной версией ЦИМ независимо от местоположения.

- *Междисциплинарное взаимодействие.* Интеграция ЦИМ с другими цифровыми технологиями, такими как IoT (интернет вещей), дроны и дистанционное зондирование, улучшит координацию между различными специалистами.

- *Стандартизация форматов обмена данными.* Единые протоколы обмена данными (например, IFC) обеспечат беспрепятственную передачу информации между программными продуктами разных производителей.

5. Обучение и повышение квалификации специалистов. Одним из ключевых факторов успешного внедрения ЦИМ является подготовка высококвалифицированных специалистов. В перспективе:

- *Развитие образовательных программ.* Вузовские программы и профессиональные курсы будут более плотно ориентированы на практическое применение ТИМ.

- *Аттестация специалистов.* Введение системы сертификации для специали-

стов, работающих с ЦИМ, повысит уровень доверия к качеству выполняемых работ.

- *Непрерывное обучение.* Регулярные семинары, тренинги и конференции помогут специалистам быть в курсе последних достижений в области ТИМ.

Перспективы развития приемки и контроля ЦИМ в России представляют собой многогранный процесс, который затрагивает различные аспекты — от совершенствования нормативной базы до внедрения инновационных технологий.

Заключение

В качестве заключения отметим, что приемка и контроль цифровой информационной модели являются важнейшими этапами в процессе проектирования и строительства зданий. Российские нормативные документы предоставляют четкую методологическую основу для этих процессов, однако требуют постоянного совершенствования для учета новых технологий и практик. Только комплексный подход, включающий соблюдение стандартов, использование современных инструментов и профессиональную подготовку специалистов, может обеспечить высокое качество ЦИМ и её эффективное использование на всех этапах жизненного цикла объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление информационной моделью объекта капитального строительства на стадии проектирования / Е. В. Зеньков, В. А. Зотов, Х. Гао, К. Сюй // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2023. – Т. 13, № 3. – С. 456-465.

2. Рычина, С. А. Пользовательские проверки контроля качества информационной модели в части металлических конструкций / С. А. Рычина, Л. Н. Ахмедова, С. В. Семенова // Фотинские чтения – 2023 (осеннее собрание) : Сб. матер. X Междун. науч.-практ. конф., Ижевск, 23-25 ноября 2023 года. – Ижевск : Ижевский государственный технический университет им. М. Т. Калашникова, 2024. – С. 230-237.

3. Биктимиров, К. Solibri: BIM и немного амбиций / К. Биктимиров // САПР и графика. – 2015. – № 8(226). – С. 12-15.

Ляшевич Данил Алексеевич – студент группы 8Соим-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: lyashevich_danil@mail.ru;

Кирколуп Евгений Романович – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kirkolup@mail.ru.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ В RENGA

С. Н. Маняк, И. А. Бахтина

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрены особенности проектирования систем внутренней канализации в программном комплексе RENGA.

Ключевые слова: система канализации, проектирование, программное обеспечение Renga, модель, семейства.

Проектирование инженерных систем с помощью BIM подразумевает накопление в информационной среде данных обо всех составляющих элементах по каждому конкретному объекту строительства.

В данной статье будет рассмотрен процесс проектирования системы водоотведения при проведении капитального ремонта здания.

Поскольку поведение капитального ремонта помимо замены элементов отделки предполагает внесение изменений в конструктивные элементы стен, возведение перегородок, лестниц, а также замену инженерных систем (водопровод, канализация, система электроснабжения), было принято решение о создании 3D-модели здания. Первоначальный этап создания модели требует значительных вложений времени в проведение всесторонних обмеров существующего здания, выяснение его конструктивных особенностей и создание на их основе самой модели [1].

Но наличие такой модели в последующем в значительной степени минимизирует затраты времени: на определение строительных объемов, подготовку сметной документации, по внесению изменений в проектно-сметную документацию в процессе строительства. Кроме того, проектирование инженерных систем на базе 3D-модели позволяет наглядно определять «проблемные» участки, такие как задание необходимых уклонов с возведением для этого дополнительных подиумов, заложением необходимых дополнительных объемов стяжки под санитарно-техническое оборудование на этапе проектирования [2].

Наличие наглядной модели обеспечивает точное проектирование инженерных систем, позволяет произвести подбор оборудования, трубопроводов, фитингов с расчетом точной спецификации, сокращает количество и масштаб ошибок при проектировании.

Для создания модели использовался программный комплекс Renga версии 6.1. Модель создавалась с применением стандартного инструментария программного комплекса (рисунок 1).

Основные требования к проектированию внутренних систем водоотведения приведены в СП 30.13330.2020, согласно которому, при расчете систем внутреннеговодоотведения зданий следует обеспечивать пропуск воды и отведение стоков с расходами, соответствующими расчетному числу водопотребителей или числу установленных санитарно-технических приборов.

Гидравлический расчет системы внутреннего водоотведения следует проводить на основании общего максимального расчетного расхода стоков, не вызывающих срыва гидравлических затворов любых видов санитарно-технических приборов. По результатам гидравлического расчета для системы водоотведения подобраны полипропиленовые растровые трубы диаметром: 50 и 110 мм.

Процесс моделирования системы внутреннего водоотведения в ПК Renga на базе созданной модели начинается с расстановки санитарно-технических приборов (унитазы, умывальники, стиральные машины, трапы для душевых поддонов) (рисунок 2). Доступный набор приборов представлен на вкладке Инструменты (рисунок 3).

Для создания стояка канализации необходимо на 3D-виде произвести расстановку точек трассировки, через которые будет проходить стояк.



Рисунок 1 – 3D-вид модели

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ В RENA

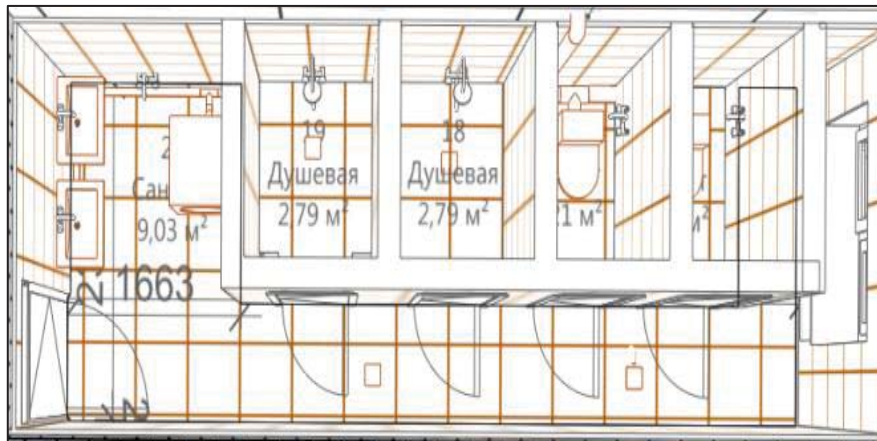


Рисунок 2 – Расстановка сантехнических приборов

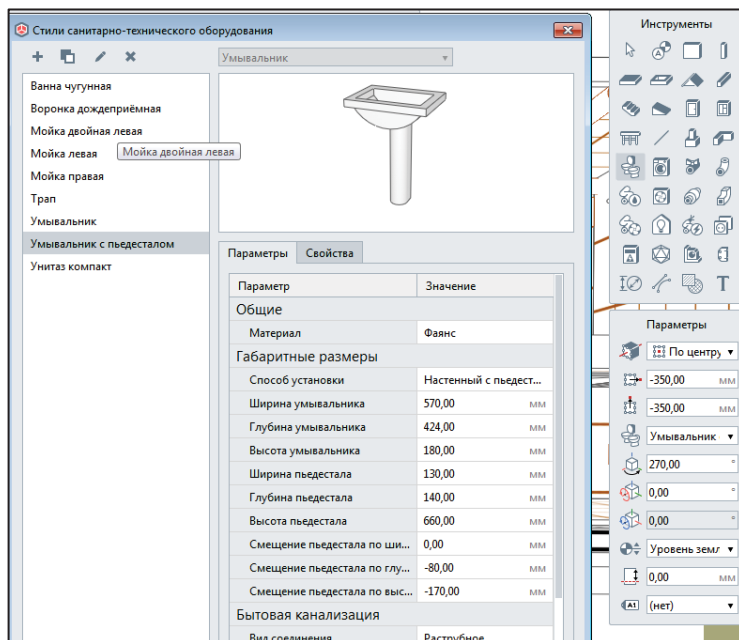


Рисунок 3 – Набор доступных сантехнических приборов

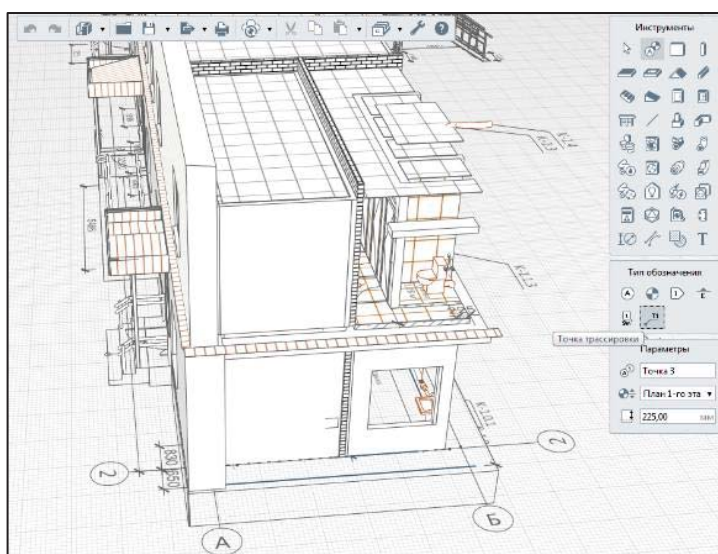


Рисунок 4 – размещение точек трассировки на 3D-виде

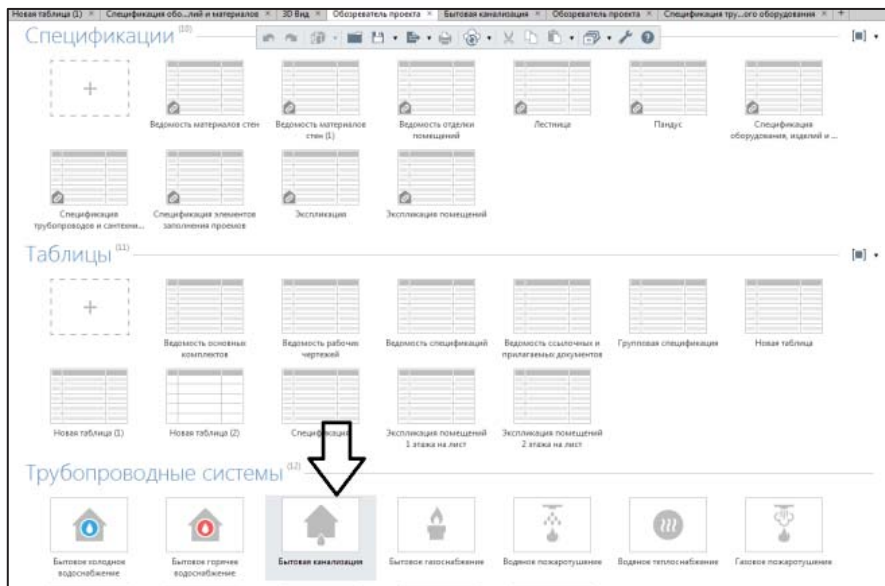


Рисунок 5 – Размещение вкладки для трассировки трубопроводов

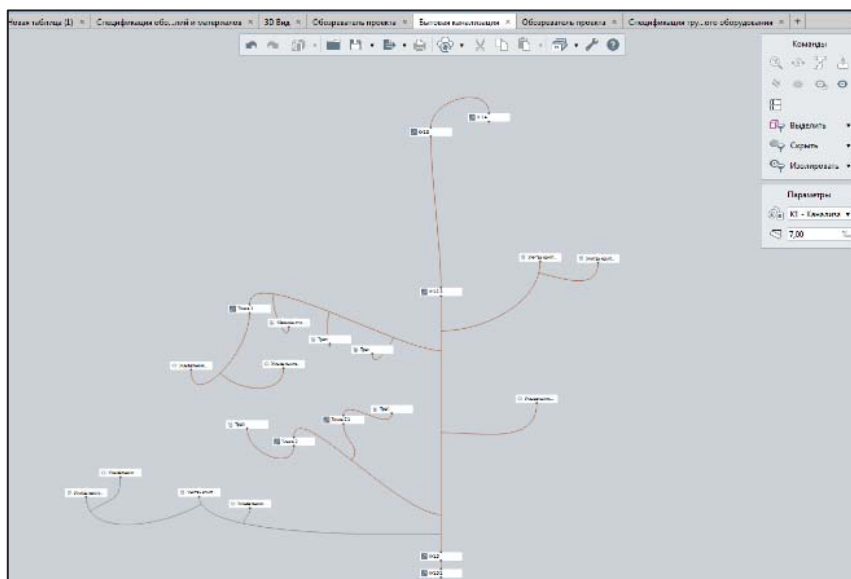


Рисунок 6 – Схема положения трассы трубопроводов

Точки располагаются с привязкой к уровням здания одна над другой. Функция доступна на вкладке «Тип обозначения» панели инструментов (рисунок 4).

Создание трассы для прокладки трубопроводов производится на вкладке «Бытовая канализация» в обзорвателе проекта (рисунок 5). В открывшемся окне необходимо упорядочить в соответствии с чертежом на 3D-виде все имеющиеся точки трассировки, разместив их вертикально, санитарно-технические приборы, подлежащие подключению к формируемой сети, разместить в порядке их очередности в горизонтальной плоскости, после чего соединить между собой

точки трассировки K-1.0, K-1.0.1, K-1.1.3, K-1.3, K-1.4, а затем произвести присоединение сантехнических приборов к стояку, начиная от самого дальнего и последовательно присоединяя к проложенной трассе остальные приборы. При прокладке трассы задать уклон - 20%. Выбрать проложенный участок трассы и в панели «Команды» выбрать команду «Перевернуть», чтобы изменить направление построения трассы стрелкой от стояка к прибору. В этом случае уклон будет задан правильно (рисунок 6).

Перейдя на 3D-вид, в точках подключения приборов, в местах соединения трасс, в местах изгиба, изменения диаметров трубо-

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ В RENA

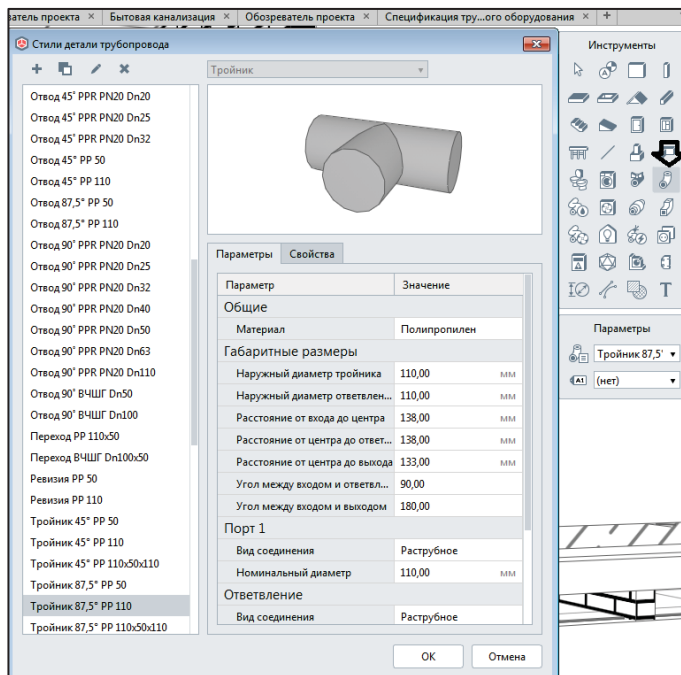


Рисунок 7 – Стили деталей трубопроводов

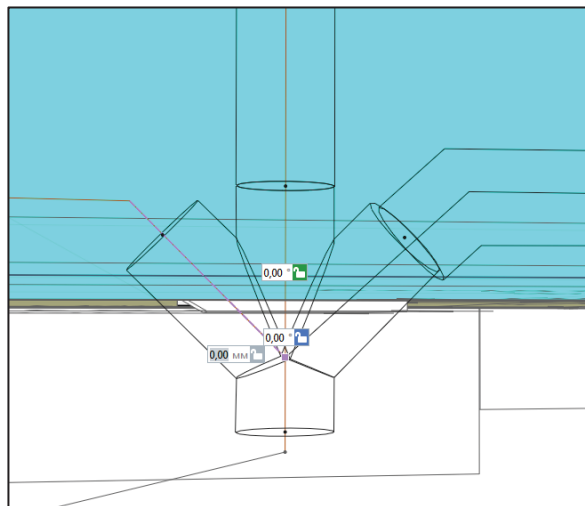


Рисунок 8 – Установление осей примыкания двух трубопроводов к стояку под углом 45°

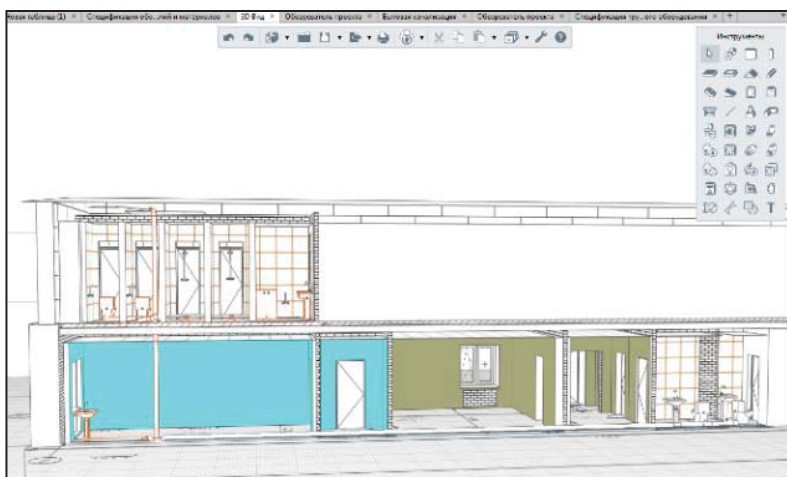


Рисунок 9 – Размещение трубопроводов на 3D-модели здания

Спецификация оборудования, изделий и материалов					
Поз.	Наименование и техническая характеристика	Поставщик	Ед. измерения	Количество	Примечание
Оборудование					
1	Смеситель настенный для ванны с душем		шт.	2	
2	Смеситель для умывальника настенный		шт.	3	
3	Смеситель для умывальника напольный		шт.	5	
К1 – Канализация бытовая					
4	Трап		шт.	4	
5	Унитаз компакт		шт.	4	
6	Умывальник с пьедесталом		шт.	5	
7	Машина стиральная		шт.	1	
8	Труба – РР 50x1,8		м.п.	15,7	
9	Отвод 87,5° РР 50		шт.	11	
10	Тройник 87,5° РР 50		шт.	5	
11	Переход РР 110x50		шт.	1	
12	Отвод 45° РР 110		шт.	1	
13	Тройник 45° РР 110x50x110		шт.	2	
14	Отвод 45° РР 50		шт.	2	
15	Тройник 87,5° РР 110		шт.	3	
16	Труба – РР 110x2,2		м.п.	24,8	
17	Отвод 87,5° РР 110		шт.	3	
18	Крестовина 45° РР 110x110x110		шт.	1	
19	Переход РР 110x50		шт.	1	
20	Труба – РР 110x2,2		м.п.	1,0	

Рисунок 10 – Спецификация на систему водоотведения здания

провода на трассе необходимо разместить доступные на вкладке детали трубопровода (рисунок 7).

Для корректного размещения деталей следует удалить излишние точки изломов трассы, добившись ее плавного проложения, сносности взаимно примыкающих трасс, адекватности углов поворота и примыкания в соответствии с техническими характеристиками применяемой арматуры (углы поворота, примыкания – 90 и 45°) (рисунок 8).

После размещения всех деталей, построение трубопровода происходит автоматически путем задания нужного размера и материала трубы на одноименной вкладке.

Таким образом, созданная модель в Renga отображает проектируемую систему в виде 3D модели и позволяет увидеть в объеме расположение всех трубопроводов системы (рисунок 9), в результате чего как на этапе проектирования, так и в процессе облегчается процесс увязки элементов системы со строительными конструкциями здания.

Созданная 3D-модель позволяет автоматически формировать спецификацию необходимого оборудования и материалов (рисунок 10).

При последующих изменениях в проект спецификация автоматически пересчитывает все изменившиеся показатели, что значительно позволяет экономить время, как на этапе проектирования, так и в процессе строительства и последующей приёмки выполненных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий. Дата введения: 2021-07-01. – М.: Минстрой, 2020. – 13 с.
2. Маняк, С. Н. Проектирование работ по капитальному ремонту системы водоснабжения / С. Н. Маняк, И. А. Бахтина, А. Н. Корнеев // Сборник: Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2024. – С. 177-183.

Маняк Сергей Николаевич – студент группы 8Спгс-41 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: z303z@yandex.ru;

Бахтина Ирина Алексеевна – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: bia-altai@mail.ru.

ПОВЫШЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ДОРОЖНЫХ БЕТОНОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОБАВОК

Н. В. Медведев, Г. И. Овчаренко

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Морозостойкость является одним из ключевых показателей, который влияет на долговечность дорожных конструкций, используемых на автомобильных дорогах. Было рассмотрено влияние различных добавок (пластификаторов, воздухововлекающей добавки и керамзитового песка) на повышение морозостойкости бетона. Полученные результаты свидетельствуют о том, что воздухововлечение может решить поставленный вопрос и повысить морозостойкость. Применение керамзитового песка также оказывает положительное влияние на морозостойкость за счет демпферных свойств, которыми он обладает.

Ключевые слова: автомобильные дороги, дорожный бетон, морозостойкость, пластифицированные бетоны, воздухововлечение, пластификаторы.

Введение

В настоящее время при изучении вопроса морозостойкости дорожных конструкций стоит выделить тот факт, что при расчетном сроке службы мостовых конструкций в диапазоне от 50 до 75 лет, на практике мы получаем данное значение порядка 20-25 лет, что связано с особенностями эксплуатации таких сооружений [1, 2]. Кроме того другие изделия, используемые на дорогах, такие как тротуарная плитка, бордюрные камни и пр. имеют низкий срок службы из-за невысокой морозостойкости.

Одной из основных причин такого эффекта состоит в использовании при зимнем содержании смесей на основе поваренной соли NaCl, которая существенно снижает срок службы бетонных конструкций.

Использование солей в составах противогололедных материалов для мостовых сооружений запрещено, однако на подъездных путях к мостам все также используется пескосоляная смесь, которая на колесах автомобилей попадает на само сооружение и стекает вместе с талыми водами на конструкции. На рисунке 1 представлены дефекты мостовых балок от воздействия пескосоляной смеси. Так как не всегда водоотводные трубки с мостов находятся в удовлетворительном состоянии из-за сложности доступа к ним, то это может привести к дефектам в их конструкции и попаданию солей непосредственно на мостовое сооружение с последующим разрушением в периоды знакопеременных температур.

Образование основных дефектов конструкций происходит в те периоды, когда температура меняет свой знак несколько раз в

течении суток, точно также как при определении морозостойкости в лабораторных условиях.

Учитывая данную особенность возникновения дефектов можно предположить, что наиболее опасным периодом для бетонных конструкций на автомобильных дорогах является весна, когда из-за образующейся наледи на дорогах от тающего снега ночью активно применяются противогололедные материалы, которые на дневной поверхности покрытия таят и в ночное время снова замерзают. Таким образом, соль вместе с талой водой проникает в толщу бетона через открытые капилляры, после чего происходит ее замерзание и разрушение структуры бетона.

Для снижения влияния данного негативного эффекта в дорожном строительстве используются пластифицирующие и воздухо-



Рисунок 1 – Разрушение мостовых конструкций в месте расположения водоотводной трубки с моста

вовлекающие добавки, которые способствуют повышению морозостойкости, как за счет снижения количества открытых пор в бетоне, так и за счет образования дополнительной закрытой пористости, которая также оказывает положительное влияние на данный параметр.

Повышение морозостойкости дорожных бетонов регламентировано нормативными документами [3, 4] и достигается за счет снижения В/Ц до значений менее 0,38, а также за счет обеспечения воздухововлечения в диапазоне 4-8%. Обеспечение данных условий дает возможность увеличить морозостойкость и сохранить при этом высокие физико-механические показатели бетона.

Так как повышением морозостойкости бетонов занимаются многие авторы уже не одно десятилетие, в числе которых В. Г. Батраков, А. Ф. Полак и др. [5, 6], то накопленный опыт свидетельствует о том, что помимо обеспечения плотной структуры бетона необходимо создавать и закрытую пористость за счет введения различных добавок, как химических, так и минеральных.

В связи с этим стояла задача выбора таких материалов для проведения исследования, которые могут сопротивляться влиянию солей и при этом оказывать положительное воздействие на создание закрытой пористости бетона в вышеуказанных диапазонах и оценить их влияние на показатель морозостойкости.

Материалы и методы.

В качестве исследуемого состава был выбран тяжелый бетон класса прочности В30, маркой по подвижности П1, используемый в ООО «Поиск» для изготовления тротуарной плитки. Исходными материалами для бетона стали:

- портландцемент для транспортного строительства по ГОСТ Р 55224-2020 ЦЕМ I 42,5Н, с тонкостью помола 2,2%, насыпной плотностью 1300 кг/м³ и истинной 3,1 г/см³; тесто нормальной густоты 25%, сроки схватывания: начало схватывания 1 ч. 35 мин. конец схватывания 5 ч. 20 мин.;

- песок из отсевов дробления с модулем крупности 2,07 и насыпной плотностью 1380 кг/м³;

- щебень фракции 5-10 мм насыпной плотностью 1330 кг/м³.

Соотношение компонентов в составе бетона на 1 м³ было следующим:

- цемент – 500 кг/м³;
- щебень – 920 кг/м³;
- песок – 920 кг/м³.

В качестве пластифицирующих добавок были выбраны: суперпластификатор С-3, используемый в ООО «Поиск», а также гиперпластификатор Гиперпласт-120, применяемый на АО «НЗМК» при изготовлении мостовых конструкций. Также с завода мостовых конструкций была взята воздухововлекающая добавка Полипласт ВВ.

Альтернативой воздухововлекающей добавки стал керамзитовый песок фракции 0-5 мм, который благодаря своим демпферным свойствам должен обеспечивать высокую морозостойкость [6].

Для оценки морозостойкости дорожных бетонов использовалась авторская методика, разработанная к.т.н. Автономовым И.В. Данная методика является аналогом методики определения морозостойкости F3, предусмотренной ГОСТ 10060-2012.

Главная отличительная черта состоит в том, что вместо образцов кубов с ребром 100 мм изготавливаются образцы-плитки размером 60 × 100 × 20 мм, которые перед испытанием выдерживаются в камере тепло-влажностной обработки в течение 17 часов после изготовления. Затем образцы помещаются в камеру нормального твердения до достижения постоянной массы. Эксперимент проводится в 5% соляном растворе NaCl с замораживанием при температуре -18±2°C, что также отличается от нормативной методики, где исследование морозостойкости должно проводиться при температуре -50°C.

Для правомерности использования авторской методики было проведено сравнение результатов морозостойкости с нормативной методикой ГОСТ, результаты которого представлены на рисунке 2.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой корреляции между двумя методиками, что говорит о возможности использования ее в качестве альтернативы ГОСТ.

Результаты эксперимента и их обсуждение.

Оценка морозостойкости проводилась по потере массы образцов, и когда этот показатель превышал 2%, то испытание заканчивалось.

Проведение эксперимента на определение проводилось в два этапа:

- определение морозостойкости у образцов с одной добавкой (рисунок 3);

- определение морозостойкости у образцов с комплексными добавками (пластифицирующие добавки с воздухововлекающей или керамзитовым песком (рисунок 4-5)).

ПОВЫШЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ДОРОЖНЫХ БЕТОНОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОБАВОК

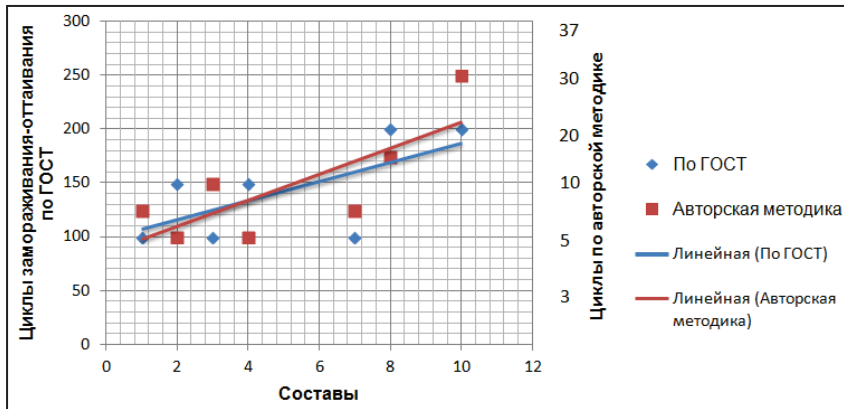


Рисунок 2 – Сопоставление авторской методики с методикой ГОСТ



Рисунок 3 – Определение морозостойкости образцов с введением одной добавки

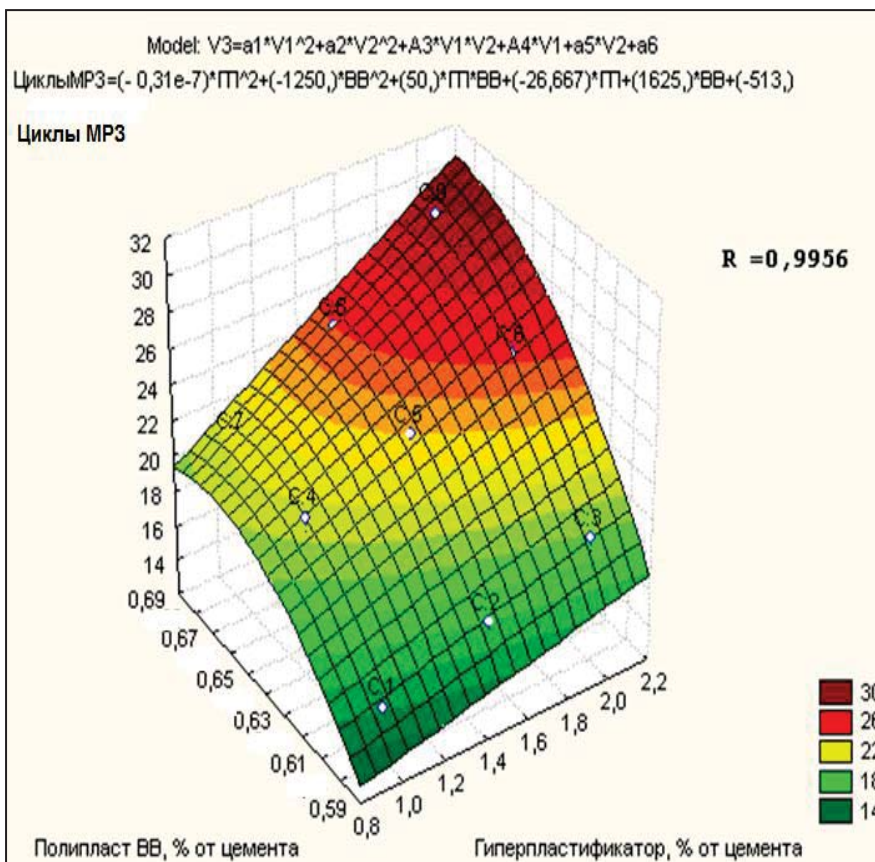


Рисунок 4 – Результаты определения морозостойкости бетонов с воздуховвлекающей добавкой и гиперпластификатором

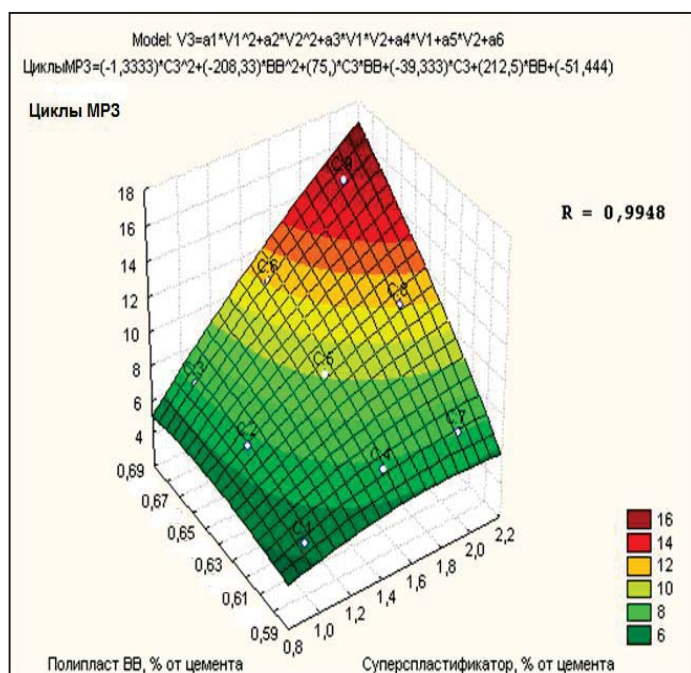


Рисунок 5 – Результаты определения морозостойкости бетонов с воздухововлекающей добавкой и суперпластификатором С-3

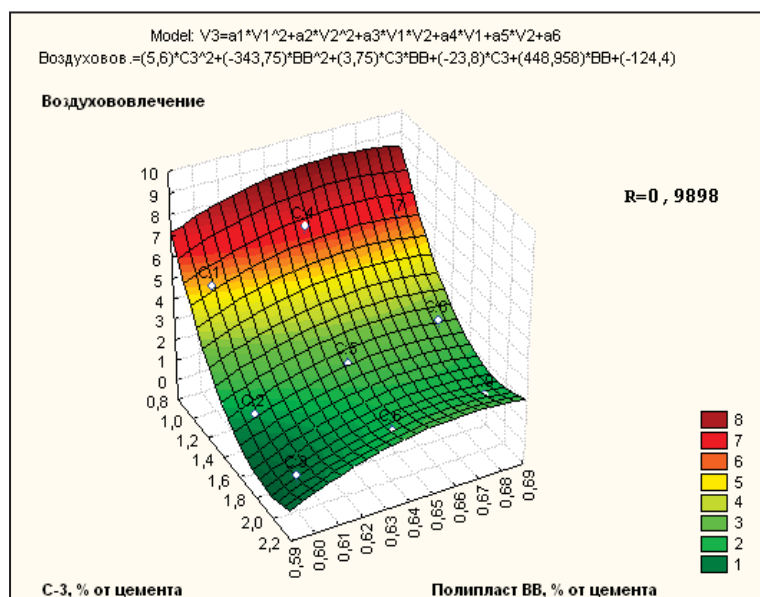


Рисунок 6 – Результаты определения воздухововлечения бетонных смесей с воздухововлекающей добавкой и суперпластификатором С-3

Полученные результаты с введением одной добавки свидетельствуют о том, что суперпластификатор С-3 не обеспечивает морозостойкость бетона. Гиперпластификатор Гиперпласт-120 дает лучшие результаты по морозостойкости, что говорит о целесообразности его применения в составе бетона. Воздухововлекающая добавка и керамзитовый песок выдерживают примерно одинаковое количество циклов замораживания – оттаивания, однако у состава с керамзитовым песком, при повышенном введении в состав, появляется возможность достичь более высоких результатов.

Испытание бетонов с комплексными добавками пластификаторов и воздухововлекающей добавки показали, что у составов с С-3 значение показателя в 2 раза ниже. Подобные результаты получился и у аналогичных составов с введением керамзитового песка, где разница в показателях морозостойкости достигла разницы в 5 раз. Исследования показали, что использование суперпластификатора С-3 в дорожных конструкциях может привести к снижению их долговечности и требуется проведения дополнительных исследований для выяснения причин подобного действия самого распространенного пластификатора в строительстве. Для этого

ПОВЫШЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ДОРОЖНЫХ БЕТОНОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОБАВОК

было проведено определение воздухововлечение бетонной смеси с помощью прибора Teasting 2.0334. В результате определения данного параметра было получено, что суперпластификатор С-3 гасит действие воздухововлекающей добавки, что видно на рисунке 6.

Как видно из графика при увеличении содержания С-3 в составе бетона идет резкое снижение воздухововлечения, что может быть причиной низкой морозостойкости бетона, так как у аналогичных составов с гиперпластификатором такой эффект не наблюдается. Возможной причиной, которая объясняла бы такое действие суперпластификатора С-3, может быть природа самих добавок, используемых в эксперименте.

Дополнительно проводилась определение устойчивости пены в водных растворах, которое показали, что суперпластификатор С-3 снижает живучесть пены до 8-15 минут, что в сравнении с гиперпластификатором и воздухововлекающей добавкой в 3 раза ниже. Также проводилось измерение рН растворов, результаты которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Определение рН водных растворов пластификаторов и воздухововлекающей добавки

Используемые добавки	Значение рН
Суперпластификатор С-3	2
Гиперпластификатор Гиперпласт-120	6
Воздухововлекающая добавка Полипласт ВВ	12
С3+Полипласт ВВ	11
Гиперпласт-120 + Полипласт ВВ	9

Как видно из таблицы причиной такой низкой морозостойкости может быть разная природа суперпластификатора С-3 и воздухововлекающей добавки Полипласт ВВ. В связи с этим требуются дополнительные исследования, в том числе со съемкой инфракрасных спектров, которые должны объяснить причины отрицательного эффекта суперпластификатора.

При оценке воздухововлечения бетонной смеси было установлено, что гиперпластификатор дает дополнительное воздухововлечение, в отличие от суперпластификатора, который не только его не дает, но также и отрицательно влияет на вводимую в состав воздухововлекающую добавку.

Определение морозостойкости подтвердило теорию о том, что дополнительное воздухововлечение оказывает положительное

влияние на параметр и применение керамзитового песка с воздухововлечением в 2-4 раза меньше, чем у воздухововлекающей добавки способно обеспечить высокую морозостойкость за счет демпферных свойств.

Суперпластификатор С-3 имеет худшие показатели по количеству выдерживаемых циклов замораживания и оттаивания, что может быть связано с его свойствами, ухудшающими параметры пенообразования и ее устойчивости. Данное предположение доказано при определении параметров пены разных растворов.

Введение С-3 как и гиперпластификатор в водный раствор не дают устойчивой пены в одиночку. Однако с введением воздухововлекающей добавки заметно значительное снижение «живучести» пены относительно состава с гиперпластификатором в 2 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черкасов, К. А. О некоторых дефектах мостов, выявленных при обследовании / К. А. Черкасов // Автомобильные дороги. – 1983. – № 8. – С. 45-50.
2. Шестовицкий, Д. А. Прогнозирование срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.11 / Шестовицкий Дмитрий Александрович; [Место защиты: науч.-исслед. ин-т транспортного стр-ва]. – Санкт-Петербург, 2017. – 28 с.
3. Величко, Е. Г. Морозостойкость бетона с оптимизированным дисперсным составом / Е. Г. Величко // Строительные материалы. – 2012. – № 2. – С. 81-83
4. ГОСТ Р 59300-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия : дата введения 2021-08-01. – Москва, 2021. – 31 с.
5. Батраков, В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика / В. Г. Батраков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва, 1998. – 768 с.
6. Нуриев, Ю. Г. Стойкость бетона при воздействии хлористых сред и знакопеременных температур : дис. ...канд. техн. наук: 05.23.05. – Уфинский нефтяной институт, Уфа, 1983. – 236 с.

Медведев Никита Владимирович – старший преподаватель кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова», E-mail: adio-06@mail.ru;

Овчаренко Геннадий Иванович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: egogo@mail.ru.

ВЛИЯНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Н. В. Медведев¹, Е. В. Печатнова², А. П. Кузнецов¹

¹ Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

² Барнаульский юридический институт МВД России, г. Барнаул

Традиционно проведение дорожно-строительных работ повышает риски возникновения дорожно-транспортных происшествий, что связано с тем, что такие работы подразумевают перекрытие часть полосы движения. Для того чтобы снизить риск необходимо прорабатывать схему движения на период производства работ, либо устраивать объездную дорогу, что влечет за собой увеличение расходов на производство. Рассмотрено влияние производство дорожно-строительных работ на безопасность движения с разработкой рациональных способов повышения безопасности движения.

Ключевые слова: автомобильная дорога, безопасность движения, ДТП, дорожное движение, производство работ, транспортный поток, показатели безопасности движения.

Проведение дорожно-строительных работ может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на безопасность дорожного движения. С одной стороны, после производства работ, достигаются более высокие технические параметры дороги, что может повысить скорость транспортного потока и пропускную способность дороги. С другой стороны, во время производства работ, повышаются риски возникновения дорожно-транспортных происшествий, особенно на встречной полосе движения [1]. Кроме того в ночное время из-за недостаточной освещенности водители могут не заметить огороженный участок, что приводит к столкновению с неподвижным объектом, которым огораживают участки производства работ.

Для проведения оценки влияния производства работ на безопасность движения, рассмотрим наиболее часто встречающиеся риски, а именно:

- изменение дорожных знаков и разметки. При производстве работ, на дороге устанавливаются временные знаки и разметка, которые должны предупреждать водителя об опасности впереди, однако не всегда они бывают достаточно ясными или видными для водителей, что несет с собой дополнительные риски. Стоит также учитывать и психологические особенности некоторых водителей, которые могут проигнорировать новые знаки, особенно на тех участках, по которым они часто передвигаются;

- сужение проезжей части. Уменьшение ширины дороги вследствие перекрытия одной из полос подразумевает движение по полосе встречного направления. На загруженных участках организуется светофорное регули-

рование, однако на отдельных участках эту функцию выполняет регулировщик, что повышает вероятность аварий ввиду человеческого фактора.

Все это не только повышает риски для водителей, но также создает определенные трудности для производителей работ, так как возникающие ДТП могут повлиять на производственный процесс и повлечь за собой увеличение сроков производства работ.

Одним из решений данной проблемы является снижение скорости движения на подходе к объекту и во время движения по полосе встречного направления, что позволит водителю вовремя среагировать и в случае возникновения опасной ситуации затормозить или съехать на обочину. Данный критерий работает только в условии полного соблюдения правил всеми участниками движения, что не всегда бывает выполнимо.

Если рассматривать крупные объекты, то там чаще всего присутствует специальная служба, которая проводит контроль за соблюдением правил безопасности, что снижает риск возникновения ДТП. Так как эта служба набирается из числа дорожных рабочих, то для создания полной безопасности стоит проводить для рабочих дополнительные инструктажи и повышения квалификации, так как от их грамотности в этом вопросе будет зависеть и безопасность участников транспортного потока.

Помимо недостаточной информативности могут быть и обратные ситуации, когда количество различных предупреждающих знаков вводят водителей в замешательство, что также будет отрицательно влиять на безопасность. Все это необходимо учитывать

ВЛИЯНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

при организации дорожного движения на участке производства работ.

Все вышесказанное говорит о том, что проведение дорожно-строительных работ оказывает разноплановое влияние на показатели безопасности движения и данный вопрос необходимо рассматривать в комплексе. Следует учитывать не только корректность и достаточность информативности со стороны дорожных служб, но и адекватность реакции водителей на все предпринимаемые меры.

Для разработки рациональных способов повышения безопасности движения на участках производства дорожных работ стоит рассмотреть факторы, которые способствуют возникновению ДТП [2, 3]:

- наличие дефектов на покрытии проезжей части и обочины, а также технических средств организации дорожного движения. Дефекты на полосе встречного движения также могут повлиять на появление опасных ситуаций даже при отсутствии встречного транспортного потока. В связи с чем следует проводить предварительный ремонт покрытия в виде заделки ям и выбоин для предупреждения возникновения опасных ситуаций. Также стоит проводить контроль за соблюдением требований по установке временных знаков и разметки;

- сложные геометрические элементы автомобильной дороги на участке производства работ. Проведение строительных работ на виражах влечет за собой дополнительные риски, как и работы на крутых поворотах, что требует дополнительных мер по повышению безопасности движения;

- ограниченная видимость проезжей части и встречных автомобилей на кривых в плане и продольном профиле. При проектировании автомобильных дорог должна всегда обеспечиваться достаточная видимость. Однако на дорогах, построенных в прошлом столетии, бывают ситуации, что видимость может не обеспечиваться. Такие участки представляют опасность даже в периоды, когда работы не проводятся. В таком случае стоит перед производством работ запланировать мероприятия по ликвидации необеспеченной видимости;

- нарушение зрительной плавности и ясности дальнейшего направления дороги. Данный показатель может быть связан с предыдущим пунктом, но стоит отметить, что некоторые дороги, построенные в 60-х годах прошлого столетия, имеют пилообразный продольный профиль, что и приводит к возникновению таких ситуаций, а, следовательно, и повышению количества ДТП;

- неудовлетворительное проведение дорожных работ. В процессе производства работ в отдельных случаях отмечаются случаи рассыпания строительных каменных материалов на проезжую часть, что влечет к вылету камней из-под колес и повышению риска для водителей;

- разделение, слияние и пересечение транспортных потоков на пересечениях и примыканиях дорог, на которых была неправильно запроектирована схема организации движения;

- несоответствие параметров геометрических элементов трассы дороги техническим требованиям и состоянию покрытия. Данная особенность касается участков дорог, на которых редко проводился капитальный ремонт и реконструкция, что за годы эксплуатации привело к снижению характеристик из-за развития транспортного потока;

- отсутствие оборудованных пешеходных переходов в необходимых местах. При производстве работ в населенных пунктах могут возникнуть ситуации неожиданного появления пешеходов на дороге, что может привести к получению ими травм в результате ДТП. Поэтому на таких участках обязательно устройство нового пешеходного перехода на период производства работ.

Рассмотренные факторы наиболее негативно влияют на безопасность движения на участках вне населенных пунктов, что объясняется более высокими скоростями движения и, как следствие, меньшим временем принятия правильного решения у водителя при обнаружении неожиданного препятствия [4].

Одним из путей решения большинства из вышеперечисленных вопросов является обустройство временных объездных дорог на период производства работ (рисунок 1).

При разработке схемы организации движения необходимо провести анализ мест концентрации ДТП и обеспечить первоначальные меры, направленные на устранения причин и условий совершения происшествий. Это позволит снизить риски и повысить безопасность движения на период производства строительных работ.

К первоочередным мерам могут быть отнесены работы по устранению недостатков транспортно-эксплуатационного состояния дорог и улиц, оборудованию их элементами обустройства, поддержанию бесперебойного движения транспортных средств и безопасных условий такого движения, проводимые в рамках работ по ремонту и содержанию в соответствии с Классификацией работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию ав-



Рисунок 1 – Пример схемы устройства объездной дороги



Рисунок 2 – Информационные табло для водителей

томобильных дорог [1, 5]. При разработке схемы организации движения необходимо учитывать все вышеперечисленные факторы и особенности конкретного участка.

В связи с этим для разработки рациональной схемы, первоначально на этапе ана-

лиза данных о существующей дороге необходимо провести более глубокую оценку различных ситуаций и существующих средств организации движения, которые могут указать на те факторы, которые необходимо учитывать при разработке схемы.

ВЛИЯНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Участки с неблагоприятными условиями следует предварительно улучшить, если есть такая возможность. Для участков с ограниченной видимостью, если она вызвана растительностью или деревьями, находящимися в полосе отвода, можно предусмотреть их вырубку. При неудовлетворительном состоянии покрытия можно провести работы по его текущему ремонту перед производством работ, что делается в некоторых случаях.

Для повышения безопасности на участках, где проводятся дорожные работы, в темное время суток необходимо использование средств сигнализации для привлечения внимания водителей.

Ситуации с недостаточной информативностью для участников движения можно устранить благодаря введению в производство работ интеллектуальных транспортных систем и дополнительных информационных табло, которые предупреждают водителей об опасности на дороге (рисунок 2).

Таким образом, предложенные методы могут повысить безопасность движения на участках производства работ и снизить аварийность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермаков, Ф. Х. Безопасность дорожного движения: совершенствование его организации и расследования ДТП: монография / Ф. Х. Ермаков. – Казань : Изд-во Казанского университета, 2001. – 438 с.

2. Методические рекомендации по назначению мероприятий для повышения безопасности движения на участках концентрации дорожно-транспортных происшествий. утв. Распоряжением Росавтодора от 30.03.2000 № 65-р. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200029300/titles> (дата обращения 10.02.2025).

3. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В. Ф. Бабков. – М. : Транспорт, 1993. – 271 с.

4. Печатнова, Е. В. Методика обеспечения безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах федерального значения : дис...канд. техн. наук / Печатнова Елена Владимировна. – Омск, 2021. – 171 с..

5. Методы оценки эффективности мероприятий по повышению транспортных качеств дорог и безопасности движения / Под ред. В. Ф. Бабкова. – М. : Высшая школа, 1971. – 176 с.

Медведев Никита Владимирович – старший преподаватель кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: adio-06@mail.ru;

Печатнова Елена Владимировна – к.т.н., доцент кафедры «Информатика и специальная техника» ФГКОУ ВО БЮИ МВД России, E-mail: phukcia@yandex.ru;

Кузнецов Артем Павлович – студент группы 8Сад-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kuzivan8@mail.ru.

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

Г. С. Меренцова, А. А. Данилов

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул.

В стремительно развивающейся инфраструктуре современного мира остается насущной проблемой строительство автомобильных дорог. Помимо основных проблем, возникающих при освоении территорий автомобильными транспортными путями, существует и принципиально важная – осуществление строительства автомобильных дорог на слабых грунтах. На данный момент в сфере строительства на слабых основаниях предложено немало способов нивелирования негативного влияния таких оснований на эксплуатацию сооружений. В данной статье мы рассмотрим рациональную стратегию применения технологии строительства автомобильных дорог на слабых грунтах.

Ключевые слова: автомобильные дороги, строительство на слабых грунтах, рациональная технология, технология, основание, проектирование, разработка технологии, методы усиления слабых грунтов, надежность, земляное полотно, технология строительства земляного полотна.

На территории России, которую мы рассматриваем как месторасположение существующих и будущих транспортных развязок, грунты, подходящие под категорию «слабые» распространены на более 25% территории. В это число вошли лессовые грунты, заторфованные, болотистые местности [1]. При развитии современных материалов и техники, строительство автомобильных дорог на данных участках остается достаточно трудоемким и сложным.

Актуальность выбранной темы связана с тем, что в Западной Сибири есть несколько регионов, на которых имеются большие заболоченные участки с проложенными по ним дорогами. К таким областям относятся Омская, Тюменская, часть Новосибирской и Томская. В Алтайском крае такие районы расположены неравномерно и болота встречаются в частности в Залесовском, Алейском и Третьяковском районах, в связи с особенностями их строения, однако наибольшее свое распространение болота получили в приобье. К таким районам относятся Троицкий, Шелаболихинский и Усть-Пристаньский.

Для указанных грунтов характерны низкие несущая способность и общие характеристики надежности. Слабые грунты – это сильносжимаемые, насыщенные водой грунты, которые теряют прочность в процессе строительства [2]. В природе такие грунты сложены рыхлыми песками или пылевато-глинистыми грунтами с высокой пористостью и влажностью. Они могут воспринимать лёгкие, постепенно увеличивающиеся нагрузки только в условиях естественного залегания [3].

Усугубляется проблема слабых грунтов специфичным воздействием транспортных нагрузок на дорожное полотно. Выделим основные аспекты:

- при приложении резко возрастающих во времени нагрузок на основание, слабые грунты теряют сопротивление сдвигу и сцепление, возрастает их деформация.

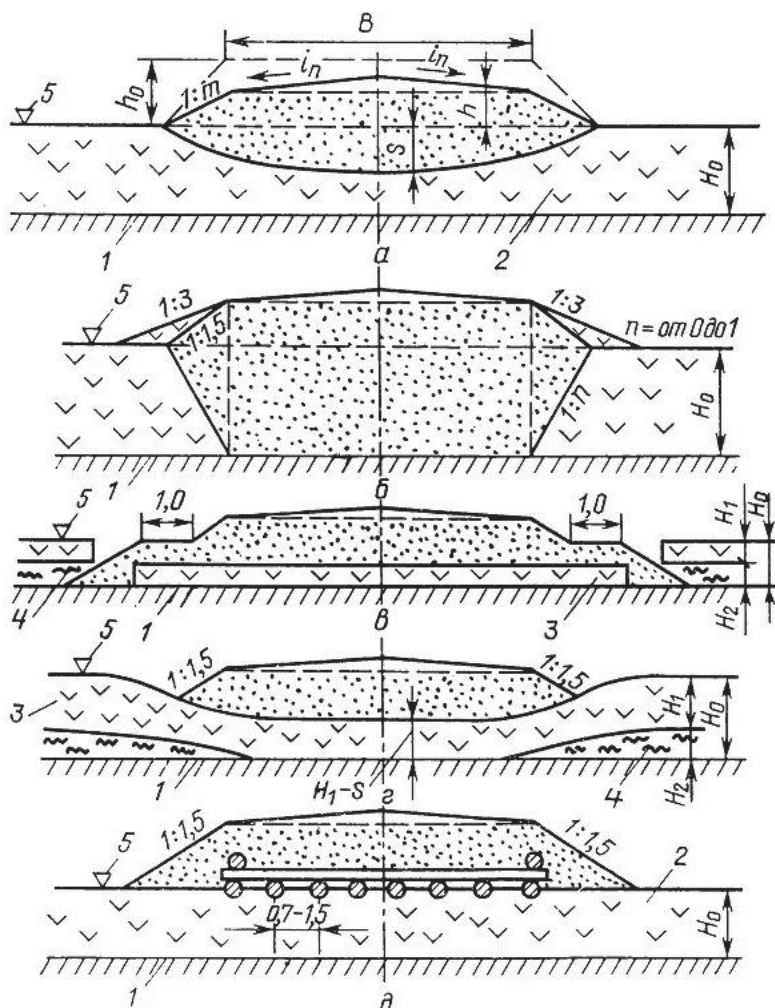
- при постоянно-переменного воздействия нагрузок от движения транспорта присутствующий в конструкции дорожной одежды или в основании слабый грунт негативно влияет на всю конструкцию в целом, провоцируя возникновение оползания откосов насыпи, сползания насыпи по косоугору, осадки слабого основания и выдавливания слабого грунта из-под подошвы насыпи.

- в результате возникновения множества факторов, имеющих значительное влияние на эксплуатацию сооружения, таких как осевые нагрузки, интенсивность движения, климатические характеристики, режим увлажнения, физико-механические свойства грунта, и постоянно меняющихся свою величину, точное прогнозирование тех или иных процессов становится невыполнимой задачей.

Разработка рациональной технологии строительства на слабых грунтах включает выбор методов усиления грунтов, оптимизацию конструкции дорожной одежды и обеспечение устойчивости дорожного покрытия.

Технология строительства земляного полотна на слабом основании, в частности на болотах, существует уже многие годы и в практике дорожного строительства, чаще всего, применяются следующие конструкции

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ



а – на болоте I типа, без выторфовывания; б – на болотах I и II типов с полным или частичным выторфовыванием; в – на болотах III типа с плавающей сплавиной (слоем торфа) и посадкой насыпи на минеральное дно; г – то же, но без устройство прорезей в сплавине; д – с устройством сланей из нетоварной древесины; 1 – минеральное дно болота; 2 – плотный торф; 3 – сплавина; 4 – жидкий торф; 5 – уровень болота; h_n – высота насыпи, отсыпаемой с запасом на осадку; h – высота насыпи после осадки; s – расчетная осадка насыпи; H_0 – глубина торфяной залежи; H_1 – толщина верхнего слоя торфа; H_2 – толщина нижнего (жидкого) слоя; S – осадка верхнего слоя торфа под нагрузкой от насыпи

Рисунок 1 – Устройство земляного полотна на болотах

земляного полотна на таких участках (рисунок 1) [4]. Применение данных схем несет с собой различного рода сложности в плане технологического процесса, особенно это наблюдается при использовании схем, изображенных на рисунке 1-б, 1-в и 1-д.

В связи с развитием современных материалов появляется необходимость в разработке новых схем устройство земляного полотна на болотах. К примеру, для повышения несущей способности слабых грунтов применяются следующие методы усиления:

- механические методы (уплотнение, армирование геосинтетическими материалами, замена грунта на более прочный);

- химические методы (инъектирование вяжущих материалов, стабилизация цементом или известью) и их сочетание.

Использование механических методов позволяет обеспечить существенную экономию материальных затрат в зависимости от типа болота и объема работ по выторфовыванию грунта, а использование синтетических материалов, таких как геотекстиль, даст необходимую защиту дорожной одежды от капиллярного поднятия воды в грунте земляного полотна. Использование же технологии замены грунта в основании насыпи позволяет использовать слабо фильтрационные грунты, которые сохраняют свою устойчивость на весь период эксплуатации земляного полотна.

Применение химических методов позволяет существенно увеличить прочность основания насыпи без использования большого числа строительной техники, к примеру, экскаваторов, и автосамосвалов. Однако наибольшие материальные затраты приходится именно на сам материал, которым производится укрепление, и, к примеру, обычный цемент может в разы повысить стоимость производства работ.

Стоит также учитывать, что на грунт земляного полотна может оказывать влияние не только грунтовая вода, но также и атмосферные осадки, которые могут нарушить устойчивость насыпи, в связи с этим встает вопрос правильного устройства дорожной одежды.

Конструкция дорожной одежды должна обеспечивать равномерное распределение нагрузок и предотвращать деформации покрытия. При ее проектировании учитываются толщины слоев, выбор материалов и наличие конструктивных элементов усиления.

Для обеспечения устойчивости дорожного покрытия необходимо организовать водоотведение и дренаж для предотвращения переувлажнения грунта, укрепить обочины для повышения устойчивости основания дороги, соорудить подпорные стены при наличии значительных перепадов высот.

Контроль качества строительства и мониторинг дорожного полотна в процессе эксплуатации позволяют своевременно выявлять и устранять дефекты. Для этого используются различные методы и приборы.

Для разработки новых технологий производства работ необходимо большое внимание уделить классическим технологиям, которые могут дать ответ на вопрос какую из технологических операций стоит изменить.

Рассмотрим основные положения по возведению земляного полотна на слабых грунтах.

Основные меры по минимизации негативного влияния, возникающего от динамической нагрузки, состоят в ряде конструктивных решений, а именно:

- сооружение насыпи с целью обеспечить устойчивость конструкции как во время строительства, так и в период эксплуатации.
- изоляция слабых грунтов основания и сооружаемой насыпи геосинтетическими материалами.
- устройство временной пригрузки для ускорения процесса консолидации грунтов слабого основания.
- создание безосадочных насыпей из пеноматериалов.

- устройство дренажной системы при помощи материалов с высоким показателем фильтрации.

- применение набивных (в особых случаях и забивных) свай.

Даже с учетом того, что данный алгоритм состоит из обобщенных пунктов, уже на этом этапе возникает необходимость уточнения исходных данных, при которых использование некоторых пунктов будет полностью нецелесообразно или потребует конкретизации.

Приведем пример технологию устройства насыпи для автомобильных дорог на заторфованных грунтах болотистой местности.

Вопреки классическому пониманию в отношении удаления дернового слоя при устройстве оснований и фундаментов при расположении конструкции дорожного полотна на болоте, дерновый слой рекомендуется (а иногда и необходимо) не снимать. Более того, произрастающие в пределах строительства деревья следует не выкорчевывать, а спиливать по уровню поверхности земли и срезы стволы укладывать поперек оси дороги.

Связано это с тем, что при воздействии на влажный заторфованный грунт, его физико-механические характеристики резко уменьшаются, и лучшим решением будет применение технологии устройства дорожного полотна без вмешательства в естественно сложенные слои грунта.

При более детальном рассмотрении каждого этапа строительства мы столкнемся с большим разнообразием методов и способов выполнения одной и той же задачи, что усложняет процесс проектирования и разработки технологии.

Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки и применяется в располагающих к этому условиях строительства.

Для разработки рациональной технологии строительства автомобильных дорог необходимо глубокое знание методов и способов всех этапов строительства этих сооружений, чтобы иметь возможность расчета стратегии применения этих методов, а также разработка эффективных методов получения достоверных данных по условиям строительства.

В настоящее время можно точно сказать, что выбор наиболее рациональной технологии в каждом конкретном случае будет свой и нельзя сделать одну универсальную технологию для каждого случая, однако использование классификации и существующих технологий строительстве земляного полотна позво-

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

ляет определиться с вектором работы. Наибольшие перспективы имеют направления использования химических методов и геотекстильных материалов, которые могут позволить обеспечить устойчивость либо основания земляного полотна, либо не допустить проникновение воды, что может повлечь за собой его разрушение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гохман, В. А. Основы дорожного строительства: учебное пособие для специальности «Строительные и дорожные машины и оборудование» / В. А. Гохман. – М. : Высшая школа, 1965. – 271 с.

2. Вознесенский, Е. А. Поведение грунтов при динамических нагрузках : учебное пособие / Е. А. Вознесенский. – М. : Изд-во МГУ, 1997. – 288 с.

3. Автомобильные дороги и мосты. Строительство конструктивных слоев дорожных одежд из грунтов, укрепленных вяжущими материалами: Обзорная информация / Подгот. С. Г. Фурсов. – М. : ФГУП «Информавтодор», 2007. – Вып. 3.

4. Абелев, М. Ю. Геотехнические исследования площадок строительства, сложенных слабыми водонасыщенными глинистыми грунтами / М. Ю. Абелев, К. М. Абелев // Геотехника. – 2010. – № 6. – С. 30-33.

Меренцова Галина Степановна – д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: adio-06@mail.ru;

Данилов Александр Александрович – студент группы 8Сад-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: lol0708200@mail.ru.

УДК 625.7

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТ ПО СООРУЖЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Г. С. Меренцова, К. А. Зверев

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье приведены основные положения по технологии и организации работ по сооружению земляного полотна автомобильных дорог в зимний период при отрицательной температуре. Реализация этой технологии позволяет увеличить объем годовых дорожных работ. Приведены требования по соблюдению основных параметров по возведению земляного полотна автомобильных дорог при отрицательной температуре.

Ключевые слова: автомобильная дорога, земляное полотно, зимний период, отрицательная температура, параметры, технологии, длина захватки, мерзлые комья, мерзлый грунт.

Выполнение земляных работ в зимнее время сокращает сроки строительства автомобильных дорог. Однако в зимнее время сокращается производительность труда.

Выполнение земляных работ в зимнее время позволяет увеличить годовой объем дорожных работ по строительству автомобильных дорог и сокращает сроки строительства. Данный вид работ требуются дополнительные подготовительные мероприятия.

Необходимо проводить специальные подготовительные работы [1]:

- установить снегонезаносимые разбивочные знаки;

- обеспечить водоотвод в местах производства работ в осеннюю и весеннюю распутицу;

- подготовить подъездные пути, а также ограждения их от снежных заносов;

- предохранить от промерзания участки, намеченные к разработке, а также участки с пучинистыми основаниями;

- обеспечить освещение мест работ при разработке грунта;

- подготовить помещения для обогрева рабочих;

- до наступления холодов необходимо подготовить сосредоточенные резервы и грунтовые карьеры.

Разберем основные способы разработки грунта при отрицательных температурах:

Предохранение грунта от промерзания. Известно, что наличие на дневной поверхности термоизоляционного слоя уменьшает как период, так и глубину промерзания. После отвода поверхностных вод можно устроить термоизоляционный слой одним из следующих способов.

При вспахивании и бороновании грунта на участке, его верхний слой приобретает рыхлую структуру с замкнутыми пустотами, заполненными воздухом, обладающую достаточными термоизоляционными свойствами. Вспашку ведут тракторными плугами или рыхлителями на глубину 20...35 см с последующим боронованием на глубину 15...20 см в одном или перекрестных направлениях, что повышает термоизоляционный эффект на 18...30% [2].

Защита поверхности грунта термоизоляционными материалами. Утепляющий слой может быть выполнен из дешевых местных материалов: древесных листьев, сухого мха, торфяной мелочи, соломенных матов, шлака, стружек и опилок, укладываемых слоем 20...40 см непосредственно по грунту.

В последнее время в качестве утеплителя применяют быстротвердеющую пену (пенопласт), обладающую высокой пористостью. Слой пены толщиной 30...50 см отодвигает начало замерзания грунта на 1,5...2 месяца. Пену готовят и наносят пеногенерирующими установками. Поверхностное утепление грунта применяют в основном для небольших по площади выемок.

Оттаивание мерзлого грунта проводят способами, которые классифицируются как по направлению распространения тепла в грунте, так и по виду теплоносителя.

По направлению распространения тепла в грунт можно выделить следующие три способа оттаивания грунта.

Оттаивание грунта сверху вниз. Этот способ является наименее эффективным, так как источник тепла размещается в зоне холодного воздуха, что вызывает большие потери тепла. В то же время этот способ достаточно легко и просто осуществим, требует минимальных подготовительных работ, в связи с чем часто применяется на практике.

Оттаивание грунта способом снизу вверх требует минимального количества энергии, так как оттаивание происходит под защитой ледоземляной корки и теплопотери при этом практически исключаются. Главный недостаток этого способа – необходимость выполне-

ния трудоемких подготовительных операций, что ограничивает область его применения.

По виду теплоносителя различают различные основные способы оттаивания мерзлых грунтов.

При использовании огневого способа можно обойтись костром, разводимым на участке предполагаемой разработки грунта. Но сжигаемое в костре топливо расходуется весьма неэкономно – лишь ничтожная часть выделяемой тепловой энергии используется на оттаивание грунта. Этот способ может применяться в исключительных случаях для очень малых объемов работ.

Для отрывки зимой небольших траншей более экономично применять звеньевой агрегат, состоящий из ряда металлических коробов в форме разрезанных по продольной оси усеченных конусов, из которых собирают сплошную галерею. Первый короб представляет собой камеру сгорания, в которой сжигают твердое или жидкое топливо. Вытяжная труба последнего короба обеспечивает тягу, благодаря которой продукты сгорания проходят вдоль галереи и прогревают расположенный под ней грунт.

Для уменьшения теплопотерь галерею обсыпают слоем талого грунта или шлака. Полосу оттаявшего грунта засыпают опилками, а дальнейшее оттаивание вглубь продолжается за счет аккумулированного в грунте тепла

При оттаивании грунта горизонтальными электродами по поверхности грунта укладывают электроды из полосовой или круглой стали, концы которых отгибают на 15...20 см для подключения к проводам. Поверхность отогреваемого участка покрывают слоем опилок толщиной 15...20 см, который смачивают солевым раствором концентрацией 0,2...0,5% с таким расчетом, чтобы масса раствора была не менее массы опилок. Вначале смоченные опилки являются токопроводящим элементом, так как замерзший грунт не проводит ток. Под воздействием тепла, генерируемого в слое опилок, оттаивает верхний слой грунта, который превращается в проводник тока от электрода к электроду. После этого под воздействием тепла начинает оттаивать верхний слой грунта, а затем – нижележащие слои.

Еще один способ оттаивания грунта заключается в использовании вертикальных электродов. Электроды представляют собой стержни из арматурной стали с заостренными нижними концами. При глубине промерзания более 0,7 м их забивают в грунт в шахматном порядке на глубину 20...25 см, а по мере от-

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТ ПО СООРУЖЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

таивания верхних слоев грунта погружают на большую глубину. При оттаивании сверху вниз необходимо систематически убирать снег и устраивать списочную засыпку, увлажненную соевым раствором. Режим прогрева при стержневых электродах такой же, как и при полосовых, причем во время отключения электроэнергии электроды следует дополнительно заглублять до 1,3...1,5 м. После отключения электроэнергии в течение 1...2 суток глубина оттаивания продолжает увеличиваться за счет аккумулированного в грунте тепла под защитой опилочного слоя. Расход энергии при этом способе несколько ниже, чем при способе горизонтальных электродов.

Применяя прогрев снизу вверх, до начала прогрева необходимо бурить скважины, расположенные в шахматном порядке на глубине, превышающей на 15...20 см толщину мерзлого грунта. Расход энергии при отоплении грунта снизу вверх существенно снижается, составляя 50...150 МДж на 1 м³, а засыпать слой опилок не требуется.

При заглублении стержневых электродов в подстилающий талый грунт и одновременном устройстве на дневной поверхности опилочной засыпки, пропитанной соевым раствором, оттаивание происходит в направлении сверху вниз и снизу вверх. При этом трудоемкость подготовительных работ значительно выше, чем в первых двух вариантах. Применяют этот способ лишь в исключительных случаях, когда необходимо срочно оттаять грунт.

Паровое оттаивание основано на выпуске пара в грунт, для чего служат специальные технические средства – паровые иглы. Паровая игла – это металлическая труба длиной до 2 м диаметром 25...50 мм. На нижнюю часть трубы насажен наконечник с отверстиями диаметром 2...3 мм. Иглы соединяются с паропроводом гибкими резиновыми шлангами с краями.

Иглы заглубляются в скважины, предварительно пробуриваемые на глубину, равную 0,7 глубины оттаивания. Скважины закрывают защитными колпаками, снабженными сальниками для пропуска паровой иглы. Пар подается под давлением 0,06...0,07 МПа. После установки аккумулирующих колпаков прогреваемую поверхность покрывают слоем термоизолирующего материала (например, опилок). В целях экономии пара режим прогрева иглами должен быть прерывистым (например, 1 час – подача пара, 1 час – перерыв) с поочередной подачей пара в параллельные группы игл.

Оттаивание электронагревателями основано на передаче тепла мерзлому грунту контактным (кондуктивным) способом. При этом методе в качестве основных технических средств применяют так называемые электроиглы.

Электроиглы представляют собой стальные трубы длиной около 1 м и диаметром 50...60 мм. Внутри иглы установлен нагревательный элемент, изолированный от корпуса трубы, который имеет контактные выводы для подключения к электрической цепи. Нагреваясь, элемент передает тепловую энергию стальному корпусу, а тот – мерзлому грунту. В настоящее время в практике строительства применяют много типов электроигл (жидкостно-статические, коаксиальные, трубчатые электронагреватели и др.), сохраняющих указанный принцип действия в отличающихся только конструктивным исполнением.

При оттаивании грунтов электронагревателями тепло распространяется в радиальном направлении, а мерзлые перемычки имеют вид конусов, постепенно уменьшающихся со временем размеров. Скорость оттаивания зависит от температуры поверхности нагрева электронагревателей. С повышением температуры скорость оттаивания увеличивается, но повышается удельный расход энергии на оттаивание единицы объема грунта.

Предварительное рыхление мерзлого грунта осуществляют взрывным или механическим способами.

Механическое рыхление заключается в дроблении или сколе мерзлого слоя динамическим или статическим воздействием, которое осуществляют сменным рабочим оборудованием, устанавливаемым на базовой машине экскаваторе, тракторе и др.).

Динамическое воздействие наиболее эффективно при разработке твердомерзлых грунтов. Из методов динамического воздействия наиболее распространен ударный способ, при котором используют клин-молот (рыхление раскалыванием) или дизель-молот (рыхление сколом).

Рыхление сколом применяют при глубине промерзания до 1,3 м. Дизель-молот является навесным оборудованием к экскаватору, трактору-погрузчику и трактору. Рыхлить мерзлый грунт дизель-молотом можно по двум технологическим схемам. По первой схеме дизель-молот рыхлит мерзлый слой, двигаясь зигзагом по точкам, расположенным в шахматном порядке с шагом 0,8 м. При этом сферы дробления от каждой рабочей

стоянки сливаются между собой, образуя сплошной разрыхленный слой, подготовленный для последующей разработки. Вторая схема требует предварительной подготовки открытой стенки забоя, разрабатываемого экскаватором; после этого дизель-молот устанавливают на расстоянии примерно 1 м от бровки забоя и наносят им удары по одному месту до тех пор, пока не произойдет скол глыбы мерзлого грунта.

Мерзлый грунт, разрыхленный перекрестными проходками одноствоечного рыхлителя, можно успешно разрабатывать тракторным скрепером. Этот способ весьма экономичен и с успехом конкурирует с буровзрывным способом.

Соблюдение указанных выше параметров возведения земляного полотна автомобильных дорог поможет выполнять работы по устройству земляного полотна в зимний период времени, что позволит увеличить годо-

вой объем дорожных работ в условиях сибирского региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Могилевич, В. М. Организация и технология дорожно-строительных работ в зимнее время: учебное пособие для вузов / В. М. Могилевич. – М. : Высшая школа, 1971. – 268 с.

2. Справочник-техника дорожника / Под ред. В. К. Некрасова. – М. : Транспорт, 1978. – 424 с.

Меренцова Галина Степановна – д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: adio-06@mail.ru;

Зверев Константин Анатольевич – студент группы 8Сад-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: zverev.k.01@mail.ru.

УДК 625.87.02-047.84

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АРМИРОВАНИЯ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ГЕОСЕТКОЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРИ АРМИРОВАНИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ГЕОСЕТКОЙ

Г. С. Меренцова, М. А. Каландарашвили

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассматривается проблема трещинообразования асфальтобетонных покрытий, что актуально для обеспечения долговечности и безопасности дорожных объектов. Авторами предложена новая методология армирования слоев дорожной одежды геосеткой. Технология включает в себя этапы проектирования, выбора оптимальных материалов и методик укладки геосетки, а также оценку ее влияния на прочностные характеристики асфальтобетонных смесей. Проведенные эксперименты показывают, что использование геосетки способствует значительному уменьшению трещинообразования, что в свою очередь продлевает срок службы дорожного покрытия. Статья содержит также рекомендации по внедрению данной технологии в практику, а также анализ экономической эффективности ее применения. Результаты исследования могут быть полезны как для дорожных организаций, так и для ученых, занимающихся улучшением качества дорожных материалов.

Ключевые слова: автомобильная дорога, асфальтобетонное покрытие, дорожное основание, дорожная одежда, трещинообразование, напряжение, армирование, трещинопрерывающая прослойка, геосетка, дорога.

В последние годы вопрос долговечности асфальтобетонных покрытий стал одной из ключевых тем в области дорожного строительства. Трещинообразование является од-

ной из главных причин ухудшения состояния дорог, что приводит к дополнительным затратам на ремонт и обслуживание. Разработка новых технологий, направленных на сниже-

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АРМИРОВАНИЯ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ГЕОСЕТКОЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРИ АРМИРОВАНИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ГЕОСЕТКОЙ

ние этого дефекта, является актуальной задачей.

Трещинообразование асфальтобетонных покрытий – это сложная и многофакторная проблема, которая затрагивает дороги всех категорий и типов [1].

Основные причины возникновения трещин включают:

- нагрузки от транспортных средств: Постоянное воздействие тяжёлого транспорта приводит к значительным деформациям асфальтобетона, что со временем может вызвать его разрушение;

- климатические условия: Температурные колебания, влажность и другие атмосферные факторы способствуют расширению и сжатию материалов, что инициирует процесс трещинообразования;

- качество материалов и технологии укладки: Применение некачественных материалов, а также нарушения в технологиях укладки и распределения асфальтобетонной смеси также играют значительную роль в возникновении трещин;

- недостаточная жесткость слоев: Недостаточная прочность и жесткости верхнего слоя дорожной одежды приводит к смещению и появлению трещин как на поверхности, так и в более глубоких слоях покрытия.

Последствия трещинообразования дорожной одежды.

Трещинообразование дорожной одежды может иметь серьезные последствия как для пользователей дорог, так и для бюджетов местных органов власти. Ниже приведены основные последствия такого явления:

- ухудшение безопасности дорожного движения;

- Увеличение риска ДТП: Трещины могут создавать препятствия для водителей, влияя на управляемость и сцепление шин с дорогой;

- проблемы с видимостью: Неровности и трещины могут привести к образованию лужи или замерзанию воды, что увеличивает риск скольжения.

Неудовлетворительное состояние покрытия автомобильной дороги влечет за собой повышение затрат на ее содержание, а именно:

- ремонт и обслуживание: Образование трещин требует регулярного ремонта, что увеличивает эксплуатационные расходы;

- необходимость капитального ремонта: Если трещины не будут устранены вовремя, это может привести к необходимости проведения капитального ремонта, что требует значительных финансовых ресурсов;

Кроме того, снижается комфорт при движении из-за появления дополнительных раздражающих водителей факторов:

- шум и вибрация: Трещины в покрытии могут создавать дополнительные колебания и шум, что ухудшает комфорт поездки;

- уменьшение скорости движения: Водителям может потребоваться снизить скорость при движении по участкам с трещинами, что увеличивает общее время в пути.

В связи с тем, что водителям приходится объезжать новые препятствия, которые появились на дороге в связи с ее неудовлетворительным состоянием, происходит увеличение нагрузки на другие элементы инфраструктуры:

- смещение нагрузок: Распределение нагрузки на другие участки покрытия может привести к образованию дополнительных трещин на смежных участках;

- износ дорожной разметки и знаков: Неровности в дорожном покрытии могут ускорять износ разметки и дорожных знаков из-за увеличенных механических воздействий.

Неудовлетворительное состояние покрытия также оказывает влияние на окружающую среду, которое связано с косвенными факторами, а именно:

- ликвидация отремонтированных участков: Частые ремонты приводят к образованию строительных отходов, что негативно сказывается на экологии.

- загрязнение водоемов: Вода, стекающая по трещинам, может уносить с собой загрязняющие вещества, что приводит к загрязнению близлежащих водоемов.

Помимо физико-механических, прочностных и эксплуатационных характеристик, также страдает эстетическая привлекательность:

- негативное впечатление у населения: Трещины и повреждения на дорогах могут негативно сказаться на имидже региона и уменьшить притяжение для туристов;

- снижение стоимости недвижимости: Плохое состояние дорожного покрытия может привести к падению стоимости окружающей недвижимости.

Таким образом, трещинообразование дорожной одежды – это серьезная проблема, требующая внимательного мониторинга и своевременной реакции со стороны дорожных служб и властей.

Трещины представляют собой не только косметическую проблему, но и серьезную угрозу для долговечности асфальтного покрытия. Они могут привести к дальнейшему разрушению, увеличению затрат на ремонт и

ухудшению безопасности дорожного движения. В связи с этим, поиск эффективных решений для минимизации трещинообразования является насущной задачей в области дорожного строительства. Внедрение технологий армирования, таких как использование геосеток, обещает стать одним из перспективных направлений в решении данной проблемы.

Трещины в асфальтобетонных покрытиях могут возникать по нескольким причинам, включая механические нагрузки, температурные колебания и физико-химические процессы. Существующие методы борьбы с трещинообразованием, такие как использование модификаторов и добавок, не всегда обеспечивают необходимую эффективность. Это делает необходимым поиск новых подходов к армированию слоев дорожной одежды.

В данной статье предложена технология армирования слоев дорожной одежды с использованием геосетки.

Геосетка представляет собой специальный матричный материал, который помогает распределить нагрузки и улучшить прочностные характеристики асфальтобетона.

Этапы реализации технологии включают:

1. Подготовка основания:

- очистка территории от растительности, мусора и других препятствий;
- проведение геодезических работ для определения уровней и уклонов.

2. Устранение дефектов основания:

- ремонт и выравнивание существующего покрытия;
- устранение выбоин и трещин.

3. Укладка геосетки:

- подготовка геометрии укладки: геосетка должна быть натянута и расправлена;
- установка геосетки на подготовленное основание с помощью специальных крепежей.

4. Укладка слоев асфальтобетона:

- нанесение первого слоя асфальтобетона на геосетку;
- трамбовка и уплотнение первого слоя.

5. Контроль качества:

- проверка равномерности и плотности укладки;
- оценка прочности соединения геосетки с асфальтобетоном.

6. Укладка верхних слоев:

- укладка следующих слоев асфальтобетона с учетом проектной высоты;
- повторное уплотнение всех слоев.

7. Финальная отделка:

- проведение окончательных работ, таких как покраска разметки и установка дорожных знаков;

- завершение работ по обустройству прилегающей территории.

8. Мониторинг и обслуживание:

- периодическое обследование дороги для выявления возможных дефектов;
- проведение необходимых ремонтных работ по мере необходимости.

В рамках исследования проведены испытания, целью которых было оценить влияние армирования геосеткой на трещинообразование асфальтобетонных покрытий.

Протестированы образцы с армированием и без армирования, результаты показали, что использование геосетки снизило уровень трещинообразования на 30-50%, в зависимости от условий эксплуатации.

Внедрение технологии армирования с использованием геосетки не только повышает долговечность покрытий, но и оправдывает затраты на ее применение. Сокращение объемов ремонтных работ и увеличение интервала между ними позволяют значительно снизить стоимость эксплуатации дорог.

Предложенная технология армирования слоев дорожной одежды геосеткой демонстрирует высокую эффективность в снижении трещинообразования асфальтобетонных покрытий.

Данные результаты открывают новые горизонты для улучшения качества дорожного строительства и могут быть внедрены в практику дорожных организаций.

Дальнейшие исследования в этом направлении будут способствовать развитию технологий, направленных на повышение устойчивости дорожных покрытий.

В заключение: разработка технологии армирования слоев дорожной одежды с использованием геосеток представляет собой важный шаг в борьбе с трещинообразованием асфальтобетонных покрытий.

Применение геосеток позволяет значительно повысить прочность и жесткость дорожных слоев, что, в свою очередь, способствует снижению деформаций и увеличению долговечности покрытия.

Эффективность данной технологии подтверждается как теоретическими исследованиями, так и практическими испытаниями.

Внедрение геосеток в дорожное строительство не только улучшает эксплуатационные характеристики асфальтобетонных покрытий, но и снижает затраты на их обслуживание и ремонт.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АРМИРОВАНИЯ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ГЕОСЕТКОЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРИ АРМИРОВАНИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ГЕОСЕТКОЙ

Таким образом, использование геосеток в армировании слоев дорожной одежды является перспективным направлением, которое может существенно изменить подход к проектированию и строительству дорог, обеспечивая более безопасные и долговечные транспортные пути для всех пользователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меренцова, Г. С. Повышение трещиностойкости и эксплуатационной надежности асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог:

монография / Г. С. Меренцова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2018. – 107 с.

Меренцова Галина Степановна – д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: adio-06@mail.ru;

Каландарашвили Михаил Александрович – студент группы 8Сад-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: Kalandarashvili01@mail.ru.

УДК 625.855.3-047.37

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ РАЗНОВИДНОСТЕЙ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАБОТОК И СЛОЕВ ИЗНОСА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Г. С. Меренцова, А. А. Кукса

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул.

Проведен анализ разновидностей поверхностных обработок и защитных слоев износа асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог, позволяющий выявить целесообразность их применения в конкретных условиях. Охарактеризованы виды поверхностных обработок асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог и технология их устройства. Приведены разновидности слоёв износа асфальтобетонных покрытий и их рациональные технологические операции устройства. Описаны сведения о разработанных практических рекомендациях по устройству поверхностных обработок и защитных слоёв износа асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

Ключевые слова: *поверхностная обработка, слои износа, асфальтобетонное покрытие, автомобильная дорога, устройство, технология, анализ, практические рекомендации, виды, разновидности.*

Проведены исследования по оценке разновидностей поверхностных обработок и слоёв износа асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

Поверхностная обработка и слои износа играют критически важную роль в обеспечении долговечности и надежности асфальтобетонных покрытий, которые подвергаются постоянным нагрузкам в процессе эксплуатации автомобильных дорог. Эти элементы конструкции не просто выполняют функцию защиты; они становятся своеобразной броней для дорожного полотна, препятствуя его преждевременному разрушению.

Поверхностная обработка представляет собой тонкий, но весьма эффективный защитный слой, который наносится на асфаль-

тобетонные покрытия. Этот слой выполняет несколько ключевых задач.

Во-первых, он защищает дорожное покрытие от механического износа, вызванного движением транспортных средств. Под воздействием колес автомобилей асфальт может быстро терять свою целостность, и именно поверхностная обработка помогает замедлить этот процесс, увеличивая срок службы дороги.

Во-вторых, данный защитный слой способствует созданию водонепроницаемой поверхности. Это особенно важно, поскольку вода, проникая в структуру асфальта, может вызывать разрушение нижерасположенных слоев дорожной одежды и земляного полотна. Снижение влажности в этих слоях предотвращает появление трещин и других де-

формаций, которые могут возникать под воздействием замораживания и оттаивания воды. Таким образом, поверхностная обработка не только защищает сам асфальт, но и обеспечивает стабильность всей дорожной конструкции в целом [1].

Кроме того, важно отметить, что эффективная поверхностная обработка помогает улучшить сцепление колес автомобилей с дорогой, что способствует повышению безопасности дорожного движения. Устойчивый и прочный защитный слой уменьшает риск аквапланирования и других опасных ситуаций, связанных с ухудшением дорожных условий.

За счёт устройства поверхностной обработки значительно повышается коэффициент сцепления шин с дорожным покрытием, что в свою очередь способствует увеличению безопасности движения автомобильного транспорта. Это особенно важно в условиях неблагоприятной погоды, когда дороги могут быть скользкими из-за дождя или снега.

В зависимости от количества разлитого битума и числа слоев рассыпанного щебня различают два основных типа поверхностной обработки: одиночную и двойную. Одиночная обработка подразумевает нанесение одного слоя битума с последующим распределением щебня, тогда как двойная обработка включает в себя два слоя, что обеспечивает еще более высокую прочность и долговечность покрытия.

Кроме того, различают поверхностную обработку с использованием фракционированного щебня, который выбирается по определенным фракциям для достижения оптимальных характеристик, и обработку с использованием эмульсионно-минеральных смесей. Эти методы позволяют адаптировать покрытие под специфические условия эксплуатации, улучшая его эксплуатационные характеристики и увеличивая срок службы дорожного полотна. Поверхностную обработку не включают в число конструктивных слоёв дорожной одежды, так как она быстро изнашивается движением автомобилей.

Шероховатая поверхностная обработка устраивается путём разлива по поверхности покрытия органических вяжущих материалов и распределения прочных каменных материалов с уплотнением. Эта поверхностная обработка применяется на автомобильных дорогах III-V категорий при интенсивности движения не более 5000 автомобилей в сутки.

Работы по устройству поверхностной обработки асфальтобетонных покрытий требуют тщательного подхода, и одним из клю-

чевых факторов является температура воздуха. Для достижения оптимальных результатов эти работы следует проводить при температуре не ниже +15°C. Низкие температуры могут привести к проблемам с адгезией материалов, что негативно скажется на прочности и долговечности покрытия (рисунок 1).



Рисунок 1 – Распределение шероховатой поверхностной обработки

Необходимо использовать щебень марки не ниже 1200, полученный из трудношлифуемых изверженных и метаморфических пород. Это связано с высокой прочностью таких материалов. Щебень должен иметь узкие фракции и кубовидную форму зерен, с размером не более 20 мм, чтобы обеспечить однородность и хорошее сцепление. Важно, чтобы щебень был чистым и не содержал пыли и глины, так как загрязнения могут ухудшить адгезию и привести к образованию дефектов.

Работы по устройству поверхностной обработки являются важным этапом укладки дорожных покрытий. Перед началом необходимо тщательно очистить поверхность от загрязнений, таких как пыль и грязь. Если используется битум, поверхность должна быть полностью сухой для обеспечения надежного сцепления. При использовании эмульсий поверхность должна быть слегка влажной, что достигается добавлением около (0,5 л/м²) [1].

Температура вяжущего вещества во время разлива также критична. Для битумов с пенетрацией до 130°C-(130-160°C); Для битумов с пенетрацией выше 130°C-(100-130°C). Соблюдение этих рекомендаций обеспечивает качество работ и долговечность дорожного покрытия.

Щебень следует равномерно распределять по подготовленной поверхности после того, как вяжущее вещество было тщательно розлито. При этом важно создать слой, состоящий исключительно из щебня, что обес-

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ РАЗНОВИДНОСТЕЙ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАБОТОК И СЛОЕВ ИЗНОСА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ



Рисунок 2 – Уплотнение поверхностной обработки



Рисунок 3 – Конструкция дорожной одежды со слоем износа

печит необходимую прочность и устойчивость покрытия. Для достижения оптимального результата рекомендуется укатывать щебень катком, выполняя от 4 до 5 проходов по одному и тому же следу. Это позволит добиться равномерного уплотнения и лучшего сцепления с вяжущим материалом (рисунок 2).

В течение первых 2-3 дней эксплуатации нового покрытия крайне важно ограничить движение автомобилей. Рекомендуется не превышать скорость в 40 км/ч, чтобы избежать повреждений и обеспечить правильное осаживание материалов.

Также необходимо внимательно регулировать движение по ширине проезжей части, чтобы избежать неравномерного распределения нагрузки и предотвратить образование ям или других деформаций.

Необходимо следить за состоянием покрытия и своевременно удалять незакрепившийся щебень. Это поможет сохранить целостность и долговечность дорожного полотна, а также обеспечит безопасность движения транспортных средств.

Правильный уход за покрытием на данном этапе является залогом его надежности и долговечности в будущем.

Поверхностную обработку с использованием битумных эмульсий следует проводить в следующем порядке:

- розлив эмульсии по покрытию в количестве 30% нормы;
- распределение щебня в количестве 70% нормы;
- розлив остального количества эмульсии;
- распределение остального количества щебня; укатка.

Помимо ШПО на некоторых участках автомобильных дорог устраиваются слои износа, которые, обычно, устраивают из асфальтобетонов, модифицированных полимерно-битумными вяжущими (рисунок 3).

Применение данной технологии позволяет существенно увеличить срок службы асфальтобетонного покрытия и автомобильной дороги в целом, кроме того, постоянное обновление участков с защитным слоем позволяет на долгие годы обеспечить высокие сцепные качества и безопасность движения.

В настоящее время существует опыт использования для устройства слоев износа асфальтобетона на основе жидких битумов, преимущество которого особенно заметно в летний период. В связи с особенностями вяжущего, жидкий битум под воздействием солнечного света в жаркие дни начинает плавиться, что приводит к самозалечиванию трещин, которые появились в зимний период.

Такой подход позволяет не только увеличить долговечность покрытия, но и провести самостоятельный ремонт покрытия, без привлечения специализированного потока машин по заделке трещин.

Для улучшения данной технологии стоит обратить внимание на вяжущее, которые получают путем разбавления вязких битумов, в частности БНД 100/130 керосином. Применение в этот момент дополнительных адгезионных и полимерных присадок может существенно повысить качество будущего асфальтобетона, что увеличит долговечность таких слоев износа, а значит и увеличение межремонтных сроков с экономией материальных и денежных затрат.

Проведенные исследования подчеркивают значимость выбора оптимальных разновидностей асфальтобетонных покрытий, а также применения эффективных методов их обработки, что в свою очередь напрямую влияет на долговечность автомобильных дорог.

В процессе анализа различных типов асфальтобетона было установлено, что определенные смеси обладают улучшенными

характеристиками, такими как устойчивость к деформациям, трещинообразованию и воздействию климатических факторов. Это свидетельствует о том, что правильный выбор материала является ключевым фактором, способствующим увеличению срока службы дорожного покрытия.

Результаты работы показывают, что внедрение современных технологий в процесс строительства и ремонта дорожных покрытий может стать важным шагом к улучшению состояния дорожной инфраструктуры. Это, в свою очередь, влияет на безопасность дорожного движения, снижая риск аварий и обеспечивая более комфортные условия для пользователей дорог.

УДК 624.24

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ МОСТОВОГО ПОЛОТНА СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

Г. С. Меренцова, Ф. К. Овеян

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Рассматриваются основные причины формирования трещин мостового полотна сборных железобетонных мостов, включая недостатки проектирования, использование материалов низкого качества и неблагоприятные климатические условия. Основное внимание уделено современным методам повышения трещиностойкости, таким как армирование асфальтобетонного покрытия геосетками и система внешнего армирования полимерными композиционными материалами.

Ключевые слова: трещиностойкость, сборные железобетонные мосты, трещинообразование, полимерные композиционные материалы, асфальтобетонное покрытие, армирование, геосетка.

Сборные железобетонные мосты занимают значительное место в современном строительстве благодаря своей экономичности, скорости возведения и высокой прочности. Однако, одна из серьезных проблем — это трещинообразование в мостовом полотне.

Мостовое полотно представляет собой комплекс элементов, расположенных на пролетном строении, которое служит для обеспечения комфортного и безопасного движения как для транспортных средств, так и для пешеходов [1]. Также оно играет важную роль в отводе влаги с поверхности ездового полотна, тротуаров и мест соединения с подходами. Трещины, возникающие в мостовом полотне, являются серьезным дефектом, поскольку вода, проникая в их пазы, оказывается в «плесне», без возможности выхода на по-

142

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник техника дорожника / Под ред. В. К. Некрасова. — М. : Транспорт. 1978. — 424 с.

Меренцова Галина Степановна — д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: adio-06@mail.ru;

Кукса Антон Анатольевич — студент группы 8Сад-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kuksa-anton@mail.ru.

верхность. Это приводит к медленному, но неотвратимому разрушению бетона и способствует коррозии арматурных элементов, что может существенно негативно сказаться на долговечности всей структуры.

Трещинообразование в мостовом полотне представляет собой сложный и многофакторный процесс, который может значительно ухудшить эксплуатационные характеристики моста и поставить под угрозу безопасность движения.

Одним из ключевых факторов, способствующих возникновению трещин, является использование низкокачественного бетона. Неправильные пропорции ингредиентов, отсутствие контроля за качеством или применение несертифицированных материалов могут существенно снизить прочность и устойчивость конструкции.

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ № 1 2025

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ МОСТОВОГО ПОЛОТНА СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

Ошибки в расчетах нагрузок и деформаций также играют важную роль. Если проектировщики не принимают во внимание реальные условия эксплуатации, это может привести к недостаточной жесткости конструкции. В результате мост будет испытывать превышение расчетных нагрузок, что может вызвать локальные деформации и трещины.

Кроме того, важным фактором являются внешние климатические условия. Сильные перепады температур, осадки, замерзание и оттаивание вызывают циклические деформации материала, что в свою очередь может привести к образованию трещин. Эти деформации могут не только повредить покрытие моста, но и уменьшить его несущую способность.

Также следует учитывать, что мост испытывает как постоянные, так и временные нагрузки от проезжающих автомобилей, что ведет к дополнительным деформациям.

На мосту дорожная одежда, как правило, укладывается на плиту проезжей части, которая воспринимает нагрузки и деформируется между главными балками пролетного строения. Это создает условия для возникновения трещин преимущественно в верхней части дорожной одежды. При отрицательных изгибах, которые возникают над стенками продольных ребер или главными балками, это может привести к образованию продольных трещин, которые очевидно заметны уже после первого года эксплуатации моста. На рисунке 1 показаны дефекты покрытия проезжей части эксплуатируемого железобетонного моста.

Одним из методов, способствующих замедлению процесса возникновения трещин в асфальтобетонном покрытии, является армирование [2].

Использование геосеток в технологии армирования асфальтобетона помогает предотвратить основные виды деформаций и повреждений, такие как температурные, отраженные и усталостные трещины.

Геосетки играют важную роль в армировании асфальтобетона, так как они способны преобразовывать вертикальные нагрузки в горизонтальные и, тем самым, влиять на распределение напряжений в асфальтовой конструкции. Эти сетки обеспечивают перераспределение горизонтальных напряжений, что, в свою очередь, уменьшает интенсивность местных нагрузок и поглощает возникающие напряжения. Благодаря своей способности к перераспределению усилий, геосетки значительно снижают локальные нагрузки на асфальтобетон, что способствует продлению

его эксплуатационного срока. Это уменьшает вероятность возникновения трещин в дорожном покрытии, что в итоге ведет к значительному увеличению срока службы как всей дорожной конструкции, так и ее отдельных слоёв.

На рисунке 2 показаны горизонтальные напряжения, возникающие при растяжении в асфальтобетоне. На рисунке 3 изображена взаимосвязь между растягивающим усилием и относительным удлинением асфальтобетона.

Поверхность материала сетки составляет 5% и не нарушает сцепление слоев асфальтобетона. Геосетки эффективно могут замедлять процесс образования в асфальтобетоне отраженных трещин, возникающих в зоне швов железобетонных плит, стыков старого и нового покрытия. На рисунке 4 представлено армирование асфальтобетона геосеткой.

В конструкциях пролетного строения моста, выполненных из обычного железобетона, трещины в тех участках, которые подвергаются растягивающим усилиям и испытывают напряжения, превышающие расчетные значения, возникают практически неизбежно. Этот факт предусмотрен уже на этапе проектирования.



Рисунок 1 – Дефекты покрытия проезжей части

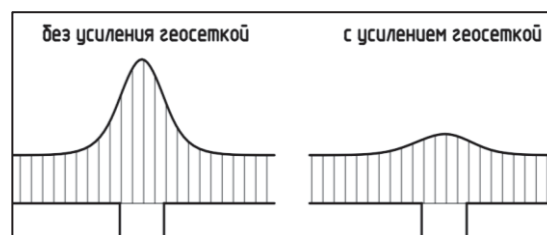


Рисунок 2 – Горизонтальные напряжения, возникающие при растяжении в асфальтобетоне

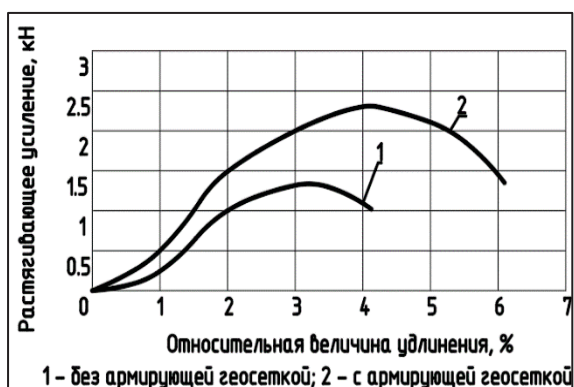


Рисунок 3 – Взаимосвязь между растягивающим усилием и относительным удлинением асфальтобетонных конструкций



Рисунок 4 – Армирование асфальтобетона геосеткой

В рамках проектных решений устанавливается предел раскрытия трещин, равный 0,2 мм. Данный размер считается допустимым, поскольку при таком уровне раскрытия возможность проникновения влаги к арматуре остается ограниченной. Это, в свою очередь, значительно снижает риск коррозионного разрушения арматурных элементов, что благоприятно сказывается на долговечности конструкции в целом.

Одним из способов повышения трещиностойкости являются изменения в составе бетона. Включение в состав полимерных добавок, волокон (например, стальных или пластиковых) позволяет значительно улучшить механические свойства и уменьшить трещиностойкость.

Современной и перспективной методикой усиления железобетонных конструкций является использование систем внешнего армирования с полимерными композиционными материалами (ПКМ), основанными на углеродных волокнах. Однако на настоящий

момент отсутствует единый государственный стандарт, регулирующий проектирование и расчеты для усиленных ПКМ железобетонных мостовых конструкций, что затрудняет их применение.

Прочностные расчеты таких укрепленных мостовых конструкций проводятся в соответствии с требованиями специализированных отраслевых нормативных документов и стандартов, опирающихся как на отечественные, так и на зарубежные подходы.

В то же время действующая методология расчета железобетонных конструкций, усиливаемых ПКМ, в части трещиностойкости и деформативности не может быть эффективно использована для расчета мостовых сооружений.

Система внешнего армирования полимерными композиционными материалами (ПКМ) представляет собой современный и эффективный метод усиления конструкций, включая мостовые полотна [3]. Эта технология применяется для повышения несущей способности и трещиностойкости бетона, а также для увеличения срока службы строительных объектов.

Усиление железобетонных пролетных конструкций мостов с применением полимерных композиционных материалов (ПКМ) предоставляет множество преимуществ по сравнению с использованием металлических решений.

Одним из наиболее заметных аспектов является значительно более высокая эффективность в повышении трещиностойкости конструкции, что укрепляет долговечность всех элементов. Временные затраты на проведение работ по усилению сокращаются почти в 2,5 раза, что также влечет за собой снижение расходов, связанных с необходимостью ограничивать или закрывать движение по мосту.

Кроме того, трудоемкость работ, связанных с усилением конструкций с использованием ПКМ, снижается в 11 раз, что значительно упрощает организацию усиливающих мероприятий. Снижение расходов на эксплуатацию техники и механизмов достигает 30-кратного сокращения, что также позитивно сказывается на общем бюджете проекта.

Важно отметить, что использование ПКМ позволяет избежать необходимости привлечения множества различных трудовых ресурсов и применения сложного оборудования для выполнения таких работ.

Также исключаются дополнительные расходы на периодическое техническое обслуживание усилительных элементов, таких

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ МОСТОВОГО ПОЛОТНА СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

как покраска металлических конструкций или проверка и контроль усилия в стержнях.

С учетом стабильности цен на полимерные композиционные материалы, усиление с их помощью сегодня рассматривается как наиболее надежное и экономически целесообразное решение для повышения прочности и долговечности мостовых конструкций.

Задача повышения трещиностойкости мостового полотна сборных железобетонных мостов требует комплексного подхода. Исследования показывают, что применение современных материалов, инновационных технологий и методов проектирования может существенно снизить риск трещинообразования и продлить срок эксплуатации мостовых конструкций.

Необходимо продолжать улучшать методы проектирования, чтобы обеспечить безопасность и надежность транспортных объектов, которые играют важную роль в инфраструктуре общества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДМ 218.6.030-2017. Рекомендации по установлению гарантийных сроков и сроков службы конструктивных элементов мостовых сооружений. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/563794545> (дата обращения 2.02.2025).

2. Меренцова, Г. С. Повышение трещиностойкости и эксплуатационной надежности асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог: монография / Г. С. Меренцова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2018. – 107 с.

3. Савельев, Я. Н. Применение современных технологий для усиливающих конструкций мостов / Я. Н. Савельев, С. Н. Лаврова // Строительные материалы. – 2021. – № 4. – С. 78-85.

Меренцова Галина Степановна – д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: adio-06@mail.ru;

Овеян Фрулент Карович – студент группы 8Сад-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: frunzikoveyan@list.ru.

УДК 625.863-047.37

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЩЕБЕНОЧНЫХ ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Г.С. Меренцова, А.В. Ошлыков

Алтайский государственный технический институт им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье приведены технологические направления по повышению несущей способности щебеночных оснований и покрытий автомобильных дорог. Рекомендовано устройство щебеночных оснований покрытий с применением способа заклинки щебня для щебеночных конструктивных слоёв дорожных одежд. И применение черного щебня для строительства оснований и покрытий автомобильных дорог. При устройстве таких щебеночных оснований и покрытий повышается несущая способность конструктивных слоёв дорожных одежд, о чём свидетельствует повышение их модулей упругости. Приведены технологические особенности рекомендованных технологий с указанием применяемых рабочих операций, с учётом применяемых технологических схем, выполняемых работ.

Ключевые слова: автомобильная дорога, основание, покрытие, дорожная одежда, несущая способность, способ заклинки, черный щебень, конструктивный слой, основание дорожной одежды, щебеночные покрытия, щебеночные основания.

Известно, что щебеночные основания и покрытия строят из готовых щебеночных смесей. Эти основания и покрытия из готовых щебеночных смесей имеют следующие недостатки:

- быструю потерю первоначальной прочности и ровности из-за недостаточной склеивающей способности материалов слоя;

вающей способности материалов слоя;

- быстрый износ, связанный с образованием колеи, выкрашивания и появления гребенки, требующий частых ремонтов.

- высокая стоимость автомобильных перевозок по таким дорогам, в связи со снижением скорости движения и более быстрому

износу деталей и механизмов автомобилей;
- повышенная пылимость в сухое время года.

Эти основания и покрытия имеют низкую несущую способность. Такие покрытия по прочности имеют модуль упругости (200-250) МПа – это меньше, чем с применением способа заклинки при одинаковой толщине конструктивного слоя [1].

Щебёночные покрытия, устроенные по способу заклинки по прочности характеризуются модулем упругости (350-450) МПа, а при использовании черного щебня можно добиться увеличения модуля упругости до 700-900 МПа. В связи с этим существует необходимость в разработке рациональных способов устройства таких оснований и покрытий с учетом ряда конструктивных особенностей и прочности материала.

При выборе слоя покрытия следует отдавать предпочтение тем материалам, которые позволяют достигнуть более высоких прочностных характеристик, что повысит их износостойкость и прочность. В качестве основных вариантов могут выступать слои, устроенные по способу заклинки.

Выбор между черным щебнем и обычным должен исходить из основных особенностей участка производства работ, а именно интенсивности движения на нем и транспортного потока.

Стоит, также, учитывать, что чаще всего такого вида покрытия устраиваются на дорогах переходного типа и в перспективе их техническая категория будет повышена, что превратит слой покрытия в основание и чем оно будет прочнее, тем надежнее получится конструкция дорожной одежды.

Согласно одной из концепций, которая используется в дорожном строительстве, щебёночные материалы для устройства оснований и покрытий могут быть условно разделены на легкоуплотняемые и трудноуплотняемые [2]. Исходя из названия, становится понятно, что в качестве первых используются менее прочные каменные материалы, которые должны иметь пониженные прочностные характеристики, однако использование такого щебня нам позволяет добиться меньшей остаточной пористости и более высоких расчетных показателей модуля упругости. Такой эффект также обусловлен повышенной плотностью, которая создается между зернами в результате их разрушения при уплотнении и самозаклинки.

Главным условием при использовании таких щебней является достаточное уплотнение слоя, которая выражается в остаточной

пористости, которая и позволяет нам создать более монолитный слой и в частности для легкоуплотняемых смесей это значение должно быть в пределах 14%, а для тяжелоуплотняемых разрешается его увеличение до 20% в связи с тем, что более низкого значения добиться невозможно из-за прочности частиц материала.

Для достижения поставленных значений остаточной пористости рекомендуется при уплотнении слоев использовать вибрационные катки с повышенным числом проходов по одному следу, которое должно варьироваться в диапазоне 20-30 проходов по одному следу. Такое количество проходов должно обеспечить не только хорошую сцепляемость между частицами щебёночного материала, но также предотвратит недоуплотнение слоя, что повлечет за собой его более быстрое разрушение.

Наибольший интерес в данном вопросе имеет форма зерен щебня, которая, теоретически также может оказывать влияние на будущую прочность конструктивного слоя автомобильной дороги.

Практика дорожного строительства указывает на то, что щебёночные материалы в конструкциях дорожных одежд лучше ведут себя, если устроены по способу заклинки, однако процессы, которые при этом происходят, практически не изучены.

Исходя из структуры слоя, который мы получаем во время заклинки, в щебёночном слое происходит так называемый процесс зацепления зерен, который и обеспечивает прочность полученного слоя. Благодаря такому положению щебёночный слой лучше воспринимает растягивающие напряжения и повышается его жесткость при работе на изгиб и сдвигустойчивость. В этом и заключается одна из основных особенностей конструктивных слоев из щебёночных материалов. Поэтому, зачастую, в практике дорожного строительства используется щебёночно-песчаная смесь, которая благодаря песку, входящему в состав, обеспечит выполнения этого условия.

Если же мы будем устраивать слой из щебня без учета этой особенности, то в итоге наш конструктивный слой окажется недостаточно прочным и под действием подвижного состава транспорта может начаться разрушение конструкции дорожной одежды.

Процесс внедрения щебёночного зерна в упруго-пластическую среду конструктивного слоя описывается двумя составляющими, которые рассчитываются в зависимости от вертикальной нагрузки F :

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЩЕБЕНОЧНЫХ ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

- касательная

$$T = \frac{F}{2} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (1)$$

- перпендикулярная к нормальной

$$H = \frac{F}{2} \cdot \left(\cos 90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right). \quad (2)$$

При этом установлено, что щебеночный клин внедряется в среду, если его касательная составляющая будет больше силы трения скольжения в связи, с чем есть определенные требования к углу клина, который будет внедряться в слой щебня и он должен быть в диапазоне 103-122°, в ином случае добиться расклинки не получится.

В случае, когда нам удастся во время уплотнения добиться предельного внедрения щебенки в слой происходит снятие внешней нагрузки F между зерном и средой, куда она был вжат, и появляется распор P , с двумя составляющими контакта: касательной T_p и нормальной H_p . Появление этих сил обусловлено тем, что коэффициент трения покоя больше касательной составляющей, что и обеспечивает надежное крепление щебенки в слое. Процесс воздействия нагрузок при внедрении щебня в слой, представлены на рисунке 1.

Когда мы знаем процесс формирования плотной структуры будущего щебеночного слоя, возникает потребность в разработке рациональных методов подбора состава материала, который необходимо использовать при устройстве щебеночных оснований и покрытий.

Первым условием является определения нагрузок, которые будут действовать на будущий слой, откуда вытекает выбор легко или тяжелоуплотняемых каменных материалов.

На следующем этапе необходимо определить форму, размер и угол граней щебня, для того, чтобы добиться максимального значения распора в сформированном слое.

После определения всех этих составляющих можно перейти к дальнейшему проектированию конструкции дорожной одежды.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что наибольшей устойчивостью будут обладать основания и покрытия, устроенные по способу заклинки.

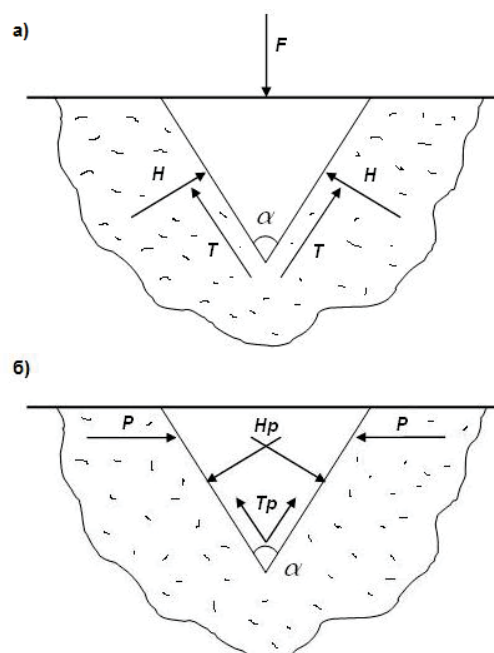
При использовании данной технологии мы можем соблюсти все вышесказанное, но есть еще одно условие, которые не все учитывают.

При устройстве щебеночного слоя по способу заклинки расклинивающая фракция

распределяется по поверхности ранее уложенного щебня и в нижней части слоя появляются пустоты, которые влекут за собой снижение прочности и устойчивости основания.

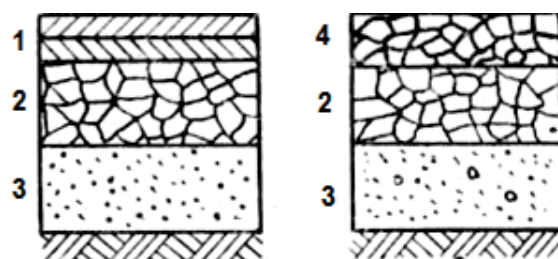
Чтобы минимизировать данный эффект рекомендуется использовать в качестве подстилающего слоя грунта песка, который при уплотнении будет заполнять пустоты в формирующемся слое щебня. Примеры рациональной конструкции дорожной одежды представлены на рисунке 2.

Помимо этого, песок подстилающего слоя позволяет повысить жесткость конструкции, необходимая для уплотнения и заклинки,



а) в момент внедрения щебня в слой; б) после полного уплотнения частицы щебня

Рисунок 1 – Силы, действующие на щебень при формировании слоя



1 – асфальтобетонное покрытие; 2 – слой щебня, устроенный по способу заклинки; 3 – подстилающий слой из песка; 4 – покрытие из черного щебня

Рисунок 2 – Конструкции дорожной одежды со щебеночными слоями, устроенными по способу заклинки

также повышается сдвигустойчивость между слоями, которая оказывает позволяет достичь снижения колебания, от которой страдают не только дороги с переходным типом, но и более высокие технические категории автомобильных дорог.

В отличие от строительства оснований для строительства покрытий производят россыпь каменных высевок размером 0-5, 0-10 мм. Укатка высевок повышает плотность, ровность и водопроницаемость покрытий.

В первый период эксплуатации наметают высевики. Вышеуказанные операции позволяют заполнить все пустоты в уложенном слое щебня. При этом достигается максимальная плотность конструктивного слоя покрытия, повышается его несущая способность, о чём свидетельствует повышенное значение показателя модуля упругости.

Таким образом, в дальнейшем исследовании имеется целесообразность проведения натурных экспериментов, которые позволят показать на практике вышеизложенное. К тому же недостаточная проработка вопроса, ка-

сательного возникающих напряжений при уплотнении слоев из щебня говорит о целесообразности проработки данного вопроса с целью выявления всех аспектов и улучшения технологии производства работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков, В. Ф. Автомобильные дороги: учебник для вузов / В. Ф. Бабков. – 3-е переработанное издание. – М.: Транспорт, 1983 – 280 с.

2. Методические рекомендации по повышению качества дорожных оснований из щебня различных пород / А. О. Салль, Ю. М. Васильев, В. М. Юмашев // Минтрансстрой, СОЮЗДОРНИИ, М., 1980. – 34 с.

Меренцова Галина Степановна – д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: adio-06@mail.ru;

Ошлыков Алексей Валериевич – студент группы 8Сад-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: asdx2019@mail.ru.

УДК 625.74

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОПИТОЧНОГО СОСТАВА ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Г. С. Меренцова, Д. А. Тарасов

Алтайский государственный технический институт им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Повышение эксплуатационных качеств автомобильных дорог позволяет повысить межремонтные сроки проведения работ, что позволяет снизить затраты на эксплуатацию существующих автомобильных дорог. В качестве альтернативы ремонту есть целесообразность использования пропиточных составов для снижения затрат на ремонтные работы. Приведены результаты исследования по применению пропиточного состава ПАБ «Дорсан» для сохранения и восстановления асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. Описана разработанная технология защиты и восстановления асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог с применением пропиточного состава «Дорсан» с разработкой технологических схем.

Ключевые слова: асфальтобетонное покрытие, пропиточный состав «Дорсан», защита, восстановление, технология, технологическая схема, дефекты, сохранение, автомобильная дорога.

Для профилактической защиты асфальтобетонного покрытия на начальной стадии его шелушения и выкрашивания целесообразно применять пропиточный состав «Дорсан».

Своевременное устранение возникающих дефектов на асфальтобетонных покры-

тиях автомобильных дорог является важной задачей, позволяющей продлить срок их эксплуатации.

Основной причиной образования дефектов на асфальтобетонном покрытии является недостаточная прочность на растяжение и недостаточная деформативность асфальто-

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОПИТОЧНОГО СОСТАВА ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

бетона при пониженных температурах окружающей среды [1].

Пропиточный состав «Дорсан» позволяет восстановить физико-механические характеристики асфальтобетона, уложенного в покрытие автомобильных дорог. В состав выполняемых работ по защите и восстановлению физико-механических характеристик входят следующие этапы: подготовительные работы (установка знаков и ограждений, очистка покрытия и его обеспыливание, подготовка пропиточного состава «Дорсан»), основные производственные работы (розлив пропиточного состава на покрытие, равномерное его распределение, выдержка для высыхания и отвердевания), контроль качества при производстве работ (входной, операционный, приемочный).

Работы по распределению пропиточного состава «Дорсан» производятся при температуре окружающей среды не ниже плюс 5°C и относительной влажности не более 80%, необходимо наличие высушенного покрытия.

Разработаны технологические схемы защиты и восстановления асфальтобетонного покрытия с применением пропиточного состава «Дорсан», включающие в себя различные технологические процессы в зависимости от принятого способа производства работ, от вида и характера дефектов покрытия и его состояния.

Наиболее часто используются: технологическая схема при нанесении механизированным способом на покрытие с локальными дефектами в виде углублений до 5 мм и шелушением, технологическая схема при нанесении ручным способом на покрытие с локальными дефектами в виде углублений до 5 мм и шелушением, технологическая схема при нанесении механизированным способом на свежеложенное покрытие.

Эффективность применения пропитки «ДОРСАН» была доказана в ходе многочисленных испытаний и практического опыта,

поэтому с помощью герметизирующего материала часто обрабатывают федеральные трассы и дороги в крупных российских городах.

Исходя из качества укладки герметизирующих покрытий и нагрузки от транспорта на конкретных участках, благодаря нанесению асфальтобетонной пропитки обеспечивается увеличение межремонтного периода минимум на 3-6 лет. Наиболее эффективно показывает применение на мокрых участках покрытия, образовавшихся после сильного дождя, после полного высыхания. Таким образом, покрытие будет надежно защищено от начального разрушения и последующего ямочного ремонта.

Газовые компоненты пропитки способны проникать вглубь асфальтобетона (глубина проникновения составляет 2-3 см) и вступать в химическое взаимодействие с битумом, «омолаживая» его. При этом образуется сополимерная битумная композиция, обладающая пластичными и упругими свойствами, очень необходимыми для асфальтобетона (таблица 1).

Оценку влияния обработки покрытия пропиточным составом проводится определением коэффициента эффективности пропитки. Этот коэффициент вычисляется по следующей формуле

$$K_{эф} = \frac{W_1}{W_2}, \quad (1)$$

где W_1 – водонасыщение образцов до обработки пропиточным составом; W_2 – водонасыщение образцов после проведения работ.

Коэффициент эффективности пропитки определяется как среднее арифметическое результатов не менее трех испытаний.

Рассмотрена стоимость применения пропиточного состава «Дорсан» в сравнении с зарубежными и отечественными аналогами (таблица 2).

Таблица 1 – Показатель свойств пропиточного состава

Наименование показателей	Экспериментальные значения	Требования
1. Условная вязкость, с	25-30	18-40
2. Температура хрупкости, °С, не выше	Минус 5	Не выше минус 5
3. Удельная эффективность ($A_{эфф}$) естественных радионуклеидов, Бк/кг	680	Не более 740
4. Массовая доля нелетучих веществ, %	87	Не менее 80
5. Однородность	Отсутствуют комки нерастворенного полимера и посторонних включений	Отсутствуют комки нерастворенного полимера и других включений
6. Время отвердевания, ч	2,0	Не более 3

Таблица 2 – Сравнение стоимостей пропиточных составов при рекомендуемых расходах

Наименование пропитки	Фирма-изготовитель (поставщик)	Стоимость, руб/кг	Расход кг/м ²	Расход руб/м ²
Отечественные пропиточные составы				
ПАБ Дорсан	ООО «Базис», г.Казань	60	0.6-1.0	36-60
TL-2000	ООО «Хайлик-ДВ», г.Хабаровск	60	0.7-1.5	42-90
Зарубежные пропиточные составы				
ASP	Американская кампания Crafcso	450	0.37-0.41	167-185
CRF	Американская кампания Crafcso	100	0.40-0.55	40-55
Reclamite	Американская кампания «Chem-Crete Corporation»	75	0.23-0.45	17-34
LAS-320	Американская кампания Enviroseal	350	0.2-0.4	70-140

Проведение предварительных лабораторных исследований с использованием коэффициента их эффективности позволяет определить наиболее подходящих пропиточный состав для разного рода асфальтобетонных смесей и подобрать наиболее оптимальные для конкретных условий.

Исследования показывают, что применение пропиточных составов может увеличить срок службы асфальтобетонных покрытий на 30-50%, при этом снижая на порядок затраты на производство работ по ремонту.

В сравнении с аналогами пропиточный состав «Дорсан» является одним из лучших по всем технико-экономическим показателям. Так, если сравнивать стоимость за килограмм составов, то отечественные производители выигрывают на фоне зарубежных, однако стоит учитывать и расход материала.

В общем виде отмечено, что применение дорожно-пропиточных материалов значительно улучшает работу асфальтобетонного покрытия и увеличивает межремонтные сроки. Однако, оптимальный подход при выборе пропиточных материалов, должен базироваться на имитации в лабораторных условиях фактических условий работы ДПМ, нанесенных на асфальтобетонное покрытие. Только в этом случае пропиточный состав позволит получить положительный эффект.

Также, при выборе пропиточного состава необходимо определиться с его расходом на 1 м² покрытия и в дальнейшем это позволит сделать экономическую эффективность каждого состава.

Исходя из этого, анализируя таблицу 2, мы получаем, что наиболее целесообразным является пропиточный состав Reclamite компании «Chem-Crete Corporation» имеющую стоимость от 17 до 34 руб/м².

Но стоит учитывать то, что при расчете не были учтены расходы на доставку материалов, что может существенно повысить стоимость добавки. Поэтому есть смысл рассмотреть

отечественные составы с определением их показателей.

Наибольший интерес представляет ПАБ «Дорсан» производства ООО «Базис», г. Казань.

В настоящее время установлено, что применение пропиточного состава «Дорсан» в условиях Алтайского края позволяет добиться повышения характеристик асфальтобетонного покрытия, что продляет срок его службы и увеличивает межремонтные сроки, к тому же, из-за большего расхода состава, TL-2000 производства ООО «Хайлик-ДВ», г. Хабаровск, он имеет меньшую целесообразность применения.

ПАБ «Дорсан» представляет собой микробитумополимерную композицию, которую используют как для защиты, так и для «омоложения» асфальтобетонных покрытий.

Ее особенность заключается в том, что после полного высыхания нанесенного на поверхность пропиточного состава образуется тонкий мембранный слой, который позволяет препятствовать проникновению вглубь слоя покрытия воды и газов, а также инфракрасного излучения от солнца, которая ускоряет старение битума.

Доказательством данного эффекта является устройство опытного участка на одной из действующих дорог в непосредственной близости к Барнаулу. Наблюдения за ним показали, что применение пропиточного состава дало эффект восстановления покрытия, а также снизило трещинообразование на опытном участке. К тому удалось установить, что достигается снижение пористости асфальтобетонного покрытия на 25-35%.

Исследования, проводимые ООО «Базис» на участках дорог в г. Казань показывают еще один эффект от использования их состава, который заключался в том, что зимой те участки, которые предварительно были пропитаны составом ПАБ «Дорсан» быстрее освобождались от снежного наката, что позволило увеличить коэффициент сцепления,

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОПИТОЧНОГО СОСТАВА ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

а следовательно понизить риски возникновения ДТП.

При этом было установлено, что коэффициент сцепления увеличивался на 8-10%, что позволяло сократить расход пескосольной смеси на 30-40%, что говорит об экономии на содержание дорог в зимний период.

Таким образом, в ходе проведения обзора представленных на рынке пропиточных составов, а также изучение опыта применения их на дорогах можно сделать вывод, что в современных условиях наибольший интерес и целесообразность использования имеет ПАБ «Дорсан».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меренцова, Г. С. Повышение трещиностойкости и эксплуатационной надежности асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог: монография / Г. С. Меренцова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2018. – 107 с.

Меренцова Галина Степановна – д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: adio-06@mail.ru;

Тарасов Дмитрий Александрович – студент группы 8Сад-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: dima.Tarasov.21@mail.ru.

УДК 625.74

ПОВЫШЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ХОЛОДНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ СЛОЕВ ИЗНОСА

Г. С. Меренцова, И. Д. Чугайнов

Алтайский государственный технический институт им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Приведены результаты исследования по применению холодных асфальтобетонных смесей по повышению трещиностойкости асфальтобетонных покрытий. При этом защитный слой износа асфальтобетонных покрытий устраивается с применением асфальтобетонной смеси на жидком битуме. Выявлен механизм работы жидкого битума в составе слоя износа и его влияния на герметизацию трещин в асфальтобетонном покрытии автомобильных дорог. Приведены технические требования к холодным асфальтобетонным смесям и асфальтобетону. Описана разработанная технология приготовления холодной в асфальтобетонной смеси для защитного слоя износа и его устройства.

Ключевые слова: автомобильная дорога, асфальтобетонное покрытие, защитный слой, слой износа, трещиностойкость, трещина, жидкий битум, холодная смесь, асфальтобетонная смесь, технология.

Проведены исследования по применению защитных слоёв износа для уменьшения трещинообразования асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. Решение этой проблемы обусловлено тем, что одной из основных причин преждевременного разрушения асфальтобетонных покрытий является развитие трещин в процессе их эксплуатации. Выявлен механизм влияния и работы жидкого битума на состояние асфальтобетонных покрытий с устройством слоя износа из холодной состояние асфальтобетонной смеси.

Жидкий битум имеется в составе слоя износа, уложенного на асфальтобетонные

покрытия. Жидкий битум имеет более низкую температуру размягчения от 20°C до 37°C (в зависимости от марки).

Под воздействием высоких температур воздуха и солнечных лучей в летний период происходит нагревание покрытия и загустевший битум переходит из густого состояния в жидкое. При этом жидкий битум заполняет трещины в покрытии. Так происходит герметизации и самозалечивание трещин [1].

Эффект самозалечивания является главной особенностью холодных асфальтобетонных смесей. Благодаря данному эффекту происходит самоустранения появляю-

щихся в результате эксплуатации трещин, что приводит к повышению межремонтных сроков и экономии материальных ресурсов на содержание автомобильной дороги.

Процесс формирования эффекта самозалечивания состоит в особенностях структуры жидкого битума, которая при достижении достаточной температуры окружающей среды переходит в текучее состояние. Благодаря высоким адгезионным свойствам вяжущего материала не происходит прилипания расплавленного битума к колесам автомобилей, однако проявляющаяся подвижность асфальтобетона позволяет добиться самозалечивания мелких трещин.

В процессе эксплуатации дорог с холодными асфальтобетонными смесями, используемыми для устройства покрытий, было установлено повышение межремонтных сроков и некоторые участки дорог, построенные в 80-х годах прошлого столетия в Алтайском крае с использованием холодных асфальтобетонных имели хорошие визуальные и деформативные характеристики даже после эксплуатации более 30 лет.

Отказ от жидких вяжущих произошел из-за выросшей стоимости на компоненты вяжущего и сложности его приготовления.

Однако, в ходе экспериментальных исследований по устройству опытного участка на одной из автомобильных дорог Первомайского района Алтайского края было установлено, что стоимость 1 т смеси для слоя износа на жидком битуме (2689,9 руб./т) в сравнении со стоимостью 1 т слоя износа из горячей асфальтобетонной смеси на полимерно-битумном вяжущем (3773,6 руб./т) ниже на 29%.

Таким образом, мы получаем, что устройство слоев износа из холодных смесей дешевле, чем использование классической технологии, следовательно, применение данной технологии является целесообразным при производстве работ.

Холодные асфальтобетонные смеси готовятся в специализированных передвижных смесителях-укладчиках, которые обеспечивают точное дозирование компонентов.

Процесс включает смешение минеральной части, битумной или модифицированной битумом, либо битумно-латексной катионной дорожной эмульсии, воды, а также добавок для ускорения или замедления схватывания смеси в соответствии с утвержденным рецептом.

Работы по укладке холодных асфальтобетонных смесей запрещены при следующих условиях:

- температура воздуха ниже 5 °С;
- прогнозируемое снижение температуры ниже 5 °С в течение следующих 24 часов;
- наличие дождя.

Слои не укладываются: при очень мягком состоянии покрытия (ОМ); на мостах с разрушениями бетонного защитного слоя; для устранения колеи асфальтобетонного покрытия, вызванной пластическими деформациями в земляном полотне или основании дороги, если это сопровождается мелкой сеткой трещин и ямочностью.

Перед устройством защитного слоя из холодных асфальтобетонных смесей необходимо выполнить ряд подготовительных работ, чтобы обеспечить качественное укладывание и долговечность покрытия.

Первым этапом является ремонт покрытия. На этом этапе необходимо герметизировать трещины и швы шириной более 6 мм, а также устранить колеи, просадки, наплывы и места выпотевания. Также важно заменить участки ремонта выбоин, выполненных литым асфальтобетоном, чтобы поверхность была ровной и качественной.

Устранение выбоин должно быть выполнено не позднее, чем за 7 дней до начала укладки холодных асфальтобетонных смесей. Это позволит избежать проблем с адгезией и обеспечит надежное сцепление нового слоя с основанием.

Следующим шагом является очистка поверхности покрытия. Для этого используются механизированные щетки в 2-3 прохода по одному следу, что поможет удалить грязь и другие загрязнения.

После очистки поверхности необходимо выполнить подгрунтовку. На асфальтобетонных покрытиях с плотностью верхнего слоя менее 2200 кг/м³ и при температуре воздуха ниже 20 °С, а также на цементобетонных покрытиях, требуется подгрунтовка катионной битумной эмульсией, разведенной водой в соотношении 1:2-1:3. Расход эмульсии составляет от 0,2 до 0,4 л/м², и она должна быть нанесена за 0,5-2,0 часа до укладки СХЛ в зависимости от погодных условий.

При температуре поверхности выше 30°С рекомендуется увлажнять поверхность водой с расходом 0,5-0,6 л/м² для улучшения адгезии холодной асфальтобетонной смеси. Это поможет предотвратить преждевременное высыхание и обеспечит лучшее сцепление нового слоя с основанием.

Для укладки холодной асфальтобетонной смеси используется специализированный смеситель-укладчик (рисунок 1).

ПОВЫШЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ХОЛОДНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ СЛОЕВ ИЗНОСА



Рисунок 1 – Укладка холодной асфальтобетонной смеси для защитного слоя



Рисунок 2 – Уплотнение защитного слоя из холодного асфальтобетона

Стандартный комплект включает емкости для минеральной части, эмульсии, воды и замедлителей или ускорителей схватывания. Кроме того, в комплект входят двухвальцовый смеситель и автономный двигатель для гидропривода, а также блок управления и распределитель с системой гидропривода.

Все компоненты холодной асфальтобетонной смеси дозируются и смешиваются непосредственно на объекте в специализированном смесителе-укладчике. Это обеспечивает точное соблюдение пропорций и равномерное распределение всех ингредиентов.

Кроме того имеется возможность использовать стационарные асфальтобетонные заводы. Главным условием является возможность изготовления на них холодных смесей, а также сохранения температуры полученного материала до участка производства работ.

В таком случае технология строительства защитного слоя из холодной асфальтобетонной смеси ничем не будет отличаться от укладки обычного асфальтобетона, а следовательно нет необходимости в покупке дорогостоящего нового оборудования.

В процессе укладки необходимо визуально оценивать холодную асфальтобетонную смесь для обеспечения технологической

подвижности. Следует следить за вязкостью смеси: повышенная вязкость может привести к преждевременному схватыванию, а пониженная – к замедлению формирования защитного слоя и выбросу незакрепленного щебня.

Ширина укладываемого слоя определяется размерами распределительного бункера и обычно составляет от 2,5 до 3,75 м. Скорость распределения корректируется в зависимости от температуры воздуха и характеристик используемых материалов. Она должна быть установлена так, чтобы выход смеси из распределительного короба совпадал с началом распада битумной эмульсии, что помогает избежать растекания смеси по поверхности покрытия.

Эти этапы и рекомендации являются важными для успешного выполнения работ по укладке защитного слоя из холодных асфальтобетонных смесей и помогают избежать возможных проблем в процессе эксплуатации дорожного покрытия.

Уплотнение холодной асфальтобетонной смеси является ключевым этапом при укладке дорожного покрытия (рисунок 2). Начинать уплотнение следует с поперечного соединения полос, что способствует равномерному распределению нагрузки и предотвращает возможные деформации.

Проводимые ранее исследования показали [3], что холодная асфальтобетонная смесь, используемая на участке автомобильной дороги в Первомайском районе Алтайского края, отвечает всем нормативным требованиям и не требует дополнительного введения каких-либо добавок для повышения адгезии.

При широкой укладке катки располагаются уступом друг за другом, также с перекрытием следа на 20-30 см. После двойного прохода катки смещаются на ширину вальцов для обеспечения равномерного уплотнения. Достоинство этих слоев в сравнительно простой технологии устройства, малого расхода материалов, высокой производительности при укладке, небольших помехах для движения транспорта по участку, где ведутся работы.

Благодаря положительным результатам ранее проведенных работ по устройству слоев износа из холодных асфальтобетонных смесей, данная технология является актуальной и может найти свое применение на территории Алтайского края, особенно в тех районах, где есть возможность изготовления данной смеси. Применение холодных асфальтобетонных смесей позволяет получить

самозалечивающийся защитный слой, который позволит снизить затраты на содержания таких участков дорог.

Проведение дальнейших исследований должно установить целесообразность использования холодных смесей также для устройства слоев покрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меренцова, Г. С. Повышение трещиностойкости и эксплуатационной надежности асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог: монография / Г. С. Меренцова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2018. – 107 с.

2. Меренцова, Г. С. Применение слоев износа из самозалечивающихся холодных асфальтобетонных смесей для повышения трещиностойкости асфальтобетонных покрытий автомобильных

дорог / Г. С. Меренцова, А. А. Мхитарян // Ползуновский Альманах. – 2021. – №1. – С. 119-121.

3. Меренцова, Г. С. Об эффективности применения защитного слоя износа из холодной асфальтобетонной смеси на асфальтобетонном покрытии автомобильных дорог / Г. С. Меренцова, А. С. Клименко // Ползуновский альманах. – 2023. – №1. – С. 97-99.

Меренцова Галина Степановна – д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: adio-06@mail.ru;

Чугайнов Иван Дмитриевич – студент группы 8Сад-31, ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: ivan.cg@mail.ru.

УДК 004.94+697+378

О ПЕРЕВОДЕ УГОЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ НА ГАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОСЛЕ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЯ

Е. С. Мусалитина, Т. Е. Лютова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрены актуальные вопросы обоснования параметров комплексов 2-х угольных котельных в г. Барнауле при переводе их на газовое оборудование и расположенных в обособленных производственных зданиях, с соответствующими котлами и котельно-вспомогательным оборудованием. Рассмотрены и проанализированы преимущества и недостатки угольных и газовых котельных для многоэтажных жилых домов. Приведены результаты исследований и теоретического анализа экономической и экологической эффективности после их переоборудования.

Ключевые слова: угольные котельные, переоборудование на газовое оборудование, экономическая и экологическая эффективность.

Котельная – это комплекс технологически связанных тепловых энергоустановок, расположенных в обособленных производственных зданиях, встроенных, пристроенных или надстроенных помещениях с котлами, водонагревателями и котельно-вспомогательным оборудованием, предназначенный для выработки теплоты.

В современной энергетике работают самые различные виды котельных. Они могут быть классифицированы по типу топлива, типу теплоносителя, типу размещения, уровню механизации [1]. Определенный вид котельной выбирается в зависимости от целей и задач, условий эксплуатации и требований заказчика.

По виду топлива котельные различают:

- газовые;
- жидкотопливные (на отработанном масле, мазуте, дизельном топливе, нефти);
- твердотопливные (уголь, торф, дрова, пеллеты и брикеты из отходов лесопереработки и сельского хозяйства).

По типу устанавливаемых котлов котельные бывают:

- паровые;
- водогрейные;
- термомасляные.

Отопление и горячее водоснабжение многоквартирных жилых домов, офисов, торговых центров и других общественно-коммерческих объектов, а также тепличных комплексов – главное назначение промышленных газовых котельных. Подобные ко-

О ПЕРЕВОДЕ УГОЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ НА ГАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОСЛЕ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЯ

тельные и их котельно-вспомогательное оборудование имеют ряд отличий от бытового отопительного оборудования, включая особые требования к монтажу и подключению к газотранспортной системе, а также правила эксплуатации и технику безопасности [1].

Среди главных преимуществ промышленных газовых котельных выделяют высокую эффективность (КПД от 80 до 90%) и сравнительно низкую стоимость газа.

Преимущества и недостатки промышленных водогрейных газовых котельных следующие.

Преимущества:

- дешевая эксплуатация. Природный газ – это одно из самых экономичных видов топлива;

- экологическая чистота. Минимизируются выбросы вредных веществ в атмосферу, что делает их идеальными для регионов с жесточайшими экологическими нормами;

- простота обслуживания. Регулярное обслуживание не требует значительных временных и финансовых затрат;

- компактность. Универсальная конструкция обеспечивает удобство размещения оборудования практически в любом производственном помещении [1].

Недостатки:

- необходимость газификации. В удаленных регионах без газопровода использование данных котельных становится невозможным;

- сложности в обслуживании. Хотя большинство оборудования котельных автоматизировано, для настройки и ремонта необходимы квалифицированные специалисты.

В декабре 2019 года между Муниципальным образованием городского округа г. Барнаула и Барнаульской теплосетевой компанией (БТСК) было заключено Концессионное соглашение, согласно которому в эксплуатацию и на обслуживание БТСК было передано муниципальное имущество, в том числе 34 котельных (15 – угольных и 19 – газовых).

В декабре 2021 года БТСК было завершено мероприятие по газификации угольной котельной, расположенной по адресу Анатолия, 193. До газификации на данной котельной было установлено 2 угольных котла КВр-0,23-95К тепловой производительностью по 0,2 Гкал/час, которые были заменены на 2 газовых котла ICI Caldaie (REX 40) тепловой производительностью 0,39 Гкал/час каждый. Данная котельная работает только в период осенне-зимнего периода (ОЗП) на нужды теплоснабжения (ГВС отсутствует). Подключен-

ная договорная нагрузка потребителей котельной составляет 0,21 Гкал/час. Потребителями котельной являются 1 школа и частный сектор.

Водогрейный газовый котел REX 40 – это оборудование, предназначенное для получения воды, нагретой до температуры 60-115°C. Мощность установки составляет 400 киловатт, что вполне достаточно для обеспечения потребностей котельных, эксплуатируемых в сфере ЖКХ, а также нересурсоемких промышленных и иных объектов.

В январе 2022 года была остановлена угольная котельная расположенная по адресу Промышленная, 3. На котельной располагались 2 угольных котла суммарной тепловой производительностью 6,63 Гкал/час. Взамен угольной котельной в соответствии со схемой теплоснабжения городского округа – города Барнаула на период до 2036 года в эксплуатацию введена муниципальная газовая котельная (по ул. Промышленная, 3). Введенная в эксплуатацию газовая котельная оборудована 4-мя газовыми котлами Viessmann Vitoplex 200 SX2A тепловой производительностью по 1,68 Гкал/час. Котельная предназначена для нужд теплоснабжения и ГВС (горячего водоснабжения) жилых и общественных зданий присоединенных к ее тепловым сетям. Подключенная договорная нагрузка потребителей котельной составляет 4,487 Гкал/час (в том числе 0,535 Гкал/час на ГВС).

По разным источникам, уровень выбросов вредных веществ в атмосферу от коммунальных котельных оценивается в 15-20% от общего объема выбросов загрязняющих веществ.

Основными вредными веществами, загрязняющими атмосферу в результате сгорания топлива, являются [2]:

- летучие углеводороды;
- окись углерода;
- оксиды серы;
- оксиды азота;
- зола;
- окислы ванадия;
- бензопирен.

Проводя оценку экологических рисков отдельных регионов, большинство экспертных организаций выбирают атмосферный воздух как один из главных показателей оценки степени выраженности экологических рисков для различных компонентов окружающей природной среды и состояния здоровья населения.

По составу атмосферного воздуха оценивается концентрация кислорода, азота и азотосодержащих соединений, оксида желе-

за, абразивной пыли и другие компоненты [2]. На изменение климата резко влияют оксиды и диоксиды углерода, серы и зола, из чего следует, что сжигание газа снижает экологическую нагрузку и оказывает значительно меньшее влияние на климатические процессы [2]. Объем выбросов по рассматриваемым газовым котельным составил 11,022 тн, где:

- котельная ул. Анатолия, 193а – 0,394 тн., (на 98,69% меньше);
- котельная ул. Промышленная, 3 – 10,628 тн. (93,90% меньше) (рисунок 1).

Перевод 2 угольных котельных в г. Барнауле на природный газ позволил сократить выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на 193,49 тн/год.

Мероприятия по переводу потребителей на контур централизованного теплоснабжения и перевод угольных котельных на природный газ позволили снизить существующую нагрузку на атмосферный воздух в центральной части г. Барнаула на 193,49 тн., а также исключить нагрузку на почву за счет исключения образования золошлаковых от-

ходов от работы угольных котельных на 521 тн.

Золошлаковые отходы (ЗШО), образующиеся от работы угольных котельных относятся к 5 классу опасности и транспортируются для размещения на полигон ТБО г. Барнаула.

Объем ЗШО от работы угольных котельных составил 521 тн./год:

- котельная ул. Анатолия, 193а – 22,1 тн.,
- котельная ул. Промышленная, 3 – 498,9 тн.

Сравнение затрат от перевода 2-х угольных котельных в г. Барнауле на природный газ при различных видах отопления приведено в таблице 1. При оценке экономических аспектов использования котельных на газовом оборудовании в г. Барнауле анализировались и учитывались различные факторы. При этом, оценивая выбор отопительной системы важно учитывать не только первоначальные затраты, но и долгосрочные экономические перспективы [2].

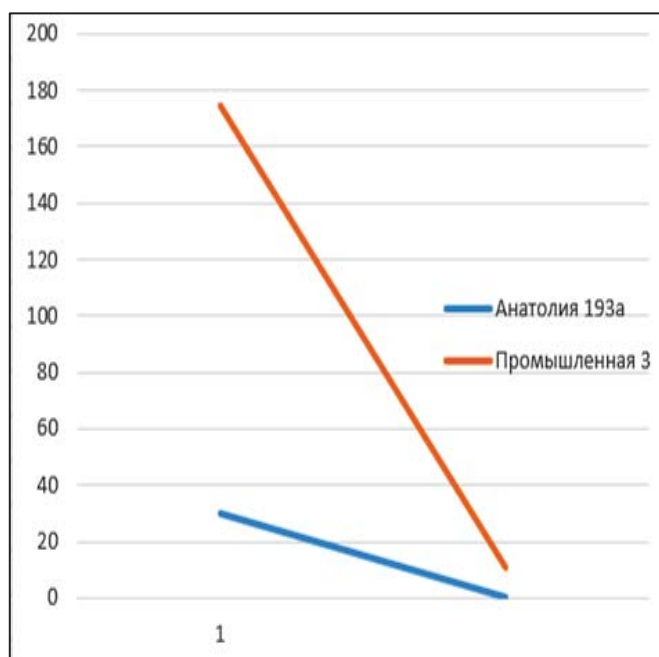


Рисунок 1 – Оценка результатов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Барнауле при переводе 2-х угольных котельных на природный газ

Таблица 1 – Сравнение экономических затрат при различных видах отопления

Вид топлива	Стоимость установки	Текущие затраты	Срок окупаемости
Газ	Средняя	Низкая	3-5 лет
Электричество	Низкая	Высокая	-
Твердое топливо	Высокая	Средняя	5-7 лет
Пеллеты	Высокая	Средняя	6-8 лет
Жидкое топливо	Средняя	Высокая	4-6 лет

О ПЕРЕВОДЕ УГОЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ НА ГАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОСЛЕ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЯ

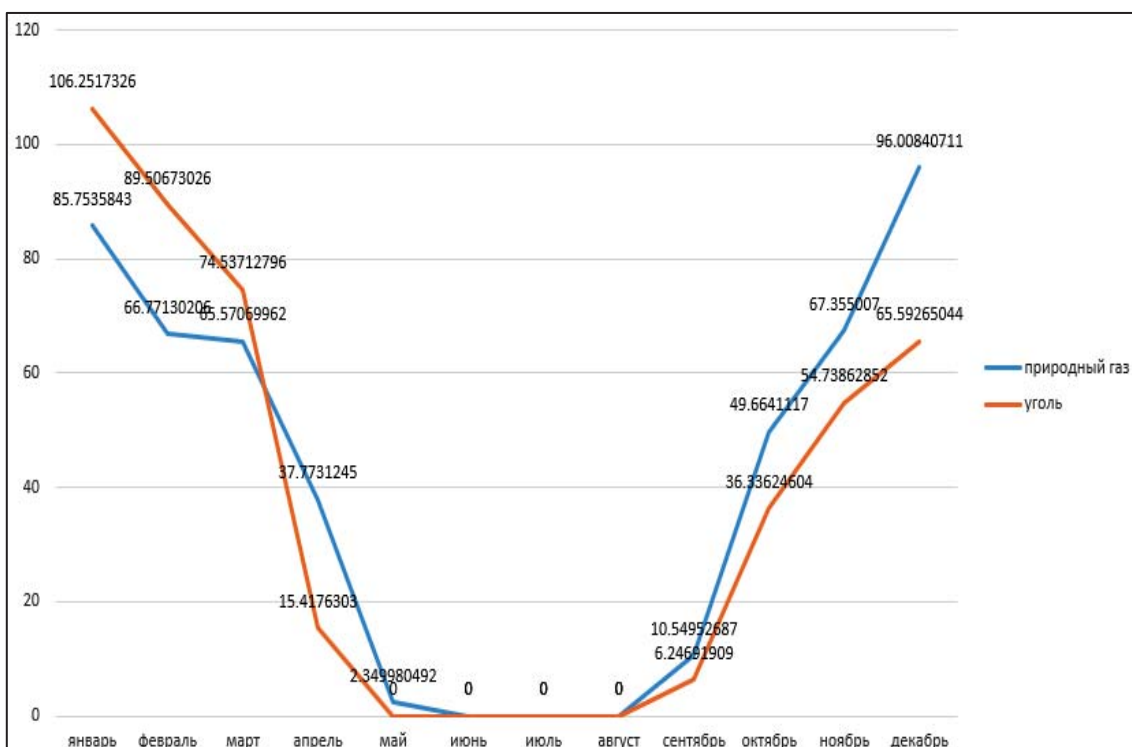


Рисунок 1 – Сравнительные показатели перевода угольной котельной на газ по ул. Анатолия, 193-а

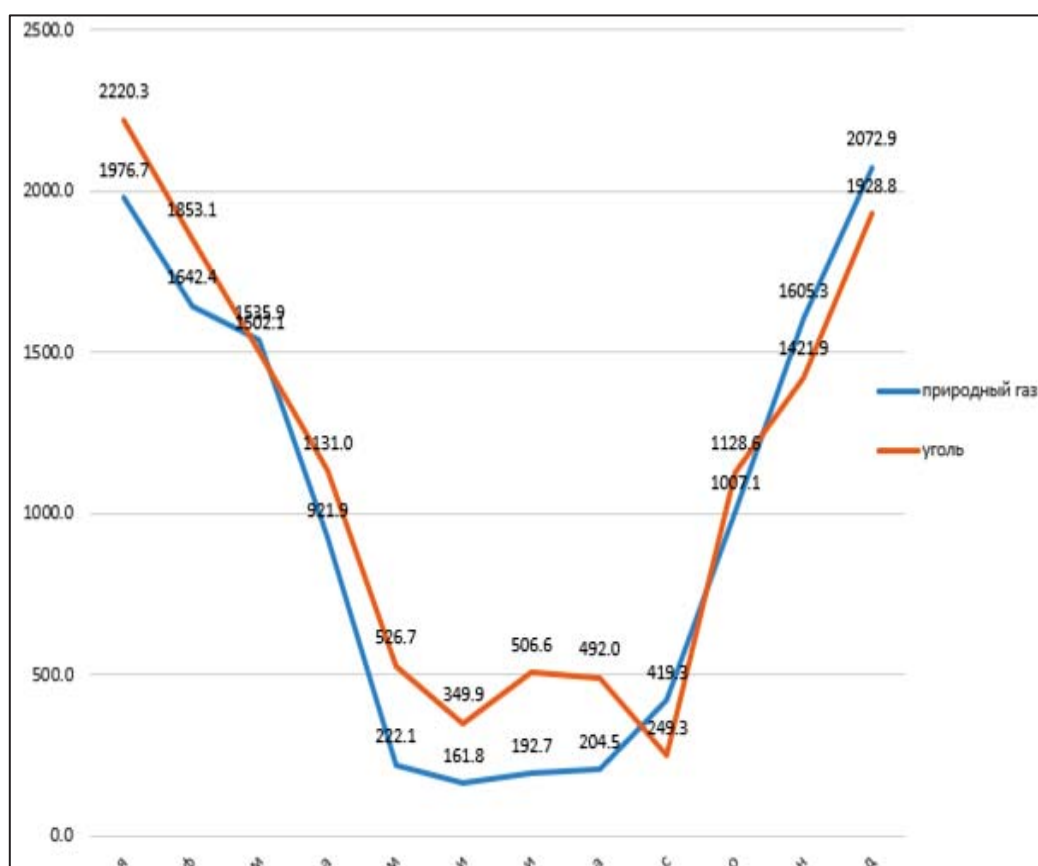


Рисунок 2 – Сравнительные показатели перевода угольной котельной на газ по ул. Промышленная, 3

Факторы, влияющие на экономичность котельных на газовом оборудовании при отоплении многоквартирных жилых домов, офисов, торговых центров и других общественно-коммерческих объектов, а также тепличных комплексов следующие:

- Тип и модель котла (конденсационный или атмосферный);
- Качество теплоизоляции здания;
- Климатические условия региона;
- Текущие тарифы на газ;
- Регулярность технического обслуживания.

После перевода угольных котельных на газовое оборудование были произведены расчеты затрат и определено, насколько выгодно оказалась данная реконструкция 2-х угольных котельных в г. Барнауле на природный газ (рисунки 2, 3).

Заключение

При оценке экономических аспектов использования котельных на газовом оборудовании в г. Барнауле анализировались и учитывались различные факторы. При этом, оценивая выбор отопительной системы, важно учитывать не только первоначальные затраты, но и долгосрочные экономические перспективы. После перевода 2-х угольных котельных на газовое оборудование были произведены расчеты затрат и определено, насколько выгодно оказалась данная реконструкция 2-х угольных котельных в г. Барнауле на природный газ:

- газовая котельная по ул. Анатолия, 193а было выявлено на 7,4% – рост затрат на топливо, потому что на данный момент котельная затрачивает больше ресурсов, из-за того, что подача угля раньше была достаточно близко (доставка угля зависит от расстояния, на которое его надо транспортировать), и, следовательно, было не выгодно переводить котельную на газ.

- газовая котельная по ул. Промышленная, 3, было выявлено на 10,1% – снижение затрат на топливо после газификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 89.13330.2016. Котельные установки. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054199> (дата обращения: 12.01.2025).

2. ГОСТ 5542-2022. Газ природный промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия. – М., 2022. – 17 с.

Мусалитина Екатерина Сергеевна – студент группы С-13 ФГБОУ ВО АлмГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: katerinamusalitina@gmail.com;

Лютова Татьяна Евстафьевна – старший преподаватель, заместитель заведующего кафедрой «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлмГТУ им. И. И. Ползунова», E-mail: lut-t@mail.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ МОСТОВЫХ КРАНОВ

М. А. Осипова, Б. Ф. Азаров, Д. Н. Черепанов

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье дается анализ применения метода наземного лазерного сканирования для определения положения подкрановых путей мостовых кранов. Выполнено сравнение применяемых методов.

Ключевые слова: наземное лазерное сканирование, методика, мостовой кран, отклонения от прямолинейности, безопасность.

Мостовые краны используются на многих промышленных предприятиях для перемещения различных тяжёлых грузов. Мостовой кран представляет собой металлический мост, который перемещается при помощи колес по своим путям чаще всего это специальные или стандартные железнодорожные рельсы. Для оперативного контроля за геометрическими параметрами рельсового пути и их ремонта (смещения) соединение рельсов с балками выполняется в виде подвижных креплений. На рисунке 1 показан пример мостового крана.

Безопасная эксплуатация таких кранов напрямую зависит от выполнения требований, предъявляемых к геометрии подкрановых путей. К основным из них относится условие параллельности ниток рельсов на расстоянии, соответствующем параметрам мостового крана (пролета, а также их горизонтальность. Основными параметрами, соблюдение которых необходимо при эксплуатации и монтаже (укладке) подкрановых путей, являются [1, 2]:

- отклонение от створа (условной прямой линии); допускается для каждого рельса до 15 мм при монтаже и до 20 мм в процессе эксплуатации;

- разность отметок между двумя рельсами на опорах (в поперечном сечении); допуск 15 мм и 20 мм соответственно при монтаже и эксплуатации;

- перепад в продольном сечении на соседних колоннах отметок по головкам рельсов 10 мм / 15 мм соответственно.

- отклонение пролета (расстояния между нитками рельсов) 10 мм / 15 мм.

Геодезическая или маркшейдерская служба (для горнодобывающего предприятия) обеспечивает комплекс работ по контролю геометрических параметров не только при строительстве/монтаже подкрановых путей

тей, но также при их эксплуатации. На величины этих параметров влияет множество факторов, относящихся к геотехническому контролю за зданиями и сооружениями в результате воздействия нагрузок на несущие конструкции, возможной осадки (деформации) фундамента, пролетов и несущих колонн.

Геометрические параметры подкрановых путей связаны с основными осями здания / сооружения, поэтому при выполнении разбивочных работ геодезическая (маркшейдерская) служба предприятия осуществляет привязку подкрановых путей к осям колонн. При этом закрепление осей может выполняться в виде кронштейнов над балками (пример закрепления оси показан на рисунке 2).

На практике разбивка оси подкранового пути может выполняться различными способами в зависимости от сложности и безопасности выполнения работ. Выбор способа зависит от ширины и высоты пролета и возможности безопасного проведения работ на высоте.

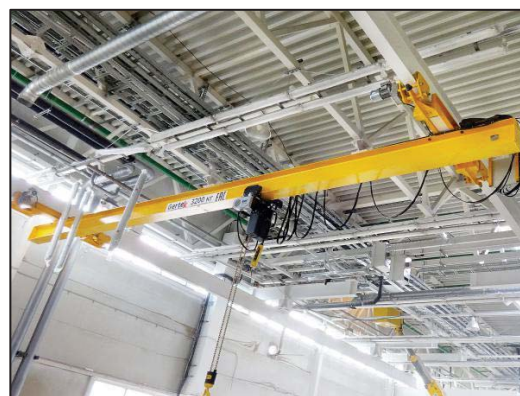


Рисунок 1 – Пример мостового крана

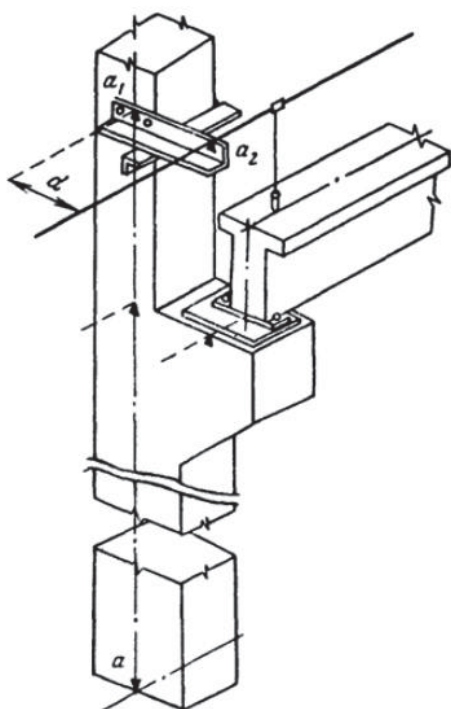


Рисунок 2 – Схема установки оси в проектное положение

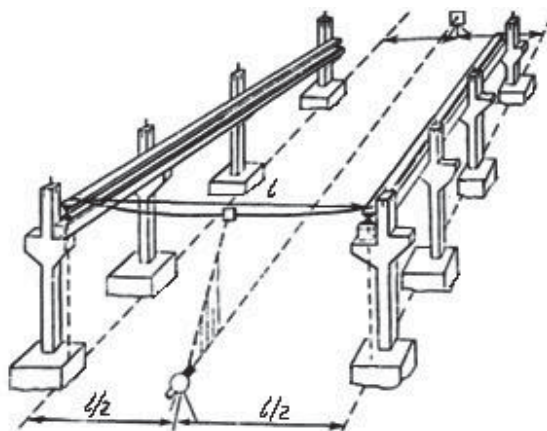


Рисунок 3 – Схема разбивки теодолитом

На рисунке 3 показана схема одного из традиционных способов разбивки подкрановых осей при помощи оптического теодолита.

В виду того, что помимо работ на высоте, не всегда возможно безопасно выполнять разбивку наверху, так как рядом на специальных подвесах проходит питающий мостовой кран электрический кабель. В связи с этим разбивка выполняется снизу от оси пролета, когда перпендикулярно оси пролета откладывают половину проектного значения его ширины, а затем эту ось передают на монтажную плоскость. В этом случае теодолит устанавливают на оси, ориентируют вдоль оси и с помощью рулетки фиксируют положение

оси с учетом поправки за провис. При небольшой ширине пролета можно вынести целое проектное значение, соответствующее ширине колеи.

Для установки путей на проектную отметку выполняют нивелирование консолей колонн, находят максимальную и рассчитывают толщину прокладок под остальные колонны. После монтажа путей по ним производится многократная прокатка крана и выполняется контрольная планово-высотная съемка.

Далее, как уже указывалось выше, осуществляется постоянный контроль геометрии пути. Традиционно в состав работ входят измерения ширины колеи, отклонений каждого рельса от прямолинейности и нивелирование головок рельсов. Эти работы можно выполнить, в зависимости от конструкции, либо косвенными методами, либо прямыми измерениями, например, при помощи рулетки и нивелирования. Ширина пролета мостовых кранов не может изменяться в больших пределах, поэтому есть возможность обозначить проектный базис на раме мостового крана и выполнять измерения отрезков различными способами.

При таком способе есть возможность измерить ширину пролета, но нет возможности определить криволинейность пути. В таком случае можно воспользоваться традиционным методом бокового нивелирования, причем измерения могут производиться снизу.

При невозможности выполнения прямых измерений следует применять различные линейно-угловые построения. Можно использовать различные базисы, с которых прямыми засечками могут быть определены координаты рельсового пути, а затем по ним вычислена его ширина.

Прямолинейность путей может быть определена методом створных измерений с использованием различных оптических и лазерных приборов.

Контроль высотного положения может быть осуществлен любым из традиционных методов нивелирования (гидростатическим, тригонометрическим, геометрическим).

На рисунке 4 показана схема геометрического нивелирования снизу, что обеспечивает безопасное выполнение работ. В таком способе рейка связана с рельсом при помощи специального горизонтального устройства (бруска). При таком варианте нивелирования кран перемещается вдоль пути.

На рисунке 5 показана схема метода тригонометрического нивелирования.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ МОСТОВЫХ КРАНОВ

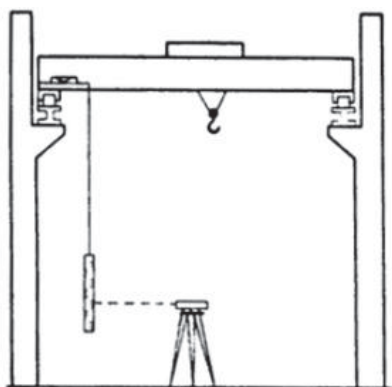


Рисунок 4 – Геометрическое нивелирование снизу

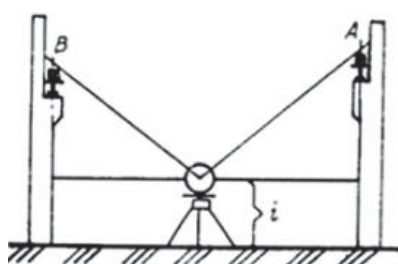


Рисунок 5 – Метод тригонометрического нивелирования

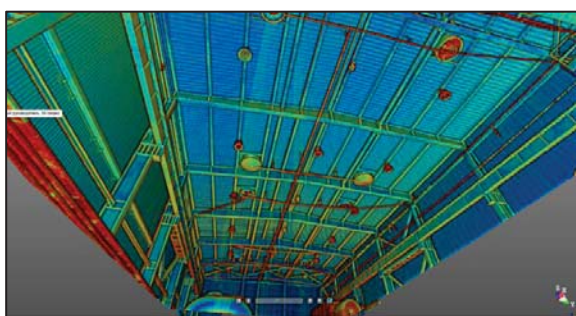


Рисунок 6 – Облако точек

Анализ перечисленных выше традиционных способов позволяет сделать следующие выводы о целесообразности их применения для выполнения работ по контролю геометрических параметров подкрановых путей: во-первых, это небезопасно, во-вторых, при захлапывании пролета под мостовым краном зачастую нет возможности или проблематично выполнить даже косвенные измерения. Решить проблему можно используя технологию наземного лазерного сканирования (НЛС) [3].

Выполнение НЛС мостовых кранов проводится с целью определения деформаций ответственных конструкций данного сооружения.

По результатам НЛС создаются обмерные чертежи, которые могут быть использо-

ваны для анализа динамики деформации таких объектов.

Характерной особенностью мостовых кранов является их расположение внутри здания, что затрудняет выполнение привязки результатов сканирования (облака точек) к системе координат исходной геодезической основы. Однако для оценки динамики деформаций такого сооружения достаточно выполнить НЛС с одной станции в условной системе координат, что позволит определить основные линейные элементы деформаций – контрольные расстояния между рельсами и взаимные превышения, определенные между деформационными марками рельса (вертикальные деформации). При этом при проведении повторного цикла наблюдений необходимо получать облако точек в той же системе координат, что и в начальном цикле. Следовательно, необходимо выполнить работы по координированию характерных точек внутри здания в условной системе координат. Однако эти точки не должны относиться к элементам конструкции самого мостового крана. На рисунке 6 показано облако точек, полученное в результате выполнения НЛС подкрановых путей.

Обработка материалов наземного лазерного сканирования, включает в себя следующие этапы:

1. Перевод скана (облака точек) в прямоугольную систему; добавление контрольных точек (марок) в нижней части рельсов в местах расположения балок для облегчения дальнейшей обработки;
2. Создание горизонтального сечения скана по нижней части рельса для отключения ненужных точек;
3. Определение отметок марок и расстояний между ними по скану;
4. Измерение расстояний между рельсами в районе параллельно расположенных марок;
5. Компоновка отчета.

На рисунке 7 показан скриншот облака точек, по которому проводились измерения, причем облако представлено в масштабе с учетом размера листа. В отчете представлены условные отметки и расстояния между двумя рельсами в районе расположения параллельных марок (расстояние измеряется между крайними точками рельса, а не между марками). В нижней части листа отчета показаны рельсы в боковой проекции с указанием расстояний между соседними марками и превышения марок относительно начальной точки.

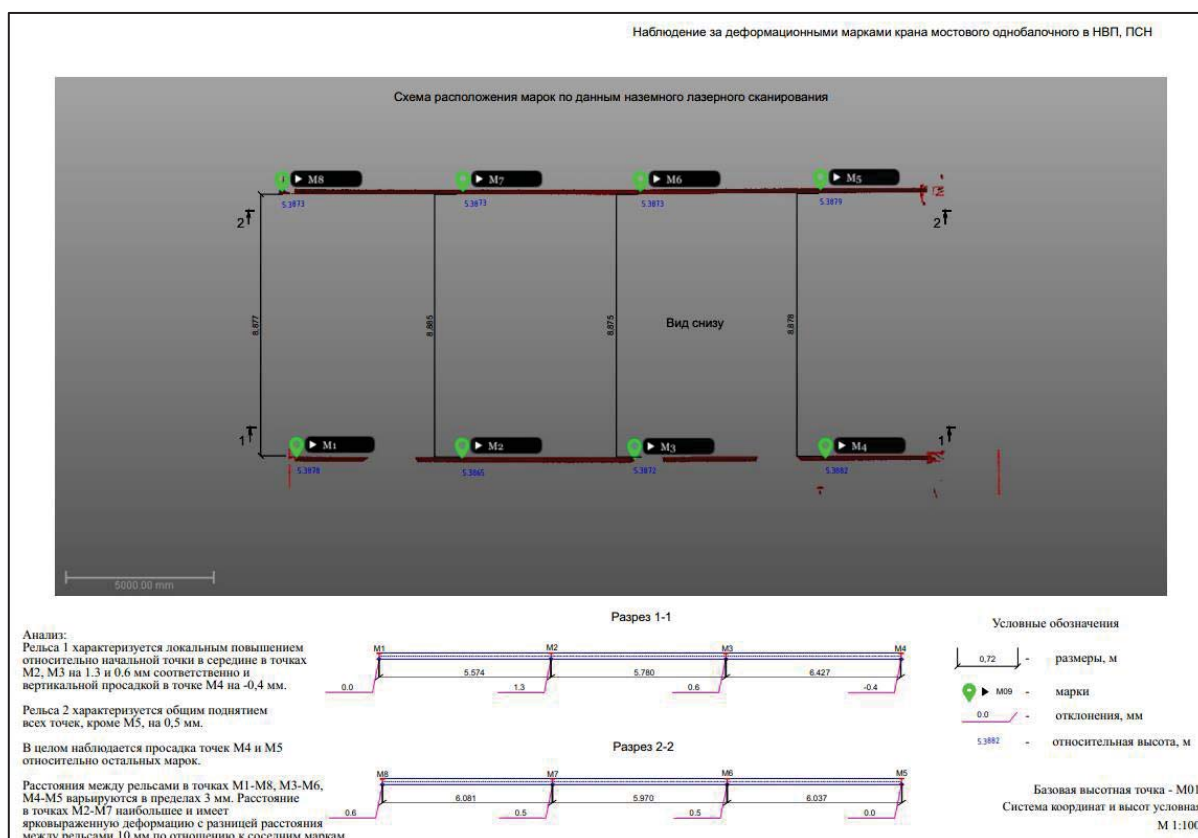


Рисунок 7 – Отчет по мониторингу по подкрановым путям

В качестве дополнения в нижней левой части листа отчета приведен краткий анализ результатов наблюдений за деформационными марками данного сооружения. Основные аспекты анализа включают особенности деформаций каждого рельса по отдельности, а также приводится вывод по изменению расстояния между рельсами. Для определения горизонтальных деформаций по однотипным симметричным граням рельса по облаку строятся образующие линии, которые в дальнейшем экспортируются в САПР-программы для дальнейшего анализа.

Выводы:

1. Использование технологии НЛС позволяет быстро и точно выполнять измерения с целью контроля положения подкрановых путей.
2. Отсутствие специального софта не является проблемой для обработки данных НЛС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 56944-2016. Краны грузоподъемные. Пути рельсовые крановые надземные. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ,

2016. – 29 с.

2. СТО НОСТРОЙ 2.2.78-2012. Требования к устройству, строительству и безопасной эксплуатации надземных крановых путей. Общие технические требования. – М. : Изд-во «БСТ», 2014. – 129 с.

3. Иванов, А. В. Разработка методики геодезического контроля инженерных объектов на основе данных наземного лазерного сканирования: дисс...канд. техн. наук / Иванов Андрей Васильевич. – Новосибирск, 2012. – 150 с.

Осипова Марина Александровна – к.-г.м.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail:kurator.stf@yandex.ru;

Азаров Борис Федотович – к.т.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: stf-ofigig@mail.ru;

Черепанов Денис Николаевич – студент группы 8С(з)-41 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: cherepanovden@mail.ru.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УСТРОЙСТВА ПОДЗЕМНЫХ ПРОСТРАНСТВ ПОД СУЩЕСТВУЮЩИМИ ЗДАНИЯМИ

Н. И. Пеньков, Л. Н. Амосова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В условиях глобальной урбанизации и ограничения земельных ресурсов подземные пространства становятся неотъемлемой частью современных городов. Настоящая работа посвящена исследованию технологий устройства подземных сооружений под существующими зданиями, позволяющих эффективно использовать городские территории. Рассмотрены ключевые методы, такие как микротоннелирование, шпунтовые ограждения, диафрагменные стены и заморозка грунта. Подробно анализируются их преимущества, включая минимальное воздействие на окружающую среду и безопасность эксплуатации. В статье представлены примеры успешных реализаций таких проектов, включая Hudson Yards в Нью-Йорке, Crossrail в Лондоне, подземные инфраструктурные объекты Москвы и многоуровневые центры в Токио. Отдельное внимание уделено вопросам интеграции этих технологий в сложные городские условия, а также анализу рисков и методов их минимизации. Работа адресована специалистам в области строительства, архитектуры и геотехники, а также всем, кто интересуется эффективными и инновационными подходами к использованию подземного пространства. Итоги исследования подчеркивают важность дальнейшего развития технологий и их адаптации к растущим требованиям современных мегаполисов.

Ключевые слова: подземные пространства, современные технологии, геотехнические исследования, микротоннелирование, стена в грунте, шпунтовые ограждения, урбанизация, градостроительство.

Рассмотрим современные технологии устройства подземных пространств.

Микротоннелирование и горизонтально направленное бурение (ГНБ)

Современные технологии микротоннелирования обеспечивают высокую точность прокладки подземных коммуникаций без необходимости разрушения поверхностных конструкций (рисунок 1).

Они особенно эффективны при сооружении тоннелей в условиях плотной городской застройки. Горизонтально направленное бурение позволяет минимизировать нарушение природного слоя грунта и сохранять устойчивость поверхностных зданий. Технология активно используется в строительстве подземных переходов, кабельных коллекторов и водопроводных систем [2].

Использование буронабивных свай и шпунтовых ограждений

Буронабивные сваи применяются для укрепления слабых грунтов, обеспечивая устойчивость подземных объектов (рисунок 2). Шпунтовые ограждения, в свою очередь, используются для создания герметичных контуров, предотвращающих проникновение подземных вод в строительную зону.

Эти технологии позволяют существенно снизить риски деформации грунтов и существующих сооружений.

вующих сооружений.

Применение шпунтовых конструкций особенно актуально в условиях повышенной влажности и сложных гидрогеологических условий [1, 5].

Технология «стена в грунте»

Метод «стена в грунте» представляет собой строительство бетонных или железобетонных конструкций непосредственно в грунте.

Эта технология получила широкое распространение благодаря своей универсальности и способности обеспечивать долговечность подземных объектов (рисунок 3). Она применяется, как при возведении подземных парковок, так и при строительстве крупных инфраструктурных объектов, таких как транспортные узлы.

Преимуществом данного метода является возможность минимизации вибрационного воздействия на окружающие конструкции [5].

Применение проходческих щитов

Использование проходческих щитов позволяет создавать крупномасштабные подземные пространства, включая тоннели метрополитенов и автомобильные дороги (рисунок 4). Технология обеспечивает высокую скорость работ и минимальное воздействие на существующую инфраструктуру.

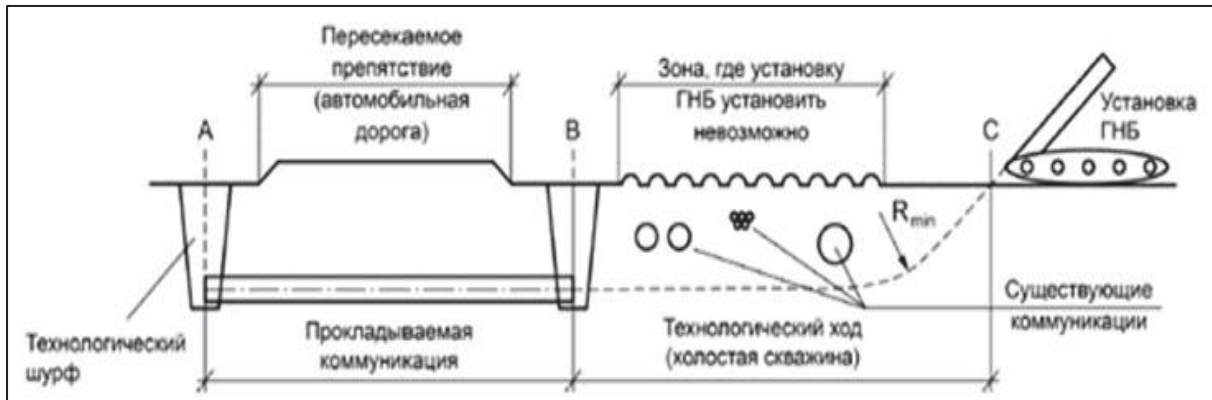


Рисунок 1 – Горизонтально направленное бурение

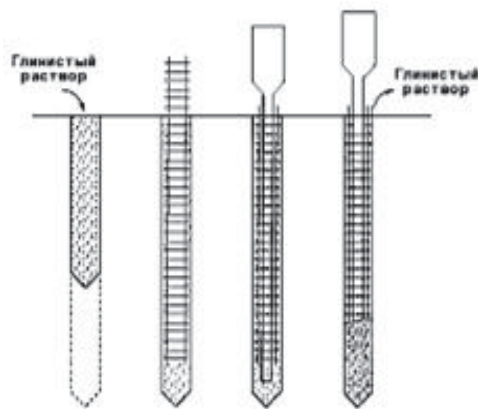


Рисунок 2 – Бурабавные сваи

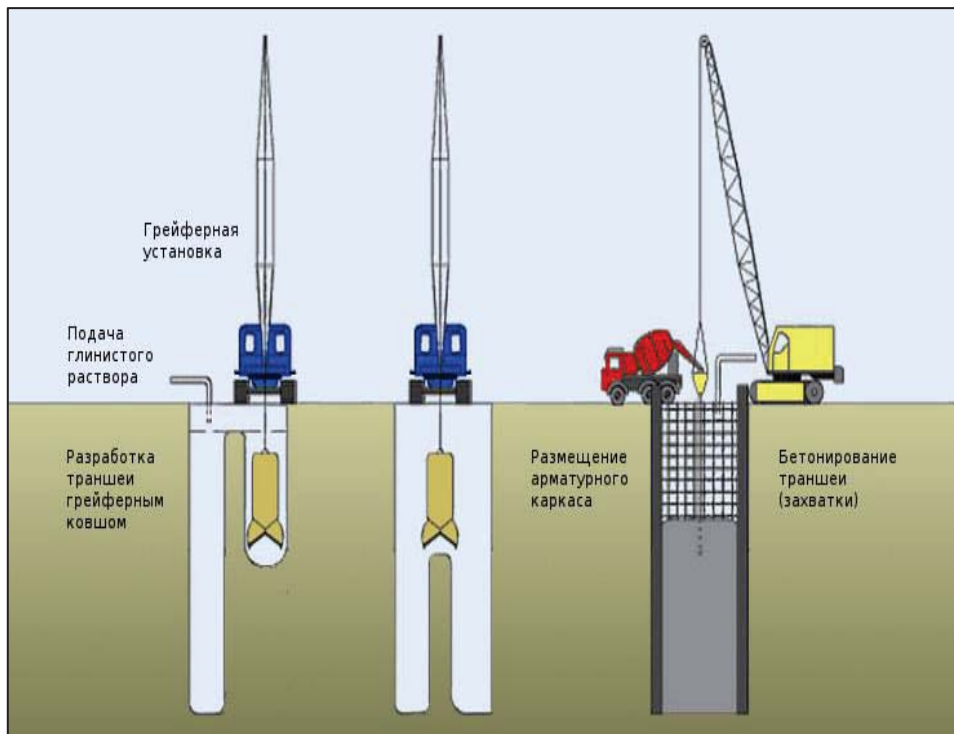


Рисунок 3 – Схема технологии «стена в грунте»

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УСТРОЙСТВА ПОДЗЕМНЫХ ПРОСТРАНСТВ ПОД СУЩЕСТВУЮЩИМИ ЗДАНИЯМИ



Рисунок 4 – Проходческий щит

Современные щитовые комплексы оснащены системами мониторинга, что позволяет оперативно выявлять и устранять потенциальные риски. Применение автоматизированных щитов позволяет сократить сроки реализации крупных проектов [2, 5].

Применение технологии заморозки грунта

Технология заморозки грунта используется для укрепления слабых и водонасыщенных грунтов, что особенно актуально в условиях плотной городской застройки. Метод позволяет создавать временные устойчивые конструкции, обеспечивая безопасное выполнение строительных работ. Примером успешного применения данной технологии является строительство станций метро в Санкт-Петербурге [4,5].

Использование роботизированных систем для выполнения подземных работ

Внедрение роботизированных систем и автоматизированных механизмов значительно упрощает процесс устройства подземных пространств. Современные роботы способны выполнять задачи бурения, укладки конструкций и монтажа инженерных систем с высокой точностью и минимальными затратами времени.

Кроме того, использование робототехники снижает уровень риска для рабочих, особенно в условиях повышенной опасности, таких как строительство в нестабильных грунтах или на больших глубинах. Данная технология активно развивается и становится неотъемлемой частью инновационного строительства [5].

Примеры успешной реализации проектов.

1) Москва, Россия. В рамках проектов по созданию подземных парковок под историче-

скими зданиями в Москве применялись методы «стена в грунте» и буронабивных свай. Применённые технологии позволили сохранить исторический облик квартала и минимизировать воздействие на близлежащие сооружения. Инженеры использовали современные системы мониторинга осадок, что обеспечило сохранение устойчивости зданий и предотвращение деформаций.

2) Токио, Япония. Подземный логистический центр в Токио стал одним из примеров использования технологии глубокого бурения в условиях высокой сейсмической активности. Этот проект включает в себя сеть тоннелей для автоматизированной доставки грузов, что позволило разгрузить наземные дороги. Применение антисейсмических конструкций и системы постоянного мониторинга делает объект устойчивым к землетрясениям. Кроме того, подземные торговые центры, такие как Shinjuku Subnade, эффективно интегрированы в городскую инфраструктуру.

3) Hudson Yards, Нью-Йорк, США. Hudson Yards является крупнейшим проектом городского развития в Нью-Йорке, включающим обширную сеть подземных коммуникаций. Технологии микротоннелирования позволили минимизировать вмешательство в плотную городскую застройку и обеспечить высокую надёжность инженерных систем. Проект также включает подземные системы отопления и кондиционирования, работающие на основе экологически чистых технологий.

4) Лондон, Великобритания. Лондонский проект Crossrail (Elizabeth Line) является примером успешного применения проходческих щитов и технологии «стена в грунте». Это крупнейшая железнодорожная линия, соединяющая центр Лондона с пригородами. Современные методы мониторинга осадок обеспечили сохранение исторических зданий в центральной части города, а применение автоматизированных систем позволило ускорить строительство и повысить его безопасность.

Возможные риски и их минимизация.

1) Деформации и повреждения существующих зданий.

Уменьшение вероятности деформаций достигается за счёт проведения комплексного инженерного обследования, использования современных технологий геодезического мониторинга и применения инновационных строительных материалов. Постоянный контроль за осадками и состоянием конструкций позволяет оперативно принимать меры по стабилизации. Важную роль играют превен-

тивные меры, такие как укрепление фундаментов существующих зданий перед началом строительства. [3]

2) Геологические и гидрологические сложности.

Точные геологические исследования, включающие буровые работы, геофизические исследования и мониторинг уровня грунтовых вод, позволяют минимизировать риски, связанные с геологическими и гидрологическими условиями. Использование современных программных комплексов для моделирования поведения грунтов в условиях нагрузки позволяет предусмотреть возможные сценарии [3].

3) Экономическая целесообразность.

Высокая стоимость устройства подземных пространств может быть снижена за счёт оптимизации проектных решений, применения модульных конструкций и сокращения сроков строительства за счёт использования автоматизированных технологий. Важным направлением является привлечение инвесторов и частного капитала для реализации масштабных проектов.

Заключение

Устройство подземных пространств под существующими зданиями представляет собой перспективное направление развития городской инфраструктуры. Применение современных технологий позволяет решать задачи оптимизации пространства, улучшения городской среды и сохранения архитектурного наследия. Однако успешная реализация таких проектов требует комплексного подхода, включающего тщательное планирование, применение инновационных решений и строгое соблюдение норм безопасности [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 473.1325800.2019. Здания, сооружения и комплексы подземные. Правила градостроительного проектирования. – М. : Стандартиформ, 2020. – 25 с.

2. СТО НОСТРОЙ 2.27.124-2013. Освоение подземного пространства. Микротоннелирование. Правила и контроль выполнения, требования к результатам работ (с Поправкой) – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200118478> (дата обращения: 12.02.2025).

3. Ильичев, В. А. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов / В. А. Ильичев, Г. Е. Голубев; А. В. Зама-раен. – М., 2004 – с. 211.

4. Подземные склады: преимущества на примерах / КСК ЭКСПЕРТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://journal.ksk.expert/articles/podzemnye-sklady-preimushchestva-na-primerakh-2197/> (дата обращения: 2.02.2025).

5. СП 248.1325800.2016. Сооружения подземные. Правила проектирования. – М. : ФГУП ЦПП, 2016. – 109 с.

6. Калинин, А. Р. Методические подходы к стоимостной оценке подземного пространства / А. Р. Калинин, В. А. Умнов, М. С. Рудяк. // Горный журнал. – № 4-5, 2003. – с. 23-29.

Пеньков Никита Игоревич – студент группы 8Спгс-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: pencov_nikita@mail.ru;

Амосова Лариса Николаевна – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: larisa1708@bk.ru.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ И СКЛОНОВ

Л. В. Переверзева, И. В. Носков

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Устойчивости откосов и склонов является важной проблемой, особенно в условиях интенсивной градостроительной деятельности и изменения климата. Выбор надежного и эффективного метода расчета устойчивости нагруженных грунтовых массивов с учетом всех основных параметров, влияющих на устойчивость, является актуальной задачей.

Ключевые слова: откос, склон, нагрузка, устойчивость откоса, методы расчета, коэффициент устойчивости.

Откосы и склоны подвержены воздействию различных факторов – от механических нагрузок до эрозионных процессов и сейсмических колебаний. Поэтому грамотный расчет устойчивости откосов и склонов становится неотъемлемой частью проектирования и эксплуатации дорожно-транспортной инфраструктуры, жилых и производственных объектов [1-3].

Расчет устойчивости откосов и склонов основывается на данных, полученных при геотехнических и инженерно-геологических изысканиях, на количественном и качественном анализе оползневых факторов.

В сфере изучения устойчивости откосов существуют два основных подхода. Важно отметить, что эти подходы представляют собой разные задачи и описывают различные виды потери устойчивости – оползни и обрушения. Сравнить эти подходы некорректно.

Первый подход, основанный на методе предельных напряженных состояний, ищет форму откоса и распределение нагрузки, при которых в каждой точке области, потерявшей устойчивость, выполняется условие предельного напряженного состояния. Однако на практике склоны обычно имеют произвольную форму и нагружены произвольно. В таких случаях разрушение склона происходит из-за смещения оползневых масс по ярко выраженной поверхности скольжения. В этом случае условие предельного напряжения не выполняется во всех точках зоны смещения, поэтому этот подход неприменим.

Второе направление (метод предельного равновесия) изучает условия устойчивости откосов вдоль одиночной поверхности скольжения. В общем случае форма и положение этой поверхности в массиве неизвестны. В связи с этим перед исследователями стоят две задачи: определить траекторию поверхности скольжения и найти критерий устойчи-

вости (условия равновесия) вдоль этой поверхности. Главная причина отсутствия строгого решения – статическая неопределимость задачи.

При рассмотрении равновесия призмы смещения по произвольной поверхности скольжения возникает проблема определения закона распределения нормальных напряжений. Для решения этой задачи призму разбивают на отсеки. Однако при рассмотрении их равновесия оказывается, что неизвестных реакций связей больше, чем условий для их определения.

Существующие в настоящее время методы определения устойчивости откосов и склонов сводятся к трем базовым методам: методы предельного равновесия, методы конечных элементов, комбинированные методы.

Класс методов предельного равновесия представлен методами Моргенштерна-Прайса, упрощенным методом Бишопа и обобщенным методом Ямбу. Методы Бишопа и Моргенштерна-Прайса рассматриваются действующими нормативными документами (СП 11-105-97) в качестве общепринятых методов расчета устойчивости склонов – метод конечных элементов, представляющий класс численных методов и рекомендованный к применению в нормативных документах (СП 116.13330.2012).

Метод Моргенштерна-Прайса является общим методом отсеков (рисунок 1), разработанным на основе предельного равновесия. Он требует удовлетворения равновесия сил и моментов, действующих на отдельные блоки, которые создаются путем разделения участка грунта над поверхностью скольжения плоскостями. Для расчета предельного равновесия сил и моментов на отдельных блоках по методу Моргенштерна-Прайса используются следующие допущения:

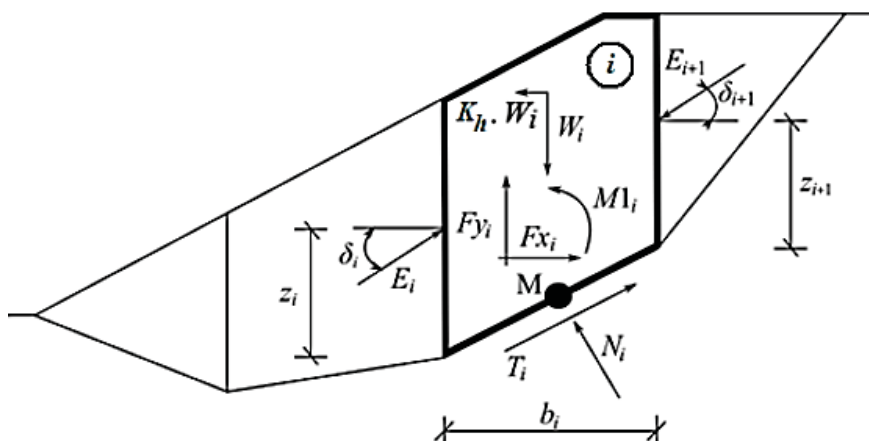


Рисунок 1 – Статистическая схема. Метод Моргенштерна-Прайса

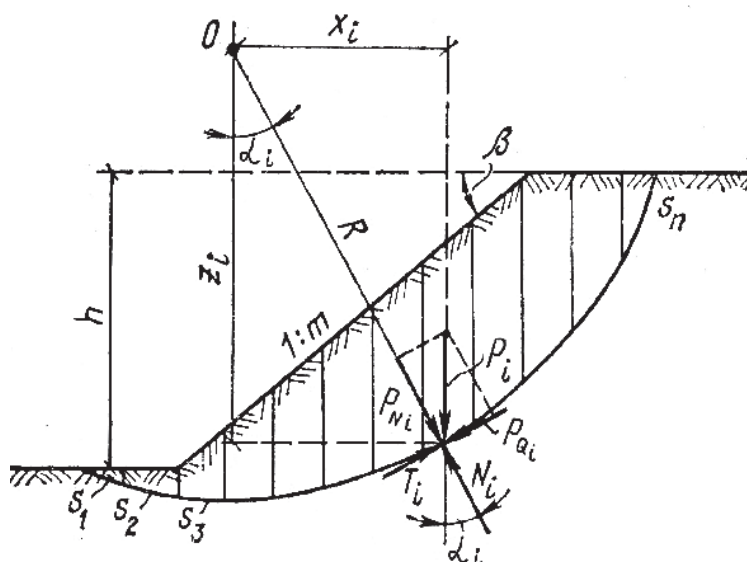


Рисунок 2 – Схема расчета по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения

- плоскости раздела между блоками всегда вертикальны;
- линия действия веса блока проходит через центр сегмента поверхности скольжения;
- нормальная сила действует в центре сегмента поверхности скольжения;
- наклонение сил, действующих между блоками, различно в каждом блоке.

При расчете устойчивости откосов в упрощенном методе Бишопа удовлетворяются условия равновесия общих моментов и вертикальных сил. Равновесие сдвигающих сил не соблюдается.

Данный метод рекомендуется для проведения большинства практических расчетов, проводящихся по круглоцилиндрической поверхности.

А.У. Бишоп провел сопоставление коэффициентов запаса, полученных с помощью

упрощенного и более строгих методов, которые удовлетворяют всем условиям равновесия. Он установил, что вертикальная составляющая сил взаимодействия может быть принята равной нулю, не приводя к существенным ошибкам, обычно с расхождением менее 5%. Следовательно, упрощенный метод, в котором вертикальные составляющие сил взаимодействия приводятся к нулю, обеспечивает тот же результат, что и строгий, при котором удовлетворяются все условия равновесия.

Метод Ямбу похож на метод Бишопа. С его помощью также, в геотехнической практике, выполняются расчеты оползневых склонов. Отличием является осуществление удовлетворения равновесия сдвигающих сил, при этом не соблюдается удовлетворение равновесию моментов. Анализируя многоугольник сил в отсеке, можно сказать, что

максимальная разница между сдвигающими и удерживающими силами. Данные площадки являются наиболее опасными в точке.

В методе предельного равновесия условие предельного равновесия выполняется только на поверхности скольжения. Ориентировка площадок определяется исходя из общей опасности поверхности скольжения, а не из условий в каждой её точке, т.е. площадки скольжения могут быть ориентированы не обязательно в направлении главного напряжения.

Роль современных методов расчета устойчивости откосов и склонов заключается в том, что они позволяют прогнозировать оползневые явления (помогает сократить затраты, связанные с ликвидацией их последствий); определить рациональные параметры нагруженных откосов, бортов карьеров и отвалов; учитывать неоднородность грунтового массива. Это важно, т.к. неоднородность обусловлена изменением физико-механических свойств грунтов с глубиной, наличием включений, слоистым геологическим строением и влиянием грунтовых вод.

В заключение можно сделать вывод о том, что современные методы расчета устойчивости откосов и склонов играют ключевую роль в обеспечении безопасности строительных и природных объектов.

Интеграция математического моделирования и численных методов позволяет не только более точно оценивать устойчивость грунтовых структур, но и выявлять слабые

места в их конфигурации.

Все модели имеют свои преимущества и области применения. Использование нескольких методов и их сравнение позволит более точно оценить устойчивость грунта, детально проанализировать сложные взаимодействия внутри грунтовой массы, учесть динамические нагрузки, поможет разработать эффективные меры по предотвращению обрушений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200084710> (дата обращения: 12.02.2025).
2. Маслов, Н. Н. Механика грунтов в практике строительства / Н. Н. Маслов. – М. : Стройиздат, 1977. – 320 с.
3. Хуан, Я. Х. Устойчивость земляных откосов / под ред. В. Г. Мельника. – М. : Стройиздат, 1988. 240 с.

Переверзева Лилия Владимировна – студент группы 8Спгс-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: pereverzevaliliya@yandex.ru;

Носков Игорь Владиславович – к.т.н., доцент, заведующей кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: noskov.56@mail.ru.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ABAQUS ДЛЯ ПОВЕРОЧНЫХ РАСЧЕТОВ В РАМКАХ ДЕТАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

М. А. Подъяпольская, Е. В. Вербицкая, И. О. Вербицкий

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье приведен краткий обзор стадийности выполнения работ по обследованию зданий и сооружений. В рамках этапа детального обследования рассмотрены особенности выполнения поверочных расчетов, вопрос целесообразности применения программного комплекса ABAQUS при расчете конструкций уникальных зданий и сооружений.

Ключевые слова: *обследование, поверочный расчет, этапы обследования, уникальные здания и сооружения, ABAQUS, детальное обследование, большепролетные конструкции, программные комплексы, метод конечных элементов, нелинейный расчет.*

Для предотвращения аварийных ситуаций и раннего выявления снижения несущей способности зданий необходим регулярный мониторинг их технического состояния с использованием современных методов и расчетных комплексов.

Основной нормативный документ, определяющий порядок обследований – ГОСТ 31937-2024 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

Согласно данному документу, обследование технического состояния здания представляет собой специальный вид инженерных изысканий, в который входит комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления, ремонта, демонтажа (сноса) и включающий в себя обследование грунтов основания и строительных конструкций на предмет выявления изменения свойств грунтов, деформационных повреждений, дефектов несущих и ограждающих конструкций и определения их фактической несущей способности.

Процесс обследования состоит из визуального и инструментального анализа, подготовки технической документации и составления технического заключения. Ключевые этапы обследования включают подготовку, предварительное визуальное обследование и при необходимости детальную оценку с описанием промежуточных этапов (инженерно-геологические изыскания и поверочные расчеты). Результаты завершающего расчета определяют категорию технического состояния

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ № 1 2025

здания и прогноз остаточного ресурса его эксплуатации.

Этапы обследования универсальны и в большинстве случаев происходят в порядке:

1. Подготовка к проведению обследования
2. Предварительное (визуальное) обследование
3. Детальное (инструментальное) обследование (при необходимости)

Особый интерес представляет детальное обследование сооружения, в которое входит ряд промежуточных этапов, включающих в себя обмерные работы, инженерно-геологические изыскания, инструментальное определение дефектов, поверочный расчет конструкций с определением расчетных усилий.

Поверочный расчет производится по действующим нормам с учетом ГОСТ 27751-2014. Результаты расчета являются основанием для составления технического заключения о состоянии несущих конструкций. Особенность данного расчета в том, что существующая конструкция рассматривается с учетом повреждений, с отражением в расчетной схеме выявленных дефектов конструкции. При выполнении исследования в расчет вводятся данные, полученные в результате обследования: уточненные геометрические параметры конструкций, прочность строительных материалов и грунтов оснований, действующих нагрузок [1].

Являясь, как правило, одним из завершающих этапов обследования, на основании результатов поверочного расчета определяется категория технического состояния здания или сооружения, а также отдельных конструктивных элементов, выносится прогноз остаточного ресурса эксплуатации.

В зависимости от материала обследуемой конструкции, при выполнении поверочного расчета специалист сталкивается с различными трудностями. Например, при определении реальной расчетной схемы железобетонной конструкции необходимо вводить в расчет не только реальные геометрические параметры, но и учитывать схему фактического армирования.

Расчет основных групп несущих конструкций (железобетонных, металлических, каменных и армокаменных, деревянных), производят согласно соответствующим сводам правил и нормативам.

При расчете железобетонных конструкций необходимо учитывать разгружающее влияние примыкающих конструкций, распора, совместную работу конструкции перекрытия с полом и т.д. Усилия определяются с учетом неупругих деформаций бетона и арматуры, в предположении линейной упругости с учетом допускаемого перераспределения усилий.

При выполнении поверочных расчетов металлических конструкций необходимо принимать во внимание особенности, характерные для работы материала под нагрузкой. Одной из недоработок методики расчета является предлагаемый для сравнения низкий уровень допустимых напряжений $[\sigma]$. Надежность металлической конструкции обусловлена работой материала в условиях скольжения и сдвиговых деформаций, однако расчетные методы не способны спрогнозировать зону возникновения площадок скольжения. Также расчетная методика, как правило, предполагает независимое протекание процессов коррозии, усталости и ползучести, хотя на практике наблюдается их совместное действие.

На основании расчета любой конструкции, вне зависимости от материала определяют усилия от эксплуатационных нагрузок и воздействий, определяют несущую способность, и как результат, оценивают степень реальной загруженности конструкции по сравнению с ее несущей способностью. В наихудшем варианте состояние конструкции может быть признано недопустимым или аварийным, в случае, если полученные усилия превышают процент несущей способности. Если в результате расчета не выполняется хотя бы одно из требований нормативов по первой или второй группе предельных состояний и разница не превышает 25%, то конструкция подлежит оценке надежности по степени пригодности для дальнейшей эксплуатации. Если разница между значениями больше 25%, то оценка надежности не вы-

полняется, а конструкция считается не пригодной для дальнейшей проектной работы и требует усиления.

От общего объема работ по обследованию, время, отведенное на выполнение поверочных расчетов, составляет примерно 10-20%. Данный процесс достаточно трудоемок, ответственен и зачастую выполняется при помощи программных комплексов, значительно ускоряющих процесс расчета и повышающих качество проекта.

Одним из таких программных комплексов, реализующих в своей работе метод конечных элементов, является ABAQUS. Данная система позволяет решать самые сложные задачи строительной механики, в том числе с учетом нелинейности. Программа позволяет рассчитывать сложное нелинейное напряженно-деформированное состояние (НДС) сооружения и оценить служебные характеристики конструкций по двум группам предельных состояний, с учетом многофакторного нагружения. К преимуществам программного продукта относится наличие обширной библиотеки нелинейных моделей материалов, в частности материалов арматуры, грунтов, пористых материалов, применение которых при расчете значительно повышает точность и качество решения задачи. К успешно выполняемым в ABAQUS расчетам относятся:

- Расчет усталостной прочности и долговечности с учетом пластического состояния;
- Расчет трещинообразования и концентраторов напряжений;
- Расчет на прогрессирующее обрушение

При проектировании уникальных зданий и сооружений на конечный результат влияют факторы из различных технических областей. Для любого объекта, важнейшей целью при расчете каркаса является соответствие расчетной схемы реальной работе конструкции под нагрузкой. В таком случае результаты расчетов не будут сильно изменяться при уточнении исходной модели, а общее решение будет гарантировать достаточную точность.

Преимущество применения в работе программного комплекса ABAQUS проиллюстрируем на примере трех уникальных сооружений. В данных примерах при помощи как электронного прототипа, так и поверочных расчетов, были выявлены некоторые недочеты при проектировании конструкций.

Нелинейный расчет оценки несущей способности кровли Ледового дворца в г. Ко-

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ABAQUS ДЛЯ ПОВЕРОЧНЫХ РАСЧЕТОВ В РАМКАХ ДЕТАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ломне. Конструкция покрытия представляет собой висячую мембранную оболочку отрицательной гауссовой кривизны, опирающуюся на замкнутый железобетонный опорный контур. Опорный контур, в свою очередь, опирается на две арки, расположенные вдоль продольных сторон и жестко связанные с опорным контуром. Дополнительно несущая способность обеспечивается 24 металлическими колоннами, установленными по периметру. Сама оболочка выполнена из стального листа, толщина которого увеличивается по мере приближения к опорному контуру от 4 мм (в середине) до 10 мм (на границе соединения с опорным контуром). Сверху на мембрану укладываются тросы, ограничивающие продольную деформацию. Концы тросов крепятся на балке опорного контура с последующим натяжением с заданным усилием (рисунок 1).

К расчетной модели были приложены как характерные статические нагрузки (собственный вес, технологическое оборудование, снеговая нагрузка), так и нагрузки от натяжения канатов. Всего было выполнено девять расчетов, четыре из которых – с учетом усилий от монтажа и натяжения канатов. Нагрузки, которые необходимо учесть при расчете данной модели:

- Нагружение собственным весом (без тросов);
- Укладка тросов (т.е. собственный вес тросов);
- Натяжение тросов на заданное усилие в 125 т;
- Приложение снеговой нагрузки (равномерно-распределенная)

В силу нелинейного характера расчета, решение задачи было целесообразно производить в комплексе ABAQUS, в результате чего были получены следующие выводы о характере работы конструкции:

1. При натяжении канатов на заданное усилие происходит увеличение всех силовых факторов (кроме момента кручения M_x). До критического значения увеличился изгибающий момент M_y (x4.2), что могло привести к повреждению опорного контура, и, как следствие, обрушению конструкции;

2. Предлагаемое усилие натяжения тросов не универсально для всех тросов, расположенных на мембране. Правильнее бы было производить натяжение неравномерным усилием, уменьшающим свое значение по мере удаления от опорного контура. При таком способе момент M_y увеличился бы всего в 1,6 раз;

3. При натяжении тросов на заданные усилия на краях продольной оси в попереч-

ном направлении образовались волны, с различными значениями напряжений. Остановка этапа натяжения была связана именно с данным наблюдением.

Статический расчет купола покрытия волейбольного центра в г. Одинцово (с учетом геометрической и физической нелинейности). Данный расчет также был реализован в ABAQUS. Конечно-элементная модель сформирована с использованием двумерных изгибных элементов (рисунок 2). Характерной особенностью данной конструкции является подход к проектированию ряда довольно сложных узлов конструкции (рисунок 3).

Был проведен нелинейный статический расчет полной конструкции покрытия на заданные нагрузки. Выяснилось, что в узлах возникает достаточное количество пластических зон, большая часть которых приходится на области сварных швов и болтовых соединений.

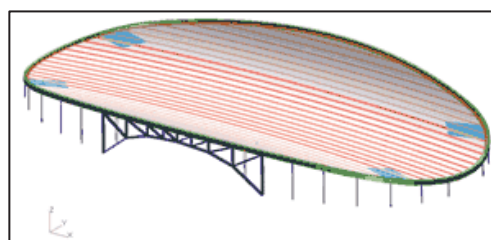


Рисунок 1 – Общий вид модели покрытия

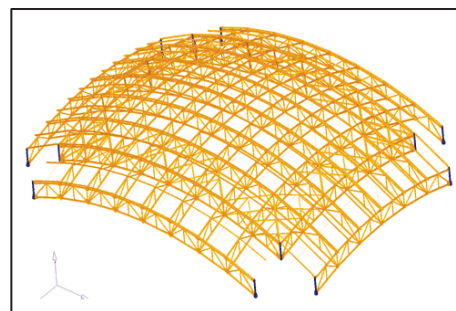


Рисунок 2 – Конструкция купола покрытия волейбольного центра

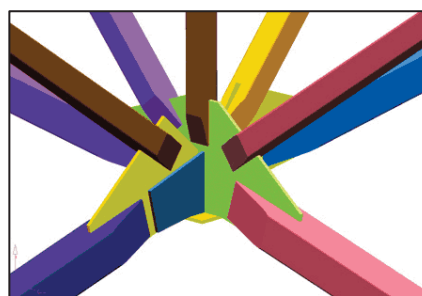


Рисунок 3 – Пример одного из узлов конструкции



Рисунок 4 – Расчетная модель Ледового дворца

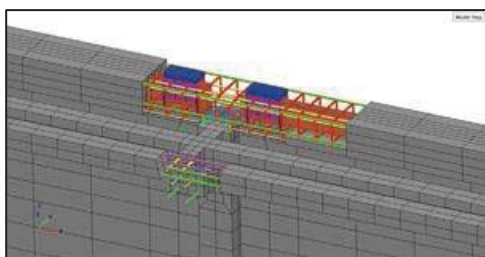


Рисунок 5 – Трехмерная модель несущей конструкции

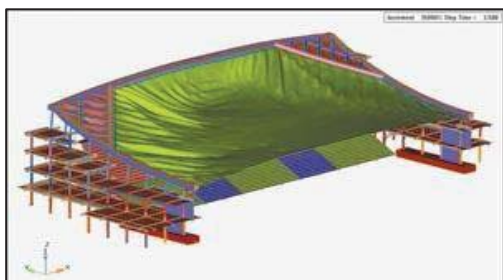


Рисунок 6 – Конструкция в момент времени 3,5 секунд с начала сейсмического воздействия

Ранее проведенные расчеты не содержат столь подробного анализа прочности узловых соединений и отражают конструкцию только как стержневую шарнирно-закрепленную модель.

Поверочный расчет по статическому анализу Ледового дворца спорта «Ермак» в г. Ангарске. Полная модель представлена на рисунке 4. Возможности программного комплекса ABAQUS позволяют создать железобетонные колонны и ригели каркаса в виде трехмерных элементов, с учетом наличия в них арматуры (рисунок 5). Данный расчет интересен тем, что проектируемый объект находится в сейсмической зоне, в результате чего была учтена сейсмонагрузка в 8 баллов по шкале Рихтера. Эта нагрузка вошла в состав динамического нагружения в виде акселерограмм, с учетом нагружения конструкции

весовой и временной полезной нагрузкой. Деформированное состояние конструкции показано на рисунке 6. В динамике задавалось горизонтальное возбуждение (вдоль X) и одновременно действующее вертикальное возбуждение в предположении, что конструкция ведет себя как жесткое целое. Значения напряжений в элементах меняются со временем в связи со сложным динамическим воздействием, а также физической и геометрической нелинейностью принятой расчетной модели.

В рамках данного исследования проиллюстрированы преимущества использования программного комплекса ABAQUS при проведении поверочных расчетов уникальных зданий, на примерах реально запроектированных объектов. При расчете описанных большепролетных конструкций была учтена нелинейность материалов, геометрии модели. В некоторых примерах были установлены недочеты принятых предварительно допущений, в результате которых уменьшилась степень соответствия реальной работе конструкции. Таким образом, есть основания рекомендовать использование ABAQUS для выполнения поверочных расчетов при обследовании, так как функционал программы позволяет отразить даже самые сложные зависимости в работе конструкции, а также производить расчеты с высокой точностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31937-2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1305691614> (дата обращения: 9.02.2025).

Подъяпольская Мария Александровна – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: mariapodyapolskaya@mail.ru;

Вербицкая Елена Васильевна – старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: alenapantushina@mail.ru;

Вербицкий Иван Олегович – старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: vane_k_007-89@list.ru.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ВОЗВЕДЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАРКАСОВ

М. А. Подъяпольская, Е. С. Степанова, Я. Г. Мозговая

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье приведено экономическое сравнение различных методов возведения металлических каркасов на примере одной из типовых решетчатых конструкций. Приведено экономическое обоснование выводов, на основе расчетов стоимости возведения конструкции на основе составления расценок по сборникам ГЭСН.

Ключевые слова: методы возведения, металлический каркас, ресурсно-индексный метод, технико-экономическое сравнение.

В современном строительстве металлические каркасы являются одним из наиболее популярных и востребованных решений для создания прочных и долговечных конструкций. Они широко используются в различных отраслях, включая промышленное, коммерческое строительство. В данной статье мы рассмотрим основные методы возведения металлических каркасов и проведем их экономическое сравнение.

Методы возведения металлических каркасов:

1. Использование готовых элементов.

При этом методе используются готовые элементы металлического каркаса, которые изготавливаются на заводе. Готовые элементы могут быть доставлены на строительную площадку и собраны в единую конструкцию. Этот метод позволяет ускорить процесс строительства и снизить затраты на рабочую силу. Однако он может ограничить возможности проектирования и не всегда обеспечивает такую же точность монтажа, как при сборке на месте.

2. Сборка на месте строительства. Этот метод предполагает сборку металлического каркаса непосредственно на строительной площадке. Он может быть использован для строительства зданий любой сложности и конфигурации. Сборка на месте позволяет учесть все особенности проекта и обеспечить максимальную точность монтажа. Однако этот метод требует больше времени и ресурсов, что может привести к увеличению стоимости строительства.

3. Комбинированный метод. Этот метод сочетает в себе сборку на месте и использование готовых элементов. Он позволяет оптимизировать процесс строительства и достичь баланса между скоростью и точностью монтажа. Комбинированный метод может быть особенно полезен при строительстве

сложных объектов, где требуется высокая точность и одновременно необходимо ускорить процесс.

4. Модульное строительство. Модульные конструкции представляют собой готовые блоки, которые собираются на заводе и доставляются на строительную площадку. Они могут быть легко соединены друг с другом, образуя единое здание. Модульное строительство позволяет значительно ускорить процесс возведения каркаса и снизить затраты на строительство. Однако оно может ограничивать возможности дизайна и требовать дополнительных затрат на транспортировку и монтаж модулей.

5. Предварительно напряжённые конструкции. Предварительно напряжённые металлические каркасы изготавливаются на заводе с использованием специальных технологий. Они обладают высокой прочностью и устойчивостью к нагрузкам. Предварительно напряжённые каркасы могут использоваться для строительства различных объектов, включая мосты, здания и сооружения. Этот метод обеспечивает высокую надёжность и долговечность конструкций, но может потребовать более высоких затрат на производство и транспортировку.

При выборе метода возведения металлического каркаса необходимо учитывать следующие факторы, влияющие на экономическую эффективность конструкции:

- Стоимость материалов – может варьироваться в зависимости от метода возведения. Например, при использовании готовых элементов стоимость материалов может быть ниже, чем при сборке на месте, так как заводское производство позволяет оптимизировать расходы.

- Затраты на рабочую силу – также могут варьироваться в зависимости от выбранного метода. Сборка на месте может потре-

бовать больше рабочих часов, что приведёт к увеличению затрат.

- Сроки строительства – могут существенно различаться в зависимости от метода. Модульное строительство и использование предварительно напряжённых конструкций позволяют значительно ускорить процесс, что может быть важно для некоторых проектов.

- Точность монтажа – также является важным фактором. Сборка на месте обеспечивает максимальную точность, что может быть критически важно для сложных проектов.

Выбор метода возведения металлического каркаса зависит от конкретных требований проекта, бюджета и сроков строительства. Необходимо провести детальный анализ всех факторов, чтобы выбрать оптимальный метод, который обеспечит наилучшее соотношение цены и качества.

Прежде чем приступить к экономическому сравнению тех или иных методов возведения металлических каркасов, рассмотрим детальнее достоинства и недостатки каждого варианта производства работ.

1. Использование готовых элементов

Достоинства:

- Скорость строительства. Готовые элементы каркаса изготавливаются на заводе, что ускоряет процесс монтажа на строительной площадке. Это позволяет сократить общее время строительства.

- Снижение затрат. Заводское производство оптимизирует расходы на материалы и рабочую силу, что может снизить общую стоимость проекта.

Недостатки:

- Ограничения проектирования. Готовые элементы могут иметь стандартные размеры и формы, что ограничивает возможности проектирования и не всегда позволяет достичь желаемой конфигурации.

- Потенциальное снижение точности монтажа. Хотя заводское производство обеспечивает высокое качество, монтаж готовых элементов может потребовать дополнительных усилий и контроля для обеспечения точности сборки.

2. Сборка на месте строительства

Достоинства:

- Индивидуальный подход. Сборка каркаса непосредственно на строительной площадке позволяет учесть все особенности проекта и обеспечить максимальную точность монтажа. Это особенно важно для сложных конструкций с нестандартными требованиями.

- Контроль качества. Строители могут контролировать качество материалов и работ на каждом этапе, что снижает риск дефектов и обеспечивает долговечность конструкции.

Недостатки:

- Длительное время строительства. Сборка на месте требует больше времени, так как все работы выполняются вручную. Это может замедлить процесс строительства и увеличить его стоимость.

- Высокие трудозатраты. Требуются квалифицированные рабочие для выполнения сложных монтажных работ, что увеличивает затраты на рабочую силу.

3. Комбинированный метод

Достоинства:

- Оптимизация процесса. Комбинированный метод позволяет оптимизировать процесс строительства, сочетая преимущества сборки на месте и использования готовых элементов. Это обеспечивает баланс между скоростью и точностью монтажа.

- Гибкость проектирования. Метод позволяет гибко подходить к проектированию, учитывая индивидуальные требования проекта и обеспечивая необходимую точность монтажа.

Недостатки:

- Сложность координации. Требуется тщательная координация между различными этапами строительства, чтобы обеспечить совместимость и точность сборки.

- Увеличение стоимости. Хотя комбинированный метод может оптимизировать затраты, он также может увеличить общую стоимость из-за необходимости более сложной логистики и управления проектом.

4. Модульное строительство

Достоинства:

- Высокая скорость строительства. Модульные конструкции собираются на заводе и доставляются на строительную площадку в готовом виде. Это значительно ускоряет процесс возведения каркаса.

- Снижение затрат на строительство. Модульное строительство позволяет снизить затраты на рабочую силу и материалы, так как большая часть работ выполняется на заводе.

Недостатки:

- Ограниченные возможности дизайна. Модульные конструкции имеют стандартные формы и размеры, что ограничивает возможность создания уникальных архитектурных решений.

- Дополнительные затраты на транспортировку и монтаж. Несмотря на снижение

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ВОЗВЕДЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАРКАСОВ

затрат на строительство, модульное строительство может потребовать дополнительных затрат на транспортировку модулей и их монтаж на площадке.

5. Предварительно напряжённые конструкции

Достоинства:

- Прочность и долговечность. Предварительно напряжённые металлические каркасы обладают высокой прочностью и устойчивостью к нагрузкам, что обеспечивает долговечность конструкций.

- Универсальность применения. Эти каркасы могут использоваться для строительства различных объектов, включая мосты, здания и сооружения, что делает их универсальным решением для разных проектов.

Недостатки:

- Более высокие затраты. Производство и транспортировка предварительно напряжённых конструкций требуют более высоких затрат по сравнению с другими методами.

- Сложная технология производства. Изготовление предварительно напряжённых каркасов требует специальных технологий и оборудования, что усложняет производственный процесс.

На сегодняшний день в Алтайском крае при возведении металлических каркасов различной сложности используются, в основном, первые три метода. С целью оценки экономической эффективности того или иного метода при решении реальных производственных задач, произведем укрупненное технико-экономическое сравнение данных вариантов.

Одними из главных несущих конструкций металлокаркаса являются фермы различных конфигураций, пролетов, составленные из различных типов сечений. При проектировании ферм на выбор конструктивного решения очень часто влияет удобство транспортировки конструкции, сборки и монтажа. Данные факторы, определяемые возможностями заказчика, накладывают отпечаток не только на внешний вид фермы, но и могут откорректировать габариты здания в целом, изменяя пролет.

Однако при габаритных размерах, предполагающих возможность как заводского изготовления, так и сборки конструкции на строительной площадке, на первый план выходит вопрос экономической эффективности того или иного метода.

Согласно п. 4.2.3 ГОСТ 23118-2019 «Конструкции стальные строительные. Общие технические условия» по технологии изготовления стальные конструкции подразделяют на:

- полностью изготовленные на заводе;
- изготовленные на заводе в виде опорочных марок (элементов) и укрупняемые при монтаже;
- изготовленные на строительной площадке.

В первую очередь выполним приблизительный расчет сметной стоимости конструкции на основании ГЭСН 81-02-09-2020 Сборник 9 «Строительные металлические конструкции». Данный сборник применяется при расчете стоимости на выполнение работ по монтажу строительных стальных и алюминиевых конструкций производственных, гражданских зданий и сооружений различного назначения.

Рассматриваемая конструкция – стропильная ферма с параллельными поясами пролетом 15 м, высотой 1 м, сечение из профильной трубы. Пояса – профиль 80 × 80 × 3, треугольная решетка – 80 × 40 × 4. Ориентировочная стоимость фермы «под ключ», включая расходные материалы, производство и доставку – 80182 р. Вес конструкции – 0,45 т. Состав работ по позиции 09-03-012-05 по сборнику 9 включает в себя установку и крепление стропильных и подстропильных стальных ферм, устройство подмостей, антикоррозийное покрытие сварных швов. (Код ресурса: 09-03-012-05) Сборка конструкции осуществляется при помощи крана на автомобильном ходу, грузоподъемностью 10 т.

Затраты труда рабочих (разряд – 3, 4) составляют 6,4 ч-час, затраты труда машинистов – 1,37 ч-час. Суммарная стоимость материалов, затрат на обслуживание машин и механизмов по данной расценке – 1949,87 р., в данную стоимость не включена оплата труда рабочих и машинистов. Итого стоимость возведения конструкции, полностью изготовленной на заводе и монтируемой на площадке в ценах III квартала 2024 года – 82131,87 р.

Выполним приблизительный расчет сметной стоимости конструкции на основании ГЭСНм 81-03-38-2020 Сборник 38 «Изготовление технологических металлических конструкций в условиях производственных баз». Данный сборник предусматривает расчет стоимости изготовления металлических конструкций на производственных базах, находящийся на балансе подрядных организаций. Сборка конструкции, как и в случае с использованием фермы заводского изготовления, производится при помощи крана на автомобильном ходу (Код ресурса: 38-01-003-01).

Рассматриваемая конструкция аналогична предыдущей, однако при данном варианте производства работ необходимо подсчи-

Таблица 1 – Экономическое сравнение методов возведения металлической конструкции

Метод возведения	Стоимость конструкции, руб	Материальные затраты, руб	Оплата труда, руб	Итого:
1. Использование готовых элементов	48882	7904,6	19181	85019,6
2. Сборка на месте строительства	80182	1949,87	2887,72	75967,6
Разница:				10,65%

тать суммарную стоимость штучного металлопроката. Общая стоимость конструкции с учетом доставки – 48882 р.

Затраты труда рабочих (разряд – 4) составляют 45,5 ч-час, затраты труда машинистов – 3,67 ч-час. Суммарная стоимость материалов, затрат на обслуживание машин и механизмов по данной расценке – 7904,6 р., в данную стоимость не включена оплата труда рабочих и машинистов. Итого стоимость возведения конструкции, полностью изготовленной на заводе и монтируемой на площадке в ценах III квартала 2024 года – 56786,6 р.

Без учета оплаты труда рабочих и машинистов, сразу бросается в глаза очевидная выгода метода сборки конструкции на строительной площадке. Однако, следует учесть затраты, связанные с трудозатратами.

По первому методу: затраты труда рабочих (Код: 1-100-34) – 6,4 ч-часа, труда машинистов (Код: 2) – 1,37 ч-часа. Суммируя затраты на оплату труда в ценах III квартала 2024 года в Алтайском крае получим 2887,72 р.

По второму методу: затраты труда рабочих (Код: 1-100-40) – 45,5 ч-часа, труда машинистов (Код: 2) – 3,67 ч-часа. Суммируя затраты на оплату труда в ценах III квартала 2024 года в Алтайском крае получим 19181 р.

Итого по первому методу общие затраты: 85019,6 р.

Итого по второму методу общие затраты: 75967,6 р.

Таким образом, метод непосредственно изготовления конструкции на строительной площадке, на примере стропильной фермы, оказывается экономически эффективнее заводского изготовления на 11% (таблица 1). Однако на практике к такому методу прибегают достаточно редко, в случае изготовления конструкций по нетиповым проектам или при применении негабаритных конструкций. Даже на примере единичной фермы видно, насколько данный метод более трудозатратен: на возведение одной конструкции требуется в 7 раз больше времени, чем при монтаже готовой фермы. Кроме того, необходимо обеспечивать полный контроль качества за производством работ на стройплощадке, что

не всегда возможно. Поэтому в производственной практике повсеместно прибегают к использованию готовых конструкций, пренебрегая незначительной экономией.

Экономическая эффективность каждого метода монтажа металлоконструкций зависит от конкретных условий проекта. Для простых конструкций с ограниченными требованиями к дизайну и скорости строительства использование готовых элементов или модульное строительство может быть наиболее экономически выгодным решением. Однако для сложных проектов с индивидуальными требованиями и необходимостью обеспечения максимальной точности монтажа сборка на месте или комбинированный метод могут оказаться более предпочтительными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 23118-2019. Конструкции стальные. Общие технические условия. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200174657> (дата обращения: 11.02.2025).
- ГЭСН 81-02-09-2020. Сборник 9. Строительные металлические конструкции [Электронный ресурс]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293723/4293723782.pdf/> (дата обращения: 25.11.2024).
- ГЭСНм 81-03-38-2020. Сборник 38. Изготовление технологических металлических конструкций в условиях производственных баз [Электронный ресурс]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293723/4293723703.pdf> (дата обращения: 25.11.2024).

Подъяпольская Мария Александровна – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: mariapodyapolskaya@mail.ru;

Степанова Екатерина Сергеевна – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: stkateriin@gmail.com;

Мозговая Яна Григорьевна – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: yanagm@mail.ru.

СИСТЕМЫ ОТВОДА ДОЖДЕВЫХ И ТАЛЫХ ВОД С КРОВЕЛЬ ЗДАНИЙ

Д. Д. Ращепкин, И. А. Бахтина

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрены виды различные конструкции систем отвода дождевых и талых вод с кровель зданий, их основные конструктивные элементы и правила проектирования.

Ключевые слова: водосточная воронка, водосток, сифонные системы, кровля.

Водостоки предназначены для отвода дождевых и талых вод с кровель зданий. Устройство водостоков рекомендуется при высоте здания более трех этажей, т.е. там где высота водного стояка более 10 м вод. ст.

Системы водоотвода с кровли подразделяются на внутренние и наружные. Наружные водосточные системы, как правило, применяются на скатных кровлях. Они включают в себя водосборные желоба, установленные на карнизах, которые направляют воду в водосточные трубы. Далее вода отводится в ливневые коллекторы, грунт или аккумулирующие емкости.

Внутренний водоотвод предназначен для отвода воды с плоских кровель. Выбор устройства водостока определяется площадью кровли и климатических условий [1, 2].

При устройстве кровель устраивается уклон к центру здания, где устанавливаются водосточные воронки с внутренними стояками. Вода, стекая с кровли по внутренним трубопроводам, отводится обычно в ливневую канализацию.

Внутренние водоотводящие системы устраиваются на эксплуатируемых и неэксплуатируемых плоских кровлях.

Различают два типа внутренних водостоков: самотечные и сифонные.

Самотечная система основана на поступлении дождевых и талых вод в водосточную воронку самотеком под действием сил тяжести. При этом воронка является простой и дешевой, однако ввиду открытого в стояк попадет воздух и образуются воздушные пробки, препятствующие протеканию воды, перебои с отводом воды и могут образовываться лужи. Поэтому самотечные конструкции рекомендуется применять на плоских крышах малой площади.

В сифонно-вакуумную системы в устройство воронок входит элемент, называемый стабилизатором потока. Благодаря ему можно значительно снизить количество воздуха, поступающего в водосточную трубу. В ре-

зультате, в стояке формируется стол воды, который, в свою очередь, за счет гравитации утекает в канализацию. При этом возникает разность давлений, способствующая водосток с высокой скоростью и без помех.

Водостоки внутри здания монтируются из следующих элементов:

Водосточные воронки (рисунок 1) предназначены для сбора и отвода дождевой и талой воды. Они располагаются на плоскости кровельного покрытия. На рынке представлены воронки плоской формы или в виде колпака из пластика, стали или чугуна. Диаметры воронок определяются расчетом и соответствуют сечению водоотводящих труб:

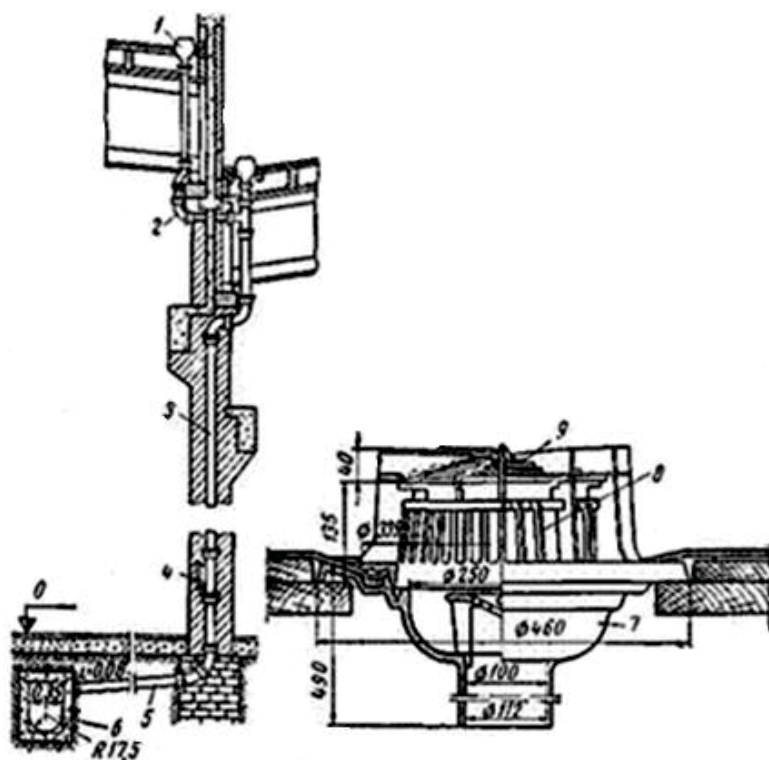
1. Вертикально расположенных трубных стояков сечением, соответствующим диаметру отвода водосточной воронки.

2. Углов, колен, доборных деталей, кронштейнов, крюков, хомутов и прочих крепежных материалов.

Внутренние водостоки должны иметь герметично закрывающиеся ревизионные проемы для чистки и проведения профилактических осмотров (рисунок 2).



Рисунок 1 – Приемная воронка, установленная на плоской кровле



1 – водосточная воронка; 2 – отводящая труба; 3 – стояк; 4 – ревизия; 5 – подземная часть трубопровода; 6 – наружные водостоки; 7 – чугунный корпус; 8 – решетка; 9 – крышка

Рисунок 2 – Внутренний водосток: а) общий вид; б) схема водосточной воронки



Рисунок 3 – Наружный водосток

Внутренние водостоки имеют ряд преимуществ перед внешними:

- все элементы скрыто размещены внутри сооружений, не нарушается экстерьер фасада, нет необходимости подбирать варианты, подходящие под стиль и цветовое решение здания;
- эффективность внутреннего отвода выше, чем у наружных систем;
- даже в сильные морозы вода в трубах не замерзает;
- ливневые и талые воды сливаются непосредственно в сливную систему.

Недостаток внутреннего водостока в сложности обслуживания и ремонта конструкций, неудобствах при чистке.

Основными элементами наружного во-

достока являются водосточные трубы и желоба (рисунок 3). Форма сечения желобов может быть квадратной, полукруглой или трапециевидальной. Диаметр желобов и труб зависит от уклона и площади кровли, а так же статистических показателей максимального количества атмосферных осадков в регионе строительства, определяется расчетом [3]. Площадь сечения должна обеспечивать отвод воды с кровли даже при сильном ливне.

В состав водосточных систем входят (рисунок 4):

- воронки и водосборники, выступающие в роли приемника дождевой воды;
- подвесные желоба, устанавливаемые горизонтально на свесах крыш;
- водосточные трубы для отвода воды;
- крепежные изделия: хомуты, кронштейны, держатели;
- соединительные детали, переходные колена, отводы.

Кроме основных элементов водостока, используются специальные сетки и защитные колпаки, предотвращающие попадание мусора, листьев, веток и прочих предметов в сливные трубы.

Детали водосточных систем изготавливаются из оцинкованной стали, алюминия, пластика, металла с полимерным покрытием. Они легко стыкуются между собой и при правильном монтаже исправно отводят воду с кровли.

СИСТЕМЫ ОТВОДА ДОЖДЕВЫХ И ТАЛЫХ ВОД С КРОВЕЛЬ ЗДАНИЙ



Рисунок 4 – Составные части наружного водостока

Для предотвращения обледенения систем наружного и внутреннего водоотвода необходимо предусмотреть устройство электрического обогрева элементов водосточных воронок, труб и лотков. Электрообогрев выполняется греющим электрическим кабелем, управляемым автоматически с помощью датчиков температуры и терморегуляторов.

Один из основных вопросов, возникающий при монтаже внутренней водосточной системы, это выбор сырья. От типа материала зависит долговечность комплекса, простота обслуживания и итоговая цена.

Самыми распространенными видами материалами являются [4]:

1) ПВХ. Достоинствами данного материала является малая восприимчивость к перепадам температур, устойчивость к открытому пламени и нагреву, также ПВХ не разрушается под действием ультрафиолетовых лучей. К недостаткам материала относится хрупкость, что обуславливает его недолговечность.

2) ПНД. К достоинствам данного материала относится легкость (поэтому меньшие затраты на доставку и меньшие трудозатраты на монтаж), устойчивость к химическим примесям и большой срок службы (более 50 лет). Монтаж системы из ПНД облегчается также за счет того, что материал является гибким. К недостаткам материала относятся: разрушение под действием ультрафиолета, повышение хрупкости при понижении температуры, высокая стоимость.

3) Полипропилен. Водосток из данного

материала характеризуется низкой стоимостью, устойчивостью к механическим нагрузкам. Однако, полипропилен ввиду высокого коэффициента температурного расширения разрушается при перепадах температур.

4) Полибутилен. Основными достоинствами данного материала являются долговечность, устойчивость к температурным перепадам и ультрафиолету, гибкость, что облегчает монтаж. Недостатком полибутилена является его высокая стоимость.

5) Стеклопластик. При устройстве внутренней водосточной системы его применяют достаточно редко, в основном только в тех условиях, когда требуются высокие осевые нагрузки. По основным характеристикам данный материал для водоотвода аналогичен ПНД. При этом наблюдается зависимость от технологии производства в контексте срока службы. При малейших отклонениях процесса изготовления материал может утратить свои свойства. Срок выхода комплекса внутреннего водостока из эксплуатации может наступить уже через 5 лет. При этом заявленный изготовителем термин службы может составлять десятки лет.

6) Нержавеющая сталь. Является наиболее применяемым материалом. Основными достоинствами являются низкая цена и термическая стойкость. Однако при этом необходимо учитывать большую шероховатость в сравнении с пластиковыми материалами, коррозионность, поэтому трубы и воронки постепенно покрываются органикой, мусором и минеральными отложениями. Так что, не

смотря на механическую прочность, необходимость ремонта возникает уже через 15-20 лет после монтажа. Помимо этого, устанавливать стальные внутренние водостоки должен профессионал. Благодаря этому качество сварных швов часто уступает в своей надежности стыка пластиковых изделий.

7) Медь. Наиболее долговечный и эстетически привлекательный материал для водосточных систем. Медные комплексы могут прослужить в течение 100-200 лет, за счет того, что постепенно покрываются патиной – защитным слоем оксидной пленки приятного цвета. В список их преимуществ входит также химическая устойчивость и пластичность, облегчающая монтаж внутреннего водостока. Но, при этом медь не лишена нескольких минусов. Один из них состоит в реакции, которая возникает при взаимодействии с другими металлами. В связи с этим из устройства внутренней системы водостока следует исключить крепления из других материалов. Несмотря на гладкость патинированных комплексов, медь все еще уступает в этом параметре пластику. И самый главный минус – высокая цена, превосходящая порой в разы комплексы из альтернативного сырья.

При выборе материала водосточной системы необходимо соблюдать соотношение стоимости и условий эксплуатации. В некоторых случаях более дешевый и менее долговечный, но более простой в обслуживании пластик может быть предпочтительнее капризных металлов.

Выбор конструкции и материала для водосточной системы должен учитывать конструкцию крыши, статистические данные по количеству осадков в данном регионе, особенности материалов, из которых изготавливаются водосточные системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М. : Минстрой, 2020. – 13 с.
2. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения: актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. – М. : Минстрой России, 2018. – 16 с.
3. СП 73.13330.2016. Внутренние санитарно-технические системы зданий: актуализированная редакция СНиП 3.05.01-85. – М. : Минстрой России, 2016. – 24 с.
4. Ращепкин, Д. Д. Основные виды труб в системах канализации / Д. Д. Ращепкин, И. А. Бахтина, М. Л. Лопатина // Сборник: Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2024. – С. 203-207.

Ращепкин Денис Денисович – студентка группы 8Соим-41 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: rashepkindd@mail.ru;

Бахтина Ирина Алексеевна – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: bia-altai@mail.ru.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ И СКЛОНОВ

В. С. Рогальских, И. В. Носков

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В этой статье рассматриваются методы расчета и функционал программных комплексов для расчета устойчивости откосов и склонов.

Ключевые слова: *устойчивость откосов и склонов, методы расчета, программный комплекс, предельное состояние, численное моделирование, метод конечных элементов, метод кругло-цилиндрических поверхностей.*

Определение устойчивости откосов и склонов становится все чаще решаемой задачей для проектировщиков и геологов. Ранее существовал единственный способ решения этой проблемы это – выбор метода и расчет вручную.

Чаще выбор метода определялся имеющимся временем для решения задачи и предпочтениями конкретного инженера. Сейчас, при наличии огромного количества программных комплексов, которые значительно ускорили решение задач по определению устойчивости откосов и склонов. Появилась возможность выбирать методы, условия для расчетов, а также моделирование разных вариантов (подъем грунтовых вод, сейсмическая и техногенная нагрузка).

Откос представляет собой искусственно сформированную поверхность грунтового массива, которая образуется в процессе разработки выемок для котлованов, траншей и карьеров. Также откосы создаются при устройстве насыпей для дамб, земляных плотин автомобильных и железных дорог, а также при реперофилировании территорий.

Склоном называют наклонный участок поверхности земли, сформированный в результате действия природных или антропогенных факторов. Они могут быть образованы в результате эрозии почвы, действия воды, льда, ветра, а также в результате деятельности человека, такой как добыча полезных ископаемых или строительство.

Устойчивость откосов и склонов – это процесс, который позволяет определить, насколько склон какой-либо конструкции или природного образования (например, горы, поверхности откоса или подземного сооружения) способен противостоять давлению и не обрушиться.

Расчет устойчивости откосов и склонов необходим при проектировании и строительстве различных инженерных сооружений, та-

ких как дороги, дамбы и туннели. Также он используется в геологии для прогнозирования вероятности оползней или схода лавин.

Расчёты, направленные на определение устойчивости откосов и склонов, представляют собой значимый этап в процессе геотехнического проектирования и оценки стабильности земляных массивов. В ходе таких расчётов необходимо оценить физические и механические характеристики грунта, такие как проницаемость для воды, угол внутреннего трения, сцепление и другие параметров [1]. Эти данные позволяют оценить поведение грунта под нагрузкой и его потенциальную нестабильность.

Кроме того, проводится анализ геометрии склона или откоса, включая его уклон, форму и размеры. Также учитываются различные слои грунта и их свойства, поскольку это может повлиять на коэффициент запаса устойчивости склона. Анализируются все внешние силы, воздействующие на склон, включая нагрузку от транспорта, намыв воды, давление грунта и другие факторы. С помощью различных методов рассчитываются силы, действующие на природный склон, и его реакция на эти силы [2].

Для оценки устойчивости грунтового массива на наклонной поверхности применяется методика расчета коэффициента устойчивости, который отражает соотношение сил, удерживающих массив, к силам, стремящимся его сдвинуть.

Формирование пологих откосов экономически нецелесообразно, поскольку это сопряжено с дополнительными трудозатратами и увеличивает стоимость строительства. Создание крутых откосов может иметь негативные последствия и привести к значительным материальным убыткам. Определение оптимального угла наклона склона способствует снижению затрат и трудоемкости строительных работ.

В данный момент времени существует много методик по расчету устойчивости откосов, но все они сводятся к трем базовым классам методов: методы предельного (пластического) равновесия, методы конечных элементов, комбинированные методы.

Выбор методов в первую очередь определяется типом оползневой массы, а также механизмом возможного смещения оползневых масс. Каждый способ расчета характеризуется своей оригинальной системой, полученной в данном способе с использованием того или иного допущения.

В настоящее время, благодаря широкому спектру программных комплексов, значительно упрощающих решение задач по оценке устойчивости откосов и склонов, предоставляется возможность выбора методов, условий для проведения расчетов и моделирования различных сценариев, например, подъём уровня грунтовых вод или сейсмические и техногенные нагрузки.

Но стоит отметить, что разработчики программного обеспечения не всегда обладают высоким уровнем знаний в данной области постановки задач, особенно в части профессиональных геологических или инженерных знаний. В связи с этим, во многих программных продуктах могут отсутствовать базовые данные, необходимые для выполнения многовариантных расчетов.

Современные программы для оценки устойчивости откосов позволяют оперативно получать решения с использованием численных методов конечных элементов, и с использованием аналитических методов.

Программные комплексы для инженерных расчетов классифицируются на три категории:

1) Программы для решения определенных задач: Эти программы, созданные инженерами для удовлетворения собственных потребностей, предназначены для выполнения простых вычислений с использованием ряда упрощений. Они реализуются посредством макросов в таких средах, как Microsoft Excel и Visual Basic.

2) Условно профессиональные программы: Эти инструменты представляют собой самостоятельные решения, которые позволяют пользователю варьировать параметры поверхностей скольжения, учитывать сейсмические воздействия и динамический уровень грунтовых вод. В данных программах доступны разнообразные расчетные методы, включая метод Morgenштерн-Прайса и современные подходы Ньюмарка.

3) Комплексные программные продукты: Особенностью таких программ является их способность рассматривать расчет устойчивости откосов как дополнительную, а не основную функцию. Эти профессиональные инструменты предоставляют комплексные решения для проектирования всех аспектов, связанных с грунтовым основанием, при этом результаты могут быть легко импортированы в другие программы для дальнейших расчетов.

В таблице 1 приведены наиболее популярные программы, относящиеся к каждой из указанных категорий.

Таблица 1 – Перечень программных комплексов

Наименование программы	Модели грунта и используемые в них параметры механических свойств грунтов
ЛИРА ЭКСПРИ (Россия)	Упругопластическая модель Мора-Кулона описывает поведение грунтов и горных пород под нагрузкой. Параметры: $E, \nu, \phi, c, \gamma, w, e$
Geo-5 (Чехия)	Модель Винклера (основная модель) описывает грунт как линейно-упругое тело, в котором напряжение прямо пропорционально деформации, модель Винклера Пастернака учитывает пластические деформации грунта, упругопластическая модель Мора-Кулона. Параметры: $\phi, c, \gamma, \gamma_{нас}$
Plaxis (Голландия)	Линейно и нелинейно-упругие, упругопластическая модель Мора-Кулона, теории предельного равновесия. Параметры: $E, \nu, \phi, c, \gamma, \gamma_{нас}, e_0$
Geo-Stab (Россия)	Упругопластическая модель Мора-Кулона. Параметры: $E, \nu, \phi, c, \phi_b, c_b, \gamma, \gamma_{нас}, e_0, S_r$
CREDO ОТКОС (Россия)	Моделирование с анализом предельного состояния по несущей способности по двум расчетным схемам потери устойчивости: обрушение со срезом и вращением – метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения в модификации К. Терцаги; деформация по схеме оползня – метод равноустойчивого откоса, метод F_r , предложенный Н. Н. Масловым.
GeoStudio (Голландия)	Линейно-упругая модель. Для каждого рассматриваемого элемента грунта необходимо задать такие характеристики, как удельный вес, коэффициент Пуассона, коэффициент демпфирования, упругий модуль сдвига

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ И СКЛОНОВ

Сравнивать программы логично внутри одной категории, т.к. расширение функционала естественно ведет к усложнению интерфейса, увеличению времени его освоения и росту цены программы.

Чтобы соответствовать теме статьи и сравнить наиболее подходящие для решения задачи расчета устойчивости откоса и склона остановимся на программах 2 категории Geo-Stab, Geo-5 и ЛИРА ЭКСПРИ.

В рамках каждой программы доступны различные способы расчёта: по круглоцилиндрической поверхности скольжения, с применением методов Шахуняца, Bishop, Fellenius/Petterson, Janbu, Morgenstern-Price и Spencer, и по полигональной – методы Sarma, Janbu, Morgenstern-Price и Spencer.

Программа Geo-Stab предназначена для оценки устойчивости откосов и склонов в условиях сложного геологического строения грунтового массива. Программа позволяет проводить расчет коэффициента запаса устойчивости, а также определять оползневое давление.

Для определения устойчивости используется метод Феллениуса и метод касательных сил. Оползневое давление на предполагаемую ограждающую конструкцию рассчитывается по методу Шахуняца.

Среди основных факторов, влияющих на устойчивость откосов и склонов, можно выделить: изменение физико-механических характеристик грунта, взвешивающее действие воды, воздействие фильтрационного потока. Чтобы учесть сейсмическое воздействие, к расчётным усилиям в каждом отсеке добавляется так называемая сейсмическая сила Q_{ci} .

Программа Geo-5 разработана для решения широкого спектра геотехнических задач, от рутинных, с которыми ежедневно сталкиваются специалисты в этой области (например, проверка фундаментов, стен и устойчивости откосов), до узкоспециализированных (расчёты тоннелей, анализ поврежденных зданий при строительстве тоннелей и оценка устойчивости скальных откосов).

Программа позволяет проводить анализ напряжённо-деформированного состояния, деформаций и устойчивости горных пород, а также оценивать влияние статических и динамических нагрузок. С её помощью можно выполнять различные виды расчётов, включая коэффициенты устойчивости, деформаций, перемещений, напряжений и другие.

Для построения геометрической модели используется встроенный CAD-редактор,

также есть возможность импортировать готовую геометрию из файла DXF.

Программа ЛИРА ЭКСПРИ разработана для расчёта осадки и коэффициентов постели C_1 и C_2 в центре фундамента или фундаментной плиты в зависимости от заданных характеристик грунта и нагрузки.

Расчёт осадки производится по двум методам: линейное полупространство и линейно деформированный слой. На основе рассчитанной осадки определяются коэффициенты постели C_1 и C_2 по нескольким методикам для моделей грунта Винклера Фусса и Пастернака.

Также программа позволяет определить коэффициенты постели при динамических воздействиях.

В рамках данного исследования были рассмотрены несколько программных решений, предназначенных для анализа устойчивости грунтовых массивов.

Все рассмотренные программы демонстрируют схожие результаты в оценке коэффициента запаса устойчивости.

Однако стоит отметить, что в программе Geo5 отсутствует возможность автоматического расчёта среднего значения между результатами, полученными различными методами. Это может затруднить работу инженера и требует дополнительного времени на обработку данных.

При анализе устойчивости однородных откосов, результаты, полученные с использованием всех рассмотренных программных комплексов, будут близки. Однако, при расчётах для слабых грунтов, сильно сжатых или водонасыщенных массивов, требуется индивидуальный подход и специализированное проектирование. В таких случаях программы, не предоставляющие возможности численного моделирования, оказываются недостаточными эффективными.

Программы Geo-5 и Geo-Stab выделяются своей простотой в использовании и предоставляют детальные отчёты по выполненным расчётам. Более того, эти отчёты могут быть отредактированы, что позволяет инженерам вносить необходимые коррективы и уточнения. Таким образом, при анализе соотношения цена – функциональные возможности для нечасто проводимых расчётов в простых условиях наиболее выгодным вариантом будет ЛИРА ЭКСПРИ.

В случае постоянного использования, несмотря на более высокую стоимость, «Geo-Stab» демонстрирует более выгодное соотношение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095540> (дата обращения: 11.02.2025).

2. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. –

Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200007405> (дата обращения: 11.02.2025).

Рогальских Виталий Сергеевич – студент группы 8Соим-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: vitalrogalsckix@mail.ru;

Носков Игорь Владиславович – к.т.н., доцент, заведующей кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: noskov.56@mail.ru.

УДК 692.522.2

ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИМЕНЕНИЯ ПУСТОТООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

О. Д. Рыжова, Е. В. Вербицкая, Л. Н. Пантюшина

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье были рассмотрены основания для использования пустотообразователей в процессе устройства монолитных железобетонных перекрытий. Также акцентируется внимание на пустотообразователях «Сибформа» – пластиковых элементах несъемной опалубки, продукция сырья которой производится компанией ООО «Сибформа» в Новосибирске. Были проанализированы различные типы пустотообразователей, включая их геометрические характеристики и материалы изготовления, а также их влияние на прочностные и деформативные свойства перекрытий. Рассмотрена одна из возможных схем расположения пустотообразователей в плите перекрытия. Особое внимание уделено экономической эффективности применения пустотообразователей, связанной со снижением расхода бетона и, как следствие, уменьшению общей массы конструкции. Дополнительно, как именно использование пустотообразователей позволяет сократить время на возведение объектов, что особенно актуально в условиях жестких сроков реализации строительных проектов. В заключении отмечается, что применение пустотообразователей «Сибформа» является перспективным направлением в современном строительстве, способствующим оптимизации затрат и повышению эффективности возведения монолитных железобетонных перекрытий. Подчеркивается необходимость дальнейших исследований и разработок в этой области для улучшения характеристик пустотообразователей и расширения их применения в различных строительных проектах. А также важность продолжения изучений новых материалов и технологий, которые могут дополнительно повысить устойчивость и экономическую целесообразность конструкций.

Ключевые слова: нормативный документ, ГОСТ, здания и сооружения, железобетонные перекрытия, снижение собственного веса конструкции, пустотообразователь, несъемная опалубка, экономия средств, монолитное строительство, конструкции монолитных перекрытий.

Согласно распоряжению Правительства Российской Федерации от 31 октября 2022 года № 3268-р «Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года», объемы

строительства с использованием железобетона в России ежегодно растут. Значительная часть этих объемов относится к монолитному строительству, как в новых проектах, так и при реконструкции старых и аварийных зданий. Это вполне объяснимо, поскольку желе-

ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИМЕНЕНИЯ ПУСТОТООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

зобетон как материал обладает множеством достоинств. Однако у него есть и значительный недостаток – это большой вес.

Вопрос веса конструкций всегда был важен, ведь уменьшение массы здания позволяет экономить материалы, в том числе невозобновляемые, снижать затраты на строительные и монтажные работы, оптимизировать размеры вертикальных поддерживающих элементов и избегать дополнительных затрат на усиление слабых оснований, что, в конечном итоге, уменьшает общую стоимость строительства. Перекрытия составляют большую долю от общего объёма используемого бетона, поэтому уменьшение их веса без потери качества (прочности, деформируемости, надёжности, долговечности) является актуальной задачей. Уменьшение потребления бетона при строительстве зданий и, соответственно, снижение их общего веса можно достичь за счёт использования сборных железобетонных плит перекрытий с несколькими пустотами.

Данный вопрос стал предметом исследований достаточно давно, и результатом этих научных изысканий в нашей стране стал государственный стандарт, который был утверждён в 1991 году – ГОСТ 9561-9. Этот стандарт разрешает применять железобетонные плиты с продольными пустотами при возведении различных зданий и сооружений.

В области монолитного домостроения также проводились исследования, посвящённые данной теме. Говоря о конструкции монолитных перекрытий, существует несколько способов уменьшения их собственного веса: применение вставок из лёгких бетонов, таких как минеральная вата или пенополистирол, использование кессонных перекрытий, а также введение несъёмных пустотообразователей. Последний вариант, разработанный датским инженером Йоргеном Бреннингом в 1992 году, является самым новым. Хотя применение извлекаемых и неизвлекаемых пустотообразователей в монолитных перекрытиях начало активно развиваться совсем недавно, за последнее десятилетие этот метод стал особенно популярным благодаря глобальным усилиям по снижению углеродных выбросов в атмосферу.

С начала 2000-х годов было запатентовано множество моделей и способов применения пустотообразователей, включая ёмкости из различных материалов. В настоящее время по всему миру существует множество технологий, использующих неизвлекаемые пустотообразователи, среди которых особен-

но распространены U-Boot, Cobiax, Bubble Deck, Simkar и Сибформа.

Одной из относительно новых технологий, которая была внедрена в процесс проектирования монолитных железобетонных плит перекрытий, является составные пустотообразователи несъёмной опалубки от компании ООО «Сибформа».

Согласно стандарту СТО 35546020.001-2022, несъёмная опалубка может включать в себя как одиночные, так и составные пустотообразователи, которые соединены между собой муфтами (распорками). Обозначение пустотообразователей в соответствии с ГОСТ Р 52085-2003 «Опалубка. Общие технические условия» обозначается как «О П(Ф) Н.Пл-3-1,2.Н» (что означает: несъёмная пластиковая опалубка перекрытий (фундаментов) третьего класса, с расчётной нагрузкой на монтаж до 1,2 тс/м² на верхнюю поверхность – площадку размером 43 × 43 см, без утепления) [3].

Одиночный пустотообразователь для несъёмной опалубки, представленный на рисунке 1, включает полый корпус (1), который оборудован механизмом фиксации (2) для обеспечения проектного положения и необходимых промежутков между пустотообразователями. Эти промежутки обеспечиваются крестообразными выступами в углублениях, напоминающих желоба (9), расположенными на верхней части. Корпус также имеет конусообразные опорные ножки (3) на нижней стороне.

Высота опорных ножек может варьироваться от 0 до 10 см, а в случае одиночного пустотообразователя они всегда находятся в углах, с расстоянием между ними 450 мм. Форма пустотообразователя напоминает усечённую пирамиду, открывающуюся с более широкого основания.

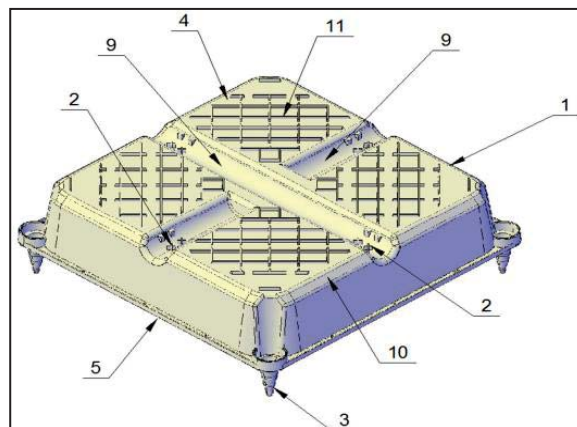


Рисунок 1 – Одиночный пустотообразователь для несъёмной опалубки

Для усиления конструкции предусмотрены рёбра жёсткости, которые поддерживают верхнюю секцию, а также одно ребро жёсткости, обрамляющее нижнюю часть полого корпуса. В этом ребре предусмотрены центральные отверстия диаметром 3 мм. Опорные ножки имеют фиксирующие элементы, представляющие собой шероховатую поверхность.

Для обеспечения необходимого положения в пространстве и требуемого расстояния между пустотообразователями применяются соединительные муфты. Зона соединения (10) верхней и боковых сторон пустотообразователей выполнена с наклоном под 45 градусов, причём высота этой зоны не менее 14 мм. Верхняя часть пустотообразователя оснащена шероховатостями в виде полос (11), высота которых составляет 4 мм. Эти полосы

расположены таким образом, что между ними находились промежутки, которые соответствуют рёбрам жёсткости, размещённым внутри пустотообразователя.

На рисунке 2 представлена составная модель пустотообразователя несъемной опалубки «Сибформа». Этот пустотообразователь включает в себя два отдельных элемента: нижний элемент имеет опорные ножки, расположенные на верхней части полого корпуса, который дополнен рёбрами жёсткости, в то время как верхний элемент не оснащён опорными ножками. Расстояние между опорными ножками нижнего пустотообразователя составляет 350 мм. На нижнем ребре (опоясывающем пояс) установлены грибовидные клипсы (7) и соответствующие им отверстия (8), что позволяет соединить две по-

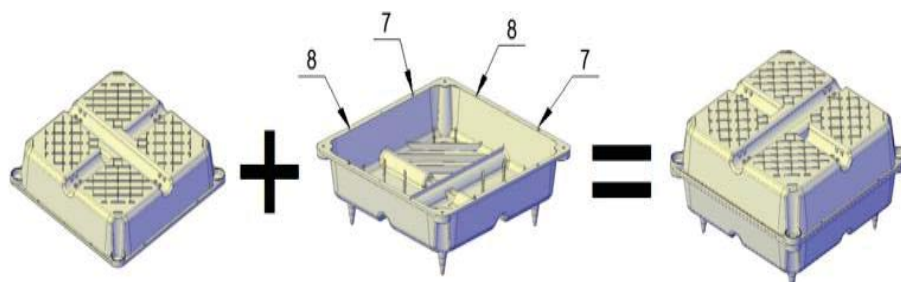


Рисунок 2 – Составной пустотообразователь для несъемной опалубки

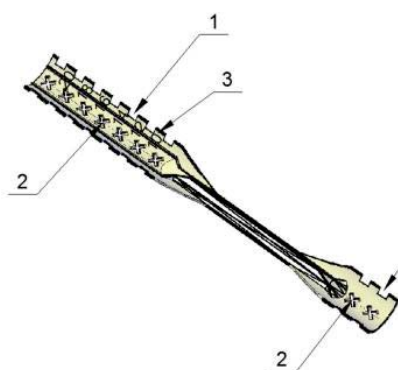


Рисунок 3 – Соединительная муфта несъемной опалубки

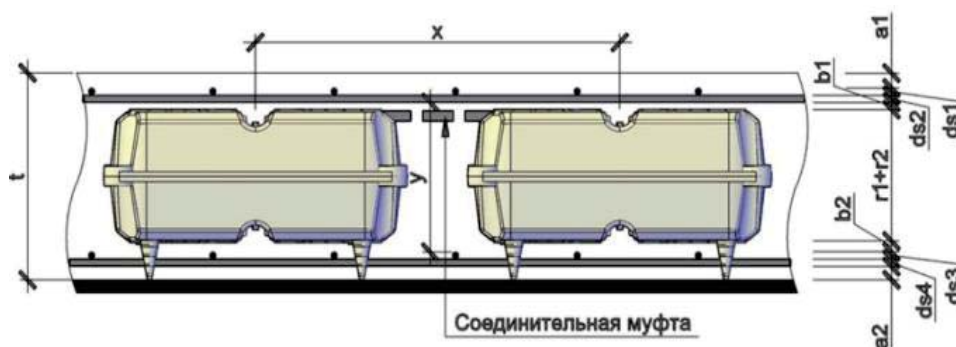


Рисунок 4 – Схема размещения составных пустотообразователей и армирования плиты перекрытия

ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИМЕНЕНИЯ ПУСТОТООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

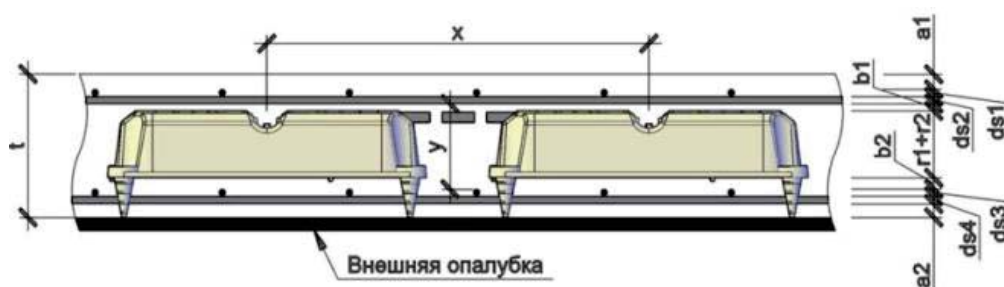


Рисунок 5 – Схема размещения одиночных пустотообразователей и армирования плиты перекрытия

ловины составного пустотообразователя. Кроме того, существуют дополнительные отверстия для крепления других элементов перекрытия к пустотообразователям с использованием вязальной проволоки или саморезов. Высота опорных ножек может варьироваться от 0 до 10 см, включая значения 6 и 8 см.

Соединительная муфта несъемной опалубки представлена на рисунке 3. Она выполнена с полукруглыми желобами на концах и треугольными на центральной части. На муфте имеются выемки (1) и крестообразные отверстия (2), что позволяет соединять её с выступами, расположенными в углублениях на верхней части пустотообразователей. Эта муфта обеспечивает надёжное соединение между пустотообразователями и поддерживает проектное расстояние при заливке бетонной смеси для плит перекрытия.

Возможные расстояния между пустотообразователями составляют 10, 12, 14, 16, 18 или 20 см, что регулируется установкой соединительных муфт на соответствующие выемки и отверстия выступов, находящихся на пустотообразователях. Для облегчения правильной установки пустотообразователей и соединения их соединительными муфтами, пары крестообразных выемок отмечены (3), что минимизирует возможность допущения ошибок.

Параметры и арматура плит с пустотообразователями «Сибформа» определяются согласно методам, которые применяются для расчёта плоских плит, и в соответствии с актуальными строительными нормами и правилами Российской Федерации. Эти вычисления в общем смысле схожи с расчётами полнотелых плоских плит, не использующих пустотообразователи [2].

Пустотообразователи устанавливаются на внешнюю съёмную опалубку плиты, опираясь на конусные ножки. При этом необходимо обеспечить защитный слой нижней арматуры, а также задать нужное расстояние между ними и краем стержней, которые ар-

мируют нижнюю зону плиты. Что касается арматуры верхней зоны, она может быть размещена непосредственно на пустотообразователях с использованием подкладок нужной высоты или же на каркасах поперечного армирования.

На рисунках 4, 5 представлена схема потенциального расположения пустотообразующих элементов и армирующих конструкций перекрытия.

Геометрические характеристики сечения плиты с пустотообразователями включают следующие параметры: x – это расстояние между осями пустотообразователей, или их шаг; g – общая высота пустотообразователя, которая складывается из высоты корпуса (коробчатой детали) (r_1), высоты верхних полок (r_2), находящихся на внешней поверхности (4 мм), а также высоты опорных ножек (p); y – это расстояние между слоями арматуры; ds_1 и ds_2 – диаметры верхних продольных арматурных стержней, как в плоскости сечения, так и вне её; ds_3 и ds_4 – диаметры нижних продольных стержней, также в плоскости и вне сечения; a_1 – защитный слой сверху; a_2 – защитный слой снизу; b_1 – верхний монтажно-защитный слой; b_2 – нижний монтажно-защитный слой; p – высота опорных ножек у пустотообразователя, определяемая согласно проекту. Отсюда общая толщина плиты вычисляется по формуле

$$t = a_1 + a_2 + b_1 + b_2 + r_1 + r_2 + ds_1 + ds_2 + ds_3 + ds_4 \text{ (минимум 200 мм) [3].}$$

Таким образом, пустотообразователи выполняют роль элементов, которые заменяют бетон в средней части плиты. Это приводит к снижению как расхода бетона, так и веса перекрытия. Кроме того, они уменьшают потребность в рабочем продольном и поперечном армировании в области, расположенной над колоннами. Также могут полностью или частично заменять поддерживающие каркасы, что содействует общему сокращению использования бетона и арматуры не

только для самого каркаса, но и для фундаментов здания.

В качестве основы для данных плит можно применять бетоны, которые подвергаются вибрационному уплотнению, имея при этом осадку конуса не менее 16 см. Подвижность бетонной смеси должна соответствовать маркам П4 и П5. Конкретные значения этих характеристик устанавливаются в рабочем проекте конструкций и проекте производства работ, принимая во внимание плотность армирования, а также климатические условия на строительной площадке и другие факторы [2].

В качестве арматуры, не подверженной значительным нагрузкам, для каркасных конструкций и сеток можно использовать горячекатаную и термомеханически обработанную арматурную сталь, соответствующую установленным стандартам.

При проектировании плит для перекрытий и покрытий, использующих пустотообразователи, необходимо учитывать прочностные и деформационные параметры бетонов, согласно СП 63.13330.2018. Кроме того, характеристики арматурной стали должны быть основаны на информации из этого же источника [1].

Исходя из этого, можно уверенно сказать, что использование пустотообразователей в различных конструкциях и системах здания приводит к значительному снижению общего веса бетонных плит перекрытий – почти на 30%.

В результате чего может наблюдаться:

- уменьшение диаметра верхней арматуры до минимальных значений по стандарту, так как она укладывается поверх пустотообразователей (это позволяет сократить затраты на армирование до 40%);
- снижение потребления бетона и арматуры в колоннах и фундаментах на 10%;
- уменьшение объёмов работ по устройству свайного основания, а в некоторых случаях их полное исключение за счёт снижения веса здания;
- возможность увеличения пролётов плит без необходимости дополнительных конструктивных мер, как установка балок, капителей и тому подобное;
- оптимизацию интервала и количества вертикальных несущих элементов (колонн, пилонов, стен, шахт и так далее);
- уменьшение толщины фундаментной плиты и прочих элементов.

Применение пустотообразователей не только облегчает конструкцию, но и влечёт за

собой ряд положительных моментов, существенно влияющих на экономическую эффективность и архитектурную гибкость проекта. Снижение веса плит перекрытий ведёт к уменьшению нагрузки на все нижележащие элементы, что открывает возможности для оптимизации конструктивных решений и снижения затрат на материалы и трудозатраты.

Кроме того, облегчённые перекрытия позволяют более свободно распоряжаться внутренним пространством здания. Увеличение пролётов без дополнительных опор расширяет возможности для планировки помещений, создавая более открытые и функциональные пространства. Это особенно актуально для коммерческой недвижимости и объектов, где требуется гибкость в организации внутреннего пространства.

В конечном счёте, использование пустотообразователей становится выгодным решением на всех этапах строительства – от проектирования до эксплуатации. Сокращение затрат, увеличение свободы планировки и снижение нагрузки на окружающую среду делают эту технологию перспективным направлением в современном строительстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18227/> (дата обращения: 14.02.2025).
2. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции [Электронный ресурс]. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/54142/?ysclid=m6hzonqzoy974138499> (дата обращения: 16.02.2025).
3. СТО 35546020.001-2022. Несъемная опалубка «Сибформа» (пустотообразователи и соединительные муфты) [Электронный ресурс]. – URL: <https://sibforma.ru/> (дата обращения: 17.02.2025).

Рыжова Ольга Дмитриевна – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: lilya_ryzhova_00@mail.ru;

Вербицкая Елена Васильевна – старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: alenapantushina@mail.ru.

Пантюшина Лариса Николаевна – доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: pantushinalarisa@mail.ru.

ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИЯ СТЕН ИЗ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н. О. Саурин, Т. И. Саурина, И. В. Харламов

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Вследствие периодических изменений температур внутреннего и наружного воздуха, происходят колебания температуры внутри ограждения и на его внутренней поверхности, что приводит к чрезмерному перегреву помещений в летний период года. Для комфортного проживания важно, чтобы зимой при временном отключении отопления дом как можно медленней остывал, а летом быстро не перегревался, это характеризуется величиной коэффициента тепловой инерции стен и чем выше этот коэффициент, тем лучше. Инерционность системы определяется физическими свойствами материалов ограждений. Для легких ограждающих конструкций из ЛСТК, утепленных теплоизоляционными материалами на основе минеральной ваты, характерна малая величина затухания амплитуды температур. Принято считать, что при показателе суммарной тепловой инерции $D \leq 1,5$ конструкции являются легкими (неинерционными), при $1,5 < D \leq 4$ – малой массивности, при $4 < D \leq 7$ – средней массивности, при $D > 7$ – массивными (инерционными). Сопоставив результаты аналитических расчетов трех конструктивных решений стен с несущим каркасом из легких стальных профилей, можно сделать вывод о том, что конструкция стены с применением в качестве теплоизоляционного слоя монолитного пенобетона предпочтительна, т.к. переходит в разряд инерционных систем. Суммарная тепловая инерция стен с использованием пенобетона оказалась в 2,5 раза лучше, чем стена с утеплителем из минеральной ваты.

Ключевые слова: жилой дом, наружная стена, тепловая инерция, легкий стальной каркас, минеральная вата, пенобетон.

Общепринято и доказано [1-3], что вследствие периодических изменений температур внутреннего и наружного воздуха, происходят колебания температуры внутри ограждения и на его внутренней поверхности, что может способствовать чрезмерному перегреву помещений в летний период времени и быстрому остыванию в зимнее время. Для нейтрализации этого процесса необходимо учитывать дополнительные теплотехнические требования, направленные на обеспечение минимальных колебаний температуры на внутренней поверхности ограждения с целью поддержания в помещениях комфортных условий проживания.

Колебания температуры на внутренней поверхности ограждения зависят не только от колебаний температуры наружного воздуха, но и от теплотехнических свойств самого ограждения, в силу чего, применяя соответствующие материалы, можно снизить до нормируемых пределов колебания температуры на внутренней поверхности ограждений. Ограждающие конструкции, обеспечивающие меньшие колебания температуры на внутренней поверхности, более теплоустойчивы.

Для легких ограждающих конструкций, к коим относится каркасная система из легких

стальных конструкций (ЛСТК), утепленная эффективными теплоизоляционными материалами на основе минеральных волокон или пенопластов, характерна малая величина затухания амплитуды. Такие конструкции быстро охлаждаются при отключении отопления и быстро нагреваются при действии солнечных лучей и высокой температуре воздуха, то есть они обладают малой тепловой инерцией. Однако для комфортного проживания важно, чтобы зимой при временном отключении отопления дом как можно медленней остывал, а летом быстро не перегревался, это характеризуется величиной тепловой инерции стен и чем выше этот коэффициент, тем лучше. Инерционность системы определяется физическими свойствами материалов ограждений (теплоёмкость, теплопроводность).

Произведем расчет тепловой инерции трех вариантов стен.

Состав стены по первому варианту (снаружи – внутрь):

- цементная плита наружная (КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ®) – 12,5 мм, оштукатуренная по сетке из стекловолокна, толщина штукатурного слоя – 3-4 мм, покраска;

- ветрозащитная паропроницаемая мембрана Изоспан А;

- каркас SteelMAX® с заполнением минеральной ватой – 100 мм;
- гипсокартон влагостойкий – 12,5 мм;
- минеральная вата – 80 мм;
- каркас для крепления гипсокартона с заполнением минеральной ватой – 70 мм;
- пароизоляция Изоспан В;
- два слоя гипсокартона общей толщиной 25 мм.

Состав стены по второму варианту (снаружи – внутрь):

- фасадный пенополистирол толщиной 50 мм, оштукатуренный по сетке из стекловолокна, толщина штукатурного слоя – 3/4 мм, покраска;
- цементная плита наружная (КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ®) толщиной 12,5 мм;
- ветрозащитная паропроницаемая мембрана Изоспан А;
- каркас SteelMAX® с заполнением минеральной ватой – 100 мм;
- гипсокартон влагостойкий толщиной 12,5 мм;
- слой минеральной ваты толщиной 50 мм;
- гипсокартон влагостойкий толщиной 12,5 мм;
- каркас для крепления гипсокартонных листов с заполнением минеральной ватой толщиной 50 мм;
- пароизоляция Изоспан В;
- два слоя гипсокартона общей толщиной 25 мм.

Состав стены по третьему варианту:

- цементная плита наружная (КНАУФ АКВАПАНЕЛЬ®) – 12,5 мм, оштукатуренная по сетке из стекловолокна, толщина штукатурного слоя – 3–4 мм, покраска;
- монолитный пенобетоном неавтоклавного твердения плотностью 300 кг/м³, слоем 350мм, приготовленный в построечных условиях;
- несущий каркас из ЛСТК-профилей принимаем тот же что и в предыдущих двух вариантах;
- два слоя гипсокартона общей толщиной 25 мм.

Толщина слоя теплоизоляционного материала в конструкции стен выбрана на основании теплотехнического расчета.

Значение тепловой инерции многослойной стены складывается из значений каждого слоя и определяется по формуле [4]:

$$D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots + R_n S_n, \quad (1)$$

где R_1, R_2, R_n – термическое сопротивление отдельных слоёв; S_1, S_2, S_n – расчётные коэффициенты теплоусвоения материала от-

дельных слоёв конструкции (при периоде отопления 24 часа) [1, 3]; R_i – термическое сопротивление отдельного i -го слоя ограждающей конструкции, определяется по формуле

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (2)$$

где δ_i – толщина i -го слоя конструкции, м; λ_i – расчетная теплопроводность материала i -го слоя конструкции.

Согласно действующим нормам [1] считается, что при показателе суммарной тепловой инерции $D \leq 1,5$ конструкции являются легкими (неинерционными), при $1,5 < D \leq 4$ – малой массивности, при $4 < D \leq 7$ – средней массивности, при $D > 7$ – массивные (инерционные).

Конструкции наружных стен проверяются расчетом на теплоустойчивость. Однако, по СП 50.13330.2012 при суммарной тепловой инерции (D) ограждающей конструкции не менее 4, расчет на теплоустойчивость не требуется.

Произведем расчет тепловой инерции для рассматриваемых конструкций стен.

Результаты расчета стены по первому варианту представлены в таблице 1. Расчеты показали, что данная конструкция стены относится к легким (неинерционным), а, следовательно, не может быть рекомендована в данных климатических условиях. Но именно такой вариант стены был предложен изначально фирмой SteelMAX®.

С целью повышения теплоемкости ограждающей конструкции было предложено ввести слой наружного утепления из пенопласта с последующим его оштукатуриванием.

Результаты расчета тепловой инерции для стены, выполненной по второму варианту, представлены в таблице 2. Расчеты показали, что массивность и теплоустойчивость конструкции повысилась, но, тем не менее, стена осталась в разряде легких (неинерционных).

Результаты расчета тепловой инерции для третьего варианта стены с утеплением из пенобетона, представлены в таблице 3. Замена минераловатных утеплителей на монолитный пенобетон позволяет перевести конструкцию в разряд массивных, т.е., обладающих высокой теплостойкостью.

Сопоставив результаты произведенных расчетов можно сделать вывод о том, что конструкция стены с применением в качестве теплоизоляционного заполнителя монолитного пенобетона предпочтительна к примене-

ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИЯ СТЕН ИЗ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таблица 1 – Результаты расчета тепловой инерции для стены, выполненной по первому варианту

Слои (изнутри – наружу)	Толщина (см)	λ , Вт/(м·К)	ρ , кг/м ³	Коэффициент теплоусвоения S_i , Вт/м ² ·°С	Термическое сопротивление однородной конструкции R_i , м ² ·°С/Вт	Тепловая инерция D
Гипсокартон	2,5	0,2	800	3,34	0,125	0,418
Изолированная контрстена	7	0,072	101,24	0,42	0,972	0,408
Минеральная вата	8	0,035	35	0,42	2,286	0,960
Гипсокартон	1,25	0,2	800	3,34	0,063	0,210
Конструкция SteelMAX® + теплоизоляция	10	0,067	123,78	0,42	1,493	0,627
Цементная плита АКВА-ПАНЕЛЬ®	1,25	0,35	1150	6,14	0,036	0,221
Итого суммарная тепловая инерция конструкции						2,844

Таблица 2 – Результаты расчета тепловой инерции для стены, выполненной по второму варианту

Слои (изнутри – наружу)	Толщина (см)	λ , Вт/(м·К)	ρ , кг/м ³	Коэффициент теплоусвоения S_i , Вт/м ² ·°С	Термическое сопротивление однородной конструкции R_i , м ² ·°С/Вт	Тепловая инерция D
Гипсокартон	2,5	0,2	800	3,34	0,125	0,418
Изолированная контрстена	5	0,068	101,2	0,42	0,735	0,309
Минеральная вата	8	0,035	35	0,42	2,286	0,960
Гипсокартон	1,25	0,2	800	3,34	0,063	0,210
Конструкция SteelMAX® + теплоизоляция	10	0,067	123,78	0,42	1,493	0,627
Цементная плита АКВА-ПАНЕЛЬ®	1,25	0,35	1150	6,14	0,036	0,221
Фасадный пенопласт	5	0,038	21	0,41	1,316	0,540
Итого суммарная тепловая инерция конструкции						3,285

Таблица 3 – Результаты расчета тепловой инерции для стены с пенобетоном

Слои (изнутри – наружу)	Толщина (см)	λ , Вт/(м·К)	ρ , кг/м ³	Коэффициент теплоусвоения S_i , Вт/м ² ·°С	Термическое сопротивление однородной конструкции R_i , м ² ·°С/Вт	Тепловая инерция D
Гипсоволокно	2,5	0,2	800	3,34	0,125	0,418
Пенобетон	35	0,08	300	1,68	4,375	7,35
Цементная плита АКВА-ПАНЕЛЬ®	1,25	0,35	1150	6,14	0,036	0,221
Итого суммарная тепловая инерция конструкции						7,989

нию в сравнении с исходными конструкциями стен анализируемого здания. Суммарная тепловая инерция третьего варианта стены превосходит тот же показатель стен, выполненных по первым двум вариантам более чем в 2,5 раза.

Результаты проведенных расчетов также позволяют сделать вывод о большой термальной массе предлагаемой конструкции. Термальная масса – это концепция в строительстве, описывающая процесс того, как масса здания сглаживает приток и отток тепла при изменении суточной температуры, называемый также эффектом маховика. На-

пример, при колебании наружной температуры в течение суток, большая термальная масса внутри покрытого изоляцией здания может спрямлять эти колебания посредством того, что термальная масса способна поглощать энергию тепла, когда окружающая температура выше, чем самого здания, и, соответственно, отдавать теплоэнергию, когда окружающая температура ниже, не достигая при этом теплового равновесия. В этом отличие от изоляционной характеристики материала, которая снижает теплопроводность и позволяет нагреваться и остывать практически без внешнего влияния и просто продле-

вать удержание энергии внутри здания. Термальная масса является эквивалентом теплоёмкости, способности хранить энергию тепла.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, о нецелесообразности использования конструктивной системы состоящей из легкого стального каркаса с обшивкой гипсокартоном или другими подобными плитными материалами с последующим утеплением утеплителями из минеральной ваты, т.к. невозможно получить хорошие показатели теплоустойчивости.

Опыт эксплуатации и расчеты теплоустойчивости позволяют рекомендовать в качестве теплоизоляционного материала пенобетон, изготавливаемый в построечных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200037434> (дата обращения: 16.02.2024).

2. Callegaro, N. Passive design strategies for the improvement of summer indoor comfort conditions in lightweight steel-framed buildings / N. Callegaro [and others] // Fifth Conference of IBPSA-Italy, 2022. – p. 289-297 [Электронный ресурс]. – Режим досту-

па: https://publications.ibpsa.org/conference/paper/?id=bsa2022_9788860461919_37 (дата обращения: 16.02.2024).

3. Callegaro, N. Indoor comfort and winter energy performance of lightweight steel-framed buildings in extreme climates / N. Callegaro [and others] // Will cities survive? The future of sustainable buildings and urbanism in the age of emergency: PLEA Santiago, November 22-25, 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://iris.uniroma1.it/retrieve/dca926a6-fd5f-4901-a1e4-e9c7c48775bd/Palme_Green%20Infrastructure_2022.pdf (дата обращения: 16.02.2024).

4. ГОСТ 26253-2014. Здания и сооружения. Метод определения теплоустойчивости ограждающих конструкций. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200112314> (дата обращения: 16.02.2024).

Саурин Никита Олегович – студент группы СУЗ-21 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: saurin-nikita@mail.ru;

Саурин Татьяна Ивановна – студент группы 8С(з)-11 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kharlamovat@mail.ru;

Харламов Иван Викентьевич – к.т.н., заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kharlamov-1948@mail.ru.

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ НЕСУЩИХ СТЕН ОДНОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА С УТЕПЛЕНИЕМ МОНОЛИТНЫМ ПЕНОБЕТОНОМ

Н. О. Саурин, И. В. Харламов

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В последнее время все чаще возникает вопрос выбора теплоизоляционного материала в малоэтажном строительстве. Очевидно, отдать предпочтение какому-то одному, можно только получив знания о том, как материалы поведут себя при эксплуатации здания. В статье описан вариант конструктивного решения стен с использованием монолитного теплоизоляционного пенобетона. Стены исследуемого дома находятся в эксплуатации с 2013 года. Ограждающая конструкция имеет высокое сопротивление теплопередаче. Удалось получить красивый внешний вид стены, состоящей из ложковых рядов кирпича. Эксплуатация здания выявила хорошие теплотехнические характеристики стен. Несущую функцию в стенах выполняет внутренний слой каменной кладки и наружная несущая подвесная система металлических конструкций, поддерживающая наружный слой стены из лицевого керамического кирпича. Между кирпичными слоями залит пенобетон объемной плотностью 250 кг/м³.

Ключевые слова: несущая стена, металлическая подвесная система, монолитный пенобетон, теплозащита, кирпичная кладка, сопротивление теплопередаче, температурно-влажностный режим, ложковая кладка, плотность пенобетона, теплоизоляционный материал.

Для изучения возможности использования технологии монолитного пенобетона был выбран недостроенный жилой дом в посёлке Радужный г. Барнаула.

Дом состоял из: ленточного монолитного железобетонного фундамента, стен подвала из бетонных блоков, перекрытия подвала из многпустотных железобетонных плит и несущих стен (рисунок 1).

Стены дома выполнены из силикатного кирпича. Толщина стен 510 мм не соответствовала теплотехническим нормам, т.к. сопротивление теплопередаче $R = 0,59 \text{ (м}^2\text{х}^\circ\text{С)/Вт}$, а требуется $R = 3,54 \text{ (м}^2\text{х}^\circ\text{С)/Вт}$. Дефицит теплозащиты составлял 84% (рисунок 2).

Заказчиком была поставлена задача получить одноэтажный дом с мансардным этажом, имеющий класс энергоэффективности А+. Обследование здания выявило нарушение геометрии здания в плане и по вертикали, что обусловлено низким качеством геодезических работ при разбивке здания и в процессе выполнения строительно-монтажных работ. Произведенные замеры выявили, что углы здания не прямоугольные. Стены имеют отклонения от вертикали.

Наружный слой стен было предложено выполнить из одинарного лицевого керамического кирпича.

В качестве теплоизоляционного материала стен предложено использовать моно-

литный теплоизоляционный пенобетон объемной плотностью 250 кг/м³ с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,065 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$.

Мансардный этаж предложено выполнить из деревянных несущих конструкций, утепленных монолитным пенобетоном той же плотности.

Описание конструктивного решения мансардного этажа в данной статье не рассматривается и будет дано в другой публикации.

Выбор варианта утепления монолитным пенобетоном объяснялась: необходимостью



Рисунок 1 – Вид недостроенного дома (декабрь 2010 г.)

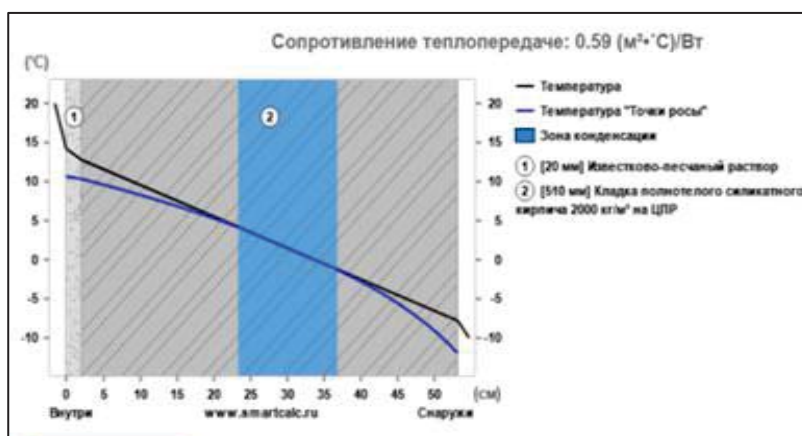


Рисунок 2 – Образование зоны конденсации влаги в стене толщиной 510 мм

получить бесшовную теплоизоляционную оболочку здания; необходимостью исправить геометрические несовершенства стен, возникшие из-за некачественного строительства; эксплуатационной долговечностью пенобетона по сравнению с утеплителем из минеральной ваты. Кроме перечисленного, преимуществами пенобетона являются: высокое сопротивление теплопередаче, негорючесть, высокий уровень звукоизоляции, экологичность, неохотное посещение грызунами.

Применена технология изготовления пенобетона, предложенная Санкт-Петербургской фирмой «СОВБИ» [1], позволяющая:

- применять в качестве наружной облицовки стен дома всех известных типов облицовки, облицовочный кирпич, вагонку, декоративные плиты из АЦЛ, ЦСП, СЦП, искусственный или натуральный камень и т.п.);
- получать достаточно высокие прочностные свойства объемной конструкции несущего каркаса, позволяющего строить как жилые каркасные одноэтажные дома, так и производственные сооружения высотой 2-3 этажа;
- уменьшить толщину стены, т.к. данная технология позволяет отвечать требованиям теплотехники всего 250-300 мм;
- защитить несущий каркас и перекрытия здания от воздействия огня в случае пожара (группа горючести Г0, класс пожарной опасности К0, степень огнестойкости R90);
- отказаться от применения дорогостоящей грузоподъемной техники;
- получить долговечные конструкции с низкой стоимостью постройки;
- соблюсти экологические требования, т.к. при изготовлении пенобетона используются цемент и протеиновый концентрат;
- добиться хорошей шумоизоляции.

Пенобетон отличается постоянным набором прочности, в отличие от других утеплителей. В отличие от минеральной ваты, пенополистирола, пенополиуретана гарантия на которые составляет 10-15 лет, полученный материал с каждым годом повышает свои прочностные характеристики. Одним из основных недостатков минеральной ваты является ее высокая гигроскопичность. Увлажнение ее приводит к неоднородности теплозащитных свойств ограждающих конструкций. Также пенобетон при увлажнении не дает усадки и, следовательно, длительное время сохраняет свои теплозащитные свойства.

Для реконструкции стен существующего дома была принята конструктивная система, представленная на рисунке 3. Перечислим слои от внутренней поверхности стены к наружной:

- гипсовая штукатурка;
- каменная кладка из силикатного кирпича толщиной 510 мм;
- слой обмазочной пароизоляции;
- пенобетон объемной плотностью 250 кг/м³ слоем толщиной 300 мм;
- каменная кладка из керамического кирпича толщиной 120 мм.

Сопrotивление теплопередаче стены составило 5,50 (м²·°C)/Вт, что соответствует требованиям, поставленным заказчиком [2]. Стены существовавшего здания явились основным вертикальным несущим элементом (рисунок 4).

На существующие стены смонтировано перекрытие первого этажа из многослойных железобетонных плит толщиной 220 мм. По верху стен в уровне плит перекрытия устроен монолитный железобетонный пояс толщиной 220 мм, создавший горизонтальный диск жесткости, объединивший плиты перекрытия (рисунок 5).

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ НЕСУЩИХ СТЕН ОДНОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА С УТЕПЛЕНИЕМ МОНОЛИТНЫМ ПЕНОБЕТОНОМ

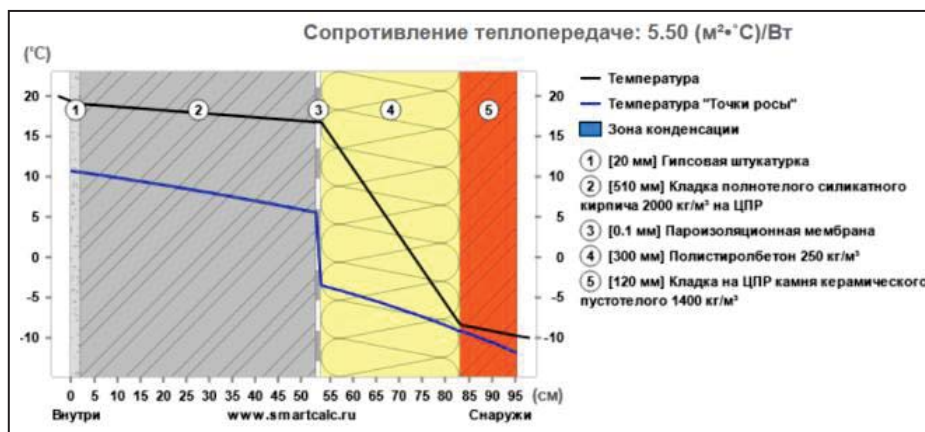


Рисунок 3 – Конструктивная система стены при реконструкции



Рисунок 4 – Стена существующего здания – основа для устройства новой фасадной системы



Рисунок 5 – Монолитный железобетонный пояс



Рисунок 6 – Фасад здания в процессе устройства фасадной системы

В обвязочном поясе устроены консольные выпуски из горячекатаных швеллеров. Прямоугольность здания в плане откорректирована вылетом консолей. К консолям приварены подвески из горячекатаных уголков, идущие до верха отмостки. Подвески располагаются в углах здания, по границам проемов, но не реже, чем через 2 метра (рисунок 4). Для восприятия ветровой нагрузки, действующей на фасад, установлены распорки, соединяющие подвески со стеной. К нижним концам подвесок, в уровне низа фасадного слоя стены, приварены обвязочные балки из горячекатаных уголков 100 × 10. На обвязочный уголок укладывается фасадная часть стены.

На рисунке 6 видно, что кладка выполняется ложковыми рядами кирпича. Нижние пять рядов каменной кладки приняты из облицовочных бетонных камней толщиной 88 мм. Это сделано для повышения морозостойкости каменной кладки. Кроме этого данная часть стены имитирует цоколь. Выше кладка выполняется из лицевого керамического кирпича толщиной 65 мм.

Для соединения облицовочного слоя стены с подвесами через 5 рядов каменной кладки, устанавливаются связи. После выполнения каменной кладки фасадной части стены, образовался зазор переменной ширины от 250 до 400 мм. Это обусловлено необходимостью получения прямоугольных углов здания, и, тем самым, исправило неточности геометрических размеров существовавшего недостроенного здания. Зазор между лицевой кладкой и кладкой существовавшего здания заполнен монолитным пенобетоном (рисунок 7). Пенобетон заливали слоями 600 мм с суточным перерывом. При высоте стены первого этажа 3,2 м заливка пенобетоном выполнена за пять дней.



Рисунок 7 – Фрагмент фасада после заливки первого слоя пенобетона в стену



Рисунок 8 – Дворовый фасад дома (сентябрь 2024 г.)

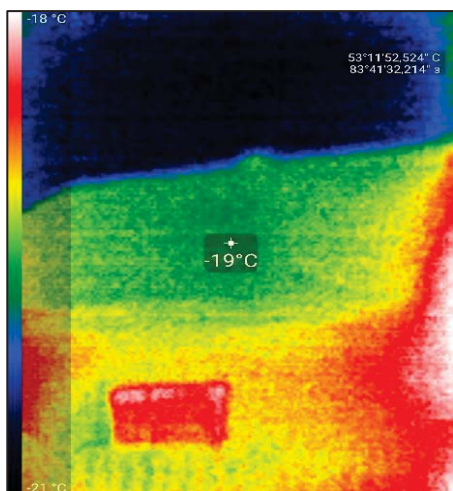


Рисунок 9 – Температурные поля на северо-восточном фасаде дома

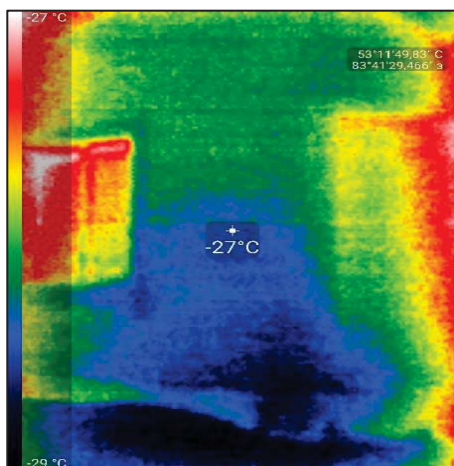


Рисунок 10 – Картина тепловых полей на фасаде дома, обращенном на юго-запад

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ НЕСУЩИХ СТЕН ОДНОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА С УТЕПЛЕНИЕМ МОНОЛИТНЫМ ПЕНОБЕТОНОМ

Несущие металлические элементы фасадной системы имеют следующие расчетные схемы. Консольные выпуски из монолитного пояса работают на изгиб со сжатием. Вертикальные подвески работают на растяжение с изгибом. Преобладающим усилием в подвесках является растяжение, а это позволяет наиболее эффективно использовать несущую способность металла. Наибольшее растягивающее усилие в подвесках составляет 19 кН. Нижняя обвязочная балка работает на изгиб и имеет многопролетную схему.

Дом находится в эксплуатации с 2013 года (рисунок 8).

Для оценки теплозащитных свойств ограждающих конструкций были выполнены тепловизионные съемки в феврале 2024 года, при температуре окружающего воздуха -29°C (рисунки 9, 10). Тепловизионные съемки велись с помощью тепловизора Seek Thermal Compact. Перепад температур на поверхности стен и окружающего воздуха составил $2...7^{\circ}\text{C}$, что говорит о хороших теплотехнических характеристиках принятого конструктивного решения стены (рисунки 9, 10).

При осмотре конструкций стен дома не обнаружено каких-либо признаков повреждений, что говорит о надежности предложенного конструктивного решения. Для оценки состояния пенобетона были отобраны пробы. При взвешивании образцов пенобетона объемная плотность составила 245 кг/м^3 . Пено-

бетон имеет однородную мелкоячеистую структуру. Примененный вариант утепления стен позволил получить комфортные условия в доме. Ограждающие конструкции обладают хорошими показателями тепловой инерции, что создает хороший микроклимат, как при низких, так и при высоких наружных температурах воздуха.

Считаем, что рассмотренная конструктивная система может быть применима при утеплении фасадов зданий различной этажности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП-И/2007. Альбом типовых решений в многоэтажном и малоэтажном строительстве с использованием монолитного пенобетона по технологии «СОВБИ» [Электронный ресурс]. – Санкт-Петербург, 2007. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293829/4293829428.pdf> (дата обращения: 20.02.2025).

2. Теплотехнический калькулятор ограждающих конструкций [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.smartcalc.ru/> (дата обращения: 20.02.2025).

Саурин Никита Олегович – студент группы СУЗ-21 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: saurin-nikita@mail.ru;

Харламов Иван Викентьевич – к.т.н., заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kharlamov-1948@mail.ru.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ ОТ СЖИГАНИЯ КИСЛЫХ УГЛЕЙ КУЗБАССА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В. Л. Свиридов, Н. В. Медведев

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассматривается результат разработки проектных решений земляного полотна автомобильной дороги общего пользования «Обход г. Славгорода» с применением золошлаковых отходов ТЭЦ муниципального унитарного предприятия «Яровской топливно-энергетический комплекс». Показано, что золошлаковые смеси из отвала ТЭЦ г. Ярового могут быть использованы только в качестве грунтов нижних слоев земляного полотна. По результатам выполненных исследований разработаны технические условия «Смесь золошлаковая ТЭЦ МУП «ЯТЭК» для строительства земляного полотна автомобильной дороги «Обход г. Славгорода».

Ключевые слова: автомобильная дорога, земляное полотно, золошлаковая смесь, откосы, устойчивость, экология.

Введение. Из-за роста внутреннего туризма в последние годы Алтайский край официально признан одной из главных туристическо-рекреационных зон в России. Озеро Большое Яровое является специфическим туристическим объектом с бальнеологическим эффектом. Оно привлекает более 100 тысяч туристов в летний сезон. В последние годы эта цифра кратно увеличивается. Многие приезжают на личном транспорте через расположенный поблизости город Славгород с 40 тысячным населением. В связи с этим обстоятельством остро встал вопрос о строительстве объездной дороги – обход г. Славгорода.

Другой важной проблемой города Ярового является наличие ТЭЦ на берегу озера, неподалеку от пляжа «Причал 22». За время работы ТЭЦ с 1943 года в её золоотвалах накоплено более 600 тыс. тонн золошлаков, которые требуют утилизации.

Предварительные исследования золошлаков Яровской ТЭЦ сотрудниками кафедры строительных материалов и автомобильных дорог АлтГТУ показали, что по ряду показателей они не соответствуют требованиям к материалу, рекомендованному в дорожном строительстве. Однако назревшие указанные проблемы требуют решения данного вопроса исключительно в дорожном строительстве.

Материалы и методы исследования.

Для оценки соответствия ЗШС ТЭЦ МУП «ЯТЭК» требованиям [1, 2], применялся комплекс стандартных методов испытаний [1-4]. Текст технических условий разработан в полном соответствии с требованиями ГОСТа [5]. Проверка устойчивости откоса земляного полотна при использовании ЗШС осуществлена

по методу сдвига кругло-цилиндрической поверхности скольжения критерием Шахунянца (фактический коэффициент запаса устойчивости не меньше нормативного, равного 1,30). Расчет на соответствие требованиям [6] осуществлен с применением официальной подпрограммы GeoStab, версии 8.1, программы GEO-5.

Результаты и их обсуждение.

Анализ химического состава зол и золошлаковых отходов Яровской ТЭЦ показал, что они представлены низкокальциевым кислым алюмосиликатным материалом от сжигания каменного угля с большим содержанием нагретых частиц (потери при прокаливании, п.п.п. достигают 25-27%).

Зерновой состав золошлаков представлен 70-75% зольной составляющей с размером частиц от 0 до 0,315 мм и 25-30% шлаковой составляющей с размером зерен от 0,315 до 5,0 мм. Содержание частиц крупнее 5,0 мм не превышает 0,5-1,0% по массе. Средневзвешенный размер частиц, рассчитанный с учетом доли каждой фракции, находится в пределах 1,0 мм (если точно, 1,079 мм).

По имеющейся классификации ЗШС являются техногенным несвязанным антропогенным грунтом, относятся к среднезернистым ЗШС или к грубым пескам (таблица Б.6 [2]).

Удельная поверхность ЗШС, измеренная методом воздухопроницаемости на приборе ПСХ-2, варьируется от 180 до 250 м²/кг. Среднее значение истинной плотности золошлакового материала равно 2,1 г/см³ (2,09-2,12 г/см³), насыпной плотности – 650 кг/м³ (625-735 кг/м³) в зависимости от места отбора проб.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ ОТ СЖИГАНИЯ КИСЛЫХ УГЛЕЙ КУЗБАССА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Значение максимальной плотности ЗШС составляет 1,38-1,43 г/см³ при влажности 18-20% в зависимости от гранулометрического состава. Влажность на границе раскатывания в лабораторных условиях определить не представляется возможным, так как золошлак ведет себя как мокрый не пластичный песок. Влажность на границе текучести варьируется в пределах 30-39%, среднее значение составило 33,6%. По величине относительной деформации морозного пучения все исследуемые пробы золошлаковых отходов относятся к сильнопучинистым грунтам (степень пучинистости ε_{fn} колеблется в пределах 10-12%). Коэффициент фильтрации K_f характеризует золошлаки как слабопроницаемый грунт ($K_f = 0,10-0,25$ м/сут) [1].

Из-за значительного содержания несгоревших частиц угля (п.п.п.) индекс активности золошлаков при твердении в композиции с портландцементом для транспортного строительства составил 63-78% при требуемом значении не менее 75%.

Таким образом, практически по всем показателям золошлаковые смеси на основании имеющихся Рекомендаций [1] не могут быть использованы в качестве материалов для возведения рабочих слоев дорожной одежды без специальных мероприятий. Тем не менее, в соответствии с вышеуказанными экологическими и социально-экономическими проблемами района, а также исполняя Техническое задание Заказчика в рамках Государственного контракта с КГКУ «Алтайавтодор» необходимо было разработать и предложить конструктивные и технологические решения применения золошлаковых отходов из отвала ТЭЦ г. Ярового на объекте строительства автомобильной дороги «Обход г. Славгорода».

Прежде чем разрабатывать и предлагать к реализации такие решения, необходимо рассмотреть требования нормативных документов к объекту исследования. В соответствии с Методическими рекомендациями по применению золы уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на тепловых электростанциях в дорожном строительстве [1], (носящими по ФЗ-184 от 27.12.2002 «О техническом регулировании...» рекомендательный, а значит, не обязательный к исполнению характер!) «...Для сооружения насыпей земляного полотна пригодны все типы ЗШС по зерновому составу с величиной потерь при прокаливании, соответствующей низкому (менее 5%) и среднему (от 5 до 10%) содержанию горючих веществ (см. таблицу 2 [1]).

Основным критерием оценки пригодности

ЗШС для сооружения земляного полотна следует считать степень морозной пучинистости по ГОСТ 25100-2020 [2]). Поэтому пригодность золошлаковой смеси устанавливают по величине относительной деформации морозного пучения при промерзании (по методике ГОСТ 28622-2012 [3]). Золошлаковую смесь, величина относительной деформации морозного пучения которой не превышает 0,035, применяют для возведения насыпей земляного полотна без ограничений. Золошлаковую смесь с величиной относительной деформации морозного пучения от 0,036 до 0,07 разрешается использовать для отсыпки земляного полотна с обязательным осуществлением мероприятий по обеспечению устойчивости земляного полотна по СП 34.13330.2021 (СНиП 2.05.02-85* [4]), особенно его верхних слоев, находящихся в зоне промерзания. Золошлаковую смесь с величиной относительной деформации морозного пучения больше 0,07 для возведения верхней части (рабочего слоя) насыпей земляного полотна без укрепления не применяют...» (п. 5.2.1-5.2.5 [1]). О подошве и нижней части насыпи земляного полотна в Рекомендациях [1] ничего не сказано. Следовательно, нет никаких ограничений для применения золошлаковых смесей, не удовлетворяющих требованиям п.5.2 [1] ниже глубины промерзания слоев дорожной одежды и земляного полотна.

Таким образом, уже на стадии анализа полученных свойств ЗШС из отвалов ТЭЦ г. Ярового авторы смогли сделать следующие выводы относительно возможных конструктивных и технологических решений по применению этих ЗШС на объекте строительства автомобильной дороги «Обход г. Славгорода»:

1) Для устройства верхней части (рабочего слоя) насыпей земляного полотна без дополнительных мероприятий по обеспечению устойчивости земляного полотна ЗШС из отвала ТЭЦ г. Ярового не удовлетворяют требованиям по величине относительной деформации морозного пучения. При этом нет никаких ограничений для применения такого материала в подошве и нижней части насыпи земляного полотна ниже глубины промерзания слоев дорожной одежды и земляного полотна.

2) Золошлаковая смесь может применяться для устройства дополнительного морозозащитного и теплоизолирующего (но не дренирующего) слоя дорожных одежд только с осуществлением мероприятий по уменьшению относительной деформации морозного пучения до величины, не превышающей 0,035 (укрепление вяжущими, гидроизоляция

слоя, организация системы дренирования и т.п.).

3) Для строительства конструктивных слоев дорожных одежд из ЗШС, укрепленной минеральными вяжущими, должно быть проведено их исследование в специализированных лабораториях для подтверждения возможности и технико-экономической целесообразности получения обработанных материалов и укрепленных грунтов с нормируемыми показателями качества, прежде всего прочности и морозостойкости.

4) Золошлаки из отвала ТЭЦ г. Ярового могут использоваться при обработке материалов и укреплении грунтов в качестве инертной гранулометрической добавки для корректировки состава и свойств грунтов или каменных материалов, а также активной минеральной добавки смешанного вяжущего в сочетании с цементом или (и) известью. Однако относительно низкая гидравлическая активность золошлаков (индекс активности при твердении с цементом составил 63-78% при требуемом значении 75%) из-за значительно содержания несгоревших частиц угля (п.п.п. порядка 25 % и более) и их сильнопучинистые характеристики (относительная деформация морозного пучения составляет 0,10-0,12), а также низкий коэффициент фильтрации ($K_f = 0,10-0,25$ м/сут) не позволяет надеяться на успешное решение обоих направлений использования (для корректировки зернового состава грунтов и в качестве АМД смешанного вяжущего). И все же окончательный вывод можно будет сделать только после проведения комплекса лабораторных исследований.

Изучая вещественный состав и физико-механические характеристики отобранных проб из четырех будущих грунтовых карьеров для строительства насыпи автомобильной дороги «Обход г. Славгорода», было установлено, что они представлены следующими разновидностями от мелких и пылеватых непластичных песков до супесей песчаных с числом пластичности от 5,82 до 6,62 и суглинков легких песчаных с числом пластичности от 7,802 до 8,33. Чтобы уменьшить количество дорогостоящих экспериментов, в качестве исследуемых грунтов нами были выбраны так называемые «крайние» представители, охватывающие весь диапазон встречающихся грунтов, начиная от песка, до супеси и заканчивая суглинком: грунт № 1 – мелкий песок и грунт № 2 – суглинок легкий песчаный. Физические свойства используемых материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства грунтов

№ грунта	Плотность, кг/м ³			Влажность оптим, %
	насыпн.	ист.	макс	
1	1390	2710	1885	12,05
2	1365	2685	1995	18,04

Если сравнивать физико-механические характеристики прессованных образцов из смеси грунтов и ЗШС в присутствии 6% цемента в их составе после гидратации в нормальных условиях (в камере нормального твердения при влажности 98-100% и температуре 20°C) в возрасте 7 и 28 суток, то они (прочностные характеристики) напрямую коррелируют с плотностью получаемого искусственного камня. Так, в возрасте 7 суток наибольшую прочность показали спрессованные цилиндры на суглинке № 2 – 6,26 МПа при плотности 2140 кг/м³. Такие же образцы на песке № 1 с цементом продемонстрировали прочность почти в 2 раза ниже – 3,30 МПа при плотности 1960 кг/м³.

В возрасте камня 28 суток снижение прочности твердеющей композиции на суглинке № 2 составило 41,6 и 63,3% при замене 25 и 50% грунта на золошлаковую смесь. Аналогичная зависимость прослеживается на песках №1: при замене 25% грунта на ЗШС снижение прочности составило всего 21,8% (с 3,87 до 3,07 МПа). Замена 50% песка на ЗШС привела к снижению прочности на 30,4%. При этом все без исключения составы показывают прочность не ниже марки М20 (более 2,0 МПа), что позволяет надеяться на возможность использования ЗШС в составе рабочих слоев дорожной одежды, укрепленных неорганическим вяжущим (рисунок 1).

Окончательный вывод относительно возможности использования ЗШС для укрепления цементом рабочих слоев дорожной одежды можно сделать после испытания образцов на морозостойкость. В соответствии с п. 4.1.2 ГОСТ Р 70452-2022, значение коэффициента морозостойкости грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими, должно быть не менее 0,80. При этом рабочий слой дорожной одежды в конструкциях с двухслойным асфальтобетонным покрытием для IV дорожно-климатической зоны должен выдерживать 15 циклов попеременного замораживания – оттаивания, а для III дорожно-климатической зоны – 25 циклов.

Результаты определения морозостойкости образцов, приведенные на рисунке 2, наглядно показывают, что ни один состав не выдержал 15 циклов попеременного замораживания-оттаивания, а значит, не отвечает

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ ОТ СЖИГАНИЯ КИСЛЫХ УГЛЕЙ КУЗБАССА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

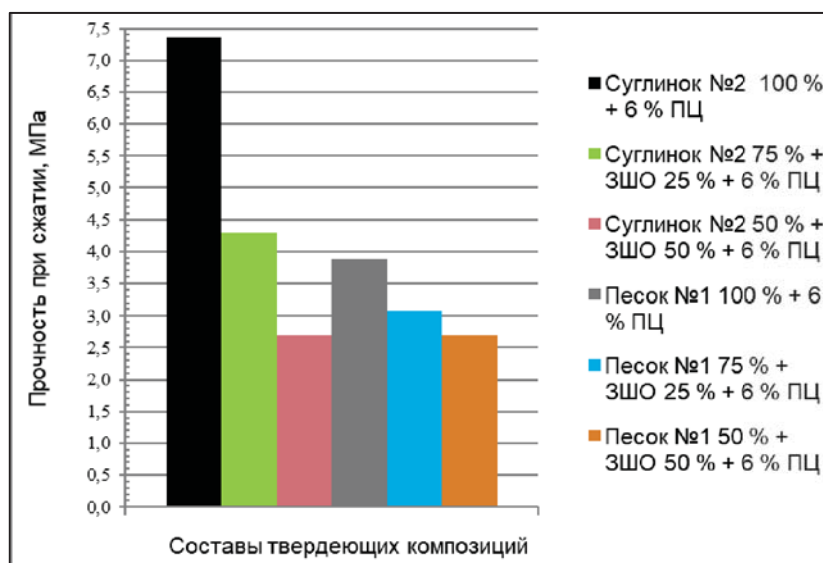


Рисунок 1 – Зависимость снижения прочности искусственного камня в возрасте 28 суток по мере замены грунта на ЗШС в присутствии 6% цемента



Рисунок 2 – Фото образцов с 25% ЗШС после 15 циклов испытания на морозостойкость. Слева – песок № 1, справа – суглинок № 2

минимальным требованиям к укрепленным грунтам для рабочих слоев дорожной одежды.

Таким образом, в результате проведенных исследований получен однозначный вывод о том, что ЗШС из отвалов ТЭЦ г. Ярового могут быть использованы в дорожном строительстве только в качестве грунтов нижних слоев земляного полотна.

Для практического применения ЗШС необходимо разработать на них технические условия как полезный продукт, реализуемый МУП «ЯТЭК». В соответствии с требованиями ГОСТ Р 1.3-2018 [5], содержание технических условий должно включать обязательные следующие разделы:

- назначение и область применения (вводная часть);
- потребительские характеристики (технические требования);
- требования безопасности;
- требования охраны окружающей среды;

- требования к маркировке;
- требования к упаковке;
- правила приемки;
- методы контроля;
- требования к транспортированию и хранению;
- указания по применению;
- требования к утилизации;
- гарантии изготовителя.

Кроме этого, ГОСТ Р 1.3 предъявляет требования и к построению текста ТУ. Документ в обязательном порядке должен включать:

- титульный лист;
- основную часть;
- обязательные, рекомендуемые и справочные приложения (при необходимости);
- перечень ссылочных документов;
- лист регистрации изменений.

Разработанный проект ТУ был своевременно направлен на согласование всем заинтересованным сторонам: на предприятие – изготовителя продукции, Заказчику, потенциальному потребителю и будущему держателю подлинника ТУ, а также в территориальный центр стандартизации, метрологии и испытаний продукции.

После согласования проекта ТУ со всеми заинтересованными сторонами нормативный документ вместе с каталожным листом продукции был зарегистрирован в территориальном отделении Росстандарта под номером ТУ 08.12.13-001-03443488-2023 «Смесь золошлаковая ТЭЦ ПУП «ЯТЭК» для строительства земляного полотна автомобильной дороги «Обход г. Славгорода».

Таблица 2 – Характеристики грунтов

Тип грунта	удельный вес грунта при природной влажности γ , кН/м ³	удельное сцепление грунта при природной влажности c , кПа	угол внутреннего трения при природной влажности ϕ , град
Золошлак	14,0	6,0	43,0
Супесь твердая	17,5	14,0	25,0

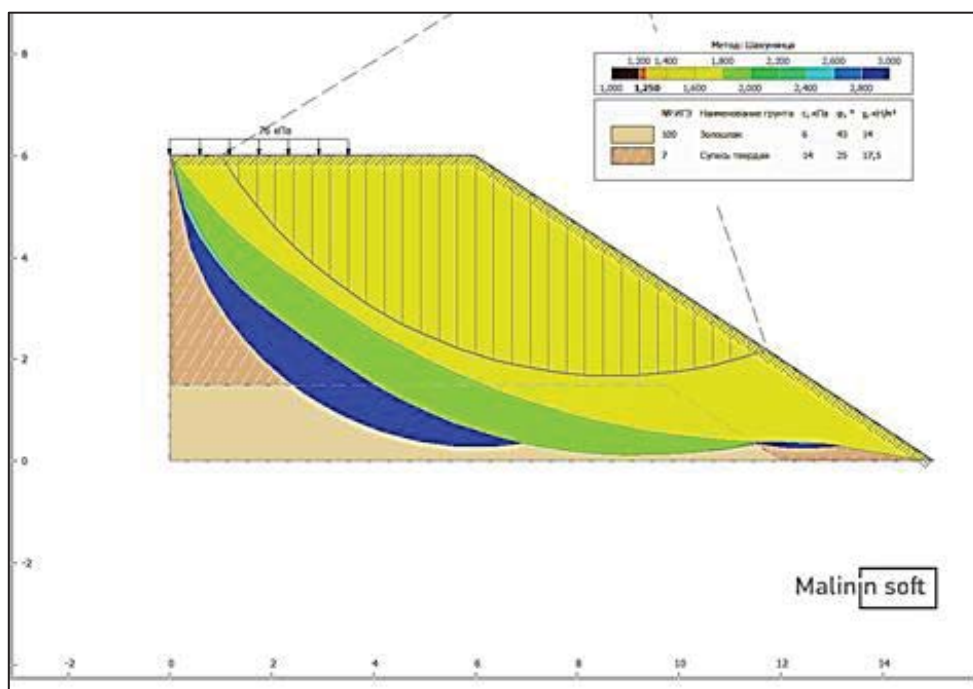


Рисунок 3 – Результат расчета коэффициента устойчивости насыпи высотой до 6 м

Конструктивные решения по применению ЗШС из отвалов ТЭЦ г. Ярового в качестве грунтов нижних слоев земляного полотна автомобильной дороги «Обход г. Славгорода» были оформлены в виде Альбома проектных решений общим объемом 30 страниц машинописного текста. Каждый тип поперечного профиля автомобильной дороги с частичной заменой твердой супеси на золошлаковую смесь проверены на устойчивость откосов насыпи в лицензионной версии программы GEO-5, подпрограмма GroStab 8.1. Физико-механические характеристики грунтов, используемые для расчетов, приведены в таблице 2.

Тип поверхности скольжения – круглоцилиндрическая, допустимый коэффициент устойчивости – не менее 1,3, методика расчета – критерий Шахунянца, расчетное число элементарных призм – не менее 30 штук. В расчете также учтено влияние постоянно действующей нагрузки от движущего транспорта.

Пример результата расчета коэффициента устойчивости насыпи высотой до 6 метров с заменой супеси на золошлаковую смесь

в подошве насыпи на высоту до 1,5 метров в графическом виде приведен на рисунке 3. Фактический коэффициент устойчивости равен 1,629, условие устойчивости соблюдается ($1,629 \geq 1,30$).

Заключение. В результате выполненных исследований физико-химических и строительно-технических свойств ЗШС ТЭЦ МУП «ЯТЭК» установлено, что по химическому составу они относятся к кислым продуктам, полученным от сжигания каменных углей Кузбасса. В соответствии с классификацией по ГОСТ 25100, ЗШС ТЭЦ являются техногенным дисперсным несвязанным антропогенным грунтом.

Средневзвешенный размер частиц равен 1,079 мм, поэтому они относятся к грубым пылеватым пескам. Удельная поверхность ЗШС варьируется от 180 до 250 м²/кг, материал относится к среднезернистым. Среднее значение истинной плотности золошлакового материала равно 2,1 г/см³ (2,09-2,12 г/см³), насыпной плотности – 650 кг/м³ (625-735 кг/м³) в зависимости от места отбора проб. По величине относительной деформации морозного пучения ЗШС относятся к сильнопучинистым грун-

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ ОТ СЖИГАНИЯ КИСЛЫХ УГЛЕЙ КУЗБАССА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

там (степень пучинистости $\varepsilon_{\text{п}}$ колеблется в пределах 10-12%). Коэффициент фильтрации $K_{\text{ф}}$ характеризует золошлаки как слабОВОдо-проницаемый грунт ($K_{\text{ф}} = 0,10-0,25$ м/сут.). Индекс активности ЗШС при твердении в композиции с цементом для транспортного строительства составил 63-78% при требуемом значении не менее 75%, однако ни один состав не выдержал обязательных требований по морозостойкости.

Разработаны, согласованы и утверждены ТУ 08.12.13-001-03443488-2023 на ЗШС ТЭЦ МУП «ЯТЭК» для строительства земляного полотна автодороги «Обход г. Славгорода». ТУ вместе с каталожным листом прошли государственную регистрацию в ФБУ «Алтайский ЦСМ».

Для расчетов несущей способности ЗШС и устойчивости откосов земляного полотна автомобильной дороги определены специальные эксплуатационные свойства: удельный вес в водонасыщенном состоянии 1400 кг/м³ (14,00 кН/м³), угол внутреннего трения 43°, удельное сцепление 6,00 кПа.

По величине относительной деформации морозного пучения ЗШС из отвала ТЭЦ г. Ярового не удовлетворяют требованиям [1] для устройства насыпей земляного полотна без дополнительных мероприятий по обеспечению устойчивости. При этом нет никаких ограничений для применения этого материала в подошве и нижней части насыпи земляного полотна ниже глубины промерзания слоев дорожной одежды и земляного полотна. Учитывая данный факт, нами предложены варианты проектных решений земляного полотна для планируемого строительства автодороги «Обход г. Славгорода». Все предложенные варианты показали достаточную устойчивость откосов насыпи на возможный боковой сдвиг грунтовой призмы круглоцилиндрической поверхности скольжения,

рассчитанных в программе GEO-5 по методу Шахунянца. Предложенные варианты оформлены в виде альбома проектных решений применения ЗШС ТЭЦ МУП «ЯТЭК».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДМ 218.2.031-2013. Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации по применению золы-уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на тепловых электростанциях в дорожном строительстве. – М. : ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2014. – 31 с.
2. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация. – М. : Изд-во ФГУП «Стандартинформ», 2020. – 41 с.
3. ГОСТ 28622-2012*. Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости. – М. : Изд-во ФГУП «Стандартинформ», 2019. – 9 с.
4. СП 34.13330.2021. Автомобильные дороги. – М. : Изд-во ФГУП «Стандартинформ», 2022. – 122 с.
5. ГОСТ Р 1.3-2018. Стандартизация в Российской Федерации. Технические условия на продукцию. Общие требования к содержанию, оформлению, обозначению и обновлению. – М. : Изд-во ФГУП «Стандартинформ», 2019. – 23 с.
6. ОДМ 218.3.1.005-2021. Проектирование нежестких дорожных одежд. Методические рекомендации по расчету параметров напряженно-деформированного состояния многослойных конструкций при воздействии колесных нагрузок. – М. : Росавтодор, 2022. – 146 с.

Свиридов Василий Лаврентьевич – д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: unkc-ts2@mail.ru;

Медведев Никита Владимирович – старший преподаватель кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: adio-06@mail.ru.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ И АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ СОВМЕСТНО С АДГЕЗИОННЫМИ ПРИСАДКАМИ

В. Л. Свиридов, Н. В. Медведев, И. С. Шеховцов, А. И. Колпаков

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

При производстве асфальтобетонных смесей наибольшее значение имеет вяжущее, которое определяет все основные характеристики асфальтобетона в будущем, влияет на его долговечность, прочностные и деформативные качества. Традиционно при изготовлении асфальтобетонных смесей использовались битумы нефтяные дорожные, но последнее время все чаще находят свое применение полимерно-битумные вяжущие, которые имеют ряд преимуществ. Проведен сравнительный анализ свойств полимерно-битумного вяжущего с битумами нефтяными дорожными с установлением показателей, которые оказывают положительные качества на асфальтобетон.

Ключевые слова: автомобильная дорога, битум, битум нефтяной дорожный, полимерно-битумное вяжущее, асфальтобетон, асфальтобетонная смесь, свойства битума, долговечность покрытий.

Главный критерий при проектировании асфальтобетонной смеси состоит в обеспечении долговечности будущего асфальтобетона. Для достижения этой цели чаще всего используется битум нефтяной дорожный (БНД), улучшенный различного рода добавками [1].

В последнее время на смену БНД все чаще приходят полимерно-битумные вяжущие (ПБВ), которые позволяют достичь более высоких показателей готовой смеси за счет введения в их состав различных полимеров. Так как ПБВ имеют более высокую стоимость, то при выборе вяжущего стоит учитывать и ряд других особенностей будущей дороги, к примеру, категорию дороги, интенсивность движения и состав транспортного потока, от которых будет зависеть нагрузка на будущую дорогу.

Сравнительный анализ двух видов вяжущих позволит определить наиболее подходящие материалы для различных условий и категорий автомобильных дорог, с целью обеспечения их долговечности и устойчивости к нагрузкам.

Для подбора рационального состава асфальтобетона стоит учитывать множество различных факторов, помимо выше отмеченных, к которым относятся климатические условия геологическое строение места проложения дороги, действующие нагрузки и пр. [2]. При этом вяжущее должно решать две основные проблемы, характерные для дорог с асфальтобетонным покрытием: постоянная деформационная нагрузка, которая является следствием недостаточно прочности асфаль-

тобетона на сдвиг при высоких температурах окружающей среды и низкотемпературные разрушения, которые, наоборот, возникают при низких температурах, когда растягивающее напряжение превышает прочность на растяжение [3].

В Алтайском крае и Республике Алтай на федеральных автомобильных дорогах применяются асфальтобетонные смеси на вязком битуме нефтяном дорожном (БНД), а при устройстве защитных слоев используется либо щебеночно-мастичная асфальтобетонная, либо битумоминеральная смеси на полимерно-битумном вяжущем (ПБВ). Поэтому целесообразно рассмотреть обе разновидности этих вяжущих.

БНД представляет собой искусственный (технический) материал, получаемый путем переработки нефти. Основные свойства вязких БНД представлены в таблице 1.

БНД являются одними из самых распространенных вяжущих, используемых для приготовления асфальтобетонных смесей в России. Благодаря широкому распространению и большой практике их использования чаще всего на АБЗ отдают предпочтение именно им, т.к. БНД обеспечивает хорошую адгезию, сохранность пластичности при низких температурах, а также сопротивляемость против климатических воздействий и механических нагрузок [4].

В последнее время наблюдается тенденция снижения качества у нефтяных дорожных битумов, что приводит к необходимости прибегать к различного рода адгезионным добавкам, которые улучшают свойства

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ И АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ СОВМЕСТНО С АДГЕЗИОННЫМИ ПРИСАДКАМИ

Таблица 1 – Основные свойства БНД

Наименование показателя	Основные свойства
Адгезия	Обладает хорошей адгезией к каменным материалам
Пластичность при низких температурах	Сохраняет пластичность при отрицательных температурах
Устойчивость к климатическим особенностям	Устойчив к воздействию различных климатических факторов (перепады температур, осадки)
Водонепроницаемость	Обладает хорошими гидроизоляционными свойствами
Износостойкость	Имеет стойкость к износу и механическим нагрузкам

Таблица 2 – Основные свойства ПБВ

Наименование показателя	Основные свойства
Повышенная сопротивляемость к деформациям	ПБВ обладает высокой сдвигустойчивостью. Уменьшение колееобразования благодаря более высокой температуре размягчения
Улучшенные свойства при высоких и низких температурах	Возможность проведения работ при температурах до -10°C , что расширяет временные рамки для дорожного строительства за счет сохранения свойств вяжущего и температурной стойкости
Повышенное сопротивление старению	Снижение риска образования трещин и других дефектов, связанных с старением битума за счет введения в состав полимеров, которые дают устойчивость к окислительным процессам
Улучшенные адгезионные свойства	Обеспечивает лучшее сцепление с каменными материалами, что повышает прочность и долговечность дорожного покрытия
Экологические преимущества	Может способствовать снижению выбросов вредных веществ за счет увеличения срока службы дорожного покрытия и уменьшения частоты ремонтных работ

вяжущего. Это приводит к удорожанию конечного вяжущего и необходимости подбора подходящей добавки.

Решением данной проблемы должны были стать полимерно-битумные вяжущие, которые изначально имеют более высокие показатели свойств. Это связано с тем, что полимерно-битумное вяжущее представляет собой модифицированный битум, который получают путем добавления полимеров и пластификаторов. Данная особенность позволяет значительно улучшить эксплуатационные свойства битума, делая его более устойчивым к деформациям, старению и изменениям температуры. Основные свойства битумов ПБВ представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы можно сделать вывод, что ПБВ обладает более высокими техническими свойствами по сравнению с обычными битумами. Повышение стандартных показателей дает возможность изготавливать более качественные и долговечные асфальтобетонные покрытия, что будет оказывать положительное влияние на безопасность движения и экономить материальные затраты на содержание дороги.

Чтобы проверить эффективность использования полимерно-битумных вяжущих относительно обычных нефтяных дорожных битумов, для чего были проведены лабораторные исследования с целью определения основных параметров битумов в соответствии с методиками, регламентированными нормативными документами.

Для выполнения поставленной в цели использовались битум нефтяной вязкий дорожный марки БНД 100/130 Омского нефтеперерабатывающего завода и полимербитумное вяжущее марок ПБВ 60 и ПБВ 90 на основе битума марки БНД 100/130 Омского нефтеперерабатывающего завода.

В качестве минеральных материалов использованы заполнители, чаще других используемые ГУП ДХ АК «Юго-Восточное ДСУ» (бывшее Бийское ДСУ-10) и ГУП ДХ АК «Северо-Восточное ДСУ» (бывшее Новоалтайское ДСУ-7): щебень Шульгинского карьера ОАО «Бийский гравийно-песчаный карьер» смеси фракций 5-10 и 5-20 мм, щебень Троицкого карьера ОАО «Троицкий гранит» смеси фракций 5-10, отсев от дробления Шульгинского щебня ОАО «Бийский гравийно-песчаный карьер» 0-5 мм, минеральный порошок ООО «Лоренс».

После выбора вяжущего проводились определения их физико-механических показателей на соответствие ГОСТ. Результаты эксперимента представлены в таблице 3.

Как видно из полученных результатов, обычный битум не удовлетворяет нормативным требованиям по двум показателям, а, следовательно, не может использоваться в процессе производства работ. У ПБВ 90 температура размягчения по кольцу и шару не соответствует требованиям, что также указывает на то, что данное органическое вяжущее при приготовлении асфальтобетонной смеси не может быть использовано.

Таблица 3 – Результаты испытаний органических вяжущих

Наименование показателя	Показатели для вяжущего марки						Метод испытания
	БНД 100/130	Норма по ГОСТ 33133	ПБВ 60	Норма по ГОСТ Р 52056	ПБВ 90	Норма по ГОСТ Р 52056	
1. Глубина проникания иглы, 0,1 мм, не менее, при температуре 25°C:	91	101-130	62	60	108	90	ГОСТ 33136
2. Температура размягчения по кольцу и шару, °С, не ниже	45	45	54	54	47	51	ГОСТ 33142
3. Температура вспышки, °С, не ниже	314	230	318	230	318	220	ГОСТ 33141
4. Растяжимость при температуре 25°C, см, не менее	62,5	70	27	25	33	30	ГОСТ 33138

Таблица 4 – Адгезионные добавки и их оптимальные дозировки

Техническое название	Оптимальная дозировка, %		
	минимум	средняя	максимум
«Амдор-10»	0,1	0,3	0,5
«АмдорТС-1»	0,3	0,5	0,7
«Адгезол № 6»	0,5	0,65	0,8
БАП-ДС-3 марка «В»	0,3	0,6	0,9
«ДАД-1»	0,3	0,5	0,7
WETFIX BE SAMPLE	0,1	0,3	0,5
REDISSET WMX-8017	1,0	2,0	3,0
REDISSET LQ-1102CE	0,3	0,45	0,6

Решением данной проблемы могут быть различного рода добавки и присадки, которые повышают параметры битума.

В качестве исследуемых добавок были выбраны ряд отечественных и зарубежных производителей с нормой расхода на приготовления смеси, которые представлены в таблице 4.

В результате эксперимента по модификации битумов были получены следующие результаты:

- на БНД пенетрация возрастает – с 91 до 93-117 мм, температура размягчения по КиШ снижается с 45 до 42-45°C, растяжимость растет с 62,5 до 66-147 см;

- на ПБВ пенетрация возрастает с 62 до 60-79 мм, температура размягчения по КиШ с 54 до 51-58°C, растяжимость с 27 см до 31-47 см.

При изучении изменения свойств при окислении в тонкой пленке установлено, что наибольшую скорость старения показывает ПБВ-90 как наиболее пластифицированное вяжущее. Все адгезионные добавки снижают скорость старения чистого битума, что нельзя сказать о ПБВ с адгезионными добавками.

На следующем этапе проводилась оценка адгезии битумных вяжущих к каменному материалу в соответствии с методикой ГОСТ 12801-98 [5].

В результате эксперимента было установлено, что все изученные адгезионные

присадки увеличивают сцепление БНД с 3,7 до 4,5-5,0 баллов (Адгезол №6 4,5, ДАД-1 4,7, Амдор 10 и Wefix 4,8, Амдор ТС-1 и БАП ДС-3 по 4,83 и Rediset 5,0) и ПБВ 60 с 3,8 до 4,7-5,0 (Адгезол №6 и Амдор-10 4,7, ДАД-1 4,8, Амдор ТС-1 и БАП ДС-3 по 4,86 и все импортные – по 5,0).

Этот порядок повторяется с данными потери массы после кипячения 30 минут в дистиллированной воде, а также с величиной когезионной прочности на отрыв.

На третьем этапе проводились исследования свойств асфальтобетонных смесей, приготовленных с использованием изученных вяжущих.

Все составы хорошо себя показывают по водопоглощению, прочности при сжатии при 0°C и при 20°C, по водостойкости, особенно при длительном хранении, а также по коэффициенту внутреннего трения. При этом недостаточная прочность при 50°C, а также сцепление при сдвиге при 50°C. При этом те добавки, которые позиционируются на рынке как добавки для «теплых» смесей, можно использовать в качестве адгезионных при увеличении дальности возки АБС с температурой начала укладки менее 120°C. При этом температуру пластифицированных смесей, действительно, можно снижать на 10-20 градусов.

В результате проведенной работы можно сделать вывод о том, что современные

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ И АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ СОВМЕСТНО С АДГЕЗИОННЫМИ ПРИСАДКАМИ

нефтяные дорожные битумы не отвечают повышенным нормативным требованиям и требует дополнительного введения в свой состав различного рода адгезионных добавок. В свою очередь, полимерно-битумное вяжущее отвечает нормативным требованиям, а использование присадок дает возможность получить асфальтобетон с более высокими физико-механическими характеристиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зимон, А. Д. Адгезия жидкости и смачивание / А. Д. Зимон. – М. : Химия, 1974. – 416 с.
2. Соломенцев, А. Б. Адгезионные свойства и когезионная прочность дорожного битума с ПАВ класса имидазолинов / А. Б. Соломенцев, В. В. Круть, В. В. Маляр, В. А. Золотарев // Наука и техника в дорожной отрасли, 1999. – № 1. – С. 22-23.
3. Золотарев, В. А. Водоустойчивость битумополимерных вяжущих и асфальтополимербетон на их основе / В. А. Золотарев, С. В. Кудрявцева, Е. Н. Агеева. // Вестник ХНАДУ. Сб. научных трудов. – Харьков : ХНАДУ, 2006. – Выпуск 34-35. – С. 152-156.

4. Колбановская, А. С. Дорожные битумы / А. С. Колбановская, В. В. Михайлов. – М. : Транспорт, 1973. – 264 с.

5. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 34 с

Свиридов Василий Лаврентьевич – д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: unkc-ts2@mail.ru;

Медведев Никита Владимирович – старший преподаватель кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: adio-06@mail.ru;

Шеховцов Игорь Сергеевич – студент группы 8Сад-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова;

Колпаков Антон Игоревич – студент группы 8Сад-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова.

УДК 624.012:624.012

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ: АНАЛИЗ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

И. В. Ситников, В. В. Логвиненко

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье представлен анализ метода аэродинамических расчетов для фильтровентиляционных систем, с уклоном на улучшение проектных решений. Рассматривается упрощение процесса проектирования с использованием данных на базе справочников, а также выявлены ключевые сложности. Особое внимание уделено дефициту данных устанавливаемого оборудования, что затрудняет точность расчетов. Также рассмотрены различные аспекты фильтровентиляционных установок, и нормативные требования, касающиеся их сертификации.

Ключевые слова: аэродинамика, вентиляция, фильтровентиляция, алгоритмы, проектирование, характеристики, сертификация.

Защитные сооружения гражданской обороны (далее – ЗСГО) представляют собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для обеспечения безопасного пребывания населения в условиях чрезвычайных ситуаций, техногенных аварий, химических или радиационных угроз, а также военных конфликтов. Основная задача ЗСГО – обеспечить укрытие, где поддерживаются жизненно важные параметры микроклимата и функционируют системы коллективной защиты [1].

Одним из ключевых элементов таких сооружений является система вентиляции. Она не только обеспечивает поступление чистого, очищенного воздуха, но и удаляет вредные вещества, возникающие в результате человеческой жизнедеятельности или аварийных процессов. В условиях, когда наружный воздух может быть загрязнен выше допустимых норм, системы вентиляции играют решающую роль в поддержании безопасной внутренней среды убежища. Функционирование этих систем регламентируется рядом норма-

тивных документов, включая СП 88.13330.2022 [1] и государственные стандарты, такие как ГОСТ Р 42.4.06-2020 [2] и ГОСТ Р 42.4.04-2020 [3].

Несмотря на обширную нормативную базу, одним из наиболее существенных препятствий при проектировании систем вентиляции является отсутствие в открытом доступе данных о характеристиках оборудования. Это приводит к тому, что выполнение точных аэродинамических расчётов затрудняется, что, в свою очередь, снижает качество проектных решений и увеличивает риск ошибок при эксплуатации ЗСГО.

В Российской Федерации требования к системам вентиляции защитных сооружений основываются на ряде нормативных документов:

- СП 88.13330.2022 – документ, определяющий общие требования к проектированию и эксплуатации ЗСГО, включая режимы работы вентиляционных систем, параметры микроклимата и объёмы подачи наружного воздуха [1].

- ГОСТ Р 42.4.06-2020 «Гражданская оборона. Средства коллективной защиты. Фильтровентиляционные системы. Общие технические требования. Методы испытаний» задаёт технические параметры для фильтровентиляционных систем [2].

- ГОСТ Р 42.4.04-2020 «Гражданская оборона. Средства защиты коллективные. Средства регенерации воздуха. Общие технические требования. Методы испытаний» устанавливает требования к устройствам регенерации воздуха [3].

Эти документы детально определяют режимы работы (фильтровентиляция и режим полной изоляции), параметры микроклимата (влажность, температура, концентрация CO₂, содержание кислорода, уровень окиси углерода) и условия подачи наружного воздуха с учётом климатических особенностей. Обоснование таких требований продиктовано необходимостью обеспечения комфортных и безопасных условий для длительного пребывания людей в убежищах.

В зарубежных странах, таких как США и государства-члены НАТО, требования к системам вентиляции защитных сооружений характеризуются более детализированными и прозрачными нормами. Например:

Документы MIL-STD-188-125 [4] и UFC 3-410-01 [5] содержат конкретные аэродинамические параметры и критерии эффективности вентиляционного оборудования, что позволяет проводить расчёты с высокой точностью. Производители обязаны предоставлять пол-

ные технические характеристики своих изделий для сертификации.

В европейских странах проектирование защитных сооружений регулируется нормами EN 12101 [6] и ISO 6944 [7], а также национальными стандартами, которые требуют публикации детализированных данных по системам фильтрации, включая аэродинамическое сопротивление, эффективность очистки и сроки эксплуатации оборудования. Это позволяет инженерам проводить расчёты без необходимости дополнительных натурных испытаний.

Основное отличие зарубежной практики заключается в степени прозрачности технических данных. В зарубежных нормативных документах предусмотрено обязательное раскрытие всех ключевых параметров оборудования, что позволяет использовать централизованные базы данных для расчётов. В Российской Федерации же значительная часть данных остаётся недоступной, что вынуждает применять приближённые методы расчёта и аналогии.

Сертификация вентиляционного оборудования является важнейшим элементом обеспечения безопасности функционирования ЗСГО. В Российской Федерации процесс сертификации регламентируется рядом технических регламентов Таможенного союза и национальными стандартами. Основные нормативные документы включают:

ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» – определяет требования к безопасности и техническим характеристикам оборудования, используемого в системах вентиляции, включая необходимость проведения испытаний и документирования показателей, влияющих на эксплуатационную безопасность [8] (подробнее см. ТР ТС 010/2011).

ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования» – применяется для оборудования, работающего в определённых диапазонах напряжений, что может включать компоненты вентиляционных систем с электрическим приводом [9]. (Подробнее см. ТР ТС 004/2011).

ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств» – регламентирует требования к оборудованию с электронными компонентами, способными создавать или подвергаться воздействию электромагнитных помех, что важно для комплексных систем вентиляции [10] (подробнее см. ТР ТС 020/2011).

Эти нормативные документы устанавливают порядок проведения испытаний, мето-

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ: АНАЛИЗ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

дики расчёта и обязательные параметры, которые должны быть задокументированы производителями. Однако на практике зачастую отсутствуют данные о зависимости аэродинамического сопротивления от изменяемого расхода воздуха, что является существенным недостатком в доступной технической документации.

Одной из ключевых проблем в проектировании систем вентиляции ЗСГО является отсутствие в открытом доступе данных о характеристиках ряда оборудования, что создаёт «замкнутый круг»: без точных аэродинамических характеристик невозможно провести корректный расчёт, а без расчётов невозможно определить оптимальные параметры системы.

Оборудование, для которого отсутствуют данные:

- фильтровентиляционные агрегаты (ФВА, ФВК) – отсутствуют публикации, содержащие детальные данные по аэродинамическому сопротивлению и параметрам фильтрации, что затрудняет подбор оборудования для конкретных режимов работы [1];

- фильтры-поглотители (ФП) – существующие данные указывают аэродинамическое сопротивление для ФП при номинальном расходе. Однако изменение расхода (как в сторону уменьшения, так и увеличения) приводит к изменению сопротивления, и отсутствуют зависимые графики или математические зависимости, позволяющие провести точный расчёт [1];

- системы регенерации воздуха – несмотря на нормативные требования к использованию регенеративных установок для очистки воздуха от CO_2 , отсутствуют данные о производительности и эффективности этих систем при различных условиях эксплуатации [3];

- гопкатитовые фильтры – данные о коэффициенте фильтрации, эффективности очистки и аэродинамическом сопротивлении для гопкатитовых фильтров представлены неполно, что затрудняет расчёты и не даёт полноценно оценить работоспособность системы вентиляции в целом [1];

- фильтры пыли и аэрозолей – отсутствуют детальные данные о предельных нагрузках, аэродинамических характеристиках и эффективности удаления частиц, что особенно важно для систем, предназначенных для работы в условиях повышенной загрязнённости наружного воздуха [1];

- адсорбционные установки – недостаточная информация о параметрах сорбции и расходах воздуха приводит к неопределённости

при выборе оптимальных установок для удаления вредных химических компонентов [1].

Отсутствие точных аэродинамических характеристик оборудования (фильтров, клапанов, вентиляторов и иных компонентов) приводит к невозможности проведения корректных расчётов. Эти расчёты являются основой для определения оптимальных параметров системы, необходимых для создания безопасного микроклимата в убежище.

Например, справочник по гидравлическому сопротивлению, составленный по методологии Идельчика [11], содержит графики аэродинамического сопротивления для ряда фильтров (таких как МЗС, ФЯРБ и т.д.), что позволяет определить сопротивление для конкретного расхода воздуха. Однако для таких моделей, как ФП-300, данные представлены лишь для одного номинального значения ($300 \text{ м}^3/\text{ч}$). Это не позволяет оценить изменение сопротивления при изменении режима работы, что существенно осложняет выбор оборудования и вынуждает применять приближённые методы расчёта.

Пути решения проблемы.

1. Создание базы данных с аэродинамическими характеристиками оборудования.

Формирование единой, доступной для проектировщиков базы данных, содержащей подробные технические характеристики (в том числе зависимости аэродинамического сопротивления от расхода воздуха), позволит существенно снизить неопределённость при проектировании.

2. Разработка методик приближённого расчёта аэродинамических параметров.

На основе имеющихся данных, например, из справочников по гидравлическому сопротивлению [11], необходимо разработать методики для аппроксимации характеристик оборудования, чьи параметры не опубликованы в открытом доступе.

3. Проведение испытаний оборудования в реальных условиях.

Организация лабораторных и полевых испытаний в аккредитованных центрах позволит получить достоверные данные о характеристиках вентиляционного оборудования, учитывающие изменения параметров при различных режимах работы.

4. Содействие информационному обмену и сотрудничеству с производителями.

Необходимо развивать диалог между научными организациями, проектировщиками и производителями оборудования с целью создания общих стандартов раскрытия аэродинамических характеристик. Такой подход

позволит стимулировать производителей к публикации необходимых данных без необходимости внесения обязательных изменений в нормативные документы, поскольку существующие нормативы, такие как [СП 88.13330.2022] [1], не регулируют данный аспект.

Вывод: Отсутствие достоверных данных о характеристиках вентиляционного оборудования является серьёзным препятствием в проектировании защитных сооружений гражданской обороны. Точные аэродинамические расчёты являются основополагающим элементом разработки эффективных систем вентиляции, способных обеспечить безопасный микроклимат в убежищах. Проблема «замкнутого круга отсутствия данных» требует комплексного подхода, включающего систематизацию технической информации, проведение натурных испытаний, применение современных цифровых технологий и модернизацию нормативной базы.

Принятие предложенных мер позволит не только повысить надёжность защитных сооружений, но и обеспечить экономическую эффективность систем вентиляции, снизить эксплуатационные риски и создать оптимальные условия для длительного пребывания людей в условиях чрезвычайных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 88.13330.2022. Защитные сооружения гражданской обороны: актуализированная редакция СНиП II-11-77*. – М. : Минстрой России, 2022. – 150 с.
2. ГОСТ Р 42.4.06-2020. Гражданская оборона. Средства коллективной защиты. Фильтровентиляционные системы. Общие технические требования. Методы испытаний. – М. : Стандартинформ, 2020. – 100 с.
3. ГОСТ Р 42.4.04-2020. Гражданская оборона. Средства защиты коллективные. Средства

регенерации воздуха. Общие технические требования. Методы испытаний. – М. : Стандартинформ, 2020. – 80 с.

4. MIL-STD-188-125. Standard for protective shelters for fixed and mobile facilities. – Вашингтон, США: U.S. Department of defense, 2003. – 95 с.

5. UFC 3-410-01. Unified facilities criteria for design of collective protection shelters. – Вашингтон, США: U.S. Army corps of engineers, 2011. – 120 с.

6. EN 12101. Smoke and heat exhaust ventilation systems. – Европейский комитет по стандартизации, 2007. – 180 с.

7. ISO 6944:1992. Building and civil engineering – calculation of fire-induced temperature rise in non-combustible materials. – Женева: Международная организация по стандартизации, 1992. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/32951.html> (дата обращения: 10.02.2025).

8. ТР ТС 010/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования». – М. : Евразийская экономическая комиссия, 2011. – 135 с.

9. ТР ТС 004/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности низковольтного оборудования». – М. : Евразийская экономическая комиссия, 2011. – 110 с.

10. ТР ТС 020/2011. Технический регламент Таможенного союза «Электромагнитная совместимость технических средств». – М.: Евразийская экономическая комиссия, 2011. – 125 с.

11. Идельчик, В. И. Справочник по гидравлическим сопротивлениям: Справочное издание / В. И. Идельчик / – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1992. – 240 с.

Логвиненко Владимир Васильевич – к.т.н., доцент, и.о. заведующего кафедрой «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: logvinvv@mail.ru;

Ситников Иван Васильевич – студент группы 8С-32 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: cheeky2011@mail.ru.

АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНОСТИ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

А. А. Соболев, Д. Е. Родиков

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье анализируются причины аварийности зданий на территории Алтайского края, рассматривая широкий спектр факторов, влияющих на их техническое состояние и безопасность. В исследовании используются статистические данные о произошедших авариях, результаты экспертиз, а также анализ нормативно-правовой базы и практики строительного контроля. Авторы выделяют ключевые причины аварийности, включая износ строительных конструкций, несоблюдение строительных норм и правил на этапах проектирования и строительства, некачественные строительные материалы, неэффективное техническое обслуживание и ремонт, а также воздействие природных факторов. В заключении предлагаются рекомендации по снижению аварийности зданий в Алтайском крае, направленные на совершенствование нормативно-правовой базы, усиление строительного контроля и повышение ответственности всех участников строительного процесса. Статья представляет интерес для специалистов в области строительства, жилищно-коммунального хозяйства, государственных органов и широкой общественности.

Ключевые слова: аварийность зданий, физический износ, повреждения зданий, текущий ремонт, капитальный ремонт, причины аварийности, износ конструкций, техническое обслуживание, экспертиза зданий.

Аварийность зданий представляет собой серьезную проблему, угрожающую жизни и здоровью людей, а также наносящую значительный экономический ущерб. Алтайский край, характеризующийся специфическими климатическими условиями и исторически сложившейся застройкой, не является исключением. В последние годы наблюдается рост числа аварийных ситуаций, связанных с обрушением конструкций, повреждением несущих элементов и другими повреждениями зданий. Это обусловлено комплексным воздействием различных факторов, требующих всестороннего анализа и выработки эффективных мер по предотвращению подобных происшествий.

Настоящая статья посвящена анализу причин аварийности зданий на территории Алтайского края. Цель исследования – выявить основные факторы, способствующие возникновению аварийных ситуаций, и на основе полученных данных предложить рекомендации по снижению риска и повышению безопасности эксплуатации зданий. Задачи исследования включают в себя: анализ статистических данных о количестве и характере аварий, оценку степени износа строительных конструкций, выявление нарушений строительных норм и правил на разных этапах жизненного цикла здания, а также изучение влияния природных факторов и уровня технического обслуживания. В качестве методо-

логии исследования используются анализ статистических данных, результаты экспертиз зданий, нормативно-правовые акты, а также данные, полученные из открытых источников. Полученные результаты исследования позволят разработать предложения по совершенствованию системы строительного контроля и управления рисками в сфере эксплуатации зданий в Алтайском крае.

Обзор статистических данных по аварийности зданий в Алтайском крае показывает неоднозначную картину, требующую детального анализа. К сожалению, систематизированные данные о количестве аварийных ситуаций, их причинах и последствиях, доступные для открытого использования, часто фрагментарны и не охватывают всю территорию края. Необходимость более полного и унифицированного сбора статистики очевидна. Тем не менее, предварительный анализ доступных данных из информационной базы Алтайского края по жилому фонду позволяет выделить некоторые тенденции. Например, в 2021 году в министерстве строительства и ЖКХ региона собрали в единый перечень многоквартирные дома, признанные аварийными до 1 января 2017 года. В нём было 267 строений. По информации на 2024 год, в регионе аварийными признали 409 зданий площадью 153,4 тыс. кв. метров и численностью 8967 жителей. Наблюдается, хоть и нелинейный, рост численности аварийных зданий.

Необходимо отметить, что данные о «скрытой» аварийности, то есть случаях выявления дефектов на ранних стадиях и предотвращения серьезных аварий, отсутствуют в большинстве доступных источников. Это значительно усложняет полную оценку масштаба проблемы.

Анализ причин аварийности зданий на территории Алтайского края указывает на комплексную природу проблемы, обусловленную взаимодействием различных факторов. Можно выделить несколько основных групп причин:

Физический износ строительных конструкций. Значительная часть зданий в Алтайском крае построена в советский период, и их конструкции достигли предельного срока эксплуатации. Влияние сурового климата – резкие перепады температур, сильные морозы, обильные осадки – ускоряет процессы износа, приводя к разрушению фундаментов, стен, кровли и других элементов. Особое внимание следует уделить износу инженерных сетей, неисправность которых может привести к аварийным ситуациям. Отсутствие или недостаточное капитальное ремонты усугубляют ситуацию (рисунок 1).

Нарушения строительных норм и правил. На этапах проектирования, строительства и эксплуатации зданий часто допускаются отклонения от норм и правил, что является одной из основных причин аварийности. Это может быть связано с некомпетентностью проектировщиков, использованием некачественных строительных материалов, нарушением технологии строительных работ, а также недостаточным контролем со стороны надзорных органов (рисунок 2). Несоблюдение проектной документации во время реконструкции или перепланировки зданий также представляет значительный риск.

Несвоевременное и некачественное техническое обслуживание и ремонт. Отсутствие своевременных профилактических мероприятий и некачественный ремонт способствуют ускоренному износу зданий и повышают вероятность аварий. Некачественный ремонт и несвоевременная замена водопроводящих инженерных коммуникация (трубопроводов отопления, водоснабжения, канализации) приводит к замачиванию окружающих конструкций и фундаментов, что ускоряет физический износ и наступление аварийных ситуаций. Нехватка финансирования на техническое обслуживание, а также недостаточный уровень квалификации специалистов, занимающихся ремонтом, усугубляют ситуацию.

Воздействие природных факторов (форс-мажорные обстоятельства). Суровые климатические условия Алтайского края (мощные ветра, обильные осадки, значительные перепады температур) оказывают существенное влияние на состояние зданий. В определенных районах необходимо учитывать геологические особенности (например, просадочные грунты), способствующие деформации фундаментов. Большой проблемой является подтопление территорий при весеннем половодье. Кроме того, аномально сильные ветры и обильные снежные осадки могут приводить к обрушению кровли и других конструкций.

Другие факторы. К другим причинам аварийности относятся незаконное строительство, несанкционированные перепланировки, недостаточный контроль со стороны надзорных органов, а также недостаток информации о техническом состоянии зданий среди населения.



Рисунок 1 – Разрушение фасадной штукатурки от времени жилого дома по адресу: г. Барнаул, ул. 2-я Строительная, 58



Рисунок 2 – Трещина в несущей стене вследствие нарушения строительной технологии устройства каменной кладки жилого дома по адресу: г. Барнаул, пер. 1-й Садовый, 44

АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНОСТИ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

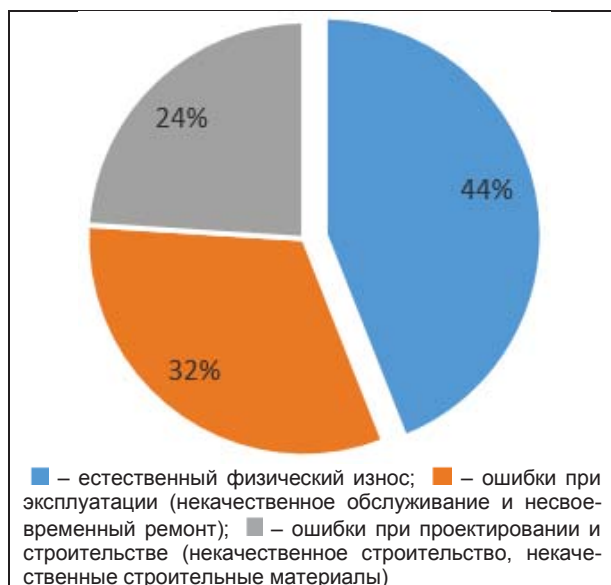


Рисунок 3 – Диаграмма причин аварийности зданий Алтайского края

К анализу подлежало 20 зданий разного функционального назначения. Проведенный анализ основных причин аварийности выявил следующие аспекты, требующие внимания: большая часть рассматриваемых зданий (44%) имеют значительный естественный физический износ; 32% – зданий находятся в аварийном состоянии из-за несвоевременного проведения текущего и капитального ремонтов, включая эксплуатацию инженерных коммуникаций; 24% зданий находятся в аварийном состоянии по причине ошибок, совершенных на этапе проектирования или строительства здания с отступлением от строительных норм и правил, использовании некачественных или недолговечных (недорогих) строительных материалов (рисунок 3).

В заключение анализа причин аварийности зданий на территории Алтайского края следует отметить комплексность проблемы и отсутствие единственной определяющей причины. Выявленные факторы, включающие в себя как физический износ здания со временем, так и антропогенные воздействия (некачественное проектирование и строительство, несоблюдение строительных норм и пра-

вил, недостаточный технический надзор, несвоевременный ремонт и реконструкция), взаимосвязаны и усиливают негативное влияние друг друга на строительные системы.

Полученные результаты исследования указывают на необходимость разработки и реализации комплексной программы повышения безопасности зданий в Алтайском крае. Эта программа должна включать в себя ужесточение контроля за соблюдением строительных норм и правил на всех этапах строительства, совершенствование системы технического надзора, а также проведение регулярных обследований зданий и сооружений с целью своевременного выявления и устранения неисправностей.

Особое внимание следует уделить пропаганде и обучению строителей и собственников зданий методам предупреждения аварийности. Только комплексный подход, объединяющий усилия государственных органов, проектировщиков, строительных организаций и собственников зданий, позволит значительно снизить уровень аварийности и повысить безопасность жизни и здоровья населения Алтайского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния: – М. : Стандартинформ, 2014. – 60 с.
- СП 13-102-2003. Правила обследования несущих конструкций зданий и сооружений. – М. : Госстрой Рос-сии, 2004. – 54 с.
- ВСН 53-86(р). Правила оценки физического износа жилых зданий. – М. : Прейскурантиздат, 1988. – 69 с.

Соболев Андрей Андреевич – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: asoblv@mail.ru;

Родиков Данил Евгеньевич – студент группы 8Спец-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: danrodikov@mail.ru.

ФАКТОРЫ РИСКА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ РЕСУРСНО-ИНДЕКСНОГО МЕТОДА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА

В. В. Соколова, А. А. Навратил

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул.

В статье рассматриваются факторы риска при определении сметной стоимости материальных ресурсов для ресурсно-индексного метода и анализируется их влияние на стоимость строительства: соответствие сплит-формы версии ФСНБ-2002, используемой при определении сметной стоимости, наполняемость сплит-формы ресурсами в текущем уровне цен. Особое внимание уделено учету транспортных затрат как для материальных ресурсов из ФГИС ЦС, так и при определении сметной стоимости материалов по конъюнктурному анализу на основе уточненных изменений в методических документах определения сметной стоимости строительства.

Ключевые слова: ресурсно-индексный метод, ФСНБ-2022, ФГИС ЦС, конъюнктурный анализ, дополнительная перевозка, транспортная схема.

С января 2024 г все регионы Российской Федерации перешли на ресурсно-индексный метод (РИМ) определения сметной стоимости строительства. Этот метод позволяет рассчитать сметную стоимость, приближенную к реальной стоимости строительства. В Алтайском крае переход произошел ранее, с 25 августа 2023 г., и как показывает практика применения РИМ, сметная стоимость покрывает расходы на строительство только при четком понимании и применении нормативов, влияющих на методы и стоимость строительства.

Рассмотрим факторы риска при определении сметной стоимости материальных ресурсов, доля которых в структуре сметной стоимости строительства составляет 45-55%.

При составлении сметы ресурсно-индексным методом используется сметно-нормативная база ФСНБ-2022, которая изменяется ежеквартально. Важно использовать актуальную нормативную базу на дату передачи проекта заказчику. Изменения, внесенные в базу, обеспечивают использование норм, учитывающих современные технологии выполнения работ, а не включать в смету нормы с указанием «применительно». Естественно, при составлении смет на основе ранее составленных смет сметчику необходимо выполнять их корректировку, учитывая не только дополнения к базе, но и внесенные в нее изменения, что обусловлено использованием в нормах базы ресурсов, актуальных на момент выпуска базы. Кроме того, при определении начальной максимальной цены контракта (НМЦК) необходимо использовать

сметно-нормативную базу, действующую на дату определения НМЦК, и файл с текущими ценами и индексами Минстроя на этот же период. Ниже в таблице 1 приведено соответствие между периодами составления смет, на основании которых определяются текущие цены и индексы, и используемыми модификациями ФСНБ-2022.

При ресурсно-индексном методе сметная стоимость определяется в текущем уровне цен. Порядок определения сметной стоимости материальных ресурсов в текущем уровне цен регламентирует Методика 421/пр. [1] с внесенными в нее двумя изменениями [2].

Прежде всего, сметная цена в текущем уровне цен определяется на основании данных из ФГИС ЦС. В соответствии с постановлением Правительства РФ от 23 декабря 2016 года № 1452 «О мониторинге цен строи-

Таблица 1 – Соответствие сплит-формы (номера квартала) версии ФСНБ-2022

Квартал, год	Версия ФСНБ-2022	Квартал, год	Версия ФСНБ-2022
1 квартал 2023 г.	Изм. 1-5	1 квартал 2024 г.	Изм. 1-9
2 квартал 2023 г.	Изм. 1-6	2 квартал 2024 г.	Изм. 1-10
3 квартал 2023 г.	Изм. 1-7	3 квартал 2024 г.	Изм. 1-11
4 квартал 2023 г.	Изм. 1-8	4 квартал 2024 г.	Изм. 1-12
1 квартал 2025 г.	Изм. 1-13		

**ФАКТОРЫ РИСКА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ МАТЕРИАЛЬНЫХ
РЕСУРСОВ ДЛЯ РЕСУРСНО-ИНДЕКСНОГО МЕТОДА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СТОИМОСТЬ
СТРОИТЕЛЬСТВА**

Таблица 2 – Количество ресурсов в сплит-форме

Регион	Общее количество ресурсов	Кол-во ресурсов в текущем уровне цен	Кол-во индексированных ресурсов
Алтайский край III квартал 2023	43075	293 (0,68%)	42782 (99,32%)
Алтайский край III квартал 2024	44064	667 (1,51%)	43397 (98,49%)
Алтайский край IV квартал 2024	44303	649 (1,47%)	43654 (98,53%)

тельных ресурсов» во ФГИС ЦС ежеквартально размещается информация о сметных ценах строительных ресурсов и об индексах изменения сметной стоимости по группам однородных строительных ресурсов для 85 субъектов РФ. Динамика наполнения сплит-формы ресурсами представлена в таблице 2, в которой приведено общее количество ресурсов, количество ресурсов в текущем уровне цен и количество индексированных ресурсов для Алтайского края по периодам: для начала перехода на РИМ (III квартал 2023 г), по прошествии года (III квартал 2024 г) и опубликованных данных последнего периода. Сплит-форма содержит информацию о ресурсах, используемых в нормах актуальной нормативной базы, которые ежеквартально пополняются и корректируются. Анализ данных таблицы подтверждает фактор необходимости использования сплит-формы для соответствующей версии ФСНБ-2022. Данные таблицы 2 также свидетельствуют, что наполнение сплит-форм ресурсами в текущем уровне цен происходит медленно и составляет незначительный процент.

Для тех ресурсов, для которых отсутствует текущая стоимость, сплит-форма содержит индексы по группам однородных строительных ресурсов, что снижает объективность расчета сметной стоимости.

При пересчете сметной стоимости для нового, более позднего периода необходимо анализировать смету на корректность примененных сметных цен и индексов, что подтверждается данными из двух последних строк таблицы 2.

Если ФГИС ЦС не содержит данных по отдельным материальным ресурсам, сметная стоимость таких ресурсов определяется на основании результатов конъюнктурного анализа. В соответствии со сметными нормативами, сведения о которых включены в Федеральный реестр сметных нормативов, анализируются текущие цены не менее 3 (трех) производителей или поставщиков и формируется текущая стоимость ресурса. Документы, обосновывающие стоимость в текущих ценах, должны быть получены в период, не превышающий 6 месяцев до момента определения сметной стоимости [1].

Для эффективного определения текущей

цены на основании ФГИС ЦС и проведения конъюнктурного анализа необходима точная спецификация материальных ресурсов. Технические характеристики материальных ресурсов сметчик получает от проектировщика. Если полученных данных недостаточно, сметчику необходимо их уточнять. Полнота и точность технических характеристик также влияет на стоимость строительства при приобретении материалов.

Еще один фактор, влияющий на сметную стоимость материалов, – это корректное определение транспортных затрат, которые составляют немалую часть в структуре сметной стоимости материальных ресурсов. Целесообразно учитывать конкретные расстояния перевозки хотя бы для основных ценообразующих материальных ресурсов. Поэтому следует обращать особое внимание на учет дополнительных затрат на перевозку грузов сверх расстояния, учтенного сметными ценами на материальные ресурсы [2]. Во ФГИС ЦС текущие цены и индексы изменения сметной стоимости по группе однородных ресурсов учитывают перевозку автотранспортом на расстояние 30 км по дорогам с усовершенствованным покрытием. Чтобы учесть перевозку на расстояние свыше 30 километров другими видами транспортных средств и/или по другим дорогам, необходимо рассчитать проектное расстояние перевозки с учетом расположения склада производителя (поставщика) и места строительства. В проекте организации строительства должны быть представлены транспортные схемы доставки основных строительных материалов и конструкций, разработанные на основании сравнения технико-экономических показателей вариантов поставок. При выборе оптимального варианта перевозки необходимо учитывать расстояние перевозки, доступные виды транспорта и, при необходимости, сроки строительства. На основании транспортных схем и утвержденных в [2] правил расчета стоимости перевозки на расстояние свыше 30 километров будет получена объективная сметная стоимость ресурсов.

При определении сметной стоимости материалов по конъюнктурному анализу также необходимо уделять большое внимание расчету транспортных затрат и строго следо-

вать правилам их расчета, которые изложены в последних методических документах, а именно:

- выбор средств перевозки, исходя от расстояния перевозки;
- учет размещения склада производителя (поставщика) и места строительства;
- выполнение конъюнктурного анализа на перевозку.

Склад производителя (поставщика) и место строительства могут размещаться в одной или разных ценовых зонах. Размещение в разных ценовых зонах (что возможно даже для одного региона) требует использования цен на перевозку каждой зоны, по которой идет перевозка.

При выполнении конъюнктурного анализа на перевозку достаточно провести анализ стоимости перевозки двух поставщиков услуг.

При определении сметной стоимости материальных ресурсов необходимо учитывать, является ли ресурс материалом, конструкцией, изделием или оборудованием, что особенно важно при определении транспортных затрат на перевозку. Оборудование производится часто не на предприятиях региона строительства, а на нескольких предприятиях России и даже за рубежом с расположением производителей и складов поставщиков на значительном расстоянии от места строительства. Некорректное определение размера транспортных затрат существенно влияет на сметную стоимость оборудования. Только для оборудования транспортные затраты могут определяться в процентном соотношении от стоимости оборудования (по согласованию с заказчиком в случае невозможности расчета).

Все рассмотренные факторы учитывают конкретизированные в актуальных методических документах [2] положения по определению сметной стоимости строительства, и их учет обеспечит более точное определение

сметной стоимости материалов, конструкций, изделий и оборудования. Естественно, он связан с увеличением трудозатрат сметчиков, которое в некоторой мере компенсируется автоматизацией в новых версиях сметных программ всех рассмотренных изменений в методических документах по определению сметной стоимости строительства. Необходимо только знать и грамотно применять эти изменения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации. – Приказ Минстроя от 4 августа 2020 г. № 421/пр. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/74853/> (дата обращения: 21.02.2025).

2. Изменения, которые вносятся в Методику определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации, утвержденную приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 4 августа 2020 г. № 421/пр. – Приказ Минстроя от 30 января 2024 г. № 55/пр. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/364303/> (дата обращения: 21.02.2025).

Соколова Валентина Васильевна – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлмГТУ им. И. И. Ползунова; E-mail: vvsok@rambler.ru;

Навратил Артур Анатольевич – студент группы СУЗ-11 ФГБОУ ВО АлмГТУ им. И. И. Ползунова; E-mail: artur.navratil@yandex.ru.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ В УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Р. В. Соколов, Е. И. Вяткина

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Статья посвящена обзору конструкций геотехнических экранов в существующей городской застройке. Рассмотрены типы экранов, способы их устройства, примеры применения. Проведен анализ эффективности применения различных разновидностей геотехнических экранов вблизи существующих зданий и сооружений.

Ключевые слова: геотехнические экраны, защита существующих зданий, осадка, котлован, деформации.

При освоении подземного пространства в городах возникают вопросы, связанные с защитой существующей застройки, оказавшейся в зоне влияния строительных работ.

Устройство геотехнических отсечных экранов между котлованом и прилегающей застройкой (здания, сооружения и коммуникации) представляет собой одну из мер защитных мероприятий, направленных на предотвращение дополнительных сверхнормативных деформаций фундаментов существующих зданий.

Геотехнические экраны представляют собой инженерные конструкции в виде «стен в грунте» или стены из металлических труб, буровых свай, которую устраивают в грунте между будущим котлованом и существующими сооружениями, подлежащими защите [1].

В условиях плотной городской застройки они играют важную роль в обеспечении безопасности и долговечности объектов инфраструктуры.

Геотехнические экраны различаются по типу конструкций и способу их устройства. Основные типы геотехнических экранов:

1. Противофильтрационные экраны:

- **бентонитовые маты** – состоят из слоев бентонитовой глины, заключенной между двумя слоями геотекстиля; обладают высокой водоудерживающей способностью и эффективны для защиты от проникновения воды;

- **полимерные мембраны** – изготавливаются из синтетических материалов, таких как полиэтилен высокого давления (HDPE), и обладают высокой прочностью и долговечностью.

2. Антифильтрационные завесы:

- **инъекционные завесы** – создаются путем инъекции специальных растворов (на-

пример, цемента или смол) в грунт для формирования водонепроницаемого барьера;

- **забивные сваи** – металлические или железобетонные сваи забиваются в грунт, образуя сплошной барьер против проникновения воды.

3. Подпорные стены и шпунтовые ограждения:

- **шпунт Ларсена** – стальные листы, соединенные замками, которые вбиваются (вибропогружаются) в грунт для создания вертикальной опоры и защиты от обрушения склонов (рисунок 1).

- **стены из буронабивных свай** – сваи устраиваются в пробуренных скважинах и заполняются бетоном, формируя прочную стену. Применение отсечного экрана из буронабивных свай для защиты здания от устройства транспортного тоннеля в г. Мадриде представлено на рисунке 2.

4. Гидроизоляционные покрытия:

- **рулонные материалы** – полимерные пленки или мембраны, которые укладываются на поверхность конструкции для защиты от влаги;



Рисунок 1 – Шпунт Ларсена

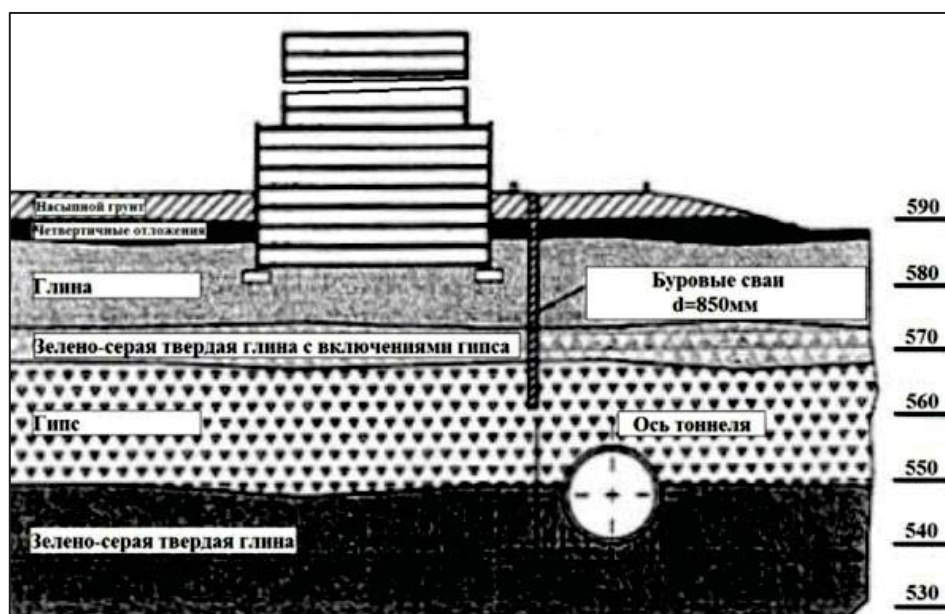


Рисунок 2 – Отсечный экран из буронабивных свай

- **обмазочные составы** – жидкие смеси, наносимые на поверхность для создания водонепроницаемого слоя.

Каждый из этих типов экранов имеет свои особенности и применяется в зависимости от конкретных условий проекта, уровня грунтовых вод, свойств грунтов и климатических условий региона.

Эффективность геотехнических экранов зависит от множества факторов, включая качество проектирования, выбор материалов, точность монтажа и условия эксплуатации.

Для оценки эффективности необходимо учитывать следующие аспекты:

1) Качество материалов – материалы, используемые для изготовления экранов, должны обладать высокой прочностью, долговечностью и устойчивостью к внешним воздействиям.

2) Проектирование и расчет – проектирование геотехнического экрана должно основываться на детальном анализе гидрогеологических условий участка, свойств грунтов и нагрузок, действующих на конструкцию.

3) Монтаж и контроль качества – правильная установка экранов является ключевым фактором их эффективности; необходимо обеспечить герметичность соединений и отсутствие дефектов, способных привести к утечкам или разрушению конструкции.

4. Мониторинг и обслуживание: регулярный мониторинг состояния геотехнических экранов позволяет своевременно выявлять возможные проблемы и принимать меры по их устранению.

В мировой практике существует множество примеров применения геотехнических экранов в условиях городской застройки. В Санкт-Петербурге геотехнические экраны активно применяются при реконструкции исторических зданий, расположенных в зоне подтоплений. Благодаря этим конструкциям удается сохранить уникальные архитектурные памятники и продлить срок их службы. В Амстердаме, где проблема затопления стоит особенно остро, широко используются антифильтрационные завесы и протифильтрационные экраны для защиты города от проникновения воды. Эти технологии позволили создать надежные системы защиты от наводнений. При строительстве новых линий метрополитена в Нью-Йорке использовались шпунтовые ограждения и подпорные стены для стабилизации грунтов и предотвращения обрушений. Это помогло обеспечить безопасность строительства и эксплуатацию новых станций. В Токио, где плотность застройки очень высока, а подземная инфраструктура развита, широко применяются геотехнические экраны для защиты подземных сооружений от подземных вод и землетрясений. Эти меры способствуют повышению устойчивости городской инфраструктуры.

Рассмотрим несколько примеров применения геотехнических экранов в Москве.

Применение отсечного экрана из металлических труб. Наблюдения за деформациями здания театра им. Е. Вахтангова по адресу ул. Арбат, д. 26 проводились при строительстве подземной части нового торгового

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ В УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ



Рисунок 3 – Устройство отсечного экрана из металлических труб

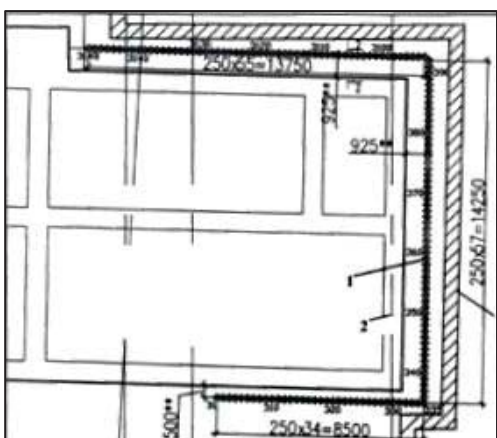


Рисунок 4 – Схема устройства отсечного экрана из металлических труб

комплекса по адресу ул. Арбат, д. 24. В результате была установлена неэффективная работа вертикального отсечного экрана из металлических труб, заполненных бетоном. Максимальная осадка составила 40 мм, что в разы больше прогнозируемой величины 12 мм [2]. Фотография и схема устройства отсечного экраны показаны на рисунках 3 и 4.

Применение геотехнического отсечного экрана из буронабивных свай диаметром 650 мм в Москве при строительстве третьего транспортного кольца не снизило осадки защищаемого здания, расположенного по Танковому проезду, д. 6, до нормативной величины. Максимальная осадка здания в период строительства тоннеля глубиной 12 м составила 45 мм, что значительно превысило прогнозируемую величину – 8 мм. Исследовались деформации фундаментов здания при изменении угла наклона к вертикали геотехнического отсечного экрана при устройстве котлована глубиной 12 м. В расчетах принималось расстояние от здания до котлована, равное полуторной глубине котлована [2].

Эффективность применения наклонного геотехнического экрана для защиты от дополнительных деформаций оснований фундаментов существующего здания подтверждается исследованиями В. Я. Шишкина и др. на объекте строительства многофункционального комплекса по адресу г. Москва, Оружейный пер, вл. 41-45. Выяснилось, что изменение угла наклона к вертикали экрана в диапазоне от 15 до 30 градусов позволяет снизить расчетные осадки здания на 20-90% от устройства глубокого котлована [3].

Вывод: Применение геотехнических экранов в существующей городской застройке является эффективным способом обеспечения безопасности и долговечности зданий и сооружений. При правильном проектировании, монтаже и выборе материалов эти конструкции способны обеспечить надежную защиту объектов инфраструктуры, значительно снизить риски, связанные с негативными природными факторами в условиях плотной городской застройки. Применение вертикальных отсечных экранов не всегда снижает осадки фундаментов зданий в зоне влияния глубоких котлованов до нормативной величины. Изменение угла наклона к вертикали геотехнического отсечного экрана в диапазоне 15 до 30 градусов позволяет снизить осадки здания на 20-90% от устройства глубоких котлованов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 361.1325800.2017. Здания и сооружения. Защитные мероприятия в зоне влияния строительства подземных объектов. – М.: Стандартинформ, 2018. – 57 с.
2. Никифорова, Н. С. Защита зданий вблизи глубоких котлованов и коммуникационных коллекторов геотехническими отсечными экранами / Н. С. Никифорова, Д. А. Внуков // Вестник МГСУ. – 2011. – № 5. – С.108-112.
3. Шишкин, В. Я. Усиление существующей застройки при строительстве здания с котлованом 18-20м / В. Я. Шишкин, А. Е. Погорелов, В. А. Макеев // Жилищное строительство. – 2011. – № 1. – С. 32-38.

Соколов Роман Владиславович – студент группы 8Спес-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: sokolov01@list.ru;

Вяткина Елена Ивановна – к.г.-м.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: el240943@mail.ru.

РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ОПАЛУБКИ

И. В. Харечко, Е. Р. Кирколуп

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В рамках данной статьи рассматриваются вопросы реализации технологии информационного моделирования зданий на примере разработки моделей опалубки. Рассмотрено назначение опалубочных моделей при строительстве зданий из монолитного и сборного железобетона. Приведены отличительные особенности, область применения и преимущества использования моделей опалубки. На примере моделей опалубки рассмотрены ключевые направления и особенности ТИМ, которые способствуют повышению эффективности строительства.

Ключевые слова: ТИМ, ЦИМ, опалубочная модель, ключевые направления ТИМ.

Современное строительство активно использует цифровые технологии для повышения эффективности и качества проектирования. Одним из ключевых инструментов являются технологии информационного моделирования (ТИМ) зданий. Использование возможностей, которые дает ТИМ, для автоматизации процессов моделирования и проектирования позволяет сократить сроки разработки проектов и, следовательно, повысить эффективность работы проектных организаций. Это, в свою очередь, способствует повышению качества проектов и влияет на степень проработанности проектных решений и способов их реализации [1].

ТИМ позволяет объединить архитектурные, инженерные и строительные данные в единую цифровую модель. Основные преимущества ТИМ [2, 3]:

- Повышенная точность проектирования – уменьшение ошибок за счет единой базы данных.
- Оптимизация затрат – точные расчеты материалов и сниженные издержки.
- Связная работа участников проекта – удобное взаимодействие между архитекторами и инженерами.

Кроме того, современные цифровые информационные модели (ЦИМ) включают в себя не только геометрические параметры, но и информацию о физических свойствах материалов, эксплуатационных характеристиках и стоимости. Это позволяет принимать более обоснованные решения на всех этапах жизненного цикла объекта строительства, начиная с этапа планирования и заканчивая этапом вывода из эксплуатации (сноса) объекта.

Процесс возведения зданий из монолитного железобетона – это комплекс, состоящий из множества связанных между собой технологических процессов. Это большой организационно-технологический поток, который требует тщательной подготовки на всех этапах его реализации. Выбор конструктивной системы многоэтажного монолитного здания осуществляется на стадии планирования, а затем определяется метод его возведения. В основе каждого метода возведения монолитного здания лежат определенные типы опалубочных систем, которые имеют свои конструктивные особенности. Типы опалубочных систем можно выделить следующие [1]:

- по типу бетонируемых конструкций: горизонтальные, вертикальные, наклонно-горизонтальные, наклонно-вертикальные;
- по конструкции опалубки: мелкощитовые, крупнощитовые, блочные, объемно-переставные, подъемнопереставные, скользящие, горизонтально перемещаемые, пневматические;
- съемные и несъемные;
- по материалу основы: деревянные, пластиковые, стальные, алюминиевые, комбинированные.

Опалубка является временной конструкцией, обеспечивающей формообразование бетонных элементов. Информационные модели опалубки позволяют автоматизировать процессы проектирования, производства и монтажа.

Основные преимущества моделей опалубки:

- Сокращение времени проектирования – цифровая модель позволяет заранее

РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ОПАЛУБКИ

определить необходимые материалы и конфигурацию опалубки.

- Повышение точности расчетов – снижение отходов материалов и уменьшение риска ошибок.

- Интеграция с ТИМ – возможность использования модели опалубки в общей информационной среде строительства.

Среди популярных инструментов для моделирования опалубки можно выделить DokaCAD, PERI CAD и Tekla structures. Стоит отметить, что современные технологии позволяют внедрять автоматизированные системы контроля монтажа опалубки, что снижает вероятность ошибок при строительстве. Также активно применяются методы генеративного проектирования, при которых модели создаются автоматически на основе заданных параметров и ограничений.

Разработка опалубочных моделей производится как для монолитных зданий (рисунок 1), так и для зданий из сборного железобетона (рисунок 2).

Опалубочная модель монолитного здания используется для создания чертежей, содержащих информацию о схеме расположения конструкций здания, а также для создания разрезов с детальным описанием габаритов конструкций для дальнейшего монтажа опалубки. Опалубочная модель здания из сборного железобетона используется для создания чертежей, содержащих информацию о схеме расположения конструкций здания. Кроме того на основе данной модели создаются альбомы несущих конструкций. В последующем на базе опалубочных моделей формируются аналитические модели, которые потом используются для расчета несущей способности и устойчивости конструктивных элементов здания и здания в целом. Затем на основании расчета в опалубочные модели добавляется армирование.

Практика использования ЦИМ зданий, опалубочных моделей и моделей опалубки позволяет подтвердить ряд ключевых направлений и особенностей ТИМ, которые способствуют повышению эффективности строительства, снижению затрат и улучшению качества проектов. Рассмотрим их подробнее:

1. *Стандартизация данных.* Стандартизация является основой для успешной интеграции ЦИМ и моделей опалубки. Использование единых стандартов, таких как IFC (Industry Foundation Classes), COBie (Construction Operations Building Information Exchange) или национальных стандартов (например, ГОСТ в России), позволяет обеспе-

чить совместимость данных между различными программными платформами, упростить обмен информацией между участниками проекта (архитекторами, инженерами, подрядчиками), минимизировать ошибки, связанные с несоответствием форматов данных. Примером успешной стандартизации является использование открытых форматов данных, которые поддерживаются большинством программ для моделирования, таких как Autodesk Revit, Tekla Structures, ArchiCAD, Renga.

2. *Связь с производством.* Связь между цифровой моделью и реальными производственными процессами играет ключевую роль в минимизации ошибок и повышении точности строительства.

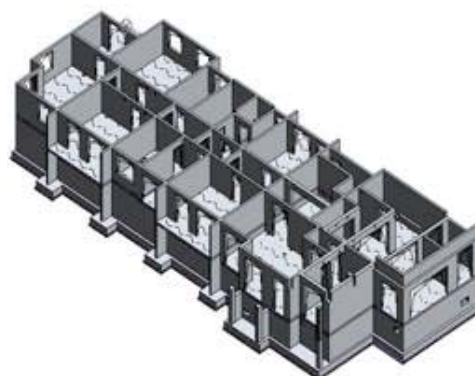


Рисунок 1 – Пример опалубочной модели монолитного здания

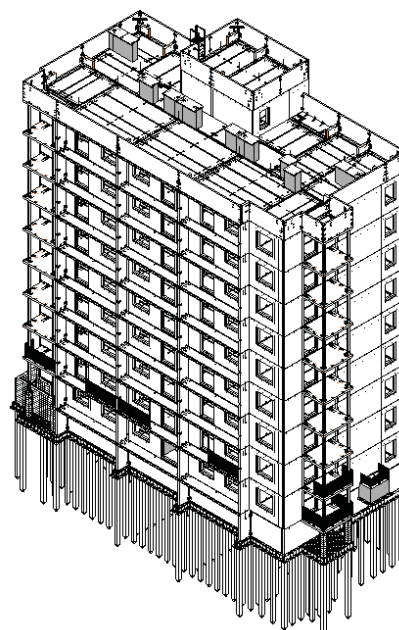


Рисунок 2 – Пример опалубочной модели панельного здания.

3. *Использование параметрического проектирования.* Параметрическое проектирование позволяет автоматизировать процесс создания моделей опалубки на основе заданных параметров и ограничений. Это особенно полезно для сложных архитектурных форм. Преимущества параметризации заключаются в следующем:

- автоматическое изменение конструкций опалубки с учетом нагрузок, материалов и других факторов;
- сокращение времени проектирования за счет использования математических выражений и вычислительных алгоритмов;
- возможность быстрого внесения изменений в модель при изменении исходных данных.

4. *Внедрение облачных технологий.* Облачные технологии обеспечивают доступ к ЦИМ и данным об опалубке в режиме реального времени, что ускоряет процессы координации и принятия решений. Преимущество использования облачных технологий:

- возможность совместной работы над проектом из любой точки мира;
- хранение и обновление данных в едином облачном хранилище, что исключает использование устаревших версий моделей;
- интеграция с мобильными устройствами для доступа к данным на строительной площадке.

5. *Обучение специалистов.* Цифровые технологии требуют новых навыков от проектировщиков и строителей. Для успешного внедрения ТИМ и использования ЦИМ и моделей опалубки необходимо:

- проводить регулярное обучение специалистов работе с современными программными инструментами;
- развивать компетенции в области параметрического проектирования, анализа данных и управления проектами;
- создавать учебные программы, ориентированные на практическое применение ТИМ.

6. *Применение искусственного интеллекта.* Искусственный интеллект активно внедряется в строительство для анализа данных и прогнозирования возможных ошибок. В контексте моделей опалубки и ЦИМ в целом искусственный интеллект может автоматически выявлять коллизии в моделях, предлагать рациональные решения по оптимизации использования материалов и ресур-

сов на основе данных моделей.

7. *Использование цифровых двойников.* Цифровые двойники - это виртуальные копии физических объектов, которые позволяют тестировать различные сценарии эксплуатации, техобслуживания, отработки навыков техники безопасности и т.д.

8. *Использование технологий виртуальной и дополненной реальностей.* Данное направление в скором будущем будет повсеместно использоваться на строительной площадке. Уже сейчас виртуальную и дополненную реальность используют для управления строительством и не только удаленных объектов. В частности, с помощью ЦИМ, виртуальной или дополненной реальности можно проверять объект на соответствие проекту и строительным нормам, т.е. осуществлять, таким образом, строительный контроль.

Заключение

В данной статье было рассмотрено назначение опалубочных моделей при строительстве зданий из монолитного и сборного железобетона. Приведены отличительные особенности, область применения и преимущества использования моделей опалубки. Кроме того, на примере моделей опалубки рассмотрены ключевые направления и особенности ТИМ, которые способствуют повышению эффективности строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мокряков, Р. В. О возможности автоматизации создания опалубочной модели монолитного многоэтажного здания / Р. В. Мокряков, Е. Р. Кирколуп // Ползуновский альманах. – 2023. – № 1. – С. 106-108.
2. Козлов, Н. А. Проблемы внедрения технологий BIM проектирования в России / Н. А. Козлов, К. А. Попова // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2016. – № 1 (15). – С. 18-21.
3. Кравченко, Т. В. BIM-технологии в управлении строительными проектами / Т. В. Кравченко // Молодой ученый. – 2019. – № 3 (241). – С. 176-179. – URL: <https://moluch.ru/archive/241/55724/> (дата обращения: 11.02.2025).

Харечко Иван Васильевич – студент группы 8Соим-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: ivan_harechko@mail.ru;

Кирколуп Евгений Романович – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: kirkolup@mail.ru.

ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ И ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В РОССИИ

Е. В. Хатина, А. В. Вольф

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассматривается перспектива строительства многоэтажных и высотных зданий в России. В ходе исследования были изучены понятия этажности и высотности зданий, проанализировано распределение жилых новостроек по этажности, изучены средняя этажность и доля высотного строительства по федеральным округам и регионам. Так же приведены основные конфигурации конструктивных систем многоэтажных зданий. Статья позволяет получить представление об оптимальном соотношении высоты здания и конструктивной системы.

Ключевые слова: многоэтажные и высотные здания, высотность застройки, этажность, конструктивная схема жилищный комплекс, несущая система, пространственная жесткость.

Строительная отрасль в целом и многоэтажное строительство в частности, развивается и прогрессирует из года в год. К тому же, одним из приоритетных направлений политики нашего государства является не только сбережение, но и приумножение населения. Из этого следует, что объемы жилищного и гражданского строительства также будут увеличиваться, так же, как и увеличиваются требования к повышению комфорта и качества жизни. За последние 20 лет (по данным жилищного строительства) ввод в действие жилых домов в городской местности увеличился в 3,7 раза (рисунок 1). Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 16 августа 2018 г. № 1697-р., прогнозирует увеличение ежегодного объема ввода жилья до 120 млн. м², в то время, как в 2018 году эта цифра составила 57,7 млн. м², а в 2024 – 100 млн. м². В соответствии с этой стратегией, уровень обеспеченности населения жильем (общая площадь) должен увеличиться до 35 кв. м/чел., в то время как в 2018 году он составил 24 кв. м/чел., а в 2024 – 28 кв. м/чел.

Показатели к чему стремиться у нас есть, остается понять, каким образом мы будем воплощать это в жизнь. Для увеличения площади застройки нам необходимо расширять территории городов, тем самым уничтожая пригородную лесопарковую зону и значительно увеличивая протяженность линии городских коммуникаций, а это далеко не всегда целесообразно. Так же стоит учитывать стоимость земельных участков. Один из путей решения этой проблемы – это строитель-

ство многоэтажных и высотных зданий. Неоспоримым преимуществом таких зданий, несомненно, является минимальное пятно застройки, что позволит максимально использовать густозастроенную центральную часть города, а также не стоит забывать, что себестоимость многоэтажного дома, меньше себестоимости нескольких малоэтажных домов эквивалентной площади. Города будут расти стремительно вверх!

Россия занимает 4 место в мире по количеству высотных зданий, после Китая, Объединенных Арабских Эмиратов и США. В первую очередь имеет смысл разобраться в понятиях этажности и высотности зданий (таблица 1).

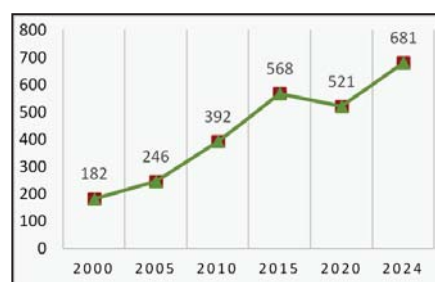


Рисунок 1 – Диаграмма ввода в действие жилых домов в расчёте на 1000 м² общей площади

Таблица 1 – Этажность и высотность зданий

Степень высотности	Количество этажей	Высота, м
Низковисотная	1-3	до 10
Средневысотная	4-9	10-30
Повышенной этажности	10-24	30-75
Высотная	свыше 24	75-200
Супервысотная	-	свыше 200

По данным международного форума по высотному строительству 100+ FORUM RUSSIA, высотность застройки в РФ растет год от года, максимальный процент – 28,7%, приходится на здания 18-24 этажа (рисунок 2).

Так же, используя данные международного форума по высотному строительству 100+ FORUM RUSSIA, мы можем проанализировать этажность и долю высотного строительства по федеральным округам (таблица 2). Таким образом, средняя этажность максимальная в Поволжском федеральном округе 16,2 этажа, в то время, как доля высотного строительства самая большая в Центральном федеральном округе – 22,8%.

Если изучить информацию по отдельным регионам, то картина будет следующая (таблица 3): на первом месте по доли высотного строительства оказались не Москва и Санкт-Петербург, которые занимают лишь 4 и 11 места соответственно, а Свердловская область. Хотя по средней этажности лидирующие позиции занимает Москва. Аутсайдером рейтинга как по этажности, так и по доле застройки являются Камчатский край и Еврейская автономная область.

И если раньше более 50% высотных зданий строились в большей степени как офисные, то в настоящее время большая их часть имеет многофункциональное назначение. Мы ведем речь о жилых комплексах.

Топ-10 лучших высотных комплексов по потребительским характеристикам возглавляют два ЖК бизнес класса в Свердловской области (ЖК «Макаровский квартал» и ЖК «Екатерининский парк»), по оценке ЕРЗ (Единый ресурс застройщиков) эти комплексы набрали 114 и 103 балла соответственно. На третьем месте ЖК «Символ» (г. Москва), набравший 102 балла. Замыкает десятку лидеров ЖК «Оcean city» (Удмуртская республика) – 89 балл.

Рост этажности зданий требует более сложных конструктивных решений. Одним из основных требований является обеспечение прочности и пространственной жесткости несущих систем многоэтажных зданий с различными конструктивными системами.

На рисунке 3 представлены основные конфигурации конструктивных систем многоэтажных зданий [1].

Проанализировав имеющийся опыт подобного строительства, можно сказать, что первичные системы в исходном виде практически не используются, а применяются их комбинации, итого мы имеем 15 вариантов.

На каком же из них проектировщикам остановить свой выбор?

Какие факторы являются определяющими при выборе?

В первую очередь, это высотность здания и конфигурация. Далее уже идут такие параметры как материалы, нагрузки и воздействия и т.д.

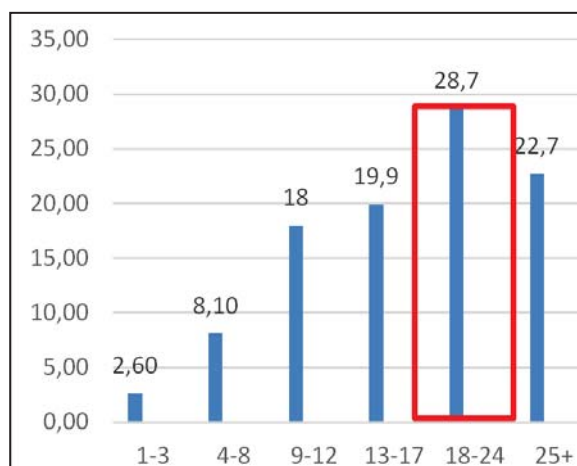


Рисунок 2 – Диаграмма распределения жилых новостроек по этажности

Таблица 2 – Этажность и доля высотного строительства по округам РФ

Наименование округа	Средняя этажность	Доля высотного строительства, %
ЦФО	15,2	22,83
СЗФО	11,8	10,2
ЮФО	12,4	21,8
ПФО	16,2	17,97
УФО	14,6	20,98
СФО	14	12,9
ДФО	11,5	13,4

Таблица 3 – Этажность и доля высотного строительства по регионам

№ п/п	Наименование региона	Средняя этажность	Доля высотного строительства, %
1	Свердловская область	22,2	50,1
2	Приморский край	22,4	44,5
3	Рязанская область	20,7	42,7
4	г. Москва	23,6	41,6
...			
11	г. Санкт-Петербург	18,1	27,9
...			
34	Алтайский край	16,4	4,2
...			
84, 85	Камчатский край Еврейская АО	3,0	0,0

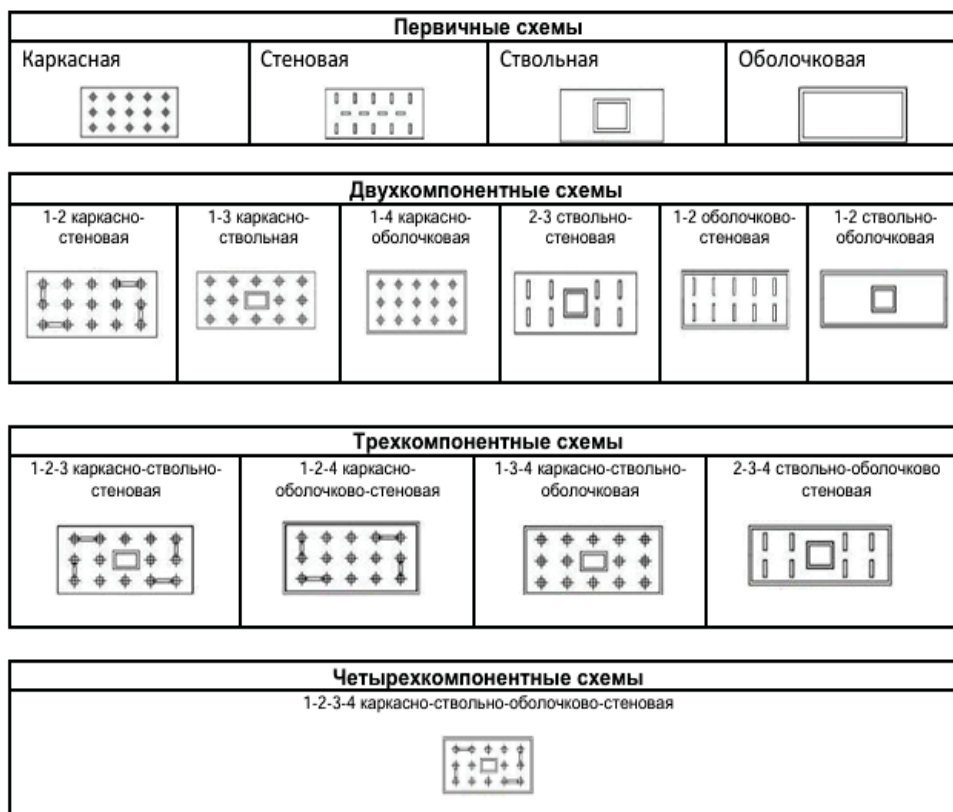


Рисунок 3 – Основные конфигурации конструктивных систем многоэтажных зданий

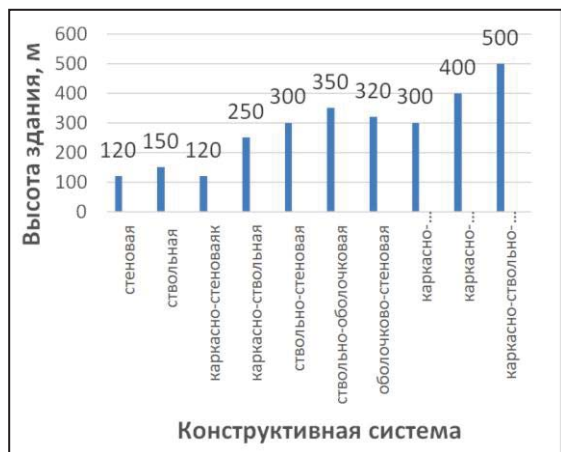


Рисунок 4 – Оптимальное соотношение высоты здания и конструктивной системы

На рисунке 4 приведен оптимальное соотношение высоты здания и конструктивной системы [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дроздов, П. Пространственная жесткость и устойчивость многоэтажных зданий различных конструктивных систем / П. Дроздов, В. Лишак // Труды III Междунар. симпозиума S-41 МСС и Объединенного комитета по высотным зданиям. – М. : ЦНИИЭП жилища, 1976. – № 43. – С. 20-25.
2. Сенин, Н. И. Рациональное применение конструктивных систем многоэтажных зданий / Н. И. Сенин // Вестник МГСУ. – 2013. – № 11. – С. 76-83.

Хатина Екатерина Владимировна – старший преподаватель кафедры «Технология и механизация строительства», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: katrin210180@mail.ru;

Вольф Анна Владимировна – студент группы 8Спес-41 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: volf.anna@mail.ru.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВЫХ ЗОЛ УНОСА ПРИ УКРЕПЛЕНИИ МЕСТНЫХ ГРУНТОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

А. О. Хребто, Г. И. Овчаренко

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрены вопросы производственных испытаний с устройством опытного участка по технологии холодного ресайклинга основания дорожной одежды из грунтов, укрепленных высококальциевой золой уноса совместно с портландцементом, при этом были проведены подготовительные работы, связанные с подбором составов смесей укрепленного грунта с последующим их испытанием для определения оптимальных физико-механических показателей, таких как морозостойкость и прочность при сжатии. За оптимальный принят состав укрепленного грунта, прочность при сжатии которого на 22% выше прочности контрольного состава, предусмотренного инженерным проектом. По результатам производственных испытаний разработан «Технологический регламент по применению золы-уноса Барнаульской ТЭЦ-3 для укрепления конструктивных слоев дорожной одежды»

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожная одежда, холодный ресайклинг, укрепленные грунты, портландцемент, высококальциевая зола, опытный участок, прочность при сжатии, морозостойкость, технологический регламент.

В соответствии с распоряжением Правительства РФ № 1557-р от 15 июня 2022 г. «Об утверждении комплексного плана по повышению объемов утилизации золошлаковых отходов V класса опасности» кафедрой «Строительные материалы и автомобильные дороги» Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова была проведена научно-исследовательская работа по применению высококальциевой золы Барнаульской ТЭЦ-3 для укрепления местных грунтов Алтайского края в дорожном строительстве с устройством опытного участка.

Целью работы являлась производственная апробация укрепления грунтов с устройством опытных участков с использованием высококальциевой золы-уноса Барнаульской ТЭЦ-3 на объекте ремонта автомобильной дороги «Павловск – Колыванское – Ракиты – Топчиха», а также повышение объемов утилизации продуктов сжигания твердого топлива на тепловых электростанциях Алтайского края.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- подбор составов грунта, укрепленного высококальциевой золой с последующим формованием образцов и определением их физико-механических характеристик в установленные сроки;

- проведение производственных испытаний с устройством опытного участка на автомобильной дороге «Павловск – Колыванское

- Ракиты – Топчиха»;

- обследование опытного участка через 270 суток эксплуатации;

- разработан технологический регламент по применению золы-уноса Барнаульской ТЭЦ-3 для укрепления конструктивных слоев дорожной одежды.

Объектом исследования являлись грунты основания дорожной одежды, предназначенные для укрепления, а также высококальциевая зола уноса Барнаульской ТЭЦ-3.

Предмет исследования – физико-механические показатели полученного материала, такие как прочность при сжатии и морозостойкость, удовлетворяющие требованиям нормативных документов.

Материалы и методы.

В качестве материалов для проведения исследований применялись местные грунты Алтайского края, а также высококальциевая зола Барнаульской ТЭЦ-3 от сжигания бурых углей Канско-Ачинского угольного бассейна, основные показатели которой приведены в таблице 1.

Методы испытаний осуществлялись в соответствии с ГОСТ Р 70452-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Грунты, стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия», при этом определялись такие физико-механические показатели, как предел прочности при сжатии и морозостойкость.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВЫХ ЗОЛ УНОСА ПРИ УКРЕПЛЕНИИ МЕСТНЫХ ГРУНТОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Таблица 1 – Основные физические характеристики золы

Наименования показателя	Значения показателя
Насыпная плотность, кг/м ³ , не более	2000
Истинная плотность, г/см ³ , не более	3
Остаток на сите № 008, % по массе, не более	20
Остаток на сите с размером ячеек 45 мкм, % по массе, не более	15
Удельная поверхность, м ² /кг, не менее	200
Потеря массы при прокаливании, % (по массе), не более	5
Индекс активности золы, %, не менее – через 28 суток	75

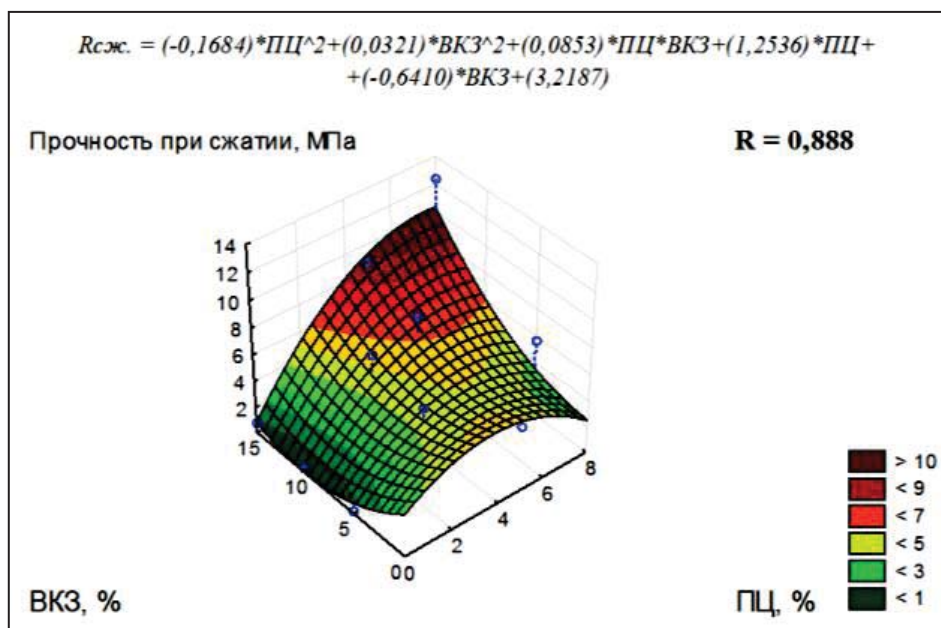


Рисунок 1 – Зависимость прочности укрепленного грунта со смесью высококальцевой золы и цемента через 56 суток нормального твердения

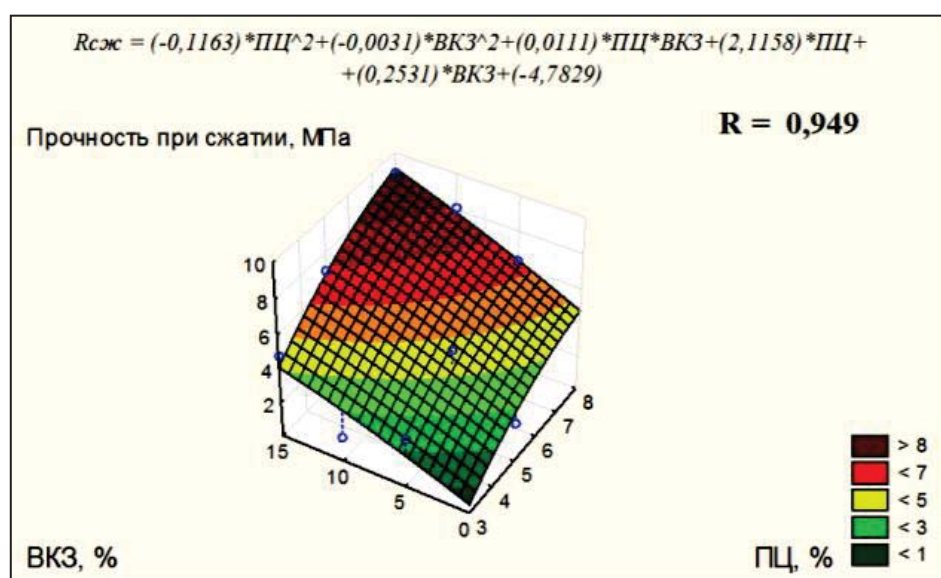


Рисунок 2 – Результаты испытания образцов с золой, цементом и добавкой Underbold на 56 сутки твердения

Результаты.

Проведенные исследования грунта, отобранного с опытного участка автомобильной дороги, до начала производства работ по технологии холодного ресайклинга с целью определения их свойств на соответствие требованиям ГОСТ 25100-2020 «Грунты. Классификация» показали, что испытуемый грунт относится к Крупнообломочному щебенистому грунту с заполнителем суглинок легкий песчанистый с содержанием пылевидных и глинистых частиц в количестве 11,6 % от массы.

Также были установлены показатели влажности грунта, а именно:

- гигроскопическая влажность грунта – 0,887%;
- влажность на границе текучести грунта – 3,442%;
- влажность на границе раскатывания не определялась, так как грунт песчанистый;
- оптимальная влажность грунта – 10,63%;
- максимальная плотность грунта – 2,02 г/см³.

Исследования, проведенные на кафедре «Строительные материалы и автомобильные дороги» указывают на то, что оптимальные физико-механические показатели грунта, укрепленного только одной высококальциевой золой, достигаются при содержании в грунте глинистых частиц не менее 20% [2], а так как в испытуемом грунте совместное содержание пылеватых и глинистых частиц составляет 11,6% было принято решение совместного использования высококальциевой золы и портландцемента.

При лабораторных испытаниях грунта, укрепленного высококальциевой золой совместно с портландцементом, включающих подбор состава смесей с последующим формованием образцов и определением физико-механических показателей проводилось сравнение состава грунта на опытном участке, с контрольным составом, предусмотренным инженерным проектом с добавкой Underbold на основном протяжении автомобильной дороги.

Результаты определения прочностных показателей укрепленного грунта, включающего грунт, высококальцевую золу и портландцемент в возрасте 56 суток представлены на рисунке 1, а с составом, включающем дополнительно добавку Underbold на рисунке 2.

При анализе результатов испытания следует отметить, что прочность при сжатии образцов с золой уноса и портландцементом

выше прочности контрольного состава с добавкой Underbold на 22%.

Испытания на определении морозостойкости показали, что у образцов, укрепленных только одной высококальциевой золой, уже на вторые сутки начали наблюдаться внешние деформации (осыпание граней и расслоение). Их полное разрушение наблюдалось после 3-5 циклов «замораживания-оттаивания» (рисунки 3, 4). Значения коэффициента морозостойкости подобранных составов как с добавкой Underbold, так и без нее удовлетворяют нормативным требованиям, кроме состава укрепленного грунта с содержанием 5% золы и 3% портландцемента.

Таким образом, с учетом прочностных показателей и морозостойкости подобранных составов было принято решение о производственных испытаниях с устройством опытного участка с применением состава укрепленного грунта, включающего 5% высококальциевой золы и 4% портландцемента от массы грунта.

Укрепление грунтов слоя основания дорожной одежды осуществлялось методом холодного ресайклинга на опытном участке автомобильной дороги «Павловск-Колыванское-Ракиты-Топчиха» на ПК 48+00 – ПК 49+00 (км 46+527 – км 46+627) [1] (рисунок 5). Для укрепления применялось комплексное вяжущее, включающее в себя высококальцевую золу уноса от сжигания бурого угля Канско-Ачинского угольного бассейна на Барнаульской ТЭЦ-3 в количестве 5% от массы грунта и портландцемент марки ЦЕМ III/A 32,5Н ДО по ГОСТ 33174-2014 в количестве 4% от массы грунта. Обработка грунта осуществлялась на глубину 30 мм.

По результатам производственных испытаний кафедрой «Строительные материалы и автомобильные дороги» был разработан «Технологический регламент по применению золы-уноса Барнаульской ТЭЦ-3 для укрепления конструктивных слоев дорожной одежды» с целью его использования в подрядных



Рисунок 3 – Разрушение образцов, укрепленных одной ВКЗ

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВЫХ ЗОЛ УНОСА ПРИ УКРЕПЛЕНИИ МЕСТНЫХ ГРУНТОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

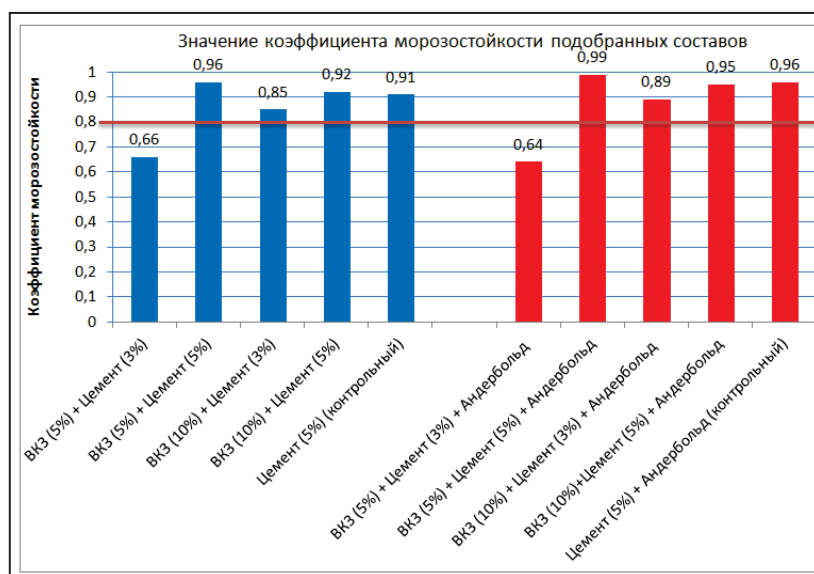


Рисунок 4 – Значение коэффициента морозостойкости у подобранных составов



Рисунок 5 – Устройство слоя дорожной одежды методом холодного ресайклинга

дорожных организациях Алтайского края при проведении дорожно-строительных работ методом холодного ресайклинга.

Выводы

В результате проведенной работы были подобраны оптимальные составы грунта, укрепленного высококальциевой золой совместно с портландцементом, прочностные показатели и морозостойкость которых удовлетворяют нормативным требованиям. Осуществлены производственные испытания с устройством опытного участка на автомобильной дороге «Павловск-Колыванское-Ракиты-Топчиха» с составом укрепленного грунта, включающего 5% высококальциевой золы и 4% портландцемента, прочностные показатели которого на 22% выше контрольного состава, предусмотренного инженерным проектом на основном протяжении автомобильной дороги. Разработан технологический регламент по использованию высококальциевой

золы уноса в дорожном строительстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хребто, А. О. Современный опыт использования высококальциевых зол уноса Барнаульской ТЭЦ-3 при ремонте автомобильных дорог методом холодного ресайклинга в условиях Алтайского края / А. О. Хребто, Г. И. Овчаренко, Н. В. Медведев // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации : сб. матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. 23-24 ноября 2023 г. – Электрон. дан. – Омск : СИБАДИ, 2023. – URL: <https://bek.sibadi.org/MegaPro/Web>. – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – С. 493-497.
2. Хребто, А. О. Исследование влияния высококальциевых зол-уноса на свойства грунтов различных видов / А. О. Хребто, Г. И. Овчаренко // Материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф. «Актуальные вопросы архитектуры и строительства» / Мин-тво науки и высш. образования РФ, Новосиб. гос. арх.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2024. – Текст : электронный. – С. 280-282.

Хребто Алексей Олегович – старший преподаватель кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: aleksei.hrebto@inbox.ru;

Овчаренко Геннадий Иванович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: egogo1980@mail.ru.

АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ АЭРОГЕЛЯ

И. А. Чалых, В. Н. Лютов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассмотрены актуальные вопросы обоснования применения передовой технологии теплоизоляции конструкций на основе аэрогеля. Рассматриваются ключевые аспекты использования аэрогелевых материалов в строительной сфере, включая их физико-химические свойства, методы производства, а также преимущества и ограничения данного подхода. Особое внимание уделено вопросам экономической целесообразности внедрения данной технологии в строительство и перспективы её дальнейшего развития.

Ключевые слова: Аэрогель, теплоизоляция, строительные конструкции, энергоэффективность, энергосбережение, инновационные материалы.

Проблема энергосбережения и повышения энергоэффективности зданий и сооружений приобретает всё большую актуальность в современном мире. Разработка и внедрение новых технологий теплоизоляции играют важную роль в решении этой задачи. Одной из таких технологий является использование аэрогелевых материалов, обладающих уникальными физическими и химическими свойствами, которые позволяют им эффективно выполнять функции теплоизоляции.

Целью настоящей статьи является анализ и обоснование особенностей и возможностей применения технологии теплоизоляции конструкций на основе аэрогеля. Работа направлена на изучение основных аспектов использования аэрогелевых материалов в строительстве, выявление их преимуществ и ограничений, а также рассмотрение перспектив дальнейшего развития данной технологии.

Аэрогели представляют собой высокопористые материалы, состоящие из твёрдой матрицы, окружённой воздушными полостями. Основными компонентами аэрогелей являются оксиды металлов, такие как диоксид кремния (SiO_2). На рисунке 1 представлен натуральный образец аэрогеля.

Уникальная структура аэрогелей обуславливает их выдающиеся физические и химические свойства, такие как [1]:

Низкая плотность. Плотность аэрогелей колеблется в диапазоне от 0,003 до 0,500 г/см³, что делает их одними из самых лёгких материалов, используемых в строительстве, среди материалов с высокой теплоизоляционной способностью.

Высокая теплоизоляционная способность. Коэффициент теплопроводности аэ-

рогелей составляет примерно 0,013–0,020 Вт/(м·К), что значительно ниже, чем у традиционных теплоизоляционных материалов, сравнение приведено на рисунке 2.

Огнеупорность. Аэрогели обладают высокой стойкостью к воздействию высоких температур, что делает их безопасными для использования в пожароопасных зонах, это представлено на рисунке 3.

Гидрофобность. Некоторые виды аэрогелей обладают водоотталкивающими свойствами, что предотвращает накопление влаги и коррозию металлических элементов конструкции.

Эти свойства делают аэрогели идеальным материалом для использования в системах теплоизоляции зданий и сооружений. На рисунке 4 представлен гидрофобный аэрогелевый композитный материал.

Процесс производства аэрогелей включает несколько этапов, каждый из которых влияет на конечные свойства материала. Основные стадии включают [3]:

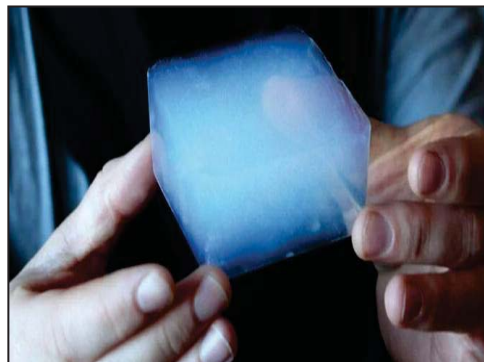


Рисунок 1 – Аэрогель

АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ АЭРОГЕЛЯ

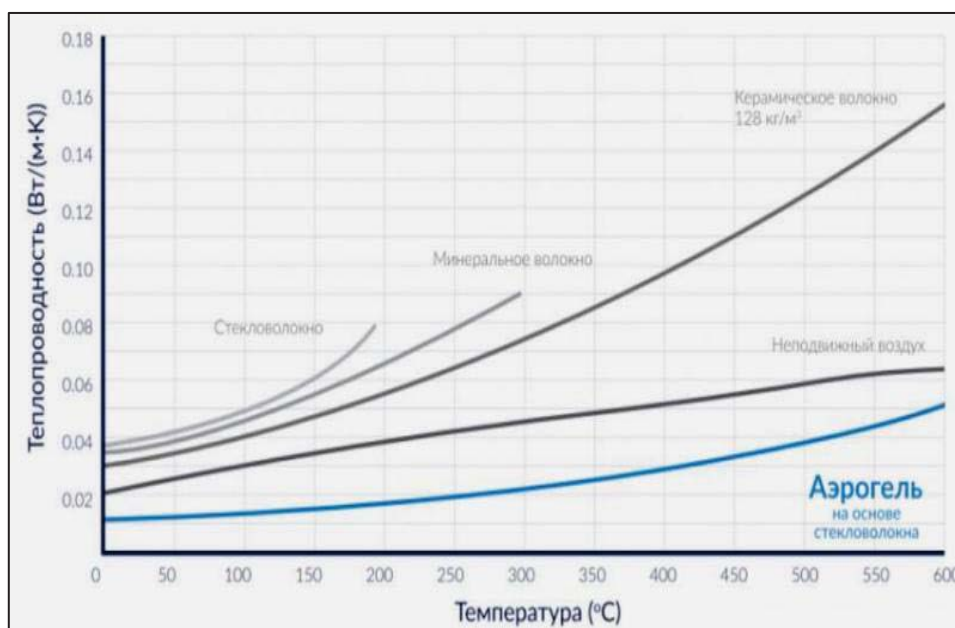


Рисунок 2 – Теплопроводность аэрогеля



Рисунок 3 – Аэрогель под воздействием открытого огня



Рисунок 4 – Гидрофобный аэрогелевый композит

1. Синтез геля. На этом этапе происходит формирование коллоидного раствора SiO_2 , содержащего наноразмерные частицы оксидов металлов. Например, диоксид титана (TiO_2), оксид алюминия (Al_2O_3), оксид железа (Fe_2O_3) и их смеси. Эти материалы используются для специализированных применений, таких как каталитические процессы или поглощение света.

2. Удаление растворителя. Растворитель удаляется путём сверхкритического осушения, что позволяет сохранить пористую структуру геля.

3. Обработка поверхности. Поверхностная модификация аэрогеля может включать добавление специальных добавок (наночастицы оксида цинка ZnO , наночастицы оксида титана TiO_2 , различные кварцевые наполнители, фторполимеры и т.д.) для улучшения гидрофобных свойств или других функциональных характеристик.

Каждый этап требует строгого контроля параметров процесса, чтобы обеспечить получение качественного продукта с заданными свойствами.

Аэрогелевые материалы находят широкое применение в различных аспектах строительства. Вот некоторые примеры их использования [1-3]:

Теплоизоляция стен и крыш. Аэрогели могут быть использованы в составе фасадных панелей, кровельных материалов и утеплителей для стен. Их высокая теплоизоляционная способность позволяет значительно снизить теплопотери здания. На рисунке 5 представлен образец аэрокипича.

Утепление окон и дверей. Аэрогели могут быть включены в состав стеклопакетов, что представлено на рисунке 6, и дверных полотен, что увеличивает их теплоизоляционные свойства и уменьшает потери тепла через оконные и дверные проёмы [2]. На рисунке 7 представлен процесс монтажа полотна с аэрогелем на стены.



Рисунок 5 – Аэрокирпичи (кирпичи с аэрогелевым наполнителем)



Рисунок 6 – Остекление с использованием аэрогеля в Холменколлене, Осло, Норвегия



Рисунок 7 – Наклеивание полотен с аэрогелем на стены

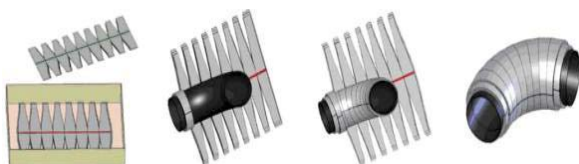


Рисунок 8 – монтаж и фиксация композитных полотен на основе аэрогеля

Термоизоляция трубопроводов. Покрытие трубопроводов аэрогелем помогает

предотвратить потери тепла и образование конденсата, что особенно важно для систем отопления и горячего водоснабжения. На рисунке 8 приведен пример монтажа и фиксации композитных полотен на основе аэрогеля на трубы.

Звукоизоляция. Аэрогели обладают хорошими звукопоглощающими свойствами, что делает их подходящими для использования в шумозащитных конструкциях.

Несмотря на очевидные технические преимущества, использование аэрогелей в строительстве сталкивается с рядом экономических барьеров. Основной проблемой является высокая стоимость производства этих материалов. Однако, учитывая долгосрочные выгоды от снижения энергозатрат и повышения комфорта жильцов, инвестиции в аэрогелевые технологии могут оказаться экономически оправданными.

Кроме того, существует возможность оптимизации производственного процесса и снижения себестоимости продукции за счёт использования современных технологий и автоматизации. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к разработке более дешёвых и эффективных методов производства аэрогелей.

Развитие технологий производства аэрогелей и расширение их применения в строительстве открывают широкие перспективы для дальнейших исследований и разработок. Среди возможных направлений развития можно отметить:

Создание композитов на основе аэрогелей. Комбинирование аэрогелей с другими материалами может позволить получить продукты с улучшенными механическими и термическими свойствами.

В патенте компании Aspen Aerogels (США) описан аэрогелевый композитный материал, укрепленный волокнистым ватином. Ватин состоит из коротких извитых микроволокон диаметром 0,1–100 мкм, с отношением длины к диаметру от 5 до 100. Такая структура повышает теплоизоляционные свойства материала. Аэрогель производится из металлических оксидов (кремния, алюминия, титана и др.) (рисунок 9). Микроволокна добавляются в смесь прекурсора аэрогеля 1, пропитывают ватин 3 полученной смесью в форме 2, после чего заготовка подвергается сверхкритической сушке. Результат – композит с упрочнением на основе аэрогеля. По патенту, материал может быть многослойным: слой аэрогелевого композита, тканые или нетканые материалы, а также металлическая сетка для дополнительной прочности [3].

АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ АЭРОГЕЛЯ

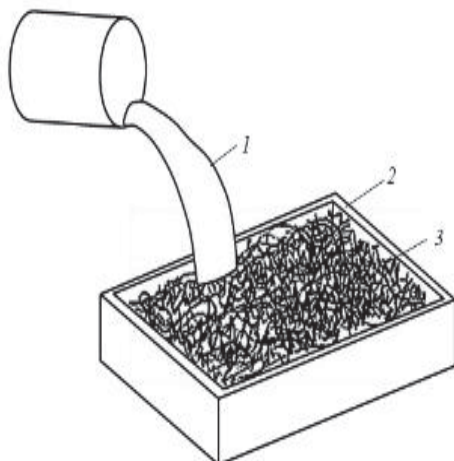


Рисунок 9 – Получение аэрогелевого волокнистого композита по технологии Aspen Aerogels

Разработка новых методов модификации поверхности. Модификация поверхности аэрогелей может улучшить их адгезионные свойства и совместимость с другими строительными материалами.

Оптимизация производственных процессов. Автоматизация и оптимизация производственных линий позволит снизить себестоимость продукции и сделать её более доступной для широкого круга потребителей.

Технология теплоизоляции конструкций на основе аэрогеля представляет собой перспективное направление в области строительства и энергосбережения. Уникальные физико-химические свойства аэрогелей делают их эффективными материалами для ис-

пользования в различных элементах зданий и сооружений.

Несмотря на текущие экономические ограничения, дальнейшие исследования и разработки могут привести к созданию более доступных и эффективных продуктов на основе аэрогелей.

Настоящая работа демонстрирует важность продолжения научных изысканий в этой области и необходимость привлечения внимания к возможностям применения аэрогелевых материалов в строительстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перспективы применения аэрогелей в строительстве // AlfaBuild. – 2018. – № 4 (6). – С. 135-145.
2. Васильева, И. Л. Применение аэрогеля при остеклении фасадов зданий / И. Л. Васильева [и др.] // Вестник Евразийской науки. – 2019. – № 2. – Том 11. – С. 1-8.
3. Бабашов, В. Г. Применение аэрогелей для создания теплоизоляционных материалов / В. Г. Бабашов, Н. М. Варрик, Т. А. Карасева // Труды ВИАМ. – 2019. – № 6 (78). – С. 32-42.

Чалых Иван Анатольевич – студент группы 8Спс-41 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: chalykh.ivan@bk.ru;

Люттов Владимир Николаевич – к.т.н., заведующий кафедрой «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: vnlutov@mail.ru.

АНАЛИЗ МЕТОДА НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Д. Н. Черепанов, И. В. Носков

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье дается анализ метода наземного лазерного сканирования. Сделан анализ достаточности применяемого метода, программного обеспечения, проведен анализ деформаций на основе сравнения идеальной фигуры и различных циклов наблюдений, анализ технологии информационного моделирования объектов строительства.

Ключевые слова: наземное лазерное сканирование, методика, резервуар, мачта, деформации, крен, осадка, безопасность.

Безопасность объектов капитального строительства при разработке месторождений нефти и газа – одно из ключевых требований законодательства в области промышленной безопасности. Развитие современных сканирующих систем в совокупности с технологиями информационного моделирования позволяет не только выполнять инструментальные наблюдения за деформациями объектов капитального строительства при их эксплуатации, но и выполнять мониторинг строительства объектов, используя различные системы наземного и аэромониторинга. Развитие таких систем позволяет на стадии строительства выявлять не соответствие проектным данным путем сравнения полученного облака точек строительного объекта с BIM-моделью.

На строительной площадке выполнено

наземное лазерное сканирование (НЛС) группы РВС (резервуар вертикальный стальной) и мачт освещения. На рисунках 1 и 2 представлена схема определения крена традиционным способом

Преимущество НЛС в сравнении с традиционными методами не оспоримо, подробная съемка объекта в виде облака точек позволяет качественно и наглядно оценить деформации объектов в процессе эксплуатации. На рисунке 3 показан вид мачты освещения.

На рисунках 4 и 5 в результате обработки в Trimble Real Works показаны разрезы по сечениям 1-5, выполненные в 2-х циклах наблюдений в 2023 и 2024 годах.

По результатам сканирования можно сделать вывод о крене мачты и увидеть кручение мачты в сечениях на рисунках 4 и 5.

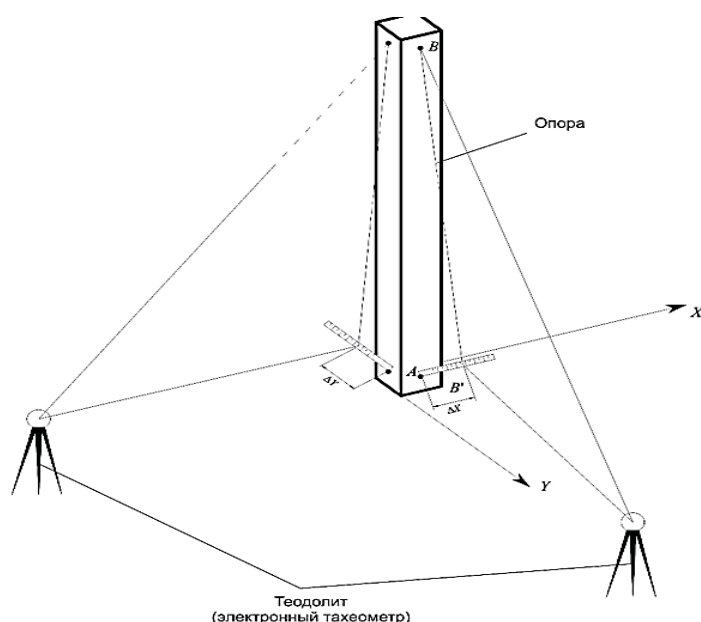


Рисунок 1 – Схема определения крена методом проецирования

АНАЛИЗ МЕТОДА НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ДЕФОРМАЦИИ
ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

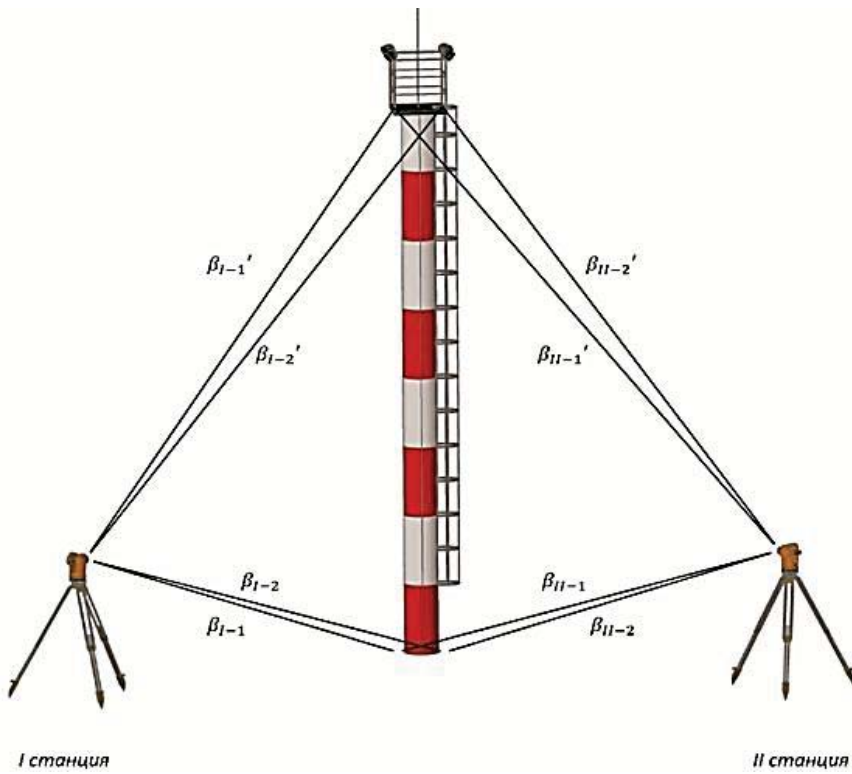


Рисунок 2 – Схема наблюдений за креном методом линейно-угловых построений

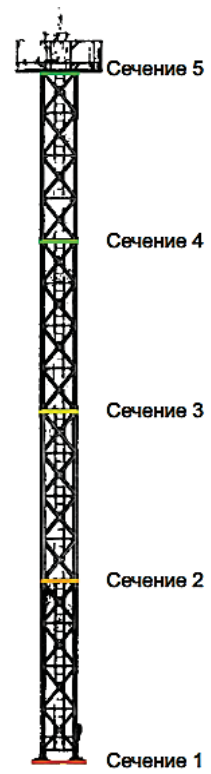


Рисунок 3 – Облако точек

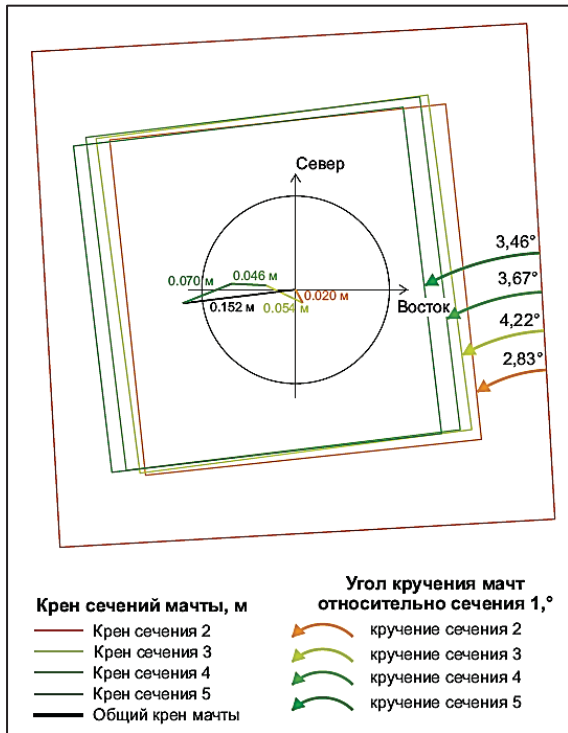


Рисунок 4 – Цикл наблюдений 2023 года

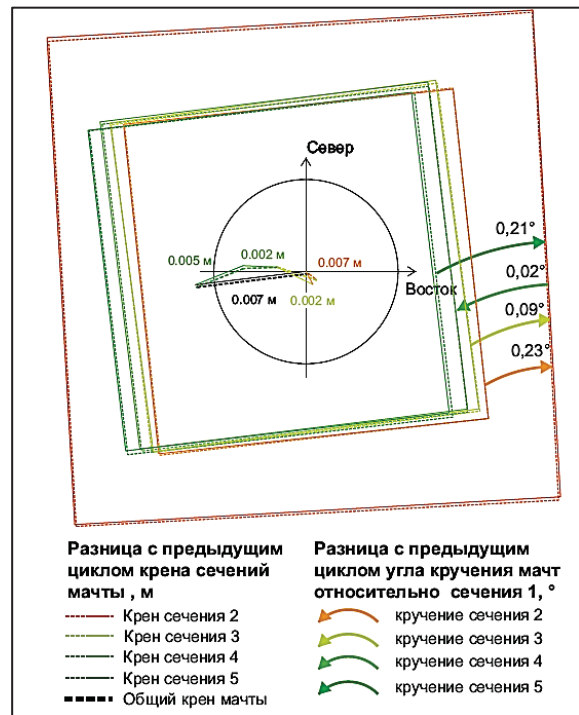


Рисунок 5 – Цикл наблюдений 2024 года

Скорее всего, это вызвано неравномерностью распределения солнечной энергии по металлической конструкции, а также постоянной ветровой нагрузке, крен мачты находится в пределах допуска, таблица 1.

Результаты сканирования РВС дают наглядную картину деформаций стенок и основания фундамента, что позволяет сделать выводы о дальнейшей безопасной эксплуатации. Сравнение деформаций выполняется

от идеального цилиндра (рисунки 6, 7, таблица 2).

Таблица 1 – Крен мачты по результатам наблюдений

$i_{\text{ср}} 2023$	$i_{\text{ср}} 2024$	Допуски	
		$i_{\text{доп}}$	$i_{\text{крит}}$
0,005	0,005	0,008	0,015

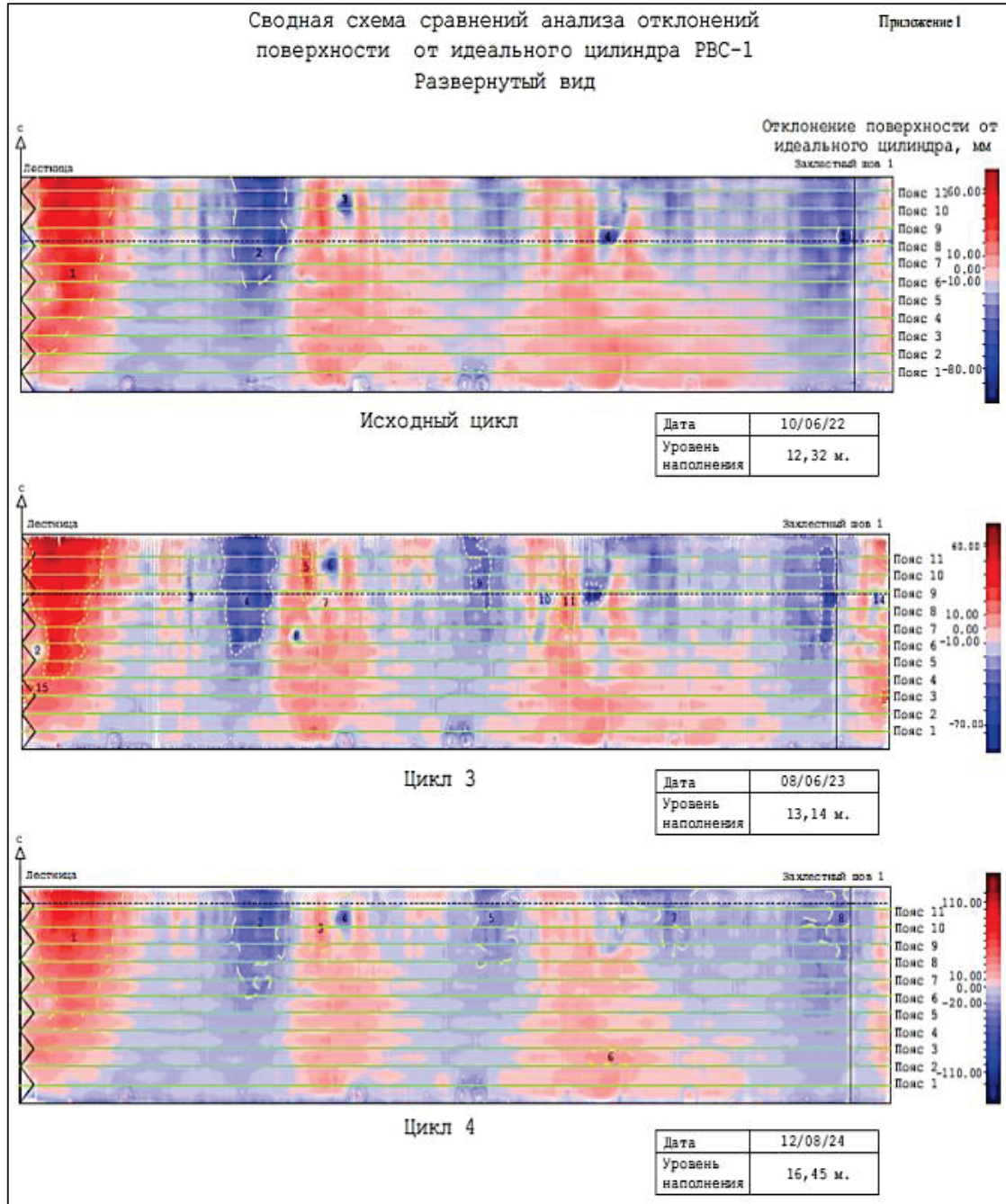


Рисунок 6 – Схема разности поверхности от идеального цилиндра (развертка стенки РВС)

На сегодняшний день из-за политических решений часть зарубежных компаний покинула российский рынок. Trimble RealWorks, Trimble Tank – удобное программное обеспечение для обработки материалов наземного лазерного сканирования, которого официально нет на рынке в России.

При этом уход иностранных компаний с рынка программного обеспечения позволил отечественным разработчикам софта предложить на рынке свои разработки, при этом существенным отличием от зарубежных программ является доступная стоимость ПО.

ПО ТИМ Кредо 3D скан, позволяет удобно выполнить очистку скана от мусора. В сравнение с Trimble RealWorks одним из удобств является построение поверхности по точкам основания РВС, но при этом ввиду отсутствия функционала для обработки РВС в ПО Кредо отсутствует развертка стенки РВС и различные графики для анализа деформаций.

ПО ТИМ Кредо расчет деформаций – одно из лучших ПО на рынке, применяется для оценки деформаций зданий и сооружений по геодезическим наблюдениям, есть возможность построить различные графики, но при этом софт не работает с результатами 3D сканирования.

Топ-4 отечественных BIM программ в сфере строительства представлены:

- Pilot-BIM – имеет многопользовательский доступ для одновременной экспертизы и работы с моделью. Позволяет автоматически отображать возможные ошибки и выполнять проверку на коллизии.

- SODIS BUILDING M – позволяет выполнить мониторинг строительных конструкций, работает с цифровым двойником, настраивается на различные параметры мониторинга, может обрабатывать большие объемы информации.

- Renga – отечественная система для информационного моделирования объектов строительства, удобный инструмент в руках архитектора и конструктора.

- nanoCAD – приемник AutoCad – универсальность и поддержка отечественных стандартов проектирования, совмещает САПР и BIM-технологии.

Вывод: технология наземного лазерного сканирования позволяет получить наглядную картину деформации оснований и фундаментов объектов, но при этом сегодня на рынке отсутствуют специализированные программы для хранения и обработки информации результатов сканирования с оценкой предельных и критических деформаций, что может вызвать негативные последствия при эксплуатации объектов высокого экологического риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носков, И. В. Комплексный геомониторинг оснований и фундаментов резервуаров вертикальных стальных (РВС) на основе лазерного сканирования при разработке нефтяных месторождений / И. В. Носков, Д. Н. Черепанов // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14. – № 4. – 13 с.

2. Носков, И. В. Применение технологии 3D сканирования для определения деформации оснований и фундаментов резервуаров при разработке месторождений нефти / И. В. Носков, Д. Н. Черепанов // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – № 5. – URL: <https://esj.today/PDF/05NZVN523.pdf> (дата обращения: 4.02.2025).

3. Иванов, А. В. Разработка методики геодезического контроля инженерных объектов на основе данных наземного лазерного сканирования: дисс...канд. техн. наук / Иванов Андрей Васильевич. – Новосибирск, 2012. – 150 с.

Черепанов Денис Николаевич – аспирант кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: cherepanovden@mail.ru;

Носков Игорь Владиславович – к.т.н., доцент, заведующей кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: noskov.56@mail.ru;

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ, ДОПОЛНЕННОЙ И СМЕШАННОЙ РЕАЛЬНОСТЕЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОНТРОЛЕ

А. А. Шарипов, Е. Р. Кирколуп

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В настоящей статье рассмотрен вопрос применения современных цифровых технологий в строительстве. Приведено описание применения технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности в строительном контроле, обозначены возможные преимущества их использования.

Ключевые слова: виртуальная реальность, дополненная реальность, смешанная реальность, ТИМ, строительный контроль.

Строительный контроль осуществляет проверку выполнения работ при строительстве объектов капитального строительства на соответствие проектной и рабочей документации, результатам инженерных изысканий, требованиям градостроительного плана земельного участка, требованиям различных технических регламентов с целью обеспечить безопасное строительство и дальнейшую безопасную эксплуатацию зданий и сооружений (Положение о проведении строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства, утв. постановлением Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 468).

Проблемы, с которыми повсеместно сталкивается строительный контроль, это необходимость задействования значительных человеческих и временных ресурсов, а также финансовых. При этом исполнители должны обладать высокой квалификацией и добросовестно выполнять свои обязанности [1].

Следует отметить, что не все заказчики имеют высококвалифицированных специалистов по строительному контролю и вдобавок к этому очень часто отсутствует отвечающая современным требованиям материально-техническая база для проведения контроля.

Помимо этого, задачей строительного контроля стоит обеспечение нормальной коммуникации участников строительного процесса, а формируемая при этом информационная база должна быть прозрачной и доступной всем участникам проекта, что по наблюдениям не всегда соблюдается на практике.

Все эти обстоятельства создают риски несоответствия строящихся объектов проектной документации. Таким образом, часто возникают ситуации, когда запроектировано од-

но, а строится нечто другое, при этом нарушаются права и законные интересы заказчика, потребителя, общества в целом.

Наглядный опыт применения современных цифровых технологий в решении различных научно-исследовательских и производственных задач показывает, что использование дистанционного лазерного сканирования и зондирования объектов, беспилотной съемки, цифровых двойников зданий и сооружений в разы повышает результативность и качество контроля, в том числе строительного. На качественно ином уровне позволяет анализировать объекты управления, делает результаты анализа объективными, независимыми от человеческого фактора [2].

Не смотря на то, что цифровые технологии активно внедряются в процесс строительства для повышения, в т.ч., качества, надежности и скорости строительного контроля, а также исключения злоупотреблений, возникают определенные сложности их внедрения.

Во-первых, сама строительная отрасль является консервативной и поэтому при цифровизации необходимо учитывать отраслевые особенности.

Во-вторых, потребуется дополнительное финансирование на переподготовку кадров, приобретение современного оборудования и программного обеспечения, на которое не все участники охотно идут.

Поэтому необходимо провести объективный анализ преимуществ и недостатков применения различных цифровых технологий в строительном контроле и провести сравнение с традиционными методами контроля. В данной работе приведено описание применения технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности в строительном контроле и обозначены возможные преимущества их использования.

В настоящее время к основным цифровым технологиям, которые активно должны использоваться в строительстве, принято относить технологию информационного моделирования (ТИМ) зданий и сооружений, лазерное сканирование, робототехнику, трехмерную печать, дополненную, виртуальную и смешанную реальности, аналитическое программное обеспечение, искусственный интеллект, интернет вещей.

Разные сферы применения цифровых технологий в строительстве изучены в различной степени. Так, к примеру, часто изучаются вопросы поиска дефектов качества бетона, арматуры, а также отклонения геометрических параметров железобетонных изделий (ЖБИ). Для обнаружения трещин в бетоне, наряду с традиционными ультразвуковыми методами, начинают применять компьютерное зрение – посредством искусственного интеллекта анализируются изображения трещин в бетоне, лазерное сканирование, съемка ЖБИ в инфракрасном спектре. При оценке правильности геометрических параметров элементов конструкций и проверке их соответствия проектным решениям используют цифровые информационные модели (ЦИМ) и технологию дополненной реальности.

Помимо этого значительную роль цифровых технологий отводят автоматизации строительной отрасли, при этом большое внимание уделяется исследованиям в области лазерного сканирования и фотограмметрии как к средствам получения цифровых данных строительного объекта. Тем не менее, на сегодняшний день строительный контроль происходит с большими временными затратами и денежными расходами.

Среди всего многообразия цифровых технологий остановимся на применении технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальностей в строительном контроле. Приведем описание и отличительные особенности виртуальной и дополненной реальности.

Виртуальная реальность (VR – Virtual Reality) – это полностью созданный компьютером цифровой мир, который никак не привязан к местоположению. Чтобы попасть в него обычно используется шлем или очки виртуальной реальности. Для взаимодействия с объектами виртуальной реальности также необходимы специальные джойстики VR или сенсорные контроллеры.

Погрузившись в виртуальную реальность, человек перестаёт видеть и взаимодействовать с реальным миром. Поскольку

сигнал транслируется в замкнутом пространстве специального устройства, который плотно надет на лицо и не допускает попадания внешнего источника света. В случае использования шлема или наушников доступ звука окружающего реального мира также ограничен. Технология VR позволяет визуализировать объекты строительства, созданные с помощью ТИМ, презентовать их заказчикам (рисунок 1), проводить проверки проектных ЦИМ, проводить обучение и тренировки в области безопасности и т.д.

Дополненная реальность (AR – Augmented Reality) в отличие от VR – это проникновение цифрового мира в реальный. Цифровой мир в данном случае не полностью привязан к местности. Но видеть AR можно уже не отключаясь от мира реального. Технология AR позволяет совмещать реальный объект строительства с ЦИМ (рисунок 2), таким образом, можно контролировать проектное положение конструкций, технологического оборудования, инженерных коммуникаций, проводить анализ выполнения строительных норм и т.д.



Рисунок 1 – Прогулка инженера, заказчика и контролирующего лица по виртуальной модели



Рисунок 2 – Пример использования AR на строительной площадке

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ, ДОПОЛНЕННОЙ И СМЕШАННОЙ РЕАЛЬНОСТЕЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОНТРОЛЕ



Рисунок 3 – Использование дополненной реальности на объекте строительства

Взаимодействие человека с дополненной реальностью происходит с помощью специальных очков, сенсоров VR или с использованием сенсорного экрана (планшета). Хотя уже появились программные разработки, которые позволяют листать виртуальное меню и взаимодействовать с помощью рук, без применения сенсоров.

Смешанная реальность (MR – Mixed Reality) – это, по сути, разновидность дополненной реальности, когда виртуальные объекты привязаны к местности.

Отличие MR и AR заключается в том, что смешанная реальность «вписывает» виртуальный объект в реальный мир таким, каким должен быть (стать) этот объект в реальности.

Например, при наложении проектной ЦИМ на строящийся объект (рисунок 3), появляющиеся на мониторе элементы ЦИМ (конструкции, инженерное оборудование и т.д.) – это дополненная реальность. А, к примеру, отработка монтажа оборудования в конкретном месте производственной площадки до начала монтажа – это уже MR [3].

Находясь на стыке VR и AR, MR позволяет сопоставлять проектную документацию с реально выполненной задачей. Так, компания Trimble внедрила систему SiteVision, которая позволяет отследить и визуализировать этапы строительства.

Программа не привязана к какой-то точке, а использует GNSS (спутниковая система навигации) для ориентации в пространстве. На мобильное устройство устанавливается приложение, которое с помощью встроенных антенн телефона или планшета определяет

местоположение. Закачав данные проекта из ЦИМ можно контролировать проделанную работу, а также видеть соответствие реального положения дел технической документации. Кроме того, этапы строительства можно регламентировать по срокам, что даст возможность наглядно видеть выполненную работу.

Иногда созданием виртуальных двойников занимаются с привлечением специализированных софтверных компаний, которые разрабатывают облачный проект для всех участников. Например, компания разработчик программного обеспечения (ПО) предоставляет заинтересованным сторонам помимо своего ПО, виртуальной модели, еще и возможности для координации проекта.

Другой пример, софтверная компания Bentley Systems внедряет свои приложения смешанной реальности Synchro XR для инфраструктурных проектов. Используя гарнитуру Hololens 2, пользователи могут взаимодействовать с просматриваемыми цифровыми моделями, используя интуитивно понятные жесты рук.

Платформа позволяет многочисленным заинтересованным сторонам проекта одновременно просматривать, взаимодействовать и испытывать виртуальные объекты в пространстве и времени. Виртуальная реальность позволяет без вмешательства в производство, без присутствия на стройплощадке реконструировать объекты ЦИМ, согласовывать проектные изменения, учитывать пожелания какого-либо участника без его физического присутствия на объекте с сохранением ощущения реальных размеров объекта.

Кроме того это еще и самый безопасный способ изучения особо опасных работ на производствах, стройплощадках. Это можно делать, воссоздавая человеку виртуальную работу, которую нужно выполнять, и показывая, какие могут быть последствия при не правильной работе с инструментом, станком, специальной техникой, автоматизированным оборудованием.

Отметим преимущества, которые могут дать технологии VR, AR и MR для строительного контроля:

- VR, AR и MR позволяют проверяющим «погружаться» в виртуальную модель объекта строительства, а это помогает лучше разобрать узлы и детали конструкций, которые могут быть незамечены при традиционных методах обследования.

- Безопасность проведения строительного контроля. Использование VR, AR и MR позволяет проводить проверки удалённо, минимизируя риски для сотрудников.

- Экономия времени и ресурсов при реализации строительного контроля. С помощью VR, AR и MR можно быстро и эффективно обследовать большие пространства или сложные конструкции без необходимости физического присутствия, что позволяет избежать длительных поездок и затрат на командировки.

- Повышение точности строительного контроля. VR, AR и MR предоставляют возможность использования ЦИМ, что обеспечивает обнаружение проблем и дефектов на ранних стадиях реализации проектов.

- Обучение и подготовка специалистов. VR, AR и MR могут использоваться для подготовки специалистов, позволяя им тренироваться в виртуальных сценариях перед работой в реальных условиях.

Заключение

В данной статье приведено описание технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальностей, рассмотрены примеры использования данных технологий в строительном контроле и обозначены возможные преимущества их использования.

Следует заметить, что в ближайшие годы, как отмечают эксперты, можно будет увидеть повсеместное внедрение технологий AR, VR и MR в строительные процессы, т.к. они помогут повысить эффективность и качество реализуемых строительных проектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

4. Акулов, А. О. Анализ современных видов контроля строительных работ и проблемы их развития / А. О. Акулов, А. О. Рада, С. А. Кононова // Современные наукоемкие технологии. – 2023. – № 9. – С. 73-79.

5. Спивак, И. Е. Информационные и цифровые технологии в промышленности и строительстве / И. Е. Спивак, Т. А. Столярова, С. Е. Завьялова, А. А. Лысенко // Строительство и недвижимость. – 2022. – № 2. – С. 149–154.

6. Сулейманова, Л. А. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование / Л. А. Сулейманова, П. В. Сапожников, А. Н. Кривчиков. – [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-stroitelnoy-otrasli-kak-it-strukturirovanie-piramidy-upravleniya-protsessami> (режим доступа: 12.01.2025).

Шарипов Александр Александрович – студент группы 8Соим-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: sharipovmystofa@mail.ru;

Кирколуп Евгений Романович – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kirkolup@mail.ru.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГАЗОПРОВОДА В СИСТЕМЕ ZULUGIS НА ПРИМЕРЕ ГАЗОПРОВОДА В С. КАШКАРАГАИХА ТАЛЬМЕНСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Е. С. Шелестова, Т. Е. Лютова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул

В статье рассмотрены актуальные вопросы обоснования применения передовой геоинформационной системы ZuluGIS, предназначенной для разработки и управления ГИС-приложениями, на примере газопровода в с. Кашкарагаиха Тальменского района Алтайского края. Рассмотрены и проанализированы преимущества и недостатки геоинформационной системы ZuluGIS. Приведены результаты исследований и теоретического анализа экономической и экологической эффективности применения системы, которая обеспечивает эффективный мониторинг состояния сетей, предоставляя точную информацию о расположении газораспределительных узлов и трубопроводов.

Ключевые слова: природный газ, геоинформационная система ZuluGIS, мониторинг состояния сетей, маршрутные карты, ГИС-приложения.

Природный газ – продуктивный энергоноситель и газоснабжение считается одной с конфигураций энергосбережения и экологичности, отображающий собою деятельность согласно обеспечиванию потребителей газом посредством организации газоснабжения и газораспределения.

Газификация является важным аспектом социально-экономического развития нашего государства, значительно улучшая условия труда и жизни граждан, а также способствуя снижению негативного воздействия на окружающую среду. Газовая отрасль России играет ключевую роль в экономике страны, обеспечивая её устойчивое развитие и энергобезопасность [1].

Протяжённость газопроводной сети России составляет 172,6 тысячи километров, а транспортировку газа осуществляют 254 компрессорные станции общей мощностью 47,1 тысячи мегаватт. ПАО «Газпром» и другие участники отрасли гарантируют надёжное функционирование систем газоснабжения.

Техническая эксплуатация систем газоснабжения направлена на поддержание их бесперебойной и надёжной работы с высокими технико-экономическими и качественными показателями. Это включает соблюдение требований к газовому оборудованию, рациональное использование ресурсов и обеспечение экологической безопасности.

Основные задачи включают:

- Обеспечение стабильной работы сетей и сооружений с соблюдением технологических режимов и качества.

- Своевременное устранение аварий и повреждений, а также анализ их причин для

предотвращения в будущем.

- Проведение текущего и капитального ремонтов в установленные сроки и с высоким качеством.

- Борьба с утечками, потерями и нерациональным использованием газа.

- Повышение производительности труда и рентабельности за счёт улучшения организации, механизации и автоматизации процессов, а также рационального использования ресурсов.

- Контроль за строительством и своевременный ввод в эксплуатацию новых и реконструированных сетей и сооружений [2].

Применение ГИС-технологии позволяют без усилий решить задачи по эксплуатации газораспределительных сетей на тему:

- единая база хранения информации, решение коммутационных задач, автоматизация работы диспетчерской службы, проведение расчетов и другие.

ZuluGIS - передовая геоинформационная система, предназначенная для разработки и управления ГИС-приложениями. Она поддерживает анализ топологии данных и их интеграцию с семантическими базами, что делает её мощным инструментом для широкого спектра задач.

Сегодня ZuluGIS активно используется в сфере газораспределительных сетей. Система обеспечивает эффективный мониторинг состояния сетей, предоставляя точную информацию о расположении газораспределительных узлов и трубопроводов [1].

В связи с этим перед началом работы необходимо создать электронную карту данного района и территории, прилегающие к

нему, где происходит эксплуатация газораспределительных сетей. Основой карты для карты может служить такая карта как 2ГИС.

Данная электронная карта создается из групп, объединенных одними свойствами и называемых слоями как пример слой «Здания». Слой создается в ZuluGIS извне и накладывается на карту отдельным растровым или векторным слоем. При запуске ZuluGIS автоматически создается Карта1, но так же можно самим создать эту карту.

Далее загружается в «подложку», за основу которой взят 2ГИС. Для этого нужно открыть вкладку «СЛОЙ», и выбрать строчку 2ГИС, после чего в карту добавится нужная нам «подложка» (рисунок 1).

Затем создается слой «Газопровод», данный слой является основным и для того, чтобы получить связанную сеть, с которой в дальнейшем можно продуктивно работать и которую можно использовать для эксплуатации газовых сетей, нужно нанести ее на подложку с помощью примитивов.

На этапе создания типов и режимов для всех элементов системы были созданы базы данных, в них будет содержаться информация по объектам и документы, относящиеся к ним. Есть несколько вариантов их заполне-

ния: с помощью запросов или вручную.

Чтобы выполнить эксплуатацию газопроводов необходимо выполнить следующие виды работ:

- ввод в эксплуатацию законченных строительством газопровода улицы Советская в с. Кашкарагаиха Тальменского района Алтайского края, пункта редуцирования газа, средств автоматизированной системы управления технологическим процессом (средств АСУ ТП);

- мониторинг технического состояния газопроводов улицы Советская в с. Кашкарагаиха Тальменского района Алтайского края и пункта редуцирования газа, включая проверку состояния охранных зон, технический осмотр, техническое обследование, оценку технического состояния, техническое диагностирование;

- техническое обслуживание газопроводов по улице Советская в с. Кашкарагаиха Тальменского района Алтайского края, пункта редуцирования газа, запорной арматуры и средств АСУ ТП;

- контроль давления газа в конечных точках сети газораспределения улицы Советская в с. Кашкарагаиха Тальменского района Алтайского края;

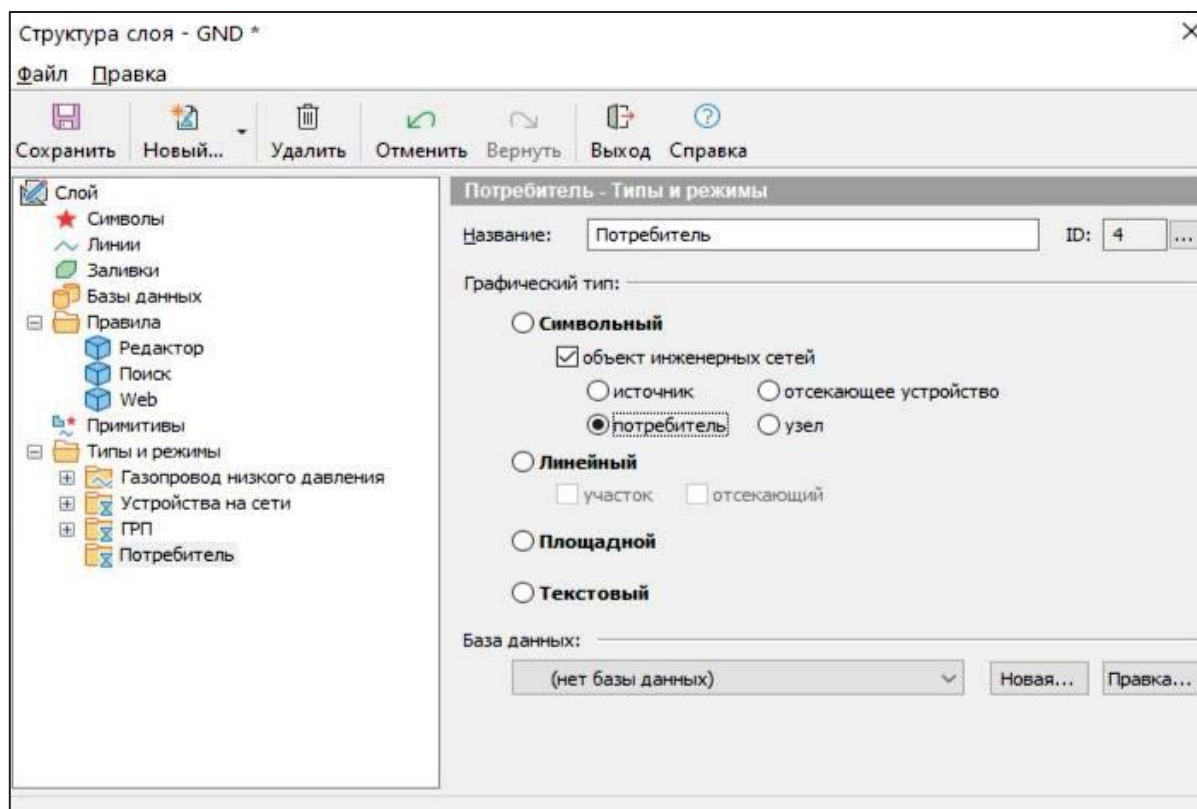


Рисунок 1 – Создание слоя «Газопровод»

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГАЗОПРОВОДА В СИСТЕМЕ ZULUGIS НА ПРИМЕРЕ ГАЗОПРОВОДА В С. КАШКАРАГАИХА ТАЛЬМЕНСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ

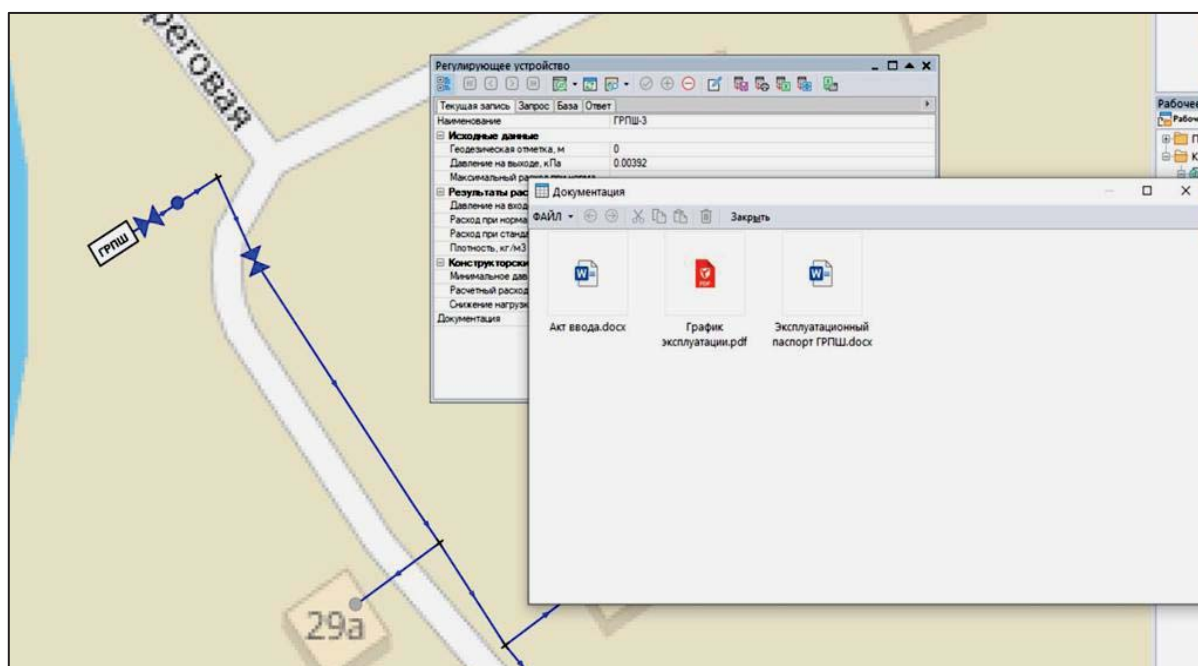


Рисунок 2 – Документация по ГРПШ

- текущий и капитальный ремонты газопроводов улицы Советская в с. Кашкарагаиха Тальменского района Алтайского края, пункта редуцирования газа, запорной арматуры и средств АСУ ТП;

- проверка наличия и удаление конденсата из конденсатосборников и гидрозатворов;

- контроль интенсивности запаха газа в конечных точках сети газораспределения улицы Советская в с. Кашкарагаиха Тальменского района Алтайского края;

- контроль и управление режимами сетей газораспределения улицы Советская в с. Кашкарагаиха Тальменского района Алтайского края;

- аварийно-диспетчерское обслуживание объектов сетей газораспределения улицы Советская в с. Кашкарагаиха Тальменского района Алтайского края;

- утилизация (ликвидация) и консервация газопровода улицы Советская в с. Кашкарагаиха Тальменского района Алтайского края и пункта редуцирования газа при выводе его из эксплуатации.

Для обеспечения надежной и эффективной работы газопровода рекомендуется составлять маршрутные карты в двух экземплярах. Один экземпляр должен быть подписан ответственными за маршрут сотрудниками и храниться у мастера.

Маршрутные карты подлежат ежегодной актуализации, а также обновляются при любых изменениях на трассе газопровода, вы-

явленных в ходе технического осмотра. В акте актуализации обязательно указываются дата внесения изменений и подпись мастера, ответственного за обновление.

В процессе эксплуатации газопровода проводится регулярный осмотр газораспределительных пунктов, включающий следующие мероприятия:

1) Технический осмотр – не реже одного раза в месяц для проверки технического состояния оборудования.

2) Техническое обслуживание – не реже одного раза в полгода для поддержания работоспособности и продления срока службы.

3) Текущий ремонт – не реже одного раза в год, если не требуется более частое обслуживание согласно рекомендациям производителя.

4) Проверка параметров срабатывания предохранительно-запорных и сбросных клапанов – не реже одного раза в три месяца, а также после завершения ремонтных работ.

5) Капитальный ремонт – проводится в сроки, установленные производителем, или при необходимости на основании данных дефектных ведомостей. Ведомости составляются по результатам мониторинга технического состояния, технического обслуживания и текущего ремонта пунктов редуцирования газа [2].

Окончание работ по вводу пункта редуцирования газа в эксплуатацию должно

оформляться актом (рисунок 2). Благодаря мониторингу, который возможен с системой ZuluGIS, повышается надежность газораспределительных сетей.

Так как системой используются базы данных в которые есть возможность вносить документы относящиеся к участку распределительной сети, тем самым упрощается процесс эксплуатации газовых сетей, а также в случае аварий незамедлительно можно обратиться к документам, которые необходимы.

Также, ZuluGIS предлагает возможности аналитики больших данных, что позволяет выявлять закономерности в эксплуатации газовых сетей.

Система позволяет операторам анализировать данные, таким образом оптимизируя маршруты прокладки новых трубопроводов и находить более эффективные способы распределения газа, предотвращая сбои в энергоснабжении и минимизация затрат на эксплуатацию становятся более достижимыми [1].

Следует отметить, что ZuluGIS поддерживается на мобильном устройстве, что позволяет пользователям получать доступ к информации в любом месте, это помогает повышать оперативность принятия решений и позволяет быстрее реагировать на изменения в состоянии сетей.

Использование газовых сетей, управляемых с помощью системы ZuluGIS, – это современный и перспективный метод повышения эффективности и обеспечения безопасности.

Эта система открывает новые возможности для инновационного подхода к управлению ресурсами, предоставляя инструменты, необходимые для оптимизации работы в области газоснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуковский, О. И. Геоинформационные системы : учебное пособие / О. И. Жуковский. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2014. – 130 с. – ISBN 978-5-4332-0194-1. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/72081.html> (дата обращения: 06.02.2025).

2. ГОСТ Р 34741-2021. Системы газораспределительные. Требования к эксплуатации сетей газораспределения природного газа. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/572734270> (дата обращения: 15.01.2025).

Шелестова Елизавета Сергеевна – студент группы С-13 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: helestova.elizaveta12@yandex.ru.

Лютова Татьяна Евстафьевна – старший преподаватель, заместитель заведующего кафедрой «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова», E-mail: lut-t@mail.ru.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

А. Е. Шпагина, Я. Г. Мозговая

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В данной статье анализируется процесс цифровизации в строительной отрасли, который является ключевым этапом её трансформации, ориентированным на оптимизацию рабочих процессов, увеличение прозрачности и улучшение качества конечного продукта. В условиях быстрого технологического роста и усиливающейся конкуренции применение цифровых решений становится не только рекомендованным, но и критически важным для успешного функционирования строительных компаний. Центральная идея заключается в том, что цифровизация процессов в строительстве улучшает координацию участников проектов и способствует более качественному сбору и анализу данных, что, в свою очередь, приводит к более эффективным управленческим решениям. В последние годы российское руководство выделило значимость этого направления, создавая новые регламенты, среди которых «Стратегия развития строительной отрасли и ЖКХ» до 2030 года, охватывающая аспекты цифровизации. Статья также обсуждает различные платформы, такие как «1С:Предприятие», «PlanRadar» и «Ехон», которые автоматизируют управление проектами и обеспечивают обмен данными между участниками, что ведет к улучшению качества работ и снижению затрат. Вложение в цифровые технологии становится необходимой частью стратегического развития компаний, стремящихся к успешной деятельности. В результате цифровизация в строительстве открывает новые возможности для эффективного управления и устойчивого роста отрасли.

Ключевые слова: *нормативный документ, организация строительства, управление строительством, программное обеспечение, развитие, цифровизация, участники строительства, возможности, оптимизация труда, производственный процесс, общий доступ.*

Цифровизация в строительстве является ключевым этапом изменения отрасли, ориентированным на оптимизацию процессов, увеличение их прозрачности и повышение качества конечного продукта.

В условиях быстрого прогресса технологий и нарастания конкуренции внедрение цифровых решений стало не просто желательным, но и критически важным для успешного функционирования строительных компаний.

Современные строительные проекты имеют всё более сложную структуру, требующую от участников высокой степени взаимодействия и координации. Цифровизация создает возможность интеграции различных элементов проектирования, планирования и управления, формируя единую информационную платформу для эффективного обмена данными и принятия обоснованных решений.

В последние годы Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства России активно развивает направление цифровизации, внедряя новые нормативные документы, регламентирующие применение современных технологий.

Согласно Распоряжению Правительства Российской Федерации от 31 октября 2022 года № 3268-р одобрена «Стратегия развития строительной отрасли и ЖКХ», рассчитанная до 2030 года с прогнозом до 2035 года. Данная стратегия охватывает вопросы цифровизации строительных процессов, оптимизации и перевода в электронный формат административных процедур, программы льготного ипотечного кредитования, развитие инфраструктуры и ряд других аспектов.

Постановление Правительства РФ от 17 мая 2024 года № 614 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства» вступило в силу с 1 сентября 2024 года, и будет действовать до 1 сентября 2030 года. Этот шаг способствует цифровизации строительных процессов: капитальное строительство должно осуществляться с использованием информационной модели, где все сведения и документация будут храниться и обрабатываться в цифровых системах.

На данный момент переходный этап подразумевает использование информационной модели в виде агрегированных данных, без полноценного трёхмерного отображения,

что делает её пока лишь частично машинно-читаемой.

С недавнего времени было разработано большое количество программ, позволяющих упростить организацию строительства. Эти программы, варьируясь от простых инструментов для составления смет до сложных платформ для управления проектами. Они автоматизируют рутинные задачи, такие как планирование графиков, отслеживание ресурсов и контроль бюджетов, освобождая время для более стратегических решений.

На российском рынке приобретает актуальность платформа «PlanRadar». Она предоставляет строительным компаниям возможность вести совместную работу над множеством проектов различной сложности в единой системе, контролируя каждый этап в реальном времени через информационно-телекоммуникационные сети. Платформа в простом и интуитивно понятном формате открывает ряд возможностей:

- подрядчикам предоставляет возможность гарантировать отличное качество выполнения строительных работ и сократить вероятность необходимости переделок, чтобы успешно завершать проекты в установленные сроки и уложиться в бюджет;

- менеджерам даёт возможность улучшать управление ресурсами и снижать эксплуатационные затраты, а также осуществлять представление результатов владельцам

при помощи визуализированной аналитики;

- инженерам и архитекторам предоставляет возможность добиться согласованности между этапами проектирования и строительства, чтобы удостовериться в соответствии с проектными требованиями;

- другим специалистам интегрировать и координировать работы на всех стадиях [1].

Она позволяет собирать, хранить и делиться проектной информацией, назначать задачи команде, выявлять недостатки, оценивать выполненные этапы и подготавливать отчетные документы. «PlanRadar» значительно увеличивает эффективность строительных проектов и управления недвижимостью, обеспечивая контроль за процессом строительства, связь между всеми участниками и решение множества задач как на объекте, так и в офисе.

В условиях постоянного потока информации и непрерывных согласований среди участников строительства, время каждого работника становится ключевым ресурсом. Все участники проекта, независимо от своего опыта и профессиональных навыков, имеют возможность воспользоваться программным обеспечением для доступа ко всей нужной информации и её совместного использования в реальном времени. На рисунке 1 представлено рабочее пространство платформы «PlanRadar».

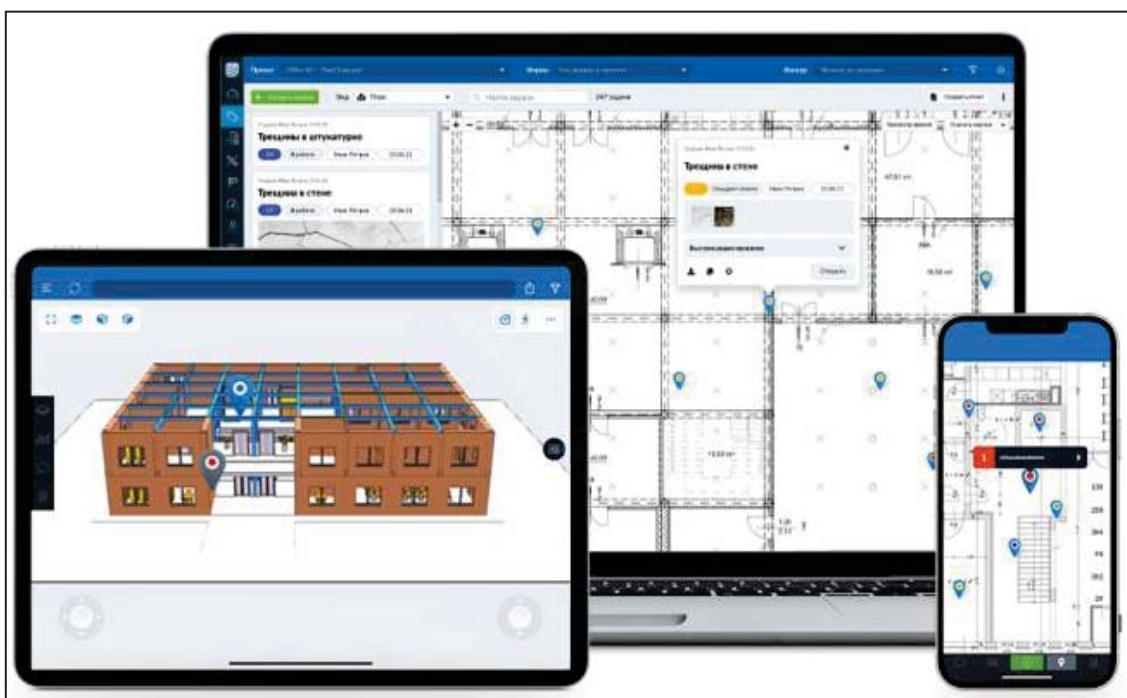


Рисунок 1 – Рабочее пространство платформы «PlanRadar»

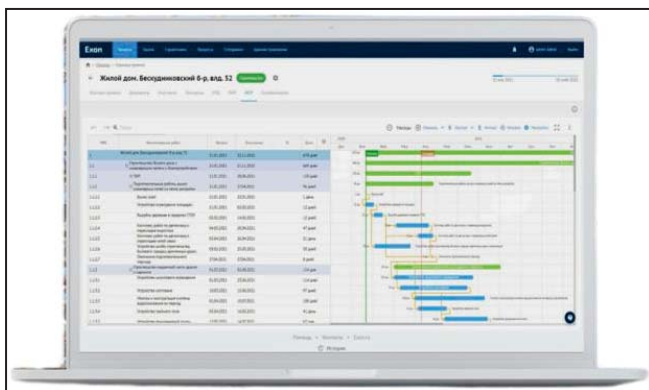


Рисунок 2 – Рабочее пространство платформы «Ехон»

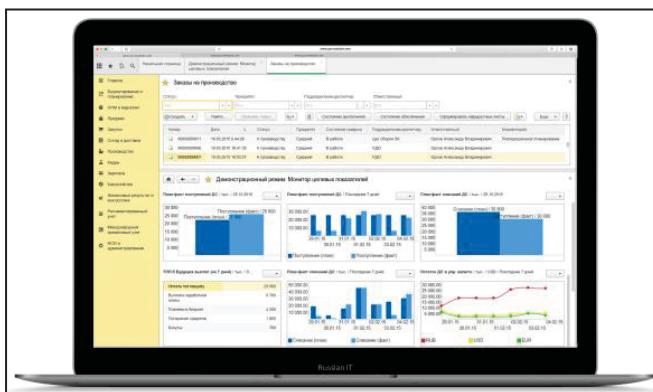


Рисунок 3 – Рабочее пространство платформы «1С: Предприятие 8.0. Подрядчик строительства. Управление строительной компанией, редакция 3.0»

С 2022 года в Москве строительные проекты начинают внедряться в облачную платформу «Ехон», предназначенную для автоматизации процессов строительства. Платформа представляет собой систему управления строительными проектами, которая помогает оптимизировать расходы всех участников процесса, таких как генеральный подрядчик, заказчик, технический заказчик, главный проектировщик, субподрядчики, субпроектировщики.

Это достигается благодаря созданию единого рабочего пространства, которое упрощает планирование, согласование, подписание, контроль и сбор всех необходимых документов, включая финансовую отчетность. Платформа состоит из нескольких модулей, что позволяет адаптировать её под конкретные нужды различных пользователей.

Кроме того, стоит отметить, что облачная платформа имеет подразделение на модули с узконаправленными задачами, такие как:

- «Ехон.ПИР» отвечает за согласование проектной и рабочей документации в строительных проектах, предоставляя возможность внесения и обработки комментариев, обеспечивая автоматизированное отслеживание версий документов;
- «Ехон.ИСП» отвечает за календарно-

сетевое планирование и контроль строительных работ, выполняя автоматический сбор информации из других модулей, в результате формируется актуальная аналитика по состоянию строительного объекта;

- «Ехон.ИТД» отвечает за управление исполнительной документацией строительства, при этом предлагает средства для её создания, согласования, передачи и архивирования;

- «Ехон.Активирование» отвечает за формирование актов выполненных работ (КС-2) и справок о стоимости строительства (КС-3) на основе смет контракта. Предлагает загрузку сметной документации в формате .xls, создания актов на основе исполнительной документации, а также предварительной проверки выполненных работ с использованием указанной документации, также позволяет сформировать акт КС-2 и справку КС-3, и обеспечивает возможность их электронного согласования и подписания;

- «Ехон.Аналитика» отвечает за возможность пользователям системы контролировать ключевые метрики и показатели строительных процессов на этапе строительномонтажных работ, также возможно прогнозировать потенциальные кризисы и наглядно сравнивать плановые и фактические результаты на одном экране в виде дашборда.

Функционал этого модуля разработан для сбора, обработки и последующего представления данных по текущему проекту или группе строительных проектов компании;

- «Ехон.Стройконтроль» отвечает за контроль качества выполнения строительных работ, предоставляет возможность создавать замечания и предписания, а также оперативно их устранять в одном интегрированном пространстве [2]. На рисунке 2 представлено рабочее пространство платформы «Ехон».

Также можно отметить программное обеспечение «1С: Предприятие» в большей степени предназначенное для автоматизации бухгалтерского учёта и управленческой отчётности, включая расчёты заработной платы и управление персоналом, а также экономическими и организационными аспектами предприятия [3]. Данное ПО предлагает для организации и управления строительством модуль «1С: Предприятие 8. Подрядчик строительства. Управление строительной компанией, редакция 3.0».

Используя программный комплекс, можно автоматизировать различные процессы, такие как планирование, учёт, снабжение, управление и продажи. Строительная компания получает мощный инструмент для воздействия на важнейшие показатели проектов, такие как финансовые затраты, сроки выполнения и качество. В результате внедрения автоматизации компания достигает успешного развития и увеличения прибыли. Открывается возможность получения отчётных данных по закупкам материалов, остаткам на складах, лимитным ведомостям, фактическим затратам на материалы по различным видам работ, использования строительной техники и механизированного оборудования, а также информация о персонале и других аспектах, это может осуществляться за считанные минуты. Следовательно, это позволяет эффективно использовать собранные данные для принятия обоснованных управленческих решений. Облегчается создание календарного плана с возможностью настройки различных уровней иерархии, автоматизированный расчёт затрат и сроков работ в зависимости от заданных параметров. Также важным аспектом является генерация поручений для субподрядчиков на осуществление определенных задач, а также ведение учёта фактически выполненных работ. Это дополнительно включает в себя подготовку актов приемки выполненных работ (форма КС-2) и справок о стоимости выполненных работ (форма КС-3). Все эти инструменты значительно упрощают

организацию и управление рабочими процессами, повышая их эффективность и прозрачность. На рисунке 3 представлено рабочее пространство платформы «1С: Предприятие 8. Подрядчик строительства. Управление строительной компанией, редакция 3.0».

В заключение можно сказать, что для достижения успеха в строительной отрасли сегодня крайне необходимо внедрение цифровых технологий. Это не только способствует повышению эффективности управления проектами, но и оптимизирует взаимодействие между различными участниками процесса. Цифровизация позволяет автоматизировать рутинные задачи, улучшить сбор и анализ данных, что, в свою очередь, ведёт к более информированным решениям.

Организации, которые игнорируют тренды цифровизации, рискуют остаться позади своих конкурентов в условиях стремительно меняющегося рынка. Внедрение современных цифровых инструментов помогает справляться с вызовами и недостатками традиционных методов, улучшая качество и скорость выполнения работ. Эффективное управление строительством с использованием цифровых решений открывает новые горизонты для повышения производительности и снижения затрат. Следовательно, инвестиции в технологии становятся неотъемлемой частью успешного развития стройбизнеса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платформа для строительства, управления строительными объектами и недвижимостью – PlanRadar [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.planradar.com/ru/> (дата обращения: 16.02.2025.).
2. Облачная платформа для автоматизации и управления строительными процессами – EXON [Электронный ресурс]. – URL: <https://exonproject.ru/> (дата обращения: 17.02.2025).
3. 1С: Предприятие / 1С: Enterprise – 1С: Предприятие 8. Подрядчик строительства. Управление строительной компанией, редакция 3.0». [Электронный ресурс]. – URL: <https://1c.ru/> (дата обращения: 19.02.2025).

Шпагина Алина Евгеньевна – студент группы С-11 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: alinaspagina94@gmail.com;

Мозговая Яна Григорьевна – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: yanagm@mail.ru.

АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

А. К. Юдина, Л. Н. Амосова

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрены полевые методы исследований прочностных свойств грунтов в условиях их естественного залегания. Изложены методы сдвига (среза) целика грунта основания и статического зондирования определения свойств грунтов основания. Описан состав применяемого оборудования, принцип работы каждого метода. Произведен анализ применимости различных методов при определении прочностных характеристик грунтов.

Ключевые слова: прочностные характеристики, сдвиг (срез), статическое зондирование, целик грунта, испытание, угол внутреннего трения.

Определение прочностных и деформационных характеристик грунтов в полевых условиях является важным этапом при проектировании и строительстве зданий и сооружений. Прочность грунта ограничена, вследствие чего происходит разрушение грунтового массива под действием определенных внешних факторов. В полевых условиях необходимо определить прочностные характеристики грунтов, если сложно отобрать образцы с сохранением его структуры.

Выбор метода исследования зависит от многих факторов, включая тип грунта, глубину исследования, наличие необходимого оборудования и точность получаемых результатов. Рассмотрим наиболее распространенные методы определения прочности грунта основания, а именно испытание методом сдвига (среза) целика грунта и методом статического зондирования.

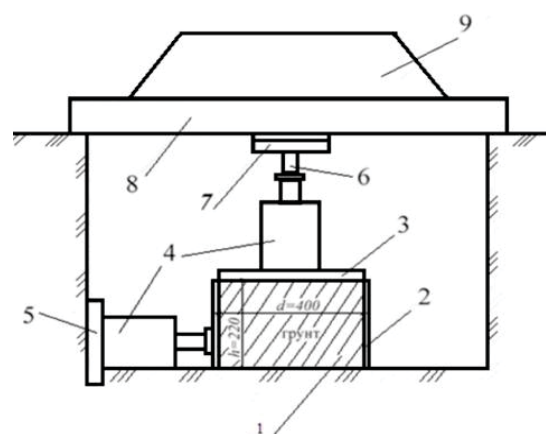
Ш. Кулон установил, что разрушение грунтового массива происходит за счет сдвига одной части грунта относительно другой. Испытание методом сдвига (среза) целика грунта позволяет изучить поведение грунтов при действии на него сдвигающих усилий, что является важным в расчетах несущей способности оснований и фундаментов, расчета давления грунтов на подпорные стенки и других геотехнических расчетов [1].

Установка для испытаний (рисунок 1) состоит из стальной цилиндрической (или прямоугольной) обоймы (кольца), которая надевается на целик грунта, штамп, равной внутреннему диаметру кольца, устройств для создания вертикального нагружения целика грунта и горизонтальных сдвигающих усилий с анкерным приспособлением, приборов измерения деформаций целика грунта и величин прикладываемых нагрузок.

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ № 1 2025

Принцип данного метода заключается в том, что образец грунта подвергается вертикальным обжимающим и горизонтальным сдвигающим усилиям, которые вызывают деформацию и разрушение образца. Сопротивление грунта сдвигу определяют, как предельное среднее касательное напряжение, при котором целик грунта срезается по фиксированной плоскости при заданном давлении. По результатам можно определить общее сопротивление грунта сдвигу, угол внутреннего трения, удельное сопротивление, которые служат ключевыми параметрами для оценки прочностных характеристик грунта.

Испытания на сдвиг целика грунта в полевых условиях требуют серьезной подготовки и контроля параметров, чтобы обеспечить точность полученных результатов.



1 – целик грунта; 2 – металлическое кольцо; 3 – штамп; 4 – домкрат с манометром; 5 – упорный щит; 6 – динамометр; 7 – подвижная тележка; 8 – упорная балка; 9 – груз

Рисунок 1 – Схема установки для испытания целика грунта на сдвиг

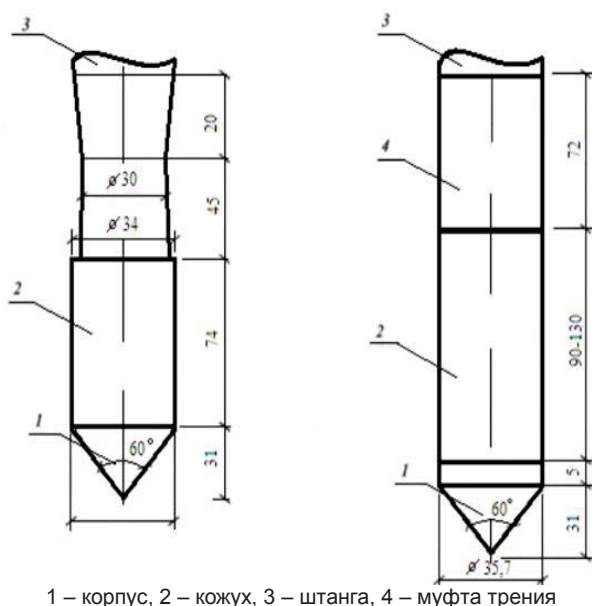


Рисунок 2 – Схемы конструкций зондов для статического зондирования грунтов

Важно учитывать различные параметры, такие как нормальное давление, естественная влажность грунта и условия испытаний для каждого образца. Для более точного анализа необходимо провести не менее трех испытаний целиков грунта, вырезанных в котловане или шурфе при различных значениях нормального давления [2].

Из всех полевых испытаний грунта на сдвиг только метод среза целика позволяет непосредственно определить прочностные характеристики грунта: угол внутреннего трения ϕ и удельное сцепление c .

Преимущества данного метода:

- Гибкость: метод может применяться на различных типах грунтов и в широком диапазоне условий.

- Непосредственная оценка прочностных параметров: позволяет точно оценить предел сдвига в условиях, приближенных к реальным, что важно для проектирования оснований.

Недостатки:

- Разрушение образца: в процессе получения образцов и проведения испытаний грунт может деформироваться, что затрудняет точную оценку его свойств.

- Низкая скорость: в сравнении со статическим зондированием, время, затрачиваемое на выполнение испытаний, может быть значительно больше, особенно при необходимости бурения.

Метод статического зондирования является наиболее простым способом исследования свойств грунтов основания. Этот метод

позволяет получить информацию о видах грунтов и степени неоднородности залегания по глубине. Процесс испытания проводится с помощью специального оборудования: статического зонда (набор штанг и конический наконечник), устройства для вдавливания и извлечения зонда, опорно-анкерного устройства и измерительной системы (рисунок 2).

Принцип работы статического зондирования заключается во внедрении зонда в грунт под действием статической нагрузки на определенную глубину, при котором измеряется сопротивление грунта проникновению зонда и поровое давление. При погружении зонда следят за вертикальностью его опускания.

На основе полученных данных определяются характеристики грунта, такие как сопротивление проникновению, несущая способность, плотность, угол внутреннего трения, влажность, пористость и другие параметры [3].

Точность результатов, возможность проведения испытания на различных типах грунтов, а также относительная простота и скорость его проведения являются основными преимуществами данного метода. Тем не менее, метод статического зондирования неприменим в мерзлых и крупнообломочных грунтах. К недостаткам статического зондирования относят сложность оборудования и его обслуживания, необходимость в специальных устройствах для восприятия реактивного сопротивления грунта.

АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Таблица 1 – Анализ двух методов определения прочностных характеристик грунтов основания

Характеристика	Метод статического зондирования	Метод сдвига (среза)
Принцип работы	Продвижение конуса в грунт с измерением сопротивления	Испытание на сдвиг до предела текучести
Тип грунта	Подходит для различных грунтов, но менее эффективен в плотных и мелких	Широкий спектр применимости, особенно в неплотных грунтах
Разрушение грунта	Минимальное разрушение	Грунт может разрушаться при получении образцов
Глубина исследований	До 30 метров и более	Зависит от условий; обычно в пределах 1-2 метра для полевых испытаний
Недостатки	Необходимость специализированного оборудования, ограничение на сжатые грунты	Меньшая скорость испытаний, возможное изменение свойств грунта
Преимущества	Высокая точность, непрерывный профиль данных	Непосредственное определение прочностных характеристик

Преимущества:

- Высокая точность: получение детализированных данных о прочностных характеристиках грунта с возможностью анализа непрерывного профиля.

- Минимальное разрушение грунта: метод не вызывает значительных изменений в структуре грунта, что позволяет получить более точные характеристики.

- Доступность данных: результаты могут быть интересными для предсказания поведения грунта под нагрузкой и позволяют оценивать параметры, такие как cohesion (сцепление) и friction angle (угол внутреннего трения).

Недостатки:

- Ограничение на тип грунта: менее эффективен в мелкообломочных и сильно сжатых или плотных грунтах.

- Необходимость специализированного оборудования: операции требуют наличия специального зондирующего устройства и подготовки персонала.

Сдвиговые испытания грунтов и испытания методом статического зондирования являются двумя различными типами испытаний, проводимых для определения прочностных характеристик грунтов.

Сдвиговые испытания грунта обычно считаются более быстрыми, так как они включают в себя непосредственное измерение сопротивления грунта сдвигу, что позволяет получить результаты в относительно короткий промежуток времени. Однако продолжительность этих испытаний может варьироваться в зависимости от конкретных условий и требований к проекту (таблица 1).

Испытания методом статического зондирования, с другой стороны, включают в себя погружение зонда в грунт и измерение его сопротивления проникновению. Этот процесс может занять больше времени по сравнению со сдвиговыми испытаниями грунта, так как он включает в себя больше этапов и требует

больше измерений.

Заключение

Выбор между этими двумя методами должен осуществляться на основе специфики конкретного проекта, а также с учетом требований к точности и надежности данных о свойствах грунта. В некоторых случаях может быть целесообразно использовать оба метода для получения более полной информации о свойствах грунта и его поведении под нагрузкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, В. М. Полевые методы исследования механических свойств грунтов: учебное пособие / В. М. Алексеев, П. И. Калугин. – Воронеж : Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т., 2011. – 112 с.

2. ГОСТ 21719-80. Методы полевых испытаний на срез в скважинах и массиве. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901710696> (дата обращения: 21.01.2025).

3. ГОСТ 19912-2001. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200101295> (дата обращения: 21.01.2025).

Юдина Анна Константиновна – студент группы 8Спес-31 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: yudina.anyutka@gmail.com;

Амосова Лариса Николаевна – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: larisa1708@bk.ru.

РАСЧЕТ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ: АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ И ПРОБЛЕМЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НОРМ

Ю. С. Юрина¹, Ю. В. Халтурин²

¹ ООО «Стройинжиниринг XXI», г. Барнаул

² Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассматривается актуальность расчета многоэтажных зданий на прогрессирующее обрушение. Устойчивость к прогрессирующему обрушению рассмотрена на примере многоквартирного жилого дома в г. Новосибирске. Произведен выбор схем локальных разрушений для расчета согласно требованиям норм, а также произведен анализ картин разрушений и деформаций для выбранных сценариев. Рассмотрены возможные мероприятия для защиты многоэтажных зданий от прогрессирующего обрушения на этапе проектирования. Проанализированы несоответствия и недоработки отечественных норм на данную тему.

Ключевые слова: монолитные здания, прогрессирующее обрушение, особое воздействие, локальное разрушение, надежность, живучесть, многоэтажные здания, нормативные документы.

В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к вопросам безопасности и устойчивости строительных конструкций, особенно в свете увеличения числа случаев обрушения зданий. Монолитные здания, благодаря своей конструкции и материалам, обладают высокой прочностью и долговечностью, однако они также подвержены рискам, связанным с прогрессирующим обрушением.

Актуальность расчета монолитных зданий на прогрессирующее обрушение обусловлена не только необходимостью обеспечения безопасности людей и сохранности имущества, но и требованиями современных строительных сводов правил и стандартов.

В условиях глобальных изменений климата, увеличения сейсмической активности и других природных катастроф, а также роста требований к устойчивости зданий, вопросы, связанные с прогрессирующим обрушением, становятся особенно актуальными. Это требует от специалистов глубокого понимания механики разрушения, а также применения современных технологий и программного обеспечения для моделирования и анализа поведения монолитных конструкций в экстремальных условиях. Таким образом, исследование и разработка методов расчета монолитных зданий на прогрессирующее обрушение представляют собой важный шаг к повышению безопасности и надежности строительных объектов.

Нормативными документами устанавли-

ваются более высокие требования безопасности и устойчивости к зданиям повышенного уровня ответственности, а также к зданиям с массовым пребыванием людей.

№ 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [1] указывает, что строительные конструкции и основание здания или сооружения должны обладать такой прочностью и устойчивостью, чтобы в процессе строительства и эксплуатации не возникало угрозы причинения вреда жизни или здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений в результате разрушения отдельных несущих строительных конструкций или их частей.

ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» [2] определяет прогрессирующее (лавинообразное) обрушение как последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего сооружения или его частей вследствие начального локального повреждения. Также в данном ГОСТе указано, что для зданий и сооружений класса КС-3, а также для многоэтажных зданий класса КС-2 с массовым пребыванием людей следует делать расчет на устойчивость к прогрессирующему обрушению.

Способность системы сохранять несущую способность и перераспределять усилия от различных повреждений, возникающих за

РАСЧЕТ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ: АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ И ПРОБЛЕМЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НОРМ

пределами заданных условий работы, называется живучестью. Применительно к строительной отрасли данный термин получил свое развитие сравнительно недавно. Основная идея заключается в выделении основных конструкций здания, способных при аварийных воздействиях частично или полностью обеспечить дальнейшее функционирование системы путем перераспределения усилий в ней.

Значительная часть массового строительства приходится на жилые здания, поэтому первоочередной задачей является обеспечение безопасности именно этих категорий зданий.

Для примера был выбран многоквартирный 26-ти этажный 2-х секционный дом с подземной автостоянкой, расположенный в г. Новосибирске (рисунок 1).



Рисунок 1 – Общий вид многоэтажного дома

Размеры здания с автостоянкой в осях – 66,95 × 71,48 м.

Конструктивная схема здания – рамно-связевая. Пространственная жесткость и устойчивость здания обеспечивается совместной работой вертикальных (пилоны, диафрагмы, ядра жесткости, монолитные стены подземных этажей) и горизонтальных (диски перекрытий, фундаментная плита) элементов каркаса.

Фундамент здания запроектирован свайным: состоит из сплошного свайного поля из железобетонных буронабивных свай.

Каркас здания состоит из монолитных железобетонных пилонов с сечениями 300×1400 мм, 400×1200 мм, 300×1500 мм, 300×1200 мм и 300×900 мм, монолитных бескапитальных безригельных перекрытий и покрытия (толщиной 200 мм и 250 мм между этажами автостоянки), монолитных железобетонных стен лестнично-лифтовых узлов (толщиной 250 и 300 мм) и монолитных связей диафрагм (толщиной 300 мм).

Все монолитные конструкции армированы арматурой классов А500С по ГОСТ 34028-2016 и А240 по ГОСТ 34028-2016.

Монолитные стены, диафрагмы и пилоны – из бетона класса В25 марки F75 по ГОСТ 26633-2015.

Монолитные перекрытия – из бетона класса В25 марки F200 по ГОСТ 26633-2015.

Заполнение каркаса выше отметки +0,000 до отм.+9,300 по наружному периметру – из силикатного кирпича СУРПо-М150/F25/2,0 ГОСТ 379-2015 на растворе М100, с поэтажным опиранием на монолитные железобетонные перекрытия, выше отметки +9,300, из силикатного кирпича СОРПо-М150/F25/2,0 ГОСТ 379-2015 на растворе М100.

Расчет рассматриваемого строительного объекта выполнен в пространственной постановке посредством метода конечных элементов с использованием расчетного комплекса ПК ЛИРА-САПР.

Методику расчета на прогрессирующее обрушение нормирует СП 385.1325800 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения».

Здание является устойчивым для прогрессирующего обрушения при выполнении следующих пунктов:

- для любых элементов и их соединений необходимо, чтобы усилия, возникающие в этих элементах, не превышали их несущую способность;

- деформации элемента от нагрузки не превышали предельно допустимых значений.

Для проведения расчета необходимо создание двух типов расчетных схем – первичной и вторичной.

Первичная расчетная схема принимается для нормальных условий эксплуатации здания. Вторичная схема создается из первичной путем удаления одного или нескольких несущих элементов в зоне локального

разрушения и рассчитывается по особому предельному состоянию.

Рекомендуется производить расчет на прогрессирующее обрушение в нелинейной постановке, моделируемой с помощью введения в расчет нелинейных диаграмм работы элементов, а также использованием соответствующих нелинейных типов конечных элементов.

Количество сценариев локальных разрушений должно быть достаточным для обеспечения живучести здания, включать основные конструкции здания. СП 385.1325800.2018 [3] указывает типы локальных разрушений, необходимые к рассмотрению.

В данной работе рассматриваемое количество сценариев сокращено в целях снижения трудоёмкости работы.

Были рассмотрены следующие сценарии локальных разрушений:

- удаление максимально нагруженного пилона с минус 2 этажа;
- удаление пилона, способного вызвать перераспределение усилий и, как следствие, догружение максимально нагруженного пилона с минус 2 этажа;
- удаление углового пилона здания на 1 этаже.

СП 385.1325800.2018 [3] регламентирует также включение в сценарии локальное разрушение пересекающихся и отдельно стоящих стен на участках длиной не более 6 метров, и элементов несущей конструкции перекрытия и покрытия.

В результате моделирования сценария №1 мы наблюдаем на картине разрушений и деформаций (рисунок 2) обрушение вышележащих пилонов на высоту 5 этажей, а также разрушение пилона на соседней оси. Большая часть перекрытий, расположенная над удаляемым пилоном, повреждена до отм. +36,200.

При моделировании сценария № 2 (рисунок 3), мы видим, что наиболее нагруженный пилон выдерживает догружение, после удаления соседнего пилона, но при этом происходит разрушение вышележащего пилона, а также разрушение части перекрытий до отм. +18,200.

При сценарии № 3 (рисунок 4), моделирующем отказ углового пилона, происходит разрушение 6 вышележащих пилонов и 2 пилонов соседних осей. Разрушение также получает значительная часть перекрытия до отм. +46,650.

Так как здание испытывает прогрессирующее обрушение и его конструкции не

обеспечивают требования к несущей способности, необходимо провести усиление конструкций, либо принять иные меры по повышению устойчивости здания к прогрессирующему обрушению. Также анализ результатов расчетов показывает, что при аварийных воздействиях необходимо существенно увеличить армирование горизонтальных элементов.

СП 385.1325800.2018 [3] содержит рекомендации для защиты многоэтажных каркасных зданий от прогрессирующего обрушения. Рекомендуется:

- установка внутренних связей в уровне перекрытия и покрытия в двух взаимно перпендикулярных направлениях, контурных периферийных связей, а также установка горизонтальных связей по наружным несущим конструкциям;
- установка вертикальных связей;
- объединение стальных балок с перекрытием;
- устройство жесткого сопряжения балок с колоннами;
- использование аутригерных конструкций;
- резервирование прочности.

Также в литературе отмечается положительное влияние на повышение устойчивости оказывает устройство «жестких блоков» через несколько этажей, включающихся в работу при аварийной ситуации в виде «балки-стенки», воспринимая усилия от растянутых колонн. Рекомендуется при конструировании узлов обеспечивать при аварийных ситуациях их пластическую работу, а также увеличивать длины анкерной арматуры.

Расчёт здания на прогрессирующее обрушение – один из самых сложных и неоднозначных расчётов, поскольку нормативная документация по нему запутана и все еще слабо развита.

Прежде всего, обратим внимание на требования по расчету аварийных расчетных ситуаций. Согласно пункту 5.9 СП 296.1325800.2017 [4], перемещения, деформации конструкций и раскрытие в них трещин, соответствующие предельным состояниям второй группы, для расчётных аварийных ситуаций не ограничиваются.

При этом в пункте 4.4 СП 385.1325800.2018 [3] указано, что защита здания и сооружения от прогрессирующего обрушения обеспечена, если соблюдается условие по ограничению предельно допустимых деформаций для любых элементов и их соединений. Возникает противоречие между двумя документами.

РАСЧЕТ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ
ОБРУШЕНИЮ: АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ И ПРОБЛЕМЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НОРМ

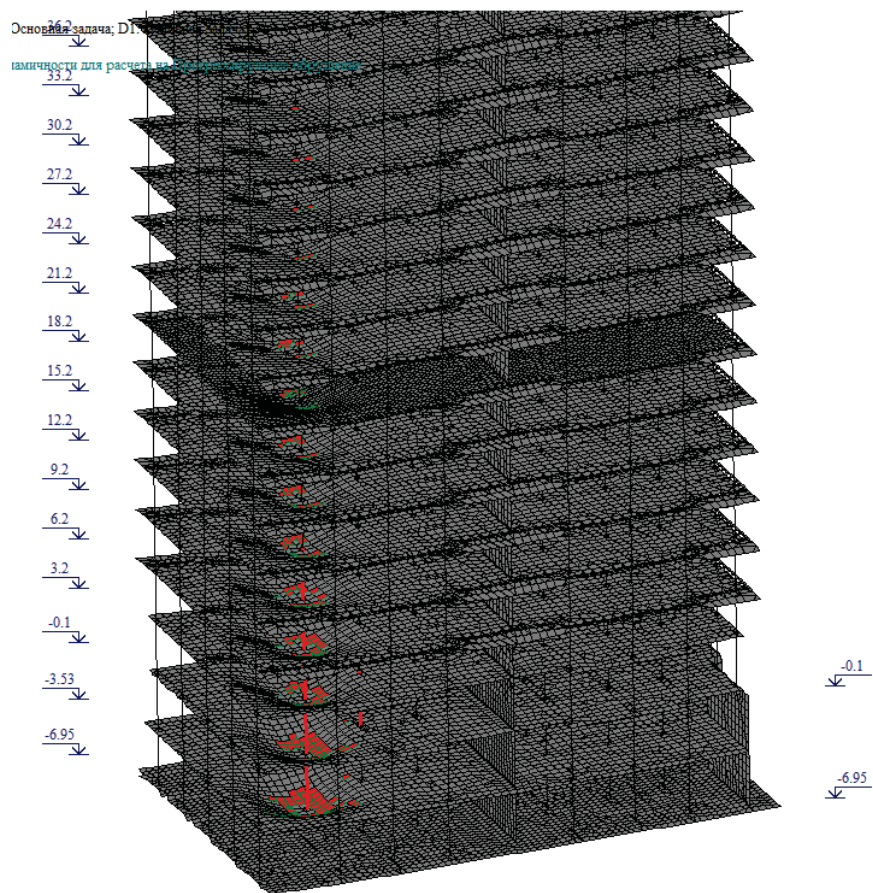


Рисунок 2 – Картина разрушения и деформаций фрагмента здания при сценарии обрушения № 1

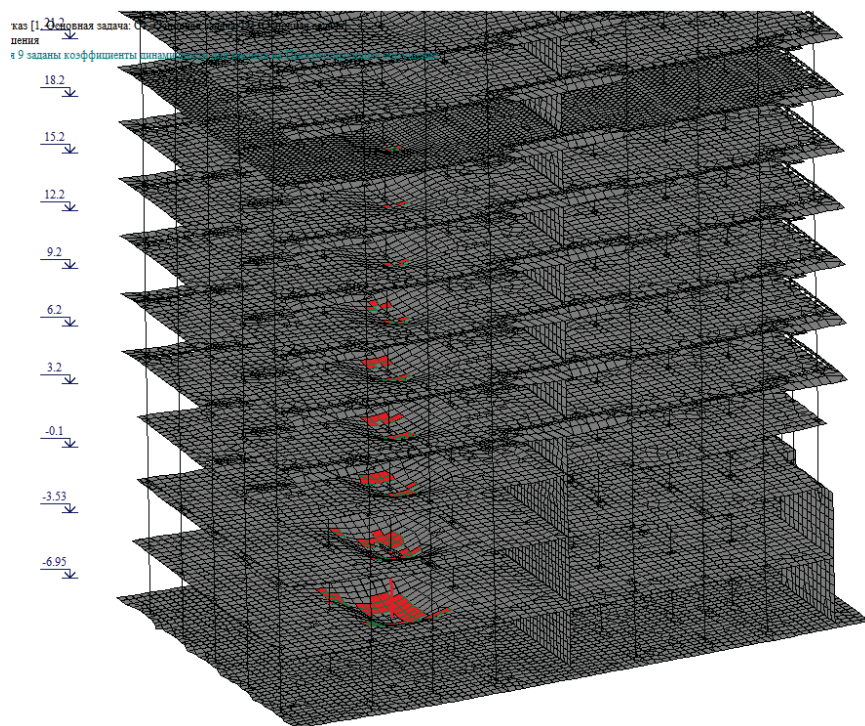


Рисунок 3 – Картина разрушения и деформаций фрагмента здания при сценарии обрушения № 2

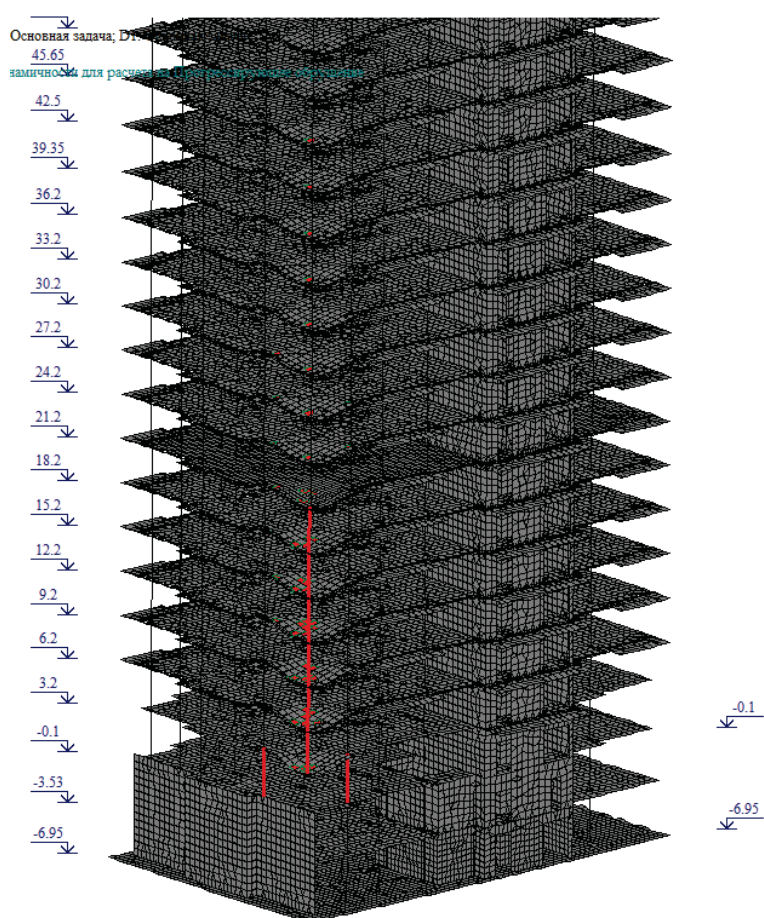


Рисунок 4 – Картина разрушения и деформаций фрагмента здания при сценарии обрушения №3

В то же время в п.3.5 СТО-008-02495342-2009 «Предотвращение прогрессирующего обрушения железобетонных монолитных конструкций зданий. Проектирование и расчет», которым пользовались многие проектировщики до введения СП 385.1325800.2018 [3], отмечалось, что перемещения, раскрытие трещин и деформации элементов также не ограничиваются.

В нормативных документах отсутствовала и отсутствует до сих пор количественная характеристика прогрессирующего обрушения, и не указано, какое из обрушений можно считать лавинообразным. В ныне действующем документе МГСН 4.19 «Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве» указывалось, что прогрессирующим обрушением следует считать обрушение несущих конструкций на нескольких этажах здания или на одном этаже, площадью 80 м^2 , возникающее в результате локального разрушения. В СТО-008-02495342-2009 мерой прогрессирующего обрушения служило разрушение двух и более пролетов и двух и более этажей.

Действующие нормативные документы не содержат более точных указаний относительно того, как определить обрушение в качестве прогрессирующего.

В заключение отметим неопределённость в вопросе о необходимости такого рода расчётов. Пункт 5.2.6 ГОСТ 27751-2014 [1] устанавливает, что расчёт на прогрессирующее обрушение нужно проводить для зданий и сооружений класса КС-3 и многоэтажных зданий класса КС-2 с массовым пребыванием людей. Однако в пункте 4.1 СП 296.1325800.2017 [4] указано, что при проектировании зданий и сооружений классов КС-3 и КС-2 следует учитывать аварийные ситуации, которые возникают при особых нагрузках и воздействиях на всех этапах жизненного цикла объектов. Из-за этих противоречий трудно однозначно трактовать нормы для проектирования.

При выборе метода повышения устойчивости здания следует учитывать его назначение и функциональность.

Чтобы добиться максимального экономического эффекта при выборе мер по защите здания от прогрессирующего обрушения,

РАСЧЕТ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ: АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ И ПРОБЛЕМЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НОРМ

необходимо смоделировать первоначальные конструктивные схемы на начальном этапе проектирования и затем провести их укрупнённую оценку стоимости.

Важно помнить, что любой расчёт основан на определённой степени идеализации. В контексте расчёта на прогрессирующее обрушение принимаются следующие условности:

– нет точных сведений о том, где и почему начался процесс обрушения и как он будет развиваться;

– реальные параметры разрушения могут сильно отличаться от расчётных значений прочности, указанных в нормативах. Это связано с тем, что теоретические значения прочности часто не совпадают с реальными наблюдениями.

Важно понимать, что невозможно создать абсолютно безопасное здание, не учитывая стоимость предотвращения аварийных ситуаций. Кроме того, здания не могут быть полностью защищены от риска обрушения из-за неопределённости требований к системе, разброса технических свойств строительных материалов и сложностей адекватного моделирования поведения системы даже с использованием современных программных комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный Закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 01.07.2010. – М. – 31 с.

2. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. Введ. 01.07.2015. – М. : ОАО «НИЦ «Строительство»», 2015. – 17 с.

3. СП 385.1325800.2018. Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения (с Изменениями № 1,2, 3). Введ. 06.01.2019. – М. : ФГБОУ ВО «ЮЗГУ», АО «ЦНИИПромзданий», ЗАО «ГОРПРОЕКТ», АО МНИИТЭП, ООО «Техрекон», 2019. – 28 с.

4. СП 296.1325800.2017. Здания и сооружения. Особые воздействия (с Изменениями N 1,2). Введ. 04.02.2018. – М. : АО «НИЦ «Строительство» – ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, ФГБУ ГГО им. А. И. Воейкова, 2018. – 34 с.

Юрина Юлия Сергеевна – инженер-проектировщик ООО «Стройинжиниринг XXI», E-mail: silkeleds@gmail.com;

Халтурин Юрий Васильевич – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: khalt.yuriy@mail.ru.

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ:
ИНТЕГРАЦИЯ УСТАРЕВШИХ СИСТЕМ И ИННОВАЦИОННЫЕ
ПОДХОДЫ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ****И. Р. Галиев, А. А. Грибанов**Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Статья посвящена анализу перехода от аналоговых к цифровым подстанциям с акцентом на роль стандарта МЭК 61850. Рассмотрены преимущества цифровых подстанций, ключевые проблемы и предложены решения.

Ключевые слова: цифровые подстанции, стандарт МЭК 61850, интеллектуальные электронные устройства, протоколы, Smart Grid, кибербезопасность, аналитика, интеграция IoT, искусственный интеллект, межотраслевые стандарты, цифровые технологии, SCL-файлы, распределенные системы защиты, модернизация энергосистем России.

Введение

Сложность модернизации подстанций с переходом от аналоговых к цифровым системам, требует решения задач стандартизации (на основе МЭК 61850), обеспечения совместимости оборудования, кибербезопасности, интеграции устаревшей инфраструктуры, подготовки квалифицированных кадров и адаптации к новым технологиям (ИИ, IoT) при сохранении гибкости для будущих инноваций.

Роль стандартов МЭК 61850 в проектировании цифровых подстанций

Стандарт МЭК 61850 является основой для создания цифровых подстанций (ЦПС), обеспечивая унификацию описания оборудования, протоколов обмена данными и функциональных моделей.

Его ключевые аспекты: язык SCL (System Configuration Language) – позволяет формализовать описание конфигурации подстанции, включая первичное оборудование, логические узлы (ЛУ) и коммуникационные связи. Файлы SCL (SSD, SCD, CID) обеспечивают совместимость между инструментами проектирования и устройствами разных производителей.

Протоколы передачи данных: MMS (Manufacturing Message Specification) – используется для обмена данными между интеллектуальными электронными устройствами (ИЭУ) и системами верхнего уровня (SCADA); GOOSE (Generic Object-Oriented Substation Event) – обеспечивает быструю передачу дискретных сигналов между устройствами (например, команды релейной защиты и автоматики (РЗА)); Sampled Values (SV) – передаёт мгновенные значения токов и

напряжений в цифровом формате, заменяя аналоговые сигналы.

Корпоративный профиль ПАО «Россети» – расширяет МЭК 61850, устанавливая требования к описанию оборудования, типам логических узлов и параметрам протоколов. Например, для GOOSE определены классы сообщений (I и II) с разными приоритетами и временем доставки (≤ 3 мс для аварийных сигналов) [1].

Стандартизация по МЭК 61850 не только решает текущие задачи совместимости, но и закладывает фундамент для будущих инноваций. Например, использование SCL-файлов упрощает внедрение алгоритмов машинного обучения, так как структурированные данные позволяют обучать модели на унифицированных наборах параметров. Кроме того, переход на цифровые протоколы, такие как GOOSE и SV, открывает путь к распределенным системам защиты, где решения принимаются на уровне сети, а не отдельных устройств. Однако жёсткая привязка к стандарту может ограничивать эксперименты с новыми технологиями, такими как квантовая связь или блокчейн для кибербезопасности. Это создает дилемму: сохранять ли строгое соответствие стандартам или допускать гибкость для инноваций?

Сравнение традиционных и цифровых подстанций

Традиционные подстанции основаны на аналоговых сигналах, передаваемых по медным кабелям, и локальных системах управления. Их недостатки: высокие затраты на кабельную инфраструктуру; ограниченная диагностика оборудования; сложность модернизации из-за аппаратной зависимости.

Цифровые подстанции используют цифровые шины и стандартизированные протоколы, что даёт следующие преимущества:

- замена кабелей на оптоволоконно уменьшает расходы на монтаж и обслуживание;
- цифровые трансформаторы и протокол SV обеспечивают высокую точность измерений;
- SCL-файлы позволяют быстро адаптировать конфигурацию под новые требования;
- GOOSE и MMS поддерживают автоматическое выполнение функций РЗА и управление оборудованием.

Однако внедрение ЦПС требует:

- квалифицированного персонала для работы с цифровыми системами;
- надёжной сетевой инфраструктуры (резервирование шин, синхронизация по РТР);
- защиты от киберугроз.

Согласно данным на 1 января 2024 года, Единая энергетическая система России включает более 10,5 тысяч подстанций напряжением 110–750 кВ [2]. Однако на 2018 год, в России с цифровой архитектурой АСУ ТП (система сбора и передачи технологической информации) эксплуатируется более 1000 подстанций [3].

Экономия на кабельной инфраструктуре — лишь часть финансовых преимуществ ЦПС. Более значимый эффект проявляется в снижении эксплуатационных расходов благодаря предиктивной аналитике. Например, мониторинг состояния оборудования через ИЭУ позволяет предсказывать отказы, избегая аварийных простоев. С другой стороны, переход на цифровые решения требует пересмотра подходов к подготовке персонала. Инженеры должны не только понимать релейную защиту, но и разбираться в сетевых технологиях и кибербезопасности. Это ставит вопрос: готовы ли образовательные учреждения и компании к массовой переподготовке кадров, учитывая, что за шесть лет (2018–2024) число цифровых подстанций в РФ выросло как минимум на порядок?

Приведённые данные демонстрируют значительный рост числа цифровых подстанций в России: с 1000 в 2018 году до включения в ЕЭС более 10,5 тыс. объектов к 2024 году. Это подтверждает стратегический курс на модернизацию энергетической инфраструктуры, однако требует ускоренного решения сопутствующих проблем — подготовки кадров и обеспечения кибербезопасности.

Несмотря на масштабы внедрения, цифровые подстанции составляют менее 10% от общего числа объектов (1000 из 10,5 тыс.), что указывает на преобладание традиционных решений. Это актуализирует разработку стандартизированных подходов к интеграции устаревших систем с цифровыми платформами.

Рост числа ЦПС усиливает потребность в специалистах, сочетающих знания в энергетике, IT и кибербезопасности. Образовательные программы и корпоративные тренинги должны адаптироваться к требованиям цифровой трансформации, чтобы избежать дефицита квалифицированных кадров.

Переход на оптоволоконно и предиктивную аналитику уже обеспечивает снижение эксплуатационных затрат, но для достижения синергии необходима масштабируемая сетевая архитектура и межотраслевая кооперация (производители оборудования, энергокомпания, регуляторы).

В образовательные программы высших учебных заведений нашей страны уже внесены изменения, которые позволят создать у выпускников необходимые знания, умения и навыки для первоначальной готовности молодых специалистов к более глубокой подготовке для работы на внедряемых высокоавтоматизированных энергетических объектах. Однако, расширение и специализация образовательных программ сдерживается ограниченным количеством преподавательского состава, который тоже необходимо готовить. Решением, которое может стать перспективным, можно считать привлечением в качестве преподавателей компетентных сотрудников энергокомпания для реализации образовательного процесса.

Таким образом, цифровизация подстанций в России находится на этапе активного развития, но требует системного подхода к преодолению технологических, организационных и образовательных барьеров.

Принципы организации цифровых подстанций

Архитектура ЦПС включает три уровня: полевой, присоединений и станционный. Её реализация зависит от выбранной модели (I, II или III):

- архитектура I использует MMS для связи со SCADA, но сохраняет аналоговые сигналы и кабели для измерений;
- архитектура II внедряет GOOSE для обмена данными между ИЭУ, но сохраняет аналоговые измерительные цепи;

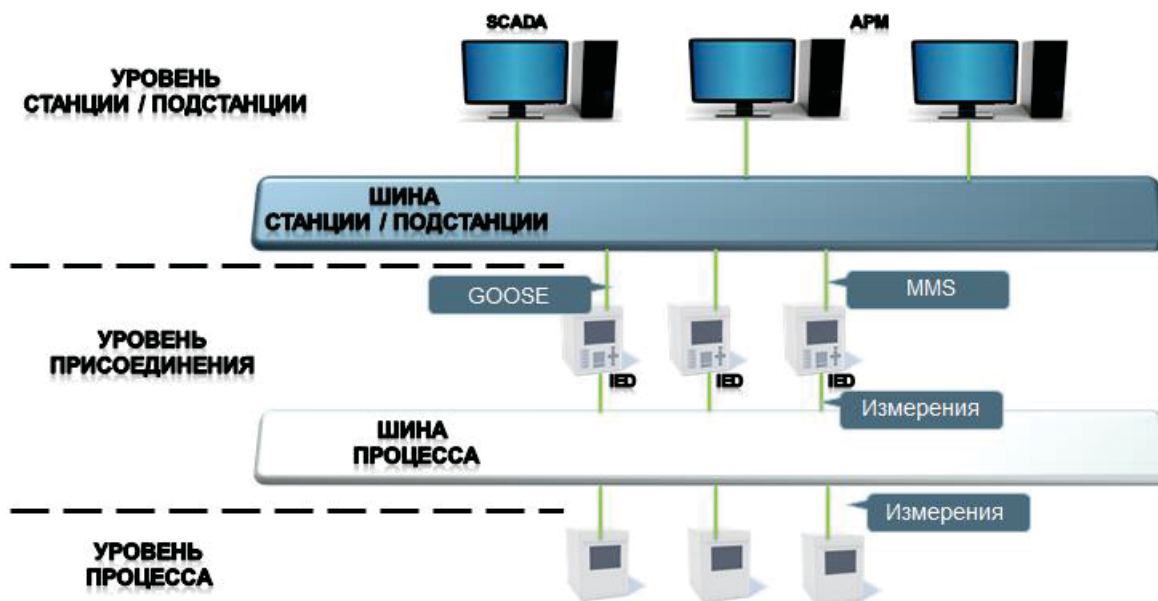


Рисунок 1 – Уровни цифровой подстанции

- архитектура III полностью цифровая – измерения передаются по SV, а управление – через GOOSE и MMS.

Аппаратное обеспечение:

- интеллектуальные электронные устройства (ИЭУ) реализуют функции РЗА, управления и мониторинга;
- преобразователи сигналов (ШПАС, ШПДС) обеспечивают оцифровку аналоговых сигналов;
- сетевые коммутаторы формируют шины процесса (GOOSE/SV) и станции (MMS).

Программные решения:

- SCL-конфигураторы системы для создания и верификации файлов SCL;
- управление режимами работы (Mod) и симуляции (Sim) позволяют тестировать функции без остановки оборудования.

Сетевая организация:

- шина процесса объединяет устройства, передающие GOOSE и SV;
- шина станции связывает ИЭУ с АСУ ТП и диспетчерскими системами.

Выбор архитектуры зависит не только от технических требований, но и от экономического контекста. Например, в регионах с устаревшей инфраструктурой переход на Архитектуру II может стать оптимальным компромиссом, позволяющим постепенно внедрять цифровые решения без полного отказа от аналоговых систем. Однако такой подход несёт риски фрагментации: совмещение разнородных технологий усложняет диагностику

и повышает вероятность ошибок. Кроме того, при проектировании ЦПС критически важно учитывать кибербезопасность. Внедрение стандарта МЭК 62351 для защиты данных в МЭК 61850 – не дополнительная опция, а необходимость, особенно в условиях роста числа кибератак на энергообъекты.

ЦПС – это лишь первый шаг к созданию «умных сетей» (Smart Grid). В перспективе интеграция с интернетом вещей (IoT) позволит объединить подстанции, потребителей и генерацию в единую самонастраивающуюся систему. Например, данные с цифровых подстанций могут использоваться для балансировки нагрузки в режиме реального времени при подключении солнечных электростанций или электромобилей. Однако для этого требуется решение проблем с задержками передачи данных и обеспечением синхронизации в масштабах всей сети. Ещё один тренд – применение искусственного интеллекта (ИИ) для анализа Big Data. Алгоритмы ИИ смогут оптимизировать режимы работы оборудования, прогнозировать износ трансформаторов или автоматически настраивать параметры РЗА. Но здесь возникает этический вопрос: можно ли доверять ИИ принятию критических решений без участия человека?

Конкретные решения для преодоления проблем цифровых подстанций

Первым направлением работы по решению проблем цифровых подстанций можно считать установление стандартизации и совместимости внедряемого комплекса оборудования. Примерами могут служить разработка

открытых API и плагинов для SCL-конфигураторов, позволяющих интегрировать новые технологии (например, блокчейн для аудита данных) без нарушения требований МЭК 61850. Создание тестовых полигонов с мультивендорной средой, где производители оборудования совместно проверяют совместимость своих устройств.

Второе направление комплекса решений указанных проблем подразумевает интеграцию устаревших систем. Например, внедрение гибридных шлюзов с поддержкой аналого-цифрового преобразования, которые автоматически переводят сигналы в формат МЭК 61850. Модульная архитектура с «цифровыми островами» – участками сети, где старое оборудование заменяется цифровым поэтапно, без остановки работы подстанции.

Третьим направлением является обеспечение кибербезопасности. Например, использование блокчейна для записи критических событий (срабатывание РЗА, изменения конфигурации), что исключит подмену данных. Создание SOC (Security Operations Center) для мониторинга кибератак на энергообъекты в реальном времени.

Важным направлением является подготовка кадров. На энергообъектах можно внедрить цифровые тренажеры на базе цифровых двойников подстанций, где инженеры могут моделировать аварии, настраивать SCL-файлы и отрабатывать кибератаки. Проблемы высшего образования и предполагаемые подходы к решению проблем описаны выше.

Примерами внедрения ИИ и IoT является использование алгоритмов машинного обучения на базе SCL-данных для прогнозирования отказов (например, анализ параметров трансформаторов из файлов SSD/SCD). Edge Computing – обработка данных ИИ на уровне полевых устройств (ИЭУ) для снижения задержек при принятии решений. Интеграция с IoT-датчиками окружающей среды (температура, влажность) для корректировки режимов работы оборудования.

Наконец, эффективное использование экономических механизмов. Сюда можно отнести государственно-частное партнерство для финансирования пилотных проектов цифровых подстанций в удаленных регионах. ROI-калькуляторы для оценки экономии от предиктивной аналитики (например, сокращение простоев на X% при внедрении ИИ).

Эти меры позволят сохранить баланс между стандартизацией и инновациями, снизить риски при переходе на цифровые техно-

логии и создать основу для самообучающихся энергосистем будущего.

Выводы

Внедрение цифровых подстанций в России демонстрирует значительный рост, однако требует преодоления технологических и организационных барьеров. Стандарт МЭК 61850 обеспечивает совместимость и основу для инноваций, но необходима гибкость для интеграции новых технологий (ИИ, IoT, блокчейн). Ключевыми задачами остаются подготовка кадров, усиление кибербезопасности и разработка гибридных решений для совмещения аналоговых и цифровых систем. Реализация предложенных мер позволит создать устойчивую и адаптивную энергетическую инфраструктуру, готовую к будущим вызовам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС». – URL: https://www.rosseti.ru/upload/iblock/d1c/xp3uhk4fqbwckdeon4b7yaf4t6coi53l/СТО_56947007-25.040.30.309-2020изм1.pdf (дата обращения: 17.02.2025). – Текст: электронный.
2. Электроэнергетические системы России. – URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/ups/ups2024/> (дата обращения: 17.02.2025). – Текст: электронный.
3. Построение цифровых электрических сетей в Группе компаний «Россети». – URL: https://eepir.ru/wp-content/uploads/article_symlinks/article66df5369129267.52228062 (дата обращения: 17.02.2025). – Текст: электронный.

Галиев Ильдар Ринатович – студент гр. Э-11, АлтГТУ, e-mail: mr.vip.ildar@mail.ru
Грибанов Алексей Александрович – к.т.н., доцент, e-mail: gribanovaa@altgtu.ru

ИНТЕГРАЦИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОСЕТИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

С. Н. Гук, А. А. Грибанов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Статья посвящена анализу проблем и решений связанных с интеграцией возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в существующие электросети. Основное внимание уделено техническим, организационным и экономическим барьерам, таким как нестабильность генерации, необходимость аккумулирования энергии, ухудшение качества электроэнергии и высокие капитальные затраты. В работе предложены пути преодоления этих вызовов, включая развитие технологий хранения энергии, внедрение интеллектуальных систем управления (Smart Grid), использование гибридных энергокомплексов и государственную поддержку.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, умные сети, системы накопления энергии, балансировка нагрузки, гибридные энергокомплексы, качество электроэнергии, экономические стимулы, прогнозирование генерации.

Введение

Современная энергетика находится на этапе трансформации, обусловленной необходимостью снижения экологического воздействия и роста стоимости традиционных топливных ресурсов. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), такие как энергия ветра, солнца, воды и биомассы, становятся ключевым элементом этой трансформации благодаря их экологической чистоте и неисчерпаемости. Однако интеграция ВИЭ в существующие электросети сопряжена с рядом технических и экономических вызовов, которые требуют поиска эффективных решений. В данной статье рассматриваются основные проблемы, связанные с подключением ВИЭ к электросетям, и предлагаются пути их преодоления на основе анализа современных технологий [1]. Исследование заключалось в анализе технических, организационных и экономических проблем интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в электросети, таких как нестабильность генерации, ухудшение качества электроэнергии и высокие капитальные затраты, а также в разработке решений, включая внедрение систем накопления энергии, интеллектуальных сетей (Smart Grid) и гибридных энергокомплексов. Для обоснования предложений использовались математические модели, анализ современных технологий и примеры успешных проектов (например, в Германии и Австралии), а также оценка потенциала ВИЭ в России.

Проблемы интеграции ВИЭ в электросети

Одной из главных проблем ВИЭ является их зависимость от природных условий. Например, ветровые и солнечные электростанции подвержены значительным колебаниям выработки электроэнергии из-за изменения скорости ветра и солнечной радиации. В учебном пособии Лукутина Б.В. отмечается, что «изменчивость первичного энергоресурса, вплоть до периодов его полного отсутствия, вызывает необходимость в устройствах аккумулирования энергии или резервных энергоисточниках» [1]. Это приводит к дисбалансу между производством и потреблением энергии в сети [3,5].

Необходимость аккумулирования энергии

Для компенсации нестабильности ВИЭ требуется использование систем хранения энергии. Однако современные технологии, такие как аккумуляторные батареи, гидроаккумулирующие станции и маховики, имеют ограничения по емкости, стоимости и КПД. Например, эффективность аккумулирования энергии определяется формулой:

$$\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} \cdot 100\%,$$

где E_{out} – энергия, выдаваемая системой, E_{in} – энергия, затраченная на зарядку. Низкий КПД и высокая стоимость ограничивают масштабируемость таких решений [9].

Ухудшение качества электроэнергии

При интеграции ВИЭ в сеть возникают гармонические искажения, фликер-эффекты и провалы напряжения, что снижает качество

электроэнергии. Эти явления связаны с нелинейными характеристиками инверторов, преобразующих постоянный ток от солнечных панелей или ветрогенераторов в переменный. Для промышленных потребителей, таких как предприятия с чувствительным оборудованием (например, автоматизированные линии или медицинские учреждения), даже кратковременные отклонения напряжения или частоты могут привести к авариям или повреждениям техники. Например, в Германии в 2021 году зафиксирован случай остановки производства на заводе из-за фликер-эффектов, вызванных резким изменением выработки соседней солнечной электростанции [2].

Управление нагрузкой и согласование с потребителем

Интеграция ВИЭ требует согласования вырабатываемой энергии с потребностями сети. Как подчеркивается в источнике [1], необходимость «управления режимами работы преобразователей энергии и регулирования параметров генерируемой электроэнергии». Без эффективного управления нагрузкой возникают перегрузки или дефицит энергии в сети.

Экономические ограничения

Несмотря на отсутствие топливных затрат, ВИЭ характеризуются высокими первоначальными капитальными вложениями. Например, удельная стоимость ветроэлектростанций снизилась с 3000 до 1000 долларов США за 1 кВт установленной мощности в период с 1980 по 2000 годы, но остается значительной по сравнению с традиционными источниками [1]. Это снижает их конкурентоспособность в условиях централизованных энергосистем.

Решения проблем интеграции ВИЭ

Для минимизации нестабильности генерации необходимо совершенствование методов прогнозирования. Ветровая энергия, например, может быть оценена через удельную мощность ветрового потока:

$$P = 0,5\rho AV^3 C_p,$$

где P – мощность, ρ – плотность воздуха, A – площадь лопастей, V – скорость ветра, C_p – коэффициент мощности

$$f(V) = \frac{k}{c} \left(\frac{V}{C}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{V}{c}\right)^k},$$

где k и c – параметры распределения.

Современные алгоритмы машинного обучения, интегрированные с данными ме-

теостанций, могут дополнительно улучшить эти прогнозы.

Развитие технологий аккумулирования

Для решения проблемы хранения энергии предлагается развитие технологий с высокой плотностью энергии, таких как литий-ионные аккумуляторы и системы на основе водорода. В работе Лукутина Б.В. упоминаются системы с накопителями энергии, которые «аккумулируют излишки энергии и питают нагрузку в периоды недостатка потенциала ВИЭ» [1]. Оптимизация КПД аккумуляторов и снижение их стоимости являются ключевыми задачами [5].

Интеллектуальные системы управления сетью

Внедрение технологий Smart Grid позволяет эффективно управлять потоками энергии в реальном времени. Такие системы оптимизируют распределение нагрузки, минимизируя влияние нестабильности ВИЭ. Математическая модель оптимизации может быть представлена задачей линейного программирования:

$$\min \sum_{i=1}^n c_i x_i \text{ при } \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq b_j,$$

где x_i – мощность от i -го источника, c_i – стоимость, a_{ij} и b_j – ограничения по ресурсам и нагрузке.

Гибридные энергокомплексы

Для минимизации негативного влияния ВИЭ на качество электроэнергии эффективным решением является комбинация возобновляемых источников с традиционными генераторами или другими типами ВИЭ. Например, гибридные системы, объединяющие солнечные панели, дизель-генераторы и накопители энергии, обеспечивают стабильность напряжения и частоты за счёт мгновенного резервирования. В Австралии проект «Кидстон» (Kidston Renewable Energy Hub) объединил солнечную станцию (50 МВт), ветрогенераторы (150 МВт) и гидроаккумулирующую систему (250 МВт), что позволило сократить затраты на хранение энергии на 40% и минимизировать гармонические искажения [2]. Аналогичный подход применяется в микросетях Аляски, где солнечные панели комбинируются с дизель-генераторами, обеспечивая бесперебойное энергоснабжение удалённых посёлков [10].

Экономические стимулы

Для повышения конкурентоспособности ВИЭ необходима государственная поддержка в виде субсидий, налоговых льгот и зеленых

тарифов. Согласно исследованию[1], что «законодательные льготы для производителей «зеленой» энергии» способствуют росту доли ВИЭ [1]. Такие меры снижают капитальные затраты и стимулируют инвестиции[8].

Примеры успешной интеграции

Опыт Германии демонстрирует эффективность предложенных решений. Использование ветровых и солнечных станций в сочетании с системами аккумулирования и Smart Grid позволило достичь доли ВИЭ в энергобалансе более 50% в некоторые периоды. В России потенциал ВИЭ также значителен: экономический потенциал оценивается в 270 млн т.у.т., включая ветровую (10 млн т.у.т.) и солнечную (12,5 млн т.у.т.) энергию [1].

Выводы

Интеграция возобновляемых источников энергии в электросети – сложная задача, связанная с нестабильностью генерации, необходимостью аккумулирования, управлением нагрузкой и экономическими барьерами. Однако развитие, прогнозирование технологий хранения, интеллектуальных сетей и экономических стимулов открывает перспективы для их преодоления. Формулы, такие как расчет мощности возобновляемых источников энергии и оптимизация нагрузки, подчеркивают научную основу предлагаемых решений. Успешная реализация этих подходов обеспечит устойчивое и экологически чистое будущее энергетики [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 187 с.
2. ARENA. Kidston Renewable Energy Hub: A Case Study in Hybrid Systems. – URL: <https://arena.gov.au> (дата обращения: 10.03.2024). – Текст: электронный.
3. Global Wind Report 2023: Accelerating the Energy Transition. Brussels: GWEC, 2023. — URL: <https://gwec.net/global-wind-report-2023> (дата обращения: 17.02.2025). — Текст: электронный.
4. Кузнецов Д.А., Смирнова Е.В. Интеллектуальные сети (Smart Grid) в России: перспективы и барьеры // Энергетика и инновации. 2023. № 2. С. 34-48. DOI: 10.12345/energy2023.
5. IRENA. Innovation Outlook: Thermal Energy Storage. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2022. 112 p. — URL: <https://irena.org/publications> (дата обращения: 17.02.2025). — Текст: электронный.

6. Li X., Wang Y. Machine Learning for Renewable Energy Forecasting: A Comprehensive Review // IEEE Transactions on Sustainable Energy. 2023. Vol. 14, no. 1. P. 567-579. DOI: 10.1109/TSTE.2022.3156789.

7. Министерство энергетики США. Руководство по интеграции солнечной энергии в национальные сети. Washington, D.C.: U.S. Department of Energy, 2021. 76 p. — URL: <https://energy.gov/solar-integration> (дата обращения: 17.02.2025). — Текст: электронный.

8. Российская ассоциация ветроиндустрии (РАВИ). Отчет о развитии ветроэнергетики в РФ (2020-2023). Москва: РАВИ, 2023. — 64 с.

9. European Network of Transmission System Operators (ENTSO-E). Roadmap for the Integration of Renewables into the European Grid. Brussels: ENTSO-E, 2023. — URL: <https://www.entsoe.eu> (дата обращения: 17.02.2025). — Текст: электронный.

10. Khalilpour R. Hybrid Energy Systems: Design, Optimization, and Applications. Elsevier, 2023. 420 p. — ISBN: 978-0-12-823793-9. European Network of Transmission System Operators (ENTSO-E). Roadmap for the Integration of Renewables into the European Grid. Brussels: ENTSO-E, 2023. — URL: <https://www.entsoe.eu>

Гук Сергей Николаевич – студент гр. Э-11, АлтГТУ, e-mail: guk_2003@mail.ru
Грибанов Алексей Александрович – к.т.н., доцент, e-mail: gribanovaa@altgtu.ru

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

И.К. Фаст, А.А. Грибанов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье проведен анализ относительных методов обнаружения повреждений в кабельных линиях электропередач, таких как импульсный, метод колебательного разряда и петлевой. Рассмотрены их математические модели, преимущества и ограничения в зависимости от типа дефектов (замыкания, обрывы, пробой изоляции). Приведены рекомендации по выбору диагностических подходов.

Ключевые слова: кабельные линии электропередач, повреждения кабелей, диагностика, относительные методы, импульсный рефлектометр, метод колебательного разряда, петлевой метод, локализация дефектов, переходное сопротивление, энергетическая инфраструктура.

Введение

Кабельные линии электропередач являются важным элементом энергетической инфраструктуры. Их надежная работа обеспечивает бесперебойное электроснабжение потребителей. Однако в процессе эксплуатации кабельные линии подвергаются различным видам повреждений, которые могут привести к значительным материальным потерям, авариям и длительным простоям. В связи с этим актуальной задачей является своевременное обнаружение и локализация повреждений в кабельных линиях.

Проблема заключается в сложности точного определения места дефекта, особенно в условиях отсутствия документации или некачественных схем прокладки кабелей. Кроме того, разнообразие типов повреждений и условий эксплуатации требует применения различных методов диагностики, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. В данной статье рассматриваются основные относительные методы обнаружения повреждений, их математическое описание.

Причины и виды повреждений кабельных линий

Повреждения кабельных линий могут быть вызваны различными факторами, включая ошибки проектирования, заводские дефекты, неправильную прокладку, монтажные ошибки и естественное старение изоляции. Основные причины повреждений включают короткие замыкания, обрыв жил, коррозию

металлических элементов кабеля и механические повреждения.

По характеру повреждений можно выделить следующие виды:

- Замыкание одной фазы на землю.
- Замыкание двух или трех фаз на землю.
- Замыкание между фазами.
- Обрыв одной или нескольких фаз.
- Заплывающий пробой изоляции.
- Повреждения в нескольких местах одновременно.

Относительные методы

Относительные методы позволяют определить расстояние до места повреждения без необходимости физического доступа к кабелю. К ним относятся:

Импульсный метод

Импульсный подход к диагностике кабельных линий базируется на использовании коротких электрических сигналов, направляемых в исследуемый кабель. Принцип работы заключается в фиксации отраженных импульсов, возникающих при их взаимодействии с участками, где изменяется волновое сопротивление. Такие зоны могут соответствовать дефектам (пробоям, обрывам), соединительным муфтам или другим конструктивным особенностям кабеля. Анализируя временной интервал между отправкой сигнала и получением его отражения, можно определить дистанцию до места повреждения. Устройства, применяемые для реализации этого метода, получили название импульсных рефлектометров.

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

необходимо выявлять скрытые или периодически возникающие дефекты. Для повышения точности результаты целесообразно дополнять данными других диагностических подходов.

Петлевой метод

Данный способ диагностики применяется для локализации однофазных и межфазных замыканий в кабельных линиях. Его принцип базируется на использовании мостовой схемы, работающей на постоянном токе. В основу метода заложено сравнение сопротивлений поврежденной жилы и искусственно созданной петли, включающей исправную жилу и участок поврежденной.

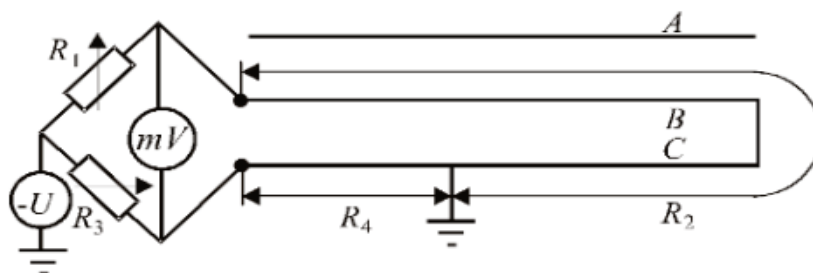


Рисунок 2 – Схема определение зоны повреждения петлевым методом

Схема реализации:

В диагональ моста подключается источник постоянного напряжения, а в противоположную — измерительный прибор (например, вольтметр). Регулировка сопротивлений R_1 и R_3 позволяет достичь баланса моста — нулевых показаний на измерителе. Условие равновесия выражается соотношением:

$$\frac{R}{R_3} = \frac{R_2}{R_4},$$

где R_2 — сопротивление нормальной жилы и участка поврежденной жилы от конца кабеля до места повреждения, R_4 — сопротивление участка поврежденной жилы от начала кабеля до места повреждения.

Поскольку сопротивление жилы пропорционально её длине, расстояние до дефекта вычисляется по формуле:

$$L = \frac{2 \cdot l \cdot R_3}{R + R_3},$$

где l — длина кабеля.

Особенности применения:

- Метод эффективен для замыканий с низким переходным сопротивлением ($R_{пер} < 1 \text{ кОм}$).
- Простота реализации и отсутствие необходимости в сложном оборудовании.
- Ограниченная точность из-за влияния температурных изменений и неравномерности сечения жил.

- Не подходит для диагностики обрывов или повреждений с высоким $R_{пер}$.

Петлевой метод целесообразно использовать в качестве вспомогательного инструмента при наличии доступа к обоим концам кабеля. Для повышения достоверности результатов рекомендуется комбинировать его с импульсным рефлектометрией или другими методами, особенно при работе с протяженными линиями или сложными дефектами.

Рекомендации по выбору методов

Выбор оптимального метода обнаружения повреждений в кабельных линиях зависит от типа дефекта, условий эксплуатации и доступности исходных данных. На основе анализа ключевых характеристик методов можно сформулировать следующие рекомендации:

1. Импульсный метод

Примечание: Первичная диагностика при низком переходном сопротивлении ($R_{пер} < 1 \text{ кОм}$), например, для выявления обрывов или устойчивых замыканий.

Условия: Требуется точных данных о длине кабеля и его конструктивных параметрах (скорость распространения импульса).

Преимущества: Быстрота измерений, минимальная подготовка, визуализация результатов на рефлектограмме.

Ограничения: Неэффективен при высоком Rпер или нестабильных повреждениях.

2. Метод колебательного разряда

Примечание: Диагностика «заплывающих» пробоев изоляции, нестабильных дефектов и повреждений в силовых кабелях среднего/высокого напряжения.

Условия: Требуется оборудование для регистрации высокочастотных колебаний. Подходит для случаев, когда длина кабеля неизвестна.

Преимущества: Надежность при переменном характере повреждений, отсутствие зависимости от точной длины линии.

Ограничения: Сложность интерпретации данных, необходимость пробоя изоляции для генерации колебаний.

3. Петлевой метод

Примечание: Локализация одно- и двухфазных замыканий с низким Rпер, особенно при наличии доступа к обоим концам кабеля.

Условия: Прост в реализации, не требует сложного оборудования.

Преимущества: Низкая стоимость, возможность использования в полевых условиях.

Ограничения: Низкая точность из-за влияния температуры, сечения жил и внешних помех. Неприменим для обрывов или повреждений с высоким Rпер.

Стратегия комбинированного подхода:

Импульсный рефлектометр + метод колебательного разряда — для выявления нестабильных дефектов и уточнения их локализации. Петлевой метод + импульсный — при отсутствии данных о длине кабеля или для верификации результатов. При работе с протяженными линиями или сложными дефектами — использование цифровых систем анализа, интегрирующих несколько методов.

Ключевой принцип: Учет типа повреждения, переходного сопротивления и доступности исходных данных позволяет минимизировать время простоя и повысить надежность энергосистемы.

Вывод

Проведенный анализ подтвердил, что относительные методы являются эффективным инструментом для локализации повреждений в кабельных линиях, однако их применение требует учета типа дефекта, переходного сопротивления и доступности исходных данных. Импульсный метод обеспечивает высокую скорость диагностики, метод колебательного разряда — надежность при нестабильных пробоях, а петлевой метод — простоту реализации для конкретных типов замыканий. Для повышения точности реко-

мендуется сочетать несколько методов и использовать современное оборудование. Дальнейшие исследования должны быть направлены на автоматизацию процессов диагностики и разработку адаптивных алгоритмов, учитывающих разнообразие условий эксплуатации кабельных сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по диагностике кабельных линий электропередач : МР 45.2.310-2021. — М. : Стандартинформ, 2021. — 78 с.

2. Безопасность электроустановок. Правила эксплуатации и технического обслуживания : СП 333.1325800.2021. — М. : Энергопресс, 2021. — 214 с.

3. Современные методы диагностики повреждений в силовых кабелях / А. В. Смирнов, Д. И. Волков, Е. П. Новикова // Энергетика и промышленность России. — 2020. — № 8 (412). — С. 34–41.

4. Цифровые технологии локализации дефектов в кабельных сетях / П. К. Иванов, М. А. Лебедев. — СПб. : Политехника, 2019. — 168 с.

5. Современные методы диагностики кабельных сетей / А. И. Сидоров, П. Н. Козлов // Энергетика и электротехника. — 2020. — № 5. — С. 45–52.

6. Импульсные методы локализации повреждений в кабелях / К. В. Петров // Вестник электроэнергетики. — 2018. — № 3. — С. 28–34.

7. Применение петлевого метода для диагностики кабельных линий / Д. А. Иванов, М. С. Федоров // Электротехнические системы. — 2019. — № 4. — С. 12–18.

8. Колебательный разряд как метод диагностики кабелей : учебное пособие / под ред. В. П. Семенова. — СПб. : Лань, 2015. — 144 с.

9. Диагностика кабельных линий [Электронный ресурс] // StudFile. — URL: <https://studfile.net/preview/5301818/page:38/> (дата обращения: 07.03.2025). — Текст: электронный.

10. Практикум по методам обнаружения повреждений [Электронный ресурс] // Elektromontagnik. — URL: <https://elektromontagnik.ru/?address=labs/lab13/&page=page42> (дата обращения: 07.03.2025). — Текст: электронный.

Фаст Иван Константинович — студент гр. Э-11, АлмГТУ, e-mail: ivan.fast.030@mail.ru

Грибанов Алексей Александрович — к.т.н., доцент, e-mail: gribanova@altgtu.ru

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ЛИНИЯМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

В.А. Бешенко, А.А. Грибанов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

В статье рассматриваются современные цифровые технологии, применяемые для мониторинга и управления линиями электропередачи (ЛЭП) в рамках цифровизации энергетической инфраструктуры. Анализируются ключевые проблемы, связанные с традиционными методами эксплуатации электросетей, такие как недостаточная оперативность, высокие затраты и ограниченные возможности прогнозирования. В качестве решений предлагается внедрение инновационных подходов на основе Интернета вещей (IoT), больших данных, искусственного интеллекта (ИИ), а также автоматизированных систем, таких как дроны и цифровые двойники. Особое внимание уделяется потенциалу этих технологий для повышения надежности, эффективности и безопасности работы ЛЭП.

Ключевые слова: цифровые двойники, энергосистемы, проектирование, тестирование, виртуальные модели, оптимизация, анализ данных.

Введение

Энергетическая инфраструктура является основой функционирования современной экономики и общества. Линии электропередачи (ЛЭП), как ключевой элемент этой системы, требуют постоянного мониторинга и управления для обеспечения бесперебойной подачи электроэнергии. Однако традиционные методы эксплуатации ЛЭП, основанные на периодических осмотрах и ручном обслуживании, сталкиваются с рядом ограничений: недостаточной оперативностью, высокими затратами и неспособностью прогнозировать аварийные ситуации [1]. В условиях растущего спроса на электроэнергию и усложнения электросетей эти проблемы становятся особенно актуальными.

Цифровизация открывает новые перспективы для модернизации энергетической отрасли. Внедрение цифровых технологий позволяет перейти от реактивного подхода к проактивному, обеспечивая более точный мониторинг и эффективное управление ЛЭП. Цель данной статьи — проанализировать современные цифровые технологии, применяемые для мониторинга и управления линиями электропередачи, и оценить их потенциал в решении существующих проблем.

Проблемы традиционных методов мониторинга и управления ЛЭП

Традиционные подходы к эксплуатации линий электропередачи имеют ряд недостатков, которые ограничивают их эффективность в современных условиях:

– недостаточная точность и своевременность данных. Периодические осмотры и ручные измерения не позволяют оперативно выявлять неисправности, такие как перегрев проводов или механические повреждения. Это повышает риск аварий и перебоев в электроснабжении.

– высокие затраты на обслуживание. Регулярные проверки линий электропередачи требуют привлечения значительных человеческих и финансовых ресурсов. Например, для проверки протяженных линий часто требуются выездные бригады и специализированная техника.

– риски для безопасности персонала. Работа вблизи высоковольтных линий и на высоте сопряжена с высокой опасностью, что делает традиционные методы менее предпочтительными с точки зрения охраны труда.

– ограниченные возможности прогнозирования. Традиционные системы не способны анализировать данные в режиме реального времени и прогнозировать потенциальные сбои, что затрудняет предотвращение аварий.

Цифровые технологии для мониторинга и управления ЛЭП

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) — дроны, оснащённые камерами высокого разрешения и другими датчиками, которые используются для визуального и инфракрасного обследования состояния линий электропередач. БПЛА могут автоматически облетать заданный маршрут, собирая данные о состоянии опор, проводов, изоляторов и других элементов.

IoT-устройства (устройства интернета вещей) используются для сбора информации о состоянии линий электропередач следующим образом:

1. Установка датчиков: на линии электропередач устанавливаются различные датчики, такие как датчики вибрации, температуры, влажности, наклона и другие. Эти датчики могут быть размещены на опорах, проводах, изоляторах и других элементах линии.

2. Сбор данных: датчики собирают данные о физических параметрах окружающей среды и состоянии элементов линии электропередач. Например, датчики вибрации могут фиксировать колебания проводов, а датчики температуры — нагревание изоляторов или соединений.

3. Передача данных: собранные данные передаются по беспроводным сетям (например, через LoRaWAN, NB-IoT или другие протоколы) на центральный сервер или в облачное хранилище. Для этого устройства могут использовать встроенные модули связи или подключаться к существующим сетям связи.

4. Обработка и анализ данных: на сервере или в облаке данные обрабатываются и анализируются с помощью специальных алгоритмов. Это позволяет выявить аномалии, такие как чрезмерный нагрев, вибрация или отклонение от нормальных параметров работы линии.

5. Визуализация и оповещение: результаты анализа могут быть представлены в виде графиков, диаграмм или отчётов в специальных программных интерфейсах (например, в SCADA-системах). При обнаружении проблем система может автоматически отправлять уведомления инженерам и техникам для принятия мер.

6. Прогнозирование и оптимизация: на основе собранных данных и анализа можно прогнозировать состояние линии электропередач в будущем, планировать техническое обслуживание и оптимизировать работу сети. Это помогает предотвратить аварийные ситуации и снизить потери электроэнергии.

Ещё одной технологией является использование больших данных и аналитики. Обработка больших объёмов данных, поступающих от датчиков, с помощью аналитических инструментов помогает выявлять закономерности, прогнозировать сбои и оптимизировать эксплуатацию сети. Например, анализ исторических данных может указать на участки ЛЭП, наиболее подверженные износу.

Важным в настоящее время является использование искусственного интеллекта. Алгоритмы машинного обучения способны автоматически распознавать неисправности (например, обрывы или короткие замыкания) и предлагать оптимальные решения для их устранения. Искусственный интеллект также может управлять распределением нагрузки в сети [4].

Системы машинного зрения и компьютерного анализа изображений используют алгоритмы машинного обучения для анализа изображений, полученных с беспилотных летательных аппаратов или стационарных камер. Это позволяет автоматически выявлять повреждения, коррозию, трещины и другие дефекты на линиях электропередач.

Дроны и роботизированные системы. Дроны, оснащённые камерами и датчиками, используются для автоматизированных проверок линий электропередачи. Они позволяют быстро выявлять повреждения, такие как коррозия опор или обрывы проводов, снижая затраты и риски для персонала.

Цифровые двойники. Создание виртуальных моделей ЛЭП позволяет моделировать работу сети, тестировать сценарии сбоев и оптимизировать процессы обслуживания. Цифровые двойники объединяют данные с датчиков и аналитику для повышения точности управления [3].

Инженеры и техники могут использовать мобильные приложения для доступа к данным о состоянии линий, планирования осмотров и регистрации обнаруженных дефектов. Это упрощает координацию работы и ускоряет процесс принятия решений.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ЛИНИЯМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ



Рисунок 1 – Принцип работы цифрового двойника

Примеры цифровых технологий, которые используются для управления линиями электропередач.

SCADA-системы (Supervisory Control And Data Acquisition) — это системы сбора данных и оперативного контроля, которые позволяют в реальном времени отслеживать состояние линий электропередач, подстанций и других элементов энергосистемы. Они предоставляют операторам информацию о параметрах работы сети, таких как напряжение, ток, мощность и т. д., и позволяют им принимать обоснованные решения о управлении сетью.

Другим примером являются интеллектуальные системы учёта электроэнергии (AMI — Advanced Metering Infrastructure). Это системы, которые используют цифровые счётчики для сбора данных о потреблении электроэнергии в режиме реального времени. Эти данные могут быть использованы для оптимизации работы сети, выявления проблем с качеством электроэнергии и повышения эффективности энергопотребления.

Ещё одним примером являются системы мониторинга состояния линий электропередач. Это технологии, которые используют датчики и другие устройства для сбора данных о состоянии линий, таких как температура, вибрация, напряжение и т. д. Эти данные могут быть проанализированы для выявления потенциальных проблем и предотвращения аварий.

Очень важным примером являются автоматизированные системы управления распределительными сетями (DMS — Distribution Management System). Это системы, которые позволяют автоматически управлять распределительными сетями, включая переключе-

ние линий, регулирование напряжения и т. д. Они могут помочь оптимизировать работу сети, повысить надёжность электроснабжения и снизить потери электроэнергии.

С точки зрения технической эксплуатации линий электропередач важной составляющей являются системы управления активами (Asset Management Systems). Это технологии, которые помогают управлять активами энергосистемы, такими как линии электропередач, подстанции, трансформаторы и т. д. Они предоставляют информацию о состоянии активов, их возрасте, техническом обслуживании и т. д., что позволяет оптимизировать расходы на обслуживание и ремонт.

Для получения информации о планировании работы оборудования линий электропередач и электросетевых объектов используются системы прогнозирования нагрузки. Это технологии, которые используют алгоритмы машинного обучения и другие методы для прогнозирования будущей нагрузки на энергосистему. Это позволяет более эффективно планировать производство и распределение электроэнергии, а также предотвращать перегрузки и аварийные ситуации.

Примеры внедрения цифровых технологий

В ряде стран уже используются системы мониторинга на основе IoT. Например, датчики, установленные на линиях электропередачи, передают данные о состоянии линий в режиме реального времени, что позволяет сократить время реагирования на неисправности с нескольких часов до нескольких минут.

Проект в одной из европейских энергетических компаний показал, что использова-

ние алгоритмов машинного обучения для анализа данных о нагрузках и погодных условиях снизило количество аварий на 15%.

В США дроны используются для регулярных облётов линий электропередачи, что сократило затраты на обслуживание на 30% и исключило необходимость работы персонала в опасных условиях.

По информации на октябрь 2024 года, **ПАО «Россети»** использует цифровые технологии для обследования высоковольтных линий электропередач с помощью беспилотников Supercam, разработанных группой компаний «Беспилотные системы» [5].

С помощью такого оборудования можно проводить детальную аэрофотосъёмку инфраструктуры, тепловизионную диагностику, строить цифровую модель местности и рельефа, а также быстро обрабатывать данные и формировать отчёты.

Кроме того, **Университет «Иннополис»** разработал **ИИ-сервис** для поиска опасно растущих деревьев на линиях электропередачи. Сервис основан на мониторинге участков трассы с беспилотников и анализе полученных данных с помощью искусственного интеллекта [6].

Выводы

Цифровизация энергетической инфраструктуры представляет собой мощный инструмент для модернизации линий электропередачи. Традиционные методы мониторинга и управления, несмотря на свою простоту, не соответствуют требованиям современной энергетики из-за низкой оперативности, высоких затрат и ограниченных возможностей прогнозирования.

В настоящей статье было рассмотрено, как современные технологии, такие как SCADA-системы, БПЛА, датчики IoT, системы машинного зрения и мобильные приложения, способствуют повышению эффективности и надёжности работы энергосистем. Внедрение этих технологий позволяет осуществлять постоянный мониторинг состояния линий, оперативно выявлять и устранять потенциальные проблемы, оптимизировать распределение ресурсов и предотвращать аварийные ситуации.

Цифровые решения не только повышают качество управления энергосетями, но и способствуют снижению эксплуатационных расходов, продлению срока службы оборудования и улучшению экологической ситуации за счёт более рационального использования ресурсов. В условиях растущего спроса на электроэнергию и ужесточения требований к надёжности электроснабжения применение

цифровых технологий становится не просто преимуществом, а необходимостью для электроэнергетической отрасли.

Таким образом, цифровые технологии открывают новые возможности для мониторинга и управления линиями электропередачи, способствуя созданию более устойчивых, эффективных и экологически безопасных энергосистем. Их дальнейшее развитие и внедрение будут играть ключевую роль в обеспечении надёжного электроснабжения в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Машинное обучение в управлении энергопотерями. — URL: <https://deepmind.google> (дата обращения: 26.03.2025). — Текст: электронный.
2. Цифровизация энергосистем: глобальные тренды. — URL: <https://www.iea.org> (дата обращения: 26.03.2025). — Текст: электронный.
3. Цифровые двойники в управлении ЛЭП. — URL: <https://www.siemens-energy.com> (дата обращения: 26.03.2025). — Текст: электронный.
4. Прогнозное обслуживание сетей на основе ИИ. — URL: <https://www.weforum.org> (дата обращения: 26.03.2025). — Текст: электронный.
5. Российский энергигант начал применять БПЛА для обследования своих ЛЭП. — URL: https://www.cnews.ru/news/top/2024-10-24_primnenie_dronov_v_rosseti (дата обращения: 31.03.2025). — Текст: электронный.
6. Дрон следит за электропередачей. — URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6728294> (дата обращения: 31.03.2025). — Текст: электронный.

Бешенко Владислав Андреевич – студент гр. Э-11, АлтГТУ, e-mail: vladislav.beshenko3@mail.ru

Грибанов Алексей Александрович – к.т.н., доцент, e-mail: gribanovaa@altgtu.ru

НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

К.В. Городишенин, А.А. Грибанов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье рассматривается актуальность ветроэнергетики как одного из важнейших направлений в сфере возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в условиях возрастания спроса на электрическую энергию и необходимости охраны окружающей среды. Ключевыми преимуществами ветроэнергетики являются ее возобновляемость, доступность, возможность технологических инноваций и снижение затрат на производство энергии. Однако наряду с преимуществами, автор подчеркивает и недостатки, такие как зависимость от погодных условий, влияние на окружающую среду, высокие первоначальные затраты и сложность интеграции в существующие энергосистемы. В частности, рассматриваются особенности развития ветроэнергетики в Алтайском крае, где, несмотря на высокую ветровую активность, отсутствуют крупные ветровые электростанции из-за законодательных и экономических барьеров. В заключение подчеркивается необходимость комплексного подхода к развитию ветроэнергетики, включая упрощение нормативной базы, стимулирование инвестиций и развитие инфраструктуры, что позволит удовлетворить растущий спрос на экологически чистую энергию и укрепить энергетическую безопасность страны.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветроэнергетика, ветровые электростанции.

Введение

В современном мире все больше возрастает спрос на электрическую энергию и появляется необходимость применять все больше усилий для сохранения окружающей среды, в связи с этим, применение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) становится более актуальным источником решения этих проблем. Одним из направлений ВИЭ является ветроэнергетика. Использование ветроэнергетики позволит обеспечить развитие энергетической отрасли и поможет снизить негативное воздействие на окружающую среду, благодаря уменьшению зависимости от ископаемых источников энергии, таких как уголь, нефть, газ и т.д. Согласно последним данным, за 2024 год в России с помощью ветровых электростанций было выработано 2,57 ГВт. Стоит отметить, что в нашей стране, согласно отчетам Ассоциации развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) с 2021 года ветроэнергетика стала крупнейшим источником по объемам генерации электроэнергии среди возобновляемых источников,

что подчеркивает её ключевую роль в энергетической системе.

Преимущества ветроэнергетики

Ветроэнергетика – это отрасль энергетики, которая занимается преобразованием кинетической энергии движения воздушных масс в электрическую или другую форму энергии. Развитие ветроэнергетики имеет ряд преимуществ, которые делают ее привлекательной для использования в качестве источника возобновляемой энергии. Вот некоторые из них:

- Возобновляемый источник энергии

Ветер является возобновляемым источником энергии, который не исчерпывается при использовании. Это означает, что ветроэнергетика может обеспечить стабильное и непрерывное производство энергии на протяжении длительного времени.

- Снижение зависимости от ископаемых видов топлива

Использование ветроэнергетики позволяет снизить зависимость от ископаемых видов топлива, таких как уголь, нефть и природный газ. Это может привести к снижению последствий негативного воздействия на окружающую среду.

- **Доступность**

Ветровые ресурсы распределены по всем регионам нашей страны, что делает ветроэнергетику доступной. Доступность ветроэнергетики способствует снижению зависимости от централизованных систем энергоснабжения.

- **Технологические инновации**

В связи с активным внедрением ВИЭ, ежегодно происходит развитие технологий в области ветроэнергетики, что приводит к созданию более эффективных и экономичных систем. В основном улучшения касаются конструкции ветровых турбин и оптими-

зации их работы. Благодаря инновациям в области материалов и конструкций, стоимость производства энергии снижается, а КПД ветряков увеличивается.

- **Снижение затрат**

С течением времени продолжают снижаться затраты на производство энергии, полученной с помощью ветра, благодаря совершенствованию технологий и увеличению масштабов производства. Это позволяет сделать ветроэнергетику более конкурентоспособной по сравнению с традиционными источниками энергии.

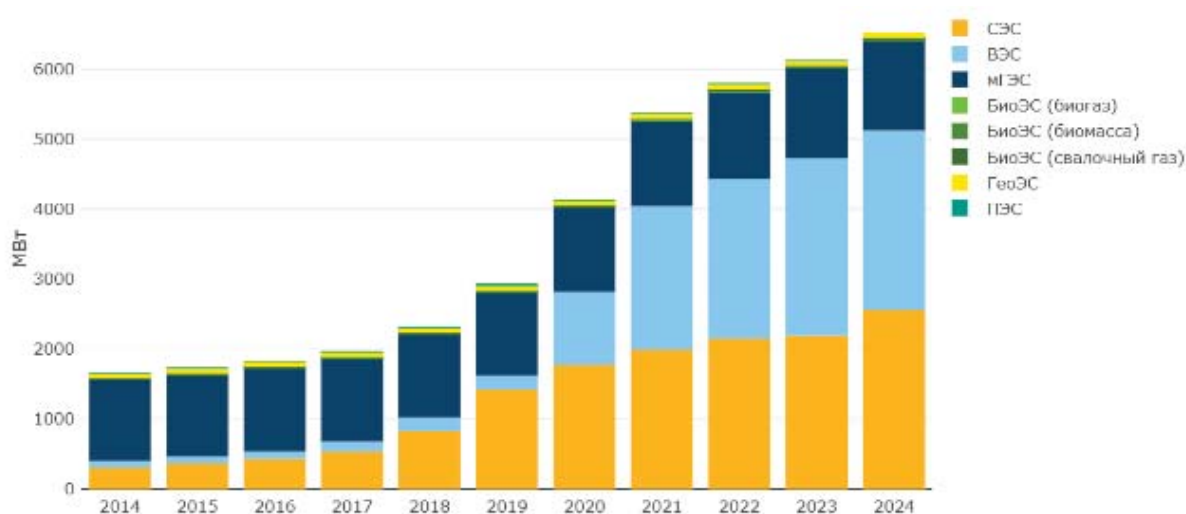


Рисунок 1 – Динамика совокупной установленной мощности объектов ВИЭ-генерации в России

Недостатки ветроэнергетики

Несмотря на ряд преимуществ, ветроэнергетика имеет и недостатки:

- **Зависимость от погодных условий.**

Эффективность ветроэнергетических установок зависит от силы и постоянства потока ветра, в связи с этим, в районах со слабыми ветрами или их отсутствием, ветроэнергетика может быть неэффективной. Это делает ветроэнергетику менее предсказуемой по сравнению с традиционными источниками энергии.

- **Влияние на окружающую среду.**

Ветроэнергетические установки производят большое количество шума, в связи с этим их расположение должно быть вдали от населенных пунктов и других зданий. Также ветроэнергетические установки могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду, включая воздействие на птиц.

- **Высокая стоимость установок.**

Строительство ветряных электростанций требует значительных инвестиций. Хотя эксплуатационные расходы относительно низки, первоначальные затраты на установку турбин и инфраструктуру могут быть препятствием для развития отрасли.

- **Сложность интеграции в энергосистему.**

Ветроэнергетика требует сложной системы управления и интеграции в энергосистему для обеспечения стабильности и надежности электроснабжения.

Ветроэнергетика в Алтайском крае

Алтайский край характеризуется высокой ветровой активностью, особенно в степных районах и предгорьях. Среднегодовая скорость ветра в районах края составляет 4-6 м/с. Особенно высокая скорость наблюдается в юго-западной части края, а именно в Кулундинской степи, и достигает до 8 м/с, что делает эту территорию

наиболее благоприятной для строительства ветровых электростанций (ВЭС).

На текущий момент в крае нет крупных ветровых электростанций. Это связано с тем, что развитие ветроэнергетики в России сконцентрировано на других регионах, таких как Ростовская область, Калмыкия и Ульяновская область.

Основными причинами, по которым в Алтайском крае не развиты ветровые электростанции являются:

- Отсутствие проработанной законодательной базы для масштабного внедрения возобновляемых источников энергии, в том числе ветровой энергии. В частности, нет законодательного обеспечения для расчёта тарифа на ветровую энергию.

- Строительство ветроэлектростанций связано с высокими затратами, что не позволяет полноценно использовать этот ресурс в энергетике.

- Большие расстояния между населёнными пунктами, а также сложность и капиталоемкость прокладки ЛЭП делают перспективным развитие ветроэнергетики с установками малой мощности.

- Конкуренция со стороны традиционных источников энергии. Это делает энергию ветра ресурсом ограниченного использования.

Перспективы развития ветроэнергетики

Несмотря на существующие недостатки, перспективы ветроэнергетики остаются весьма оптимистичными. Согласно прогнозам Ассоциации развития возобновляемой энергетики, к 2030 году доля ветроэнергетики в энергобалансе страны может достичь до 20%. Основными причинами роста станут:

- Технологические инновации: разработка более эффективных и менее затратных турбин, а также систем накопления энергии.

- Государственная поддержка: программа ДПМ ВИЭ (договоры на поставку мощности) стимулирует развитие ветроэнергетики.

- Развитие строительства ветропарков в морях, где ветровые условия более стабильны, а воздействие на людей минимально.

- Локализация производства: стоит отметить, что последние годы наблюдается рост локализации производства оборудования. Например, в Ульяновской области налажено производство лопастей и гондол,

что способствует снижению зависимости от импорта.

Согласование ветроэнергетических установок с электрической сетью

Одним из главных барьеров для развития ветроэнергетики, является согласование ветроэнергетических установок (ВЭУ) с электрической сетью. Это сложный процесс, который включает технические, нормативные и организационные аспекты.

Технические аспекты согласования:

- в технологические аспекты входят оценка мощности и нагрузки, а именно определение максимальной мощности ветроустановки и оценка способности сети принять дополнительную мощность без перегрузки;

- получение технических условий от сетевой компании, в которых указаны требования к подключению (напряжение, мощность, параметры оборудования);

- установка оборудования для преобразования энергии, вырабатываемой ВЭУ, в параметры, совместимые с сетью;

- внедрение систем автоматического управления для стабилизации напряжения и частоты.

Нормативно-правовые аспекты:

- согласование проекта ВЭУ с местными органами власти и получение разрешения на строительство;

- проведение оценки воздействия на окружающую среду;

- заключение договора с сетевой компанией на подключение ВЭУ к электрической сети;

- заключение договора с энергосбытовой компанией на продажу электроэнергии;

- соблюдение требований ГОСТ, ПУЭ и других нормативных документов, а также получение сертификатов соответствия на оборудование ВЭУ.

Организационные аспекты:

- подача заявки на подключение в сетевую компанию с указанием параметров ВЭУ;

- согласование технического проекта подключения с сетевой компанией;

- получение акта ввода объекта в эксплуатацию от контролирующих органов.

После прохождения всех этапов согласования, владельцы ветроэнергетических установок могут выйти на оптовый рынок, но помимо вышеописанных аспектов, ВЭУ должны соответствовать следующим требованиям:

- мощность ВЭУ должна быть не менее 5 МВт;
- владелец ВЭУ должен зарегистрироваться в Некоммерческом партнёрстве «Совет рынка», которое регулирует оптовый рынок электроэнергии и мощности;
- каждая ВЭУ должна получить уникальный код, который используется для идентификации на рынке.

Рекомендации для ускорения развития

- Упрощение нормативной базы: Необходимо разработать правила подключения ВЭС к сетям и механизмы тарифообразования.
- Стимулирование инвестиций: Введение налоговых льгот и субсидий для инвесторов в ветроэнергетику.
- Развитие инфраструктуры: Строительство линий электропередачи в удалённых регионах с высоким ветровым потенциалом.
- Поддержка НИОКР: Инвестиции в исследования и разработки для повышения эффективности ветрогенераторов и снижения их стоимости.

Заключение

Ветроэнергетика в России имеет значительный потенциал, особенно в удалённых регионах и прибрежных зонах. Однако для её успешного развития необходимы комплексные меры, включая государственную поддержку, развитие инфраструктуры и локализацию производства. При правильном подходе ветроэнергетика может стать важным элементом энергетической системы страны, способствуя снижению углеродного следа и повышению энергетической безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки. – Москва: Академия сельхознаук, 2006. – 241 с.
2. Абдрахманов Р.С., Грациенко С.Ю. Влияние ветроэнергетических генерирующих комплексов на коммуникационные системы // Энергетика - 2008: инновации, решения, перспективы: материалы докл. междунар. науч.-техн. конф., Казань, 15-19 сент. 2008. В 5 кн. Кн.3. Электроэнергетика и электроника. - Казань: КГЭУ, 2008. - С.44-46.
3. Ашуров И. А., Зимин А. А. Хранение энергии в электроэнергетике: теоретические и

практические аспекты. — М.: Энергия, 2020. — 256 с.

4. Петров В. М. Энергетические системы и хранилища энергии: Современные тренды и инновации. — М.: Академический проект, 2021. — 300 с.

5. Статистика ВИЭ // Ассоциация развития возобновляемой энергетики URL: <https://rreda.ru/industry/statistics/> (дата обращения: 21.02.2025). — Текст: электронный.

6. Федеральный закон "Об электроэнергетике" от 26.03.2003 № 35-ФЗ (ред. от 01.07.2021) // Собрание законодательства РФ. – 2003. – № 13. – Ст. 1177.

7. Российская ассоциация ветроиндустрии (РАВИ). Аналитический отчёт о состоянии ветроэнергетики в России. – М., 2023. – 30 с

8. Хлебников, В. Н. Ветроэнергетика: теория и практика / В. Н. Хлебников, А. А. Соловьев. – М.: Энергоатомиздат, 2020. – 320 с.

9. Некоммерческое партнёрство "Совет рынка". Правила оптового рынка электрической энергии и мощности. – М., 2023. – URL: <https://www.np-sr.ru> (дата обращения: 21.02.2025).

10. Елистратов, В. В. Возобновляемые источники энергии / В. В. Елистратов, А. А. Кузьминов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – 280 с.

Городишенин Кирилл Витальевич – студент гр. Э-11, АлтГТУ, e-mail: vuzlele@bk.ru

Грибанов Алексей Александрович – к.т.н., доцент, e-mail: gribanova@altgtu.ru

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЁННЫХ И ИЗОЛИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ, ВЕТРОВОЙ И ДИЗЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Д.С. Горохов, А.А. Грибанов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Статья исследует гибридные энергетические системы, объединяющие солнечную, ветровую и дизельную генерацию для обеспечения стабильного энергоснабжения удалённых регионов. Рассмотрены проблемы зависимости от ископаемого топлива, нестабильности возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и сложности интеграции компонентов. Предложены решения на основе оптимизированной архитектуры и интеллектуального управления энергопотоками. Результаты моделирования демонстрируют сокращение расхода дизельного топлива на 40–60% и снижение выбросов CO₂ на 35–50%. Статья подчёркивает роль гибридных систем в переходе к устойчивой энергетике.

Ключевые слова: гибридные энергосистемы, солнечная энергия, ветровая энергия, дизельная генерация, оптимизация, накопители энергии, устойчивое развитие.

Введение

Обеспечение энергоснабжения удалённых и изолированных территорий, где подключение к централизованным сетям невозможно, остаётся глобальной проблемой. Дизельные генераторы, традиционно используемые в таких регионах, обеспечивают надёжность, но сопровождаются высокими затратами на топливо и значительными выбросами парниковых газов [1]. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), такие как солнечные панели и ветрогенераторы, экологичны, но их нестабильность требует резервирования мощности. Гибридные системы, объединяющие ВИЭ и дизельную генерацию, позволяют минимизировать недостатки каждого источника, повышая энергоэффективность и снижая экологический ущерб [2].

Проблематика гибридных систем

Энергоснабжение удалённых и изолированных территорий, таких как острова, горные районы и полярные зоны, остаётся одной из ключевых проблем современной энергетики. По данным Международного агентства по возобновляемой энергии (IRENA), более 1 млрд человек проживают в регионах без доступа к централизованным сетям, где до 80% энергии вырабатывается дизельными генераторами [1]. Однако их эксплуатация сопряжена с высокими затратами на топливо (до \$2 за литр в труднодоступных зонах) и значительными выбросами парниковых газов (2,6–

3 кг CO₂ на 1 кВт·ч) [2]. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), такие как солнечные панели и ветрогенераторы, предлагают экологичную альтернативу, но их нестабильность из-за погодных условий требует резервирования мощности. Гибридные системы, объединяющие ВИЭ, дизельную генерацию и накопители энергии, позволяют минимизировать недостатки каждого источника, обеспечивая надёжное и экономичное энергоснабжение [3].

Одной из основных проблем гибридных систем является нестабильность генерации солнечной и ветровой энергии. Например, в тропических регионах облачность может снижать выработку солнечных панелей на 60–80%, а в безветренных зонах ветрогенераторы не достигают номинальной мощности. Дизельные генераторы, несмотря на свою надёжность, увеличивают эксплуатационные расходы и экологический ущерб.

Архитектура гибридных систем

Типовая гибридная система включает солнечные панели, ветрогенераторы, дизельные генераторы, накопители энергии и контроллер (Рис. 1). Солнечные панели, такие как монокристаллические (КПД 18–22%) или поликристаллические (15–17%), устанавливаются под оптимальным углом для максимизации инсоляции. Ветрогенераторы, горизонтальные или вертикальные, выбираются в зависимости от стабильности ветровых

потоков. Дизельные генераторы выступают резервом, активируясь при падении заряда аккумуляторов ниже 20–30%. Литий-ионные аккумуляторы обеспечивают высокую плотность энергии (200–250 Вт·ч/кг), а свинцово-

кислотные — низкую стоимость, но меньшую эффективность. Контроллер управляет энергопотоками, минимизируя использование дизеля.



Рисунок 1 – Схема гибридной системы

Оптимизация работы системы

Оптимизация работы системы достигается за счёт прогнозирования генерации и потребления. Метеорологические модели, использующие данные спутников и метеодатчиков, повышают точность прогнозов солнечной радиации и скорости ветра. Алгоритмы машинного обучения, такие как LSTM (Long Short-Term Memory), предсказывают суточную нагрузку с точностью до 85–90%. Динамическое управление энергопотоками предполагает приоритизацию ВИЭ, при которой дизель включается только при дефиците энергии. Адаптивные алгоритмы, включая генетические алгоритмы (GA) и методы роя частиц (PSO), оптимизируют распределение мощности. Гибридные накопители, такие как комбинация Li-ion и суперконденсаторов, компенсируют кратковременные пики нагрузки, продлевая срок службы аккумуляторов.

Практические результаты

Практические результаты подтверждают эффективность гибридных систем. Например, на острове Токелау (Новая Зеландия) внедрение системы мощностью 1,4 МВт (солнечные панели), 0,5 МВт (ветрогенераторы) и 1 МВт (дизель) сократило расход топлива на 65% (с 2000 до 700 литров в день) и снизило выбросы CO₂ на 52%. Проект обеспечил энергонезависимость 1500 жителей. Срок

окупаемости таких систем в среднем составляет 5–8 лет, но в регионах с государственными субсидиями, например в Австралии, он сокращается до 3–5 лет. Использование б/у аккумуляторов от электромобилей позволяет снизить капитальные расходы на 30–40%. На Аляске (США) внедрение системы с солнечными панелями (200 кВт), ветрогенераторами (100 кВт) и дизелем (150 кВт) позволило сократить расход топлива на 58% и снизить выбросы CO₂ на 48% [3]. В островных регионах Филиппин аналогичные проекты обеспечили круглосуточное энергоснабжение для 500 домохозяйств, сократив срок окупаемости до 5–7 лет. В Забайкальском крае установка солнечно-дизельной электростанции обеспечила местным жителям круглосуточный доступ к электроэнергии. Система работает следующим образом: солнечные батареи генерируют энергию в ясную погоду, излишки накапливаются в аккумуляторах, а при увеличении нагрузки или в ночное время автоматически подключается дизельный генератор. Это позволило устранить перебои в энергоснабжении, с которыми ранее сталкивалось население. Также в Алтайском крае в посёлке Яйлю была внедрена гибридная солнечно-дизельная станция. Днём основную роль играют солнечные батареи, энергия которых сохраняется в аккумуляторах, а ночью или

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЁННЫХ И ИЗОЛИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ, ВЕТРОВОЙ И ДИЗЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ

при пиковых нагрузках используется дизельный генератор. Такое сочетание обеспечило стабильное энергоснабжение и снизило зависимость от дорогостоящего дизельного топлива [4]. Эти результаты демонстрируют, что гибридные системы не только снижают зависимость от ископаемого топлива, но и способствуют достижению целей устойчивого развития.

Перспективы развития

Перспективы развития гибридных систем связаны с внедрением водородных накопителей, где избыток энергии преобразуется в водород с помощью электролизёров, и ИИ-управляемых микросетей, адаптирующихся к изменениям климата. Новые материалы, такие как перовскитные солнечные панели (КПД до 33%) и гибкие ветрогенераторы, расширят возможности интеграции в урбанизированных территориях.

Выводы

Гибридные системы, объединяющие солнечную, ветровую и дизельную генерацию, представляют собой эффективное решение для энергоснабжения удалённых регионов. Они сочетают экологичность ВИЭ с надёжностью дизеля, сокращая выбросы CO₂ на 35–55% и расход топлива на 40–65%. Дальнейшее развитие технологий хранения энергии, интеграция искусственного интеллекта и государственная поддержка позволят сделать гибридные системы основой устойчивой энергетики будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA). Затраты на производство электроэнергии из возобновляемых источников в 2021 году.-- URL: <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021> (дата обращения: 25.03.2025). -- Текст: электронный.
2. REN21. Глобальный отчет о состоянии возобновляемых источников энергии в 2023 году.-- URL: <https://www.ren21.net/gsr-2023/>(дата обращения: 25.03.2025). -- Текст: электронный.
3. Национальная лаборатория возобновляемой энергии (NREL). Проектирование и применение гибридных энергетических систем. -- URL: <https://www.nrel.gov/docs/fy22osti/82395.pdf> (дата обращения: 25.03.2025). -- Текст: электронный.

4. Отчёт компании "РусГидро". Проекты возобновляемой энергетики в удалённых регионах России.-- URL: <https://www.rushydro.ru/reports/renewable-projects-2023> (дата обращения: 25.03.2025). - Текст: электронный.

Горохов Даниил Сергеевич – студент гр. Э-11, АлтГТУ, e-mail: danya.gorokhov03@gmail.com

Грибанов Алексей Александрович – к.т.н., доцент, e-mail: gribanovaa@altgtu.ru

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АККУМУЛЯТОРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

М.А. Ерофеевский, А.Н. Попов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье рассмотрены современные тенденции в развитии технологий аккумуляторов нового поколения, включая новые материалы, архитектуры и методы управления энергией. Особое внимание уделено анализу геометрических параметров и их влияния на производительность аккумуляторов, а также математическому моделированию процессов, происходящих в новых типах аккумуляторов. В работе проанализированы методы численного моделирования и оптимизации параметров аккумуляторов, позволяющие повысить их энергоёмкость, безопасность и долговечность.

Ключевые слова: аккумулятор, твердотельные электролиты, литий-серные аккумуляторы, графеновые аккумуляторы, трёхмерные аккумуляторы, гибкие аккумуляторы, математическое моделирование, оптимизация параметров.

Введение

Современный мир стремительно движется в сторону электрификации и автоматизации, что требует постоянного совершенствования технологий хранения энергии. Аккумуляторы являются ключевым элементом в этой цепи, обеспечивая энергией как портативные устройства, так и крупные промышленные системы. Однако традиционные литий-ионные аккумуляторы, несмотря на их широкое применение, имеют ряд ограничений, таких как ограниченная энергоёмкость, длительное время зарядки, риски перегрева и деградации. В связи с этим, разработка аккумуляторов нового поколения становится одной из приоритетных задач для научного сообщества.

Цель данной статьи — рассмотреть современные тенденции в развитии технологий аккумуляторов нового поколения, включая новые материалы, архитектуры и методы управления энергией. Особое внимание будет уделено анализу геометрических параметров и их влияния на производительность аккумуляторов, а также математическому моделированию процессов, происходящих в новых типах аккумуляторов.

Современные проблемы и ограничения литий-ионных аккумуляторов

Литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) стали стандартом для большинства электронных устройств благодаря их высокой энергоёмкости и относительно низкому саморазряду. Однако их применение сталкивается с рядом проблем:

– ограниченная энергоёмкость. Современные ЛИА имеют теоретический предел энергоёмкости, который близок к достигнутому уровню. Это ограничивает их применение в устройствах, требующих длительного времени автономной работы[1];

– относительно длительное время зарядки. Несмотря на развитие технологий быстрой зарядки, время полной зарядки ЛИА остаётся значительным, что ограничивает их использование в условиях, где требуется быстрое восстановление энергии;

– термическая нестабильность. ЛИА подвержены риску перегрева, что может привести к возгоранию или взрыву. Это особенно актуально для устройств с высокой плотностью энергии, таких как электромобили.

– деградация и старение. Со временем ёмкость ЛИА снижается из-за химических процессов, происходящих внутри аккумулятора. Это приводит к необходимости замены аккумуляторов через определённое время.

Новые материалы для аккумуляторов

Одним из ключевых направлений в разработке аккумуляторов нового поколения является поиск новых материалов, которые могут преодолеть ограничения традиционных ЛИА. Рассмотрим несколько перспективных материалов:

– твердотельные аккумуляторы. Твердотельные аккумуляторы (ТА) используют твёрдый электролит вместо жидкого, что позволяет значительно повысить безопасность и энергоёмкость. Твердотельные электролиты обладают высокой ионной проводимостью и

устойчивостью к термическому воздействию[2]. Основные преимущества ТА: безопасность – Отсутствие жидкого электролита исключает риск утечки и возгорания; высокая энергоёмкость – твердотельные электролиты позволяют использовать металлический литий в качестве анода, что значительно увеличивает энергоёмкость; долговечность – ТА менее подвержены деградации, что увеличивает срок их службы.

Формула для расчёта ёмкости твердотельного аккумулятора может быть представлена следующим образом:

$$C = \frac{Q}{U}$$

где C – ёмкость аккумулятора;

Q – заряд;

U – напряжение;

– литий-серные аккумуляторы (ЛСА) представляют собой ещё одну перспективную технологию. Они используют серу в качестве катодного материала, что позволяет значительно увеличить энергоёмкость по сравнению с ЛИА. Основные преимущества ЛСА: высокая энергоёмкость – теоретическая энергоёмкость ЛСА в 5 раз выше, чем у ЛИА; низкая стоимость – сера является дешёвым и повсеместно доступным материалом; экологичность – ЛСА менее токсичны по сравнению с ЛИА. Однако, ЛСА сталкиваются с, так называемой, проблемой «растворения полисульфидов», что приводит к снижению ёмкости и долговечности. Для решения этой проблемы разрабатываются новые материалы для катодов и электролитов[3];

– графеновые аккумуляторы (ГА) используют графен в качестве электродного материала, что позволяет значительно увеличить скорость зарядки и энергоёмкость[4]. Основные преимущества ГА: высокая проводимость – графен обладает высокой электронной проводимостью, что позволяет быстро заряжать и разряжать аккумулятор; термическая стабильность – графен устойчив к высоким температурам, что снижает риск перегрева; долговечность – графеновые электроды менее подвержены деградации.

Формула для расчёта энергии графенового аккумулятора может быть представлена следующим образом:

$$E = \frac{1}{2} CU^2,$$

где E – энергия;

C – ёмкость;

U – напряжение.

Архитектура аккумуляторов нового поколения

Помимо новых материалов, важным направлением является разработка новых архитектур аккумуляторов, которые позволяют оптимизировать их производительность. Рассмотрим несколько перспективных архитектур:

– трёхмерные аккумуляторы. Традиционные аккумуляторы имеют плоскую структуру, что ограничивает их энергоёмкость. Трёхмерные аккумуляторы (3D-аккумуляторы) используют объёмную структуру электродов, что позволяет значительно увеличить площадь поверхности и, как следствие, энергоёмкость. Основные преимущества 3D-аккумуляторов: высокая энергоёмкость, так как увеличение площади поверхности электродов позволяет хранить больше энергии; быстрая зарядка – трёхмерная структура обеспечивает более эффективное распределение тока, что ускоряет процесс зарядки; компактность – 3D-аккумуляторы могут быть более компактными при той же энергоёмкости.

– гибкие аккумуляторы разрабатываются для использования в гибких и носимых устройствах. Они используют гибкие материалы для электродов и электролитов, что позволяет им сохранять работоспособность при изгибе и деформации. Основные преимущества гибких аккумуляторов: универсальность – гибкие аккумуляторы могут быть интегрированы в различные устройства, включая носимую электронику и гибкие дисплеи; долговечность – гибкие материалы менее подвержены механическим повреждениям; компактность – гибкие аккумуляторы могут быть более тонкими и лёгкими.

Математическое моделирование и оптимизация параметров аккумуляторов

Для разработки аккумуляторов нового поколения важную роль играет математическое моделирование. Оно позволяет предсказывать поведение аккумулятора при различных условиях и оптимизировать его параметры. Рассмотрим несколько подходов к моделированию и оптимизации параметров аккумуляторов:

– моделирование электрических полей. Моделирование электрических полей в аккумуляторах позволяет определить оптимальную геометрию электродов и их расположение. Это особенно важно для 3D-аккумуляторов, где распределение электрического поля может значительно влиять на производительность. Для моделирования электрических полей используются специа-

лизированные программы, такие как COMSOL Multiphysics или ANSYS.

Формула для расчёта напряжённости электрического поля может быть представлена следующим образом:

$$E = \frac{U}{d},$$

где E – напряженность электрического поля;
 d – расстояние между электродами;
 U – напряжение;

– моделирование тепловых процессов.

Тепловое моделирование позволяет предсказать поведение аккумулятора при различных температурах и оптимизировать систему охлаждения[5]. Это особенно важно для аккумуляторов с высокой плотностью энергии, таких как твердотельные аккумуляторы.

Формула для расчёта теплового потока может быть представлена следующим образом:

$$Q = kA \frac{\Delta T}{d},$$

где Q – тепловой поток;
 k – теплопроводность;
 A – площадь поверхности;
 ΔT – разница температур;
 d – толщина материала;

– оптимизация геометрических параметров. Оптимизация геометрических параметров аккумулятора позволяет повысить его производительность. Например, увеличение длины электродов и уменьшение межэлектродного зазора может привести к увеличению емкости и снижению внутреннего сопротивления.

Формула для расчёта ёмкости аккумулятора в зависимости от геометрических параметров может быть представлена следующим образом:

$$C = \epsilon \frac{A}{d},$$

где C – ёмкость;
 d – расстояние между электродами;
 A – площадь электродов,
 ϵ – диэлектрическая проницаемость.

Выводы

Развитие технологий аккумуляторов нового поколения открывает новые возможности для хранения энергии. Использование новых материалов, таких как твердотельные электролиты, литий-серные и графеновые аккумуляторы, позволяет значительно повысить энергоёмкость, безопасность и долговечность аккумуляторов. Кроме того, разработка новых архитектур, таких как трёхмерные и гибкие аккумуляторы, открывает новые горизонты для их применения в различных устройствах.

Математическое моделирование играет ключевую роль в оптимизации параметров аккумуляторов, позволяя предсказать их поведение при различных условиях и разработать более эффективные системы хранения энергии. В будущем можно ожидать дальнейшего развития этих технологий, что приведет к созданию аккумуляторов с ещё более высокой производительностью и надежностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов, В. В. Современные технологии аккумуляторов: материалы и перспективы / В. В. Козлов, А. А. Иванов // Электрохимическая энергетика. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 45-56.
2. Петров, С. И. Твердотельные электролиты для аккумуляторов нового поколения / С. И. Петров, М. А. Сидоров // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. – 2019. – Т. 60, № 4. – С. 12-25.
3. Смирнов, А. Н. Литий-серные аккумуляторы: проблемы и перспективы / А. Н. Смирнов, Е. В. Кузнецова // Электрохимия. – 2021. – Т. 57, № 2. – С. 78-90.
4. Иванова, Т. П. Графеновые материалы в электрохимических системах хранения энергии / Т. П. Иванова, В. Г. Григорьев // Успехи химии. – 2018. – Т. 87, № 5. – С. 456-470.
5. Федоров, М. И. Математическое моделирование тепловых процессов в аккумуляторах / М. И. Федоров, С. В. Лебедев // Теплофизика и энергетика. – 2021. – Т. 18, № 2. – С. 23-35.

Ерофеевский Михаил Артемович – студент гр. Э-11, АлтГТУ, e-mail: erofeevskiy031@gmail.com

Попов Андрей Николаевич – к.т.н., доцент, e-mail: PopovAN@altgtu.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАНКОВ В ИНТЕГРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ: АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

М. В. Батуев, Т. М. Халина

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье рассматривается проблема хранения избыточной энергии в условиях увеличения доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в глобальном энергопроизводстве. Исследуется эффективность аккумуляторных банков как ключевого элемента интеграции ВИЭ и их влияние на стабильность энергосистемы. Приведены критерии оценки, такие как коэффициент полезного действия, срок службы и скорость зарядки аккумуляторов. Также рассматривается их роль в сглаживании пиковых нагрузок и поддержании качества электроэнергии. Результаты показывают, что современные литий-ионные аккумуляторы обладают высоким КПД и длительным сроком службы, что делает их экономически целесообразными для использования в энергетических системах. Кроме того, в статье обсуждаются перспективы развития новых технологий хранения энергии, таких как натрий-ионные и твердые аккумуляторы, которые могут предложить альтернативные решения для повышения устойчивости энергосистем. В заключение подчеркивается, что развитие и внедрение аккумуляторных технологий представляется критически важным для обеспечения устойчивого энергетического будущего, способствуя снижению выбросов углекислого газа и обеспечению надежного энергоснабжения в условиях растущего спроса на электроэнергию. Также акцентируется внимание на необходимости инвестиций в исследования и разработки, что поможет ускорить переход к более чистым и эффективным источникам энергии.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии (ВИЭ), энергетическая инфраструктура, аккумуляторные банки, солнечные электростанции, ветровые электростанции, стабильность энергоснабжения, хранение энергии, КПД (коэффициент полезного действия), оптимизация ресурсов, пиковые нагрузки, баланс в сети, экономическая эффективность, энергетическая система, интеграция технологий.

С переходом на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) Россия сталкивается с новыми вызовами в области энергетической инфраструктуры. ВИЭ, такие как солнечные и ветровые электростанции, имеют свои особенности, связанные с непостоянством генерации. Это создает необходимость в эффективных решениях для хранения энергии, чтобы обеспечить стабильность и надежность энергоснабжения. Аккумуляторные банки становятся ключевым инструментом в этой трансформации, предоставляя возможности для оптимизации использования ресурсов и повышения устойчивости энергосистемы.

Аккумуляторные банки — это системы, которые накапливают электроэнергию для последующего использования. Их основная функция заключается в том, чтобы уравнивать производство и потребление электроэнергии. В условиях растущей доли ВИЭ,

аккумуляторные банки помогают сглаживать колебания в генерации и обеспечивать стабильность энергоснабжения.

В периоды, когда производство электроэнергии превышает потребление (например, в солнечные дни), избыточная энергия может быть направлена на зарядку аккумуляторов. Это позволяет избежать перегрузки сети и эффективно использовать доступные ресурсы.

Когда потребление энергии превышает производство (например, в вечерние часы), аккумуляторы могут быстро выделять накопленную энергию, поддерживая баланс в сети. Это особенно важно в условиях, когда традиционные источники энергии не могут быстро реагировать на изменения в спросе.

Современные литий-ионные аккумуляторы имеют КПД около 90-95%. Это означает, что большая часть энергии, использо-

ванной для зарядки, может быть эффективно возвращена в сеть. Например, если аккумуляторная система имеет емкость 1 МВт·ч и КПД 95%, то из 1 МВт·ч, заряженного в аккумулятор, в сеть будет возвращено 0.95 МВт·ч.

Современные технологии позволяют аккумуляторам работать до 10-15 лет. Это делает их более экономически выгодными в долгосрочной перспективе. Например, если аккумулятор стоит 500 рублей за кВт·ч емкости и служит 15 лет, его годовая стоимость составляет 33.33 рубля за кВт·ч, что делает его доступным решением для хранения энергии.

Аккумуляторные банки могут быстро реагировать на изменения в потреблении и производстве энергии. Некоторые системы могут заряжаться и разряжаться за 15 минут, что позволяет мгновенно реагировать на колебания в сети. Это особенно важно в условиях пиковых нагрузок, когда требуется быстрое добавление мощности.

Аккумуляторные банки помогают повысить стабильность энергосистемы несколькими способами:

В период максимального потребления электроэнергии, например, в зимние вечера, когда люди используют отопление, освещение и бытовую технику, аккумуляторы могут предоставить необходимую мощность. Это позволяет избежать перегрузок и отключений.

В случае резкого падения частоты в сети, аккумуляторы могут мгновенно выделить энергию, что помогает поддерживать стабильность системы. Это особенно важно для предотвращения аварийных ситуаций.

Аккумуляторные банки могут фильтровать колебания напряжения и обеспечивать более качественную электроэнергию для потребителей. Например, они могут сглаживать кратковременные провалы напряжения, что особенно важно для промышленных потребителей, чувствительных к качеству энергии.

В 2020 году в Челябинской области был запущен проект по установке солнечных панелей с интеграцией аккумуляторных систем. Этот проект стал примером успешного использования возобновляемых источников энергии в сочетании с аккумуляторными технологиями. Он позволил значительно снизить зависимость от традиционных источников энергии и повысить устойчивость местной энергосистемы. Система позволяет

аккумулировать избыточную солнечную энергию в дневное время и использовать её в вечерние часы, когда спрос на электроэнергию возрастает. Это не только улучшает стабильность поставок, но и снижает затраты на электроэнергию для местных жителей и предприятий [2].

В Калининградской области был реализован проект по установке ветровых электростанций с интеграцией аккумуляторов. Эта инициатива не только способствует развитию возобновляемых источников энергии, но и помогает повысить надежность энергоснабжения в регионе [3]. Ветровые электростанции, работающие в сочетании с аккумуляторными системами, могут эффективно компенсировать колебания в производстве энергии, обеспечивая стабильное электроснабжение даже в условиях переменной погоды [4].

С учетом растущего интереса к возобновляемым источникам энергии и необходимости в устойчивых решениях для хранения, можно ожидать, что аккумуляторные банки будут играть все более важную роль в российской энергетической системе. Ожидается, что в ближайшие годы:

Увеличение инвестиций в технологии хранения энергии, включая аккумуляторные системы, будет способствовать их доступности и снижению цен.

Разработка новых типов аккумуляторов, таких как натрий-ионные или твердые аккумуляторы, может повысить эффективность и сократить затраты на хранение энергии.

Программы государственной поддержки и субсидирования проектов по внедрению аккумуляторных систем могут ускорить их распространение и интеграцию в энергосистему.

Интеграция аккумуляторных банков в умные сети позволит более эффективно управлять потоками энергии, улучшая балансировку спроса и предложения.

Аккумуляторные банки представляют собой ключевой элемент в переходе России к устойчивым энергетическим системам. Они не только помогают оптимизировать использование возобновляемых источников энергии, но и обеспечивают стабильность и надежность энергоснабжения. С учетом текущих тенденций и технологий, можно ожидать, что их роль будет только возрастать, способствуя созданию более устойчивой и

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАНКОВ В ИНТЕГРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ: АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

эффективной энергетической инфраструктуры в стране.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобров, А. А. Устойчивое развитие энергетики России: проблемы и перспективы / А. А. Бобров. – Москва: Энергия, 2020. – 256 с.
2. Кузнецов, И. В. Возобновляемые источники энергии: технологии и экономические аспекты / И. В. Кузнецов. – Санкт-Петербург: Наука, 2019. – 320 с.
3. Левин, В. И. Энергетические технологии: от традиционных к возобновляемым / В. И. Левин. – Екатеринбург: УрФУ, 2021. – 288 с.
4. Соловьёв, Д. А. Применение аккумуляторных систем в энергетике: опыт и перспективы / Д. А. Соловьёв, Е. Н. Петров. – Журнал «Энергетика», 2022. – Т. 12, № 4. – С. 45-52.

Батуев Максим Витальевич – студент группы 8Э-43, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул. batuev.m@bk.ru

Халина Татьяна Михайловна – доктор технических наук, заведующий кафедры ЭиАЭП, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул. temf@yandex.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СМЕННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ: АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

М. В. Батуев, Т. М. Халина

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье рассматривается роль сменных аккумуляторов в повышении устойчивости электроснабжения в современных энергетических системах. Актуальность исследования обусловлена растущей зависимостью от возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и необходимостью обеспечения надежности и гибкости электроснабжения. Целью работы является анализ преимуществ сменных аккумуляторов, таких как быстрое время замены, удобство использования и снижение затрат на инфраструктуру. В качестве методов исследования используются сравнительный анализ и примеры успешного применения сменных аккумуляторов в различных странах, включая Китай и Европу. Обсуждаются ключевые аспекты, такие как оптимизация использования ВИЭ, повышение гибкости и надежности электроснабжения. Полученные результаты показывают, что сменные аккумуляторы не только способствуют эффективному управлению энергетическими ресурсами, но и играют важную роль в переходе к более устойчивым и экологически чистым энергетическим системам. Статья подчеркивает необходимость дальнейших исследований и разработок в этой области для достижения максимальной эффективности, внедрения соответствующих политик и создания условий для масштабирования технологий сменных аккумуляторов на глобальном уровне. В заключение акцентируется внимание на важности международного сотрудничества в этой сфере для ускорения инноваций и улучшения энергетической безопасности.

Ключевые слова: сменные аккумуляторы, устойчивость электроснабжения, возобновляемые источники энергии, электромобили, зарядная инфраструктура.

С переходом к более устойчивым и экологически чистым источникам энергии вопрос обеспечения надежности и устойчивости электроснабжения становится все более актуальным [1]. В условиях глобальных изменений климата и увеличения потребления энергии традиционные способы генерации и распределения электроэнергии сталкиваются с новыми вызовами [2]. Одним из решений, способствующих решению этой проблемы, являются сменные аккумуляторы. Данная статья направлена на анализ эффективности сменных аккумуляторов в энергетических системах и их влияние на устойчивость электроснабжения, а также на исследование текущих тенденций и примеров успешного применения.

Сменные аккумуляторы представляют собой устройства, которые могут быть быстро заменены на зарядных станциях. Это позволяет избежать длительных периодов ожидания для пользователей электромобилей и других электрических устройств. Сменные аккумуляторы могут использовать-

ся в различных секторах, включая транспорт, стационарные энергетические системы и телекоммуникации. Важно отметить, что их применение не только улучшает пользовательский опыт, но и способствует более эффективному использованию энергетических ресурсов.

Основные преимущества сменных аккумуляторов включают:

1. Скорость замены: Быстрая замена аккумуляторов позволяет пользователям минимизировать время простоя, что особенно важно для коммерческого транспорта, где каждая минута на счету [3].

2. Удобство использования: Пользователи могут просто заменить разряженный аккумулятор на заряженный без необходимости ожидания, что делает использование электромобилей более привлекательным для широкой аудитории.

3. Снижение затрат на инфраструктуру: Сменные аккумуляторы могут быть централизованно заряжены на специальных станциях, что снижает потребность в большом

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СМЕННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ: АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

количестве зарядных точек и упрощает процесс зарядки.

Устойчивость электроснабжения определяется как способность системы обеспечивать надежное и непрерывное электроснабжение при различных условиях, включая изменения в спросе и предложении, а также внешние факторы, такие как стихийные бедствия. Основными компонентами устойчивости являются:

- **Надежность:** Способность системы выполнять свои функции без сбоев, что критично для обеспечения непрерывного электроснабжения в условиях высокой нагрузки.

- **Гибкость:** Возможность адаптации к изменяющимся условиям, включая колебания в потреблении и генерации электроэнергии, что особенно важно в условиях нестабильного спроса.

- **Эффективность:** Оптимальное использование ресурсов для достижения максимального результата и минимизации потерь, что в свою очередь способствует экономии и устойчивому развитию.

Сменные аккумуляторы обладают несколькими преимуществами, которые способствуют повышению устойчивости электроснабжения:

- **Снижение времени простоя:** Быстрая замена аккумуляторов позволяет значительно сократить время, необходимое для зарядки, что особенно важно для транспортных средств и стационарных систем, которые требуют постоянного электроснабжения [4].

- **Оптимизация использования возобновляемых источников энергии:** Сменные аккумуляторы могут хранить избыточную энергию, производимую возобновляемыми источниками, такими как солнечные и ветровые электростанции. Это позволяет более эффективно распределять энергию в сети, обеспечивая баланс между спросом и предложением.

- **Улучшение качества электроснабжения:** Использование сменных аккумуляторов может помочь сгладить пики нагрузки, обеспечивая более стабильное и предсказуемое электроснабжение. Это особенно актуально в условиях, когда возобновляемые источники энергии имеют переменную природу.

В различных странах уже реализованы проекты, направленные на интеграцию сменных аккумуляторов в энергетические системы. Например, в Китае активно развиваются сети сменных аккумуляторов для

электромобилей, что способствует снижению выбросов углерода и повышению устойчивости городской инфраструктуры. В крупных городах, таких как Пекин и Шанхай, создаются сети станций смены аккумуляторов, которые позволяют пользователям быстро и удобно заменять разряженные батареи. Эти проекты не только улучшают доступность электромобилей, но и способствуют развитию экологически чистого транспорта. В Европе также наблюдается рост интереса к подобным системам. В Норвегии и Нидерландах работают проекты, в рамках которых электромобили могут использовать сменные аккумуляторы, что способствует увеличению доли электромобилей на дорогах и снижению зависимости от ископаемых видов топлива. Это также создает новые рабочие места и стимулирует экономический рост в этих странах. Анализ применения сменных аккумуляторов показывает, что они могут значительно повысить устойчивость электроснабжения. В условиях увеличения доли возобновляемых источников энергии, которые часто подвержены колебаниям, сменные аккумуляторы могут служить буфером, позволяя хранить избыточную энергию и обеспечивать её доступность в периоды пикового спроса. Это особенно важно в условиях, когда возобновляемые источники, такие как солнечные и ветровые электростанции, могут производить электроэнергию неравномерно.

В заключение, использование сменных аккумуляторов представляет собой перспективное направление для повышения устойчивости и надежности электроснабжения. Они способствуют оптимизации энергетических систем, улучшая качество обслуживания пользователей и снижая зависимость от традиционных источников энергии. Дальнейшие исследования и разработки в этой области необходимы для достижения максимальной эффективности и интеграции сменных аккумуляторов в существующие энергетические инфраструктуры, что, в свою очередь, будет способствовать переходу к более устойчивым и экологически чистым энергетическим системам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов А. И. Энергетика и экология: проблемы и решения. – Москва: Энергия, 2020. – 250 с.

2. Громова Н. С., Петров В. А. Интеграция возобновляемых источников энергии в энергосистему. – Санкт-Петербург: Научное издательство, 2019. – 180 с.

3. Кузнецов И. В. Современные технологии хранения энергии: от теории к практике. – Екатеринбург: УралГТУ, 2021. – 220 с.

4. Лебедев С. А. Литий-ионные аккумуляторы: принципы работы и применение в энергетике. – Казань: Казанский университет, 2018. – 200 с.

Батуев Максим Витальевич – студент группы 8Э-43, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул. batuev.m@bk.ru

Халина Татьяна Михайловна – доктор технических наук, заведующий кафедры ЭиАЭП, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул. temf@yandex.ru

ПОСТРОЕНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ МИКРОСХЕМ ЖЁСТКОЙ ЛОГИКИ

А. В. Куркин, И. М. Казымов, С. Ф. Нефёдов

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье описывается проектирование и построение прибора для контроля исправности и пригодности использования микросхем жёсткой логики. Приведены принципиальная электрическая схема устройства и алгоритм его работы. Данный прибор может быть использован для диагностики микросхем жёсткой логики входящих в состав систем управления устаревшего, но всё ещё функционирующего на предприятиях оборудования предоставляя возможность проведения диагностики и контроля исправности. Также в статье обосновывается ценность данного прибора при имеющихся аналогах и даются рекомендации по доработке аппаратной и программной части представленного прибора.

Ключевые слова: жёсткая логика, микросхемы серии K155, диагностика оборудования, диагностика устаревшего оборудования, микроконтроллер, open-source программное обеспечение, KiCad, Arduino IDE.

Введение

В настоящее время на некоторых предприятиях до сих пор используется устаревшее оборудование системы управляющие которого построены на микросхемах жёсткой логики. Элементы данного оборудования из-за срока своей эксплуатации подвержено износу и выходу из строя в том числе и элементы систем управления содержащие схемы, построенные на микросхемах жёсткой логики. Для диагностики элементов жёсткой логики было разработано устройство контроля неисправностей логических элементов. Проектируемое устройство несмотря на наличие аналогов имеет открытую архитектуру и исходный код, также может быть модифицировано для выполнения лабораторных и практических работ по дисциплинам, которые связаны с изучением принципов работы логических электрических элементов.

Требования, предъявляемые к проектируемому устройству

При проектировании данного устройства упор был сделан на следующие технические характеристики: прибор должен быть в состоянии выдавать и регистрировать сигнал, соответствующий логической единице ($+5v \pm 5\%$) и логическому нулю ($0v \div 1.25v$).

Также в требования к предъявляемому устройству был отнесён пункт что используемое в рамках проектирования программное обеспечение для создания электрических схем и печатных плат на их основе, программное обеспечение для написания ПО

для микроконтроллера должно относиться к open-source программному обеспечению, но при этом не иметь ограничений на коммерческое использование. Исходя из вышеизложенных требований для создания принципиальных электрических схем и проектирования на их основе печатных плат был использован программный комплекс класса EDA (electronic design automation) KiCad [1] – выпускаемый под лицензией GNU GPLv3[2] позволяющей коммерческое использование продукта созданного с помощью данного программного обеспечения. Также для разработки программного обеспечения была выбрана Arduino IDE – среда программирования для плат Arduino, однако написанные программы могут быть использованы и в обычных микроконтроллерах семейства AVR, выпускается под лицензией GPL [3].

Выполняемый устройством функционал

Плата Arduino nano с микроконтроллером производит тестирование, состоящее из нескольких серий подачи тестовых воздействий на входы микросхемы логики по заранее заданной программе, и считывает с выходов значения, полученные для данной итерации теста, далее сравнивает их с эталонными и выводит результаты тестирования на OLED экран. Навигация в пунктах меню происходит с помощью тактовых кнопок и схемой фильтра дребезга контактов. Функциональная схема устройства приведена на рисунке 1.

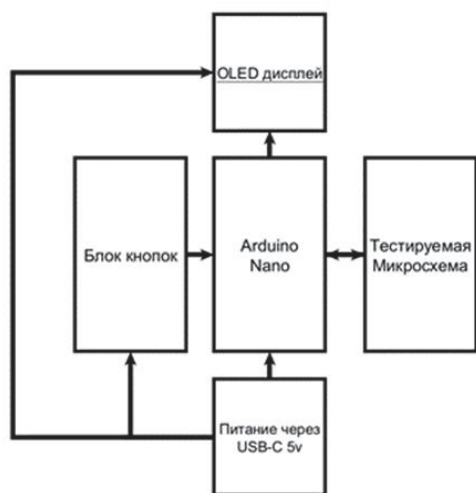


Рисунок 1 – Функциональная схема тестера логических микросхем

Для подключения OLED дисплея используется A4, A5 порты Arduino nano которые поддерживают интерфейс I2C. Для подключения кнопок и устранения дребезга контактов используется схема, представленная на рисунке 2.

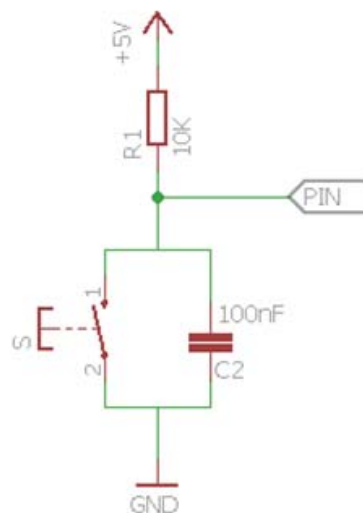


Рисунок 2 – Схема подключения тактовой кнопки к Arduino с фильтром дребезга контактов

Для предотвращения коротких замыканий подключение тестируемой микросхемы осуществляется через резисторы R1-R16 сопротивлением 22Ома. Перечень используемых элементов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень применяемых в устройстве элементов.

№ п/п	Буквенно-цифровое обозначение на схеме	Наименование	Требования	Количество	Примечание
1	2	3	4	5	6
1	MCU1	Микроконтроллер Atmega328 (Arduino nano)	-	1	-
2	A1	OLED дисплей 1,3" 128x64 - I2C	-	1	-
3	R1-R16	Резистор MF-0.25 22 Ом 0,25 Вт	-	16	-
4	R17-R20	Резистор MF-0.25 10 кОм 0,25 Вт	-	4	-
5	C1-C4	Конденсатор K10-176 100 пФ 50 В	-	4	-
6	SW1-SW4	KLS7-TS3607-5.0-180-B	-	4	-
7	J1	ZIF SCS-16	-	1	-
8	Z1-Z7	Перемычка (сопротивление 0 Ом)	-	7	-

После определения требований, предъявляемых к устройству и программному обеспечению, которое требуется для проектирования устройства в системе EDA

под названием KICAD была разработана принципиальная электрическая схема устройства, представленная на рисунке 3.

ПОСТРОЕНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ МИКРОСХЕМ ЖЁСТКОЙ ЛОГИКИ

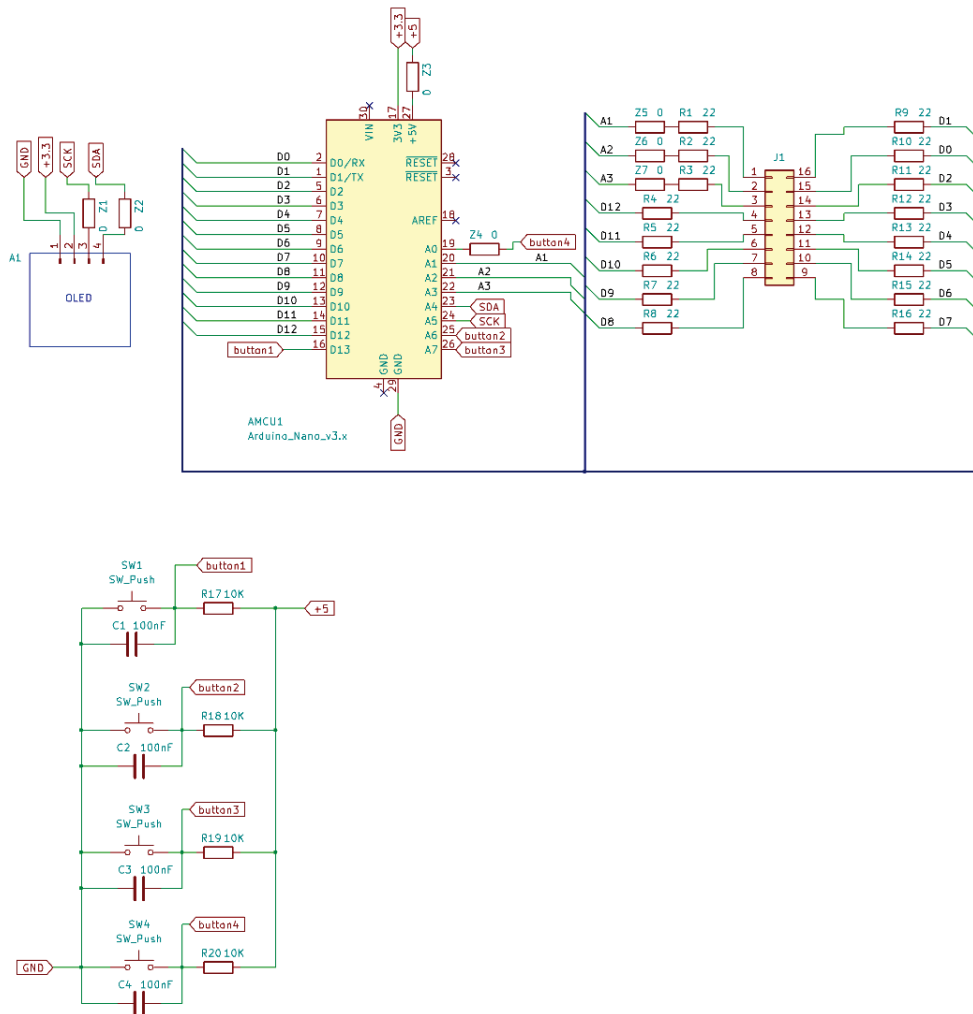


Рисунок 3 - Схема тестера логических микросхем

Принцип тестирования

Тестирование микросхемы жёсткой логики представляет из себя подачу сигналов логического нуля и единицы на входы микросхемы жёсткой логики и чтение сигналов, которые выдаёт микросхема согласно характерной для неё таблице истинности. В прибор может быть загружено несколько программ тестирования различных микросхем. Универсальность прибора в свою очередь обеспечивается тем, что порты микроконтроллера могут в ходе выполнения программы менять свой режим работы с “входа” на “выход” из любого места исполняемой программы. Что в свою очередь позволяет создавать различные по своей сложности программы тестирования, которые в свою очередь могут исполняться пошагово.

Вывод

В ходе проектирования прибора были учтены принципы и аспекты использования необходимого программного обеспечения, построен рабочий макет прибора, который способен определять исправность микросхемы K155ЛА3. В дальнейшем планируется написание программ тестирования для других микросхем жёсткой логики, а также автоматизация написания алгоритмов тестирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. GPLv3: краткое руководство. — Текст: электронный // www.gnu.org: [сайт]. — URL: <https://www.gnu.org/licenses/quick-guide-gplv3.ru.html> (дата обращения: 01.05.2025).
2. KiCad EDA. — Текст: электронный // <https://www.kicad.org/>: [сайт]. — URL:

<https://www.kicad.org/discover/schematic-capture/> (дата обращения: 01.05.2025).

3. Стандартная общественная лицензия GNU (GPL). — Текст: электронный // www.gnu.org: [сайт]. — URL: <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.ru.html> (дата обращения: 01.05.2025).

Куркин Артём Вячеславович – студент каф. «Электрификация производства и быта» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет И. И. Ползунова», тел.: 8(953)-038-53-03, e-mail: kurkin2002@bk.ru

Казымов Иван Максимович – к.т.н, с.п. каф. «Электрификация производства и быта», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет И. И. Ползунова», тел.: 8(913)-093-52-10, e-mail: bahek1995@mail.ru

Нефёдов Сергей Фёдорович – к.т.н, доцент каф. «Электрификация производства и быта», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет И. И. Ползунова», тел.: 8(961)-991-10-19, e-mail: nfdv@inbox.ru

CONTENTS, ABSTRACTS AND KEYWORDS OF PAPERS

FEATURES OF TOPOGRAPHIC SURVEY OF A RAVINE USING THE LEICA TS07 ELECTRONIC TOTAL STATION

B. F. Azarov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses the features of performing geodetic surveying of a ravine using an electronic total station LEICA TS07. Information is provided on the rate of the ravine growth process for the period from 2012 to 2024. The objectives of the geodetic survey of the ravine are indicated. It is noted that the optimal way to perform topographic surveys using an electronic total station is a total station survey. The varieties of this kind of survey are considered, and the conclusion is made that it is advisable to use the «free station» method when photographing a ravine. The features of the on-board software of the electronic total station LEICA TS07 are noted. The method of work is described, which makes it possible to use the «free station» method when photographing a ravine and the local reverse serif function of the Leica TS07 electronic total station. Information is provided on fixing the points of the survey justification at the site of work and on the features of direct shooting of the characteristic points of the ravine.

Keywords: topographic survey, ravine, electronic total station, free station method, local reverse serif.

GEODETTIC SUPPORT FOR HIGH-RISE CONSTRUCTION

B. F. Azarov, I. V. Zaikin

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses issues related to geodetic support for high-rise construction. The basic principles on which the solution of technical and engineering tasks is based, ensuring compliance with the geometry of a high-rise structure, are indicated. The article also discusses the main stages of geodetic support for high-rise construction and individual features in the construction of high-rise buildings. It is noted that geodetic support of the monolithic building construction process is aimed at ensuring compliance with the spatial position of all supporting structures of its monolithic reinforced concrete frame provided for by the project. The features of the production of geodetic alignment works on reinforced concrete surfaces and during the construction of monolithic buildings are considered. Special attention is paid to the issues of precision management of geodetic works and methods of constructing a geodetic base.

Keywords: high-rise building, high-rise construction, monolithic building, installation horizon, geodetic center base, center work, external geodetic base, internal geodetic base.

ANALYSIS AND SELECTION OF OPTIMAL METHODS FOR ARRANGEMENT OF FOUNDATIONS IN SEISMIC AREAS ALTAI KRAI

L. N. Amosova, A. A. Rutkovsky

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The choice of optimal methods for building foundations in seismic areas is a very important issue that requires careful research and consideration of the experience of other regions with similar seismic conditions. The need for this is due to the possible negative impact of seismic activity and the risk of destruction and reformation of the foundations of buildings and structures. Possible methods of foundation construction in seismically active areas, methods of seismic isolation and seismic protection were considered in the work.

Keywords: Construction, research, research and selection, optimal methods, foundations, foundation structure, foundations, seismic activity, seismics, Altaysky krai.

THE USE OF THE ADEPT PC TO OPTIMIZE THE WORK OF THE PRODUCTION AND TECHNICAL DEPARTMENT USING THE EXAMPLE OF PLANNING CONSTRUCTION WORKS

O. S. Annenkova, A. Yu. Voronkova

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses the issues of scheduling work in the Adept PC and the possibility of using it to optimize the work of the production and technical department.

Keywords: PC Adept, shared data environment, 3D model, work production schedule, estimate, specification, production and technical department, information modeling technologies, digitalization, automation.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF STRUCTURAL GLAZING ON MODERN BUILDING CONSTRUCTION

O. S. Annenkova, D. I. Kushnereva, E. A. Biss

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses the structural glazing used in modern construction. The study examined the main types of translucent structural and semi-structural glazing, their properties and application features in construction. The types and methods of their installation and correct fixation are considered. The article provides an idea of how structural glazing affects the quality of modern buildings.

Keywords: structural glazing, semi-structural glazing, structural, stepped glazing, single-chamber double-glazed unit, double-glazed unit, waterproofing sealant, vapor barrier sealant.

TYPES OF DRAINAGE PUMPS USED IN AN APARTMENT BUILDING

N. O. Arzamazov, I. A. Bakhtina

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The types and features of drainage pumps, the advantages and disadvantages of their use in the drainage system, as well as the main parameters for the selection of pumps are considered.

Keywords: drainage pumps, drainage system, submersible pump, semi-submersible pump, water pumping.

ECONOMIC EFFICIENCY OF THE SYSTEMS COOLING OF RECYCLED WATER: ANALYSIS, FACTORS AND WAYS OF OPTIMIZATION

A. I. Bakhtinov, I. A. Bakhtina

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The issues of increasing the economic efficiency of circulating water cooling systems in industrial enterprises are considered.

Keywords: circulating water supply systems, economic efficiency, energy efficiency, water quality, equipment modernization, resource conservation, industrial cooling, environmental requirements.

FEATURES OF INFORMATION MODELING OF VENTILATION SYSTEMS IN AUTODESK REVIT

V. A. Berezhnova, I. A. Bakhtina

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The features of information modeling of ventilation systems in the AUTODESK REVIT software package are considered.

Keywords: ventilation system, information modeling, Revit software, features.

THE ROLE OF VISUAL PROGRAMMING IN INFORMATION MODELING OF RESIDENTIAL BUILDINGS

A. S. Varavina B. M. Cherepanov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The purpose of this article is to show how the Visual Programming Principle (VP) can be applied in construction to make everyday tasks easier for engineers and architects, without having a deep knowledge of programming. We will also discuss what role VP plays in this area at the moment.

Keywords: building information modeling, digital information model, visual programming, Dynamo.

ANALYSIS OF CHANGES IN THE STATE STANDARD 31937-2024

I. O. Verbitsky, E. V. Verbitskaya, E. S. Stepanova

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article analyzed changes to the state standard 31937-2024, which establishes the rules for checking and monitoring the technical condition of buildings and structures. In the updated version of the standard, the range of application is expanded, the requirements for inspections and monitoring are specified, and the methods for disassembling and assessing the technical condition of objects are adjusted. The article presents key innovations from the regulatory document, such as the use of modern survey methods, such as photogrammetry and laser three-dimensional scanning, and their impact on the process of checking buildings.

Keywords: normative document, state standard, buildings and structures, monitoring, surveys, technical condition, instrumental examination, steel and wooden structures, examination of foundations, examination, moral wear.

CREATION OF A DIGITAL TERRAIN MODEL IN NANOCAD GEONICS WHEN DESIGNING OUTDOOR WATER SUPPLY NETWORKS

M. Yu. Vyatkina, I. A. Bakhtina

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The method of constructing a digital model of outdoor water supply networks in the field in the nanoCAD Geonics program is considered.

Keywords: digital terrain model, nanoCAD Geonics, information model, outdoor plumbing network.

RESEARCH AND ANALYSIS OF THE USE OF SELF-EXPANDING SOLUTIONS TO STRENGTHEN THE FOUNDATIONS BASES

V. K. Garkavsky, I. V. Noskov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article is devoted to an overview of the method of injection reinforcement of the base of shallow foundations. An analysis of the engineering and geological conditions of the site is made. The analysis of deformability parameters based on the test results of cylindrical soil samples in a three-axis compression chamber is carried out.

Keywords: self-expanding solutions, injection reinforcement, reinforcement of foundations, sediment, deformations.

EXPORT OF THE FORMWORK MODEL OF A MONOLITHIC MULTI-STOREY BUILDING TO CALCULATION SOFTWARE

P. S. Godun, E. R. Kirkolup

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

This article discusses the process of exporting the formwork model of a monolithic multi-storey building from SP Revit to SP Lira. The stages of preparing the formwork model of a multi-storey monolithic building for export to the calculation program are considered. The main focus is on data preparation methods, transformation of geometric and physical characteristics of structures, as well as verification of the correctness of the transmitted data. Possible errors that occur during the export process and ways to solve them are considered.

Keywords: mold model, calculation model, IFC, SP Revit, SP Lira.

CONTENTS, ABSTRACTS AND KEYWORDS OF PAPERS

OVERVIEW OF EXISTING WAYS TO PROTECT BUILDINGS AND STRUCTURES FROM LANDSLIDES

I. V. Gryankin, E. I. Vyatkina

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

Article. dedicated. the review. methods. protection. buildings and structures located in. in landslides. zones. The passive ones are considered. and active. anti-landslide. events. More. in detail. described. retaining walls. walls, counterbanks. u. soles. landslides, pilings. rows, drainage, gabions. I. concreting. slopes.

Keywords: landslide, anti-landslide. events, backup. walls, counterbanks. at. soles. landslides, pilings. rows, drainage, gabions, concreting. slopes.

INTEGRATION OF THE INFORMATION MODEL WITH THE CALCULATED SOFTWARE

A. E. Ditin, E. R. Kirkolup

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

Within the framework of this article, methods and types of implementation of the integration of digital information models into calculated software are considered, methods of integrating BIM with calculated software are considered, their advantages and disadvantages are identified. The result of the integration of BIM and calculated software makes it possible to automate design processes, increase the accuracy of calculations and shorten project implementation time. However, for successful integration, various aspects must be taken into account, such as the choice of data transmission methods, training of specialists, standardization of processes and ensuring data security.

Keywords: BIM, integration methods, data transfer methods.

DESIGN OF THE GAS SUPPLY SYSTEM BOILER ROOM IN AUTODESK REVIT

D. S. Dragalin, I. A. Bakhtina

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The design features of boiler house gas supply systems in the AUTODESK REVIT software package are considered.

Keywords: boiler room gas supply system, design, Revit software, model, families.

INCREASING THE TIGHTNESS OF WORKING JOINTS IN REINFORCED CONCRETE FOUNDATION SLABS OF RESIDENTIAL BUILDINGS USING WATERPROOFING KENS

S. I. Yemelyanova, A. V. Wolf

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

This paper discusses modern technologies for increasing the tightness of working joints in reinforced concrete foundation slabs of residential buildings in the city of Barnaul using waterproofing KENS. KENS, having high elasticity and adaptability to deformations, allow to reduce the costs of maintenance and repair, which leads to resource savings during the operation of buildings. The paper also analyzes the technological features of concreting, the need to divide structures into sections and the choice of waterproofing materials, emphasizing that the correct installation of waterstops in working joints is a key factor in ensuring the reliability and durability of construction projects. Unlike traditional sealing methods, such as bitumen mastics and cement mortars, waterstops provide a higher level of protection due to their resistance to chemicals and atmospheric conditions.

Keywords: Waterproofing waterstops, construction industry, tightness, working joints, elasticity, reinforced concrete slabs.

THE ROLE OF BUILDING INFORMATION MODELING IN MODERN CONSTRUCTION

E. V. Kagarlyk, E. R. Kirkolup

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

This article examines the technology of information modeling and its role in modern construction. The components and levels of BIM development at each stage of the facility's life cycle are given. The process of creating a project model is described. The main advantages and disadvantages of BIM are also given.

Keywords: BIM, building life cycle, BIM components, levels of detailing.

ANALYSIS OF ESTIMATE PROGRAMS USED IN THE RUSSIAN FEDERATION

A. S. Kamenetskiy, L. V. Kulikova

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article is devoted to the software for estimators, analyzes factors influencing the choice of program when drawing up estimates and estimate documentation. Monitoring of the most popular classical estimating complexes and complexes implementing the TIM approach in the territory of the Russian Federation was carried out. Were identified their main directions, areas of application, advantages and disadvantages.

Keywords: estimate documentation, software, analysis of estimate complexes, TIM approach, area of application.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CONSTRUCTION

I. V. Karelina, A. V. Galle

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses the possibility of using artificial intelligence in construction. The use of artificial intelligence and machine learning technologies allows us to draw conclusions and predict possible risks (downtime, equipment failures, etc.) by requesting and analyzing various data. Based on the results of identifying possible risks, artificial intelligence provides appropriate actions or warns about situations. The main directions of using artificial intelligence in construction are: preventing the growth of estimates during construction, finding the optimal solution at the design stage, managing material and technical resources, planning and monitoring construction and installation works, managing con-

CONTENTS, ABSTRACTS AND KEYWORDS OF PAPERS

struction machinery and equipment, using robots to perform routine processes, performing work outside the construction sites, work quality control, and work safety.

Keywords: artificial intelligence, construction, construction robotics, drones.

ANALYSIS OF LAYOUT OPTIONS FOR CONTINUOUS MULTI-SPAN ROOFING PURLINS MADE OF COLD-FORMED GALVANIZED STEEL PROFILES OF Z-SECTION

A. A. Kikot, E. S. Stepanova

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article provides an analysis of the layout of Z-section purlins using a continuous scheme. Continuity on the supports is created by overlapping profiles with different flange widths. Options with increased thickness and with an additional insert in the outer spans are provided. Proposal has been given to reduce the maximum support reactions of a continuous beam on the second supports from the end.

Keywords: purlin layout diagram, continuous purlin, overlap, Z-shaped cold-formed profile, design.

ANALYSIS OF THE CAPABILITIES OF REVIT AND Renga INFORMATION MODELING PROGRAMS WHEN PERFORMING THE ARCHITECTURAL SECTION

M. N. Kornitskaya, M. A. Podyapolskaya, E. S. Stepanova

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article provides a comparative analysis of two popular software products for building information modeling – Renga and Revit. Both tools are actively used in architectural and construction design, but they have their own unique features and advantages. The study examines key aspects such as performance, functionality, user-friendliness, and modeling capabilities.

Keywords: TIM design, drawing, 3D model, architecture, plans, design, foundation, family, Renga, Revit.

DESIGNING AN INTERNAL CONTROL SYSTEM FIRE-FIGHTING PLUMBING IN AUTODESK REVIT

V. A. Korobka, I. A. Bakhtina

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The types and features of the design of internal fire-fighting plumbing systems in the AUTODESK REVIT software package are considered.

Keywords: internal fire water supply system, design, Revit software, model, families.

CALCULATION OF THE CONSOLE FROM THE DYNAMIC LOAD OF SMOKE EXTRACTION FANS IN A LIRA SOFT PC

A. V. Kostyunin, G. M. Busygina

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses: the calculation of reinforced concrete monolithic slabs from the dynamic load of smoke-collecting fans of various weights and capacities, the design of structures taking into account the dynamic component, possible locations and methods of installing axial fans. The initial data for the design and calculation has been generated. The features of the design scheme formation in the Lira Soft PC when using a dynamic vibration load are presented. The results of the calculation are considered and a comparison with the calculation in statics is given. The possibility of resonance occurrence at various stages of axial fan operation is analyzed.

Keywords: PC Lira Soft, design scheme, reinforced concrete monolithic slab, console, smoke-collecting fans, calculation of building structures, rigid sealing, rotation speed, design load, plot, resonance.

ON THE PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF FIRE SAFETY IN RESIDENTIAL MULTI-APARTMENT BUILDINGS MADE OF GLUED WOODEN STRUCTURES

A. V. Kostyunin, Yu. V. Khalturin

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses the possibilities of developing a regulatory framework for fire safety for buildings using glued wooden structures, as well as the wider use of glued wooden structures in residential apartment buildings. The world's experience in the construction of public and residential buildings and structures using glued wooden structures is touched upon. The domestic experience of production and application in the construction of such structures is considered. The structural systems of residential apartment buildings abroad and in Russia are analyzed. The main types of glued wooden structures are described. The most promising materials and products for construction, as well as junctions of structural elements of buildings, are highlighted. The problems of fire safety of buildings with the use of glued wooden structures are considered. Further prospects for the development of glued wooden structures based on experimental studies conducted by the Russian Ministry of Emergency Situations are assessed.

Keywords: glued wooden structures, CLT panels, LVL timber, residential multi-apartment buildings, regulatory framework, production of structures, wall structural system, frame structural system, fire safety, degree of fire resistance, building height.

CREATION OF A PILOT PROJECT FOR THE ARCHITECTURAL PART OF THE MBU CULTURAL AND LEISURE CENTER FACILITY LOCATED AT: ALTAI TERRITORY, ALEISK, UL. PERVOMAYSKAYA, 84 IN THE Renga SOFTWARE PACKAGE

O. M. Levchenko, M. N. Kornitskaya

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article defines the concept of an information model (IM). The special features of the creation of a pilot project of a digital information model (CIM) are highlighted. The recommendations for the CIM pilot project are considered. The

CONTENTS, ABSTRACTS AND KEYWORDS OF PAPERS

article describes the experience of creating a pilot project in the Renga PC using the example of the CIM of the architectural part of the MBU Cultural and Leisure Center, located at 84 Pervomayskaya Str., Aleysk, Altai Territory.

Keywords: project activity, information model, digital information model, TIM, CIM, 3D modeling, computer modeling, pilot project, creation experience.

ACCEPTANCE AND CONTROL OF BUILDING INFORMATION MODEL

D. A. Lyashevich, E. R. Kirkolup

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

This article discusses the acceptance and control of a building information model, the necessary regulatory documents, the stages of BIM acceptance and quality control, existing problems and ways to solve them. Recommendations for improving the acceptance and control process and prospects for the development of this area are considered.

Keywords: BIM, acceptance and control of BIM, BIM control methods.

SEWER SYSTEM DESIGN IN RENGA

S. N. Manyak, I. A. Bakhtina

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The design features of internal sewerage systems in the RENGA software package are considered.

Keywords: sewerage system, design, Renga software, model, families.

INCREASING THE FROST RESISTANCE OF ROAD CONCRETE BY USING VARIOUS ADDITIVES

N. V. Medvedev, G. I. Ovcharenko

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

Frost resistance is one of the key indicators that affects the durability of road structures used on highways. The effect of various additives (plasticizers, air-entraining additives and expanded clay sand) on increasing the frost resistance of concrete was considered. The results obtained indicate that air entrainment can solve the problem and increase frost resistance. The use of expanded clay sand also has a positive effect on frost resistance due to its damping properties.

Keywords: highways, road concrete, frost resistance, plasticized concrete, air entrainment, plasticizers.

INFLUENCE OF ROAD CONSTRUCTION WORKS ON ROAD SAFETY INDICATORS

N. V. Medvedev¹, E. V. Pechatnova², A. P. Kuznetsov¹

¹ Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

² Barnaul Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Barnaul

Traditionally, road construction works increase the risk of road accidents, which is due to the fact that such works imply the closure of part of the traffic lane. In order to reduce the risk, it is necessary to work out a traffic pattern for the period of work, or to arrange a bypass road, which entails an increase in production costs. The influence of road construction works on traffic safety is considered with the development of rational ways to improve traffic safety.

Keywords: highway, traffic safety, accidents, road traffic, work, traffic flow, traffic safety indicators.

DEVELOPMENT OF A RATIONAL TECHNOLOGY FOR THE CONSTRUCTION OF HIGHWAYS ON WEAK SOILS

G. S. Merentsova, A. A. Danilov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

In the rapidly developing infrastructure of the modern world, the construction of highways remains a pressing problem. In addition to the main problems that arise when developing territories by automobile transport routes, there is also a fundamentally important one - the implementation of the construction of highways on soft soils. At the moment, in the field of construction on soft foundations, many methods have been proposed to mitigate the negative impact of such foundations on the operation of structures. In this article, we will consider a rational strategy for applying the technology of building highways on soft soils.

Keywords: highways, construction on soft soils, rational technology, technology, foundation, design, development of technology, methods of strengthening soft soils, reliability, roadbed, technology of building roadbeds.

FEATURES OF THE ORGANIZATION AND TECHNOLOGY OF WORKS ON THE CONSTRUCTION OF THE ROAD SURFACE IN WINTER AT SUBZERO TEMPERATURES

G. S. Merentsova, K. A. Zverev

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article presents the main provisions on the technology and organization of works on the construction of the roadbed of motorways in winter at negative temperatures. The implementation of this technology allows to increase the volume of annual road works. The requirements for compliance with the main parameters for the construction of the roadbed of motorways at negative temperatures are given.

Keywords: motorway, roadbed, winter period, negative temperature, parameters, technologies, length of the section, frozen clods, frozen soil/

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR REINFORCING LAYERS OF ROAD PAVEMENT WITH GEOGRID TO REDUCE CRACKING OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENTS OF HIGHWAYS WHEN REINFORCING ROAD PAVEMENTS WITH GEOGRID

G. S. Merentsova, M. A. Kalandarashvili

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses the problem of cracking of asphalt concrete pavements, which is important for ensuring the durability and safety of road objects. The authors proposed a new methodology for reinforcing layers of heavy clothing

with geogrid. The technology includes the stages of design, selection of optimal materials and methods for laying geogrid, as well as assessment of its impact on the strength characteristics of asphalt concrete mixtures. Experiments show that the use of geogrid helps to significantly reduce cracking, which in turn extends the service life of the road surface. The article also contains recommendations for introducing this technology into practice, as well as an analysis of the economic efficiency of its use. The results of the study may be useful for both road organizations and scientists involved in improving the quality of road materials.

Keywords: highway, asphalt concrete pavement, road base, road pavement, cracking, stress, reinforcement, crack-breaking layer, geogrid.

RESEARCH ON ASSESSMENT OF TYPES AND EXPERIENCE IN APPLICATION OF SURFACE TREATMENTS AND WEAR LAYERS OF ASPHALT CONCRETE ROAD PAVEMENTS

G. S. Merentsova, A. A. Kuksa

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

An analysis of types of surface treatments and protective wear layers of asphalt concrete road pavements was carried out, allowing to identify the feasibility of their application in specific conditions. The types of surface treatments of asphalt concrete road pavements and the technology of their installation are characterized. Types of wear layers of asphalt concrete pavements and rational technological operations of their installation are given. The article describes the information on the developed practical recommendations for the installation of surface treatments and protective wear layers for asphalt concrete road surfaces.

Keywords: surface treatment, wear layers, asphalt concrete pavement, road, device, technology, analysis, practical recommendations, types, varieties.

RESEARCH ON INCREASING CRACK RESISTANCE OF THE DECK OF PREFABRICATED REINFORCED CONCRETE BRIDGES

G. S. Merentsova, F. K. Oveyan

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

This study examines the main causes of crack formation in the deck of prefabricated reinforced concrete bridges, including design deficiencies, the use of low-quality materials, and adverse climatic conditions. The focus is on modern methods for enhancing crack resistance, such as reinforcing the asphalt concrete surface with geogrids and the system of external reinforcement using polymer composite materials.

Keywords: crack resistance, prefabricated reinforced concrete bridges, crack formation, polymer composite materials, asphalt concrete surface, reinforcement, geogrid.

INCREASE IN THE BEARING CAPACITY OF CRUSHED STONE BASES AND SURFACES OF MOTORWAYS

G. S. Merentsova, A. V. Oshlykov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article presents technological directions for increasing the bearing capacity of crushed stone bases and surfaces of motorways. It is recommended to construct crushed stone bases of surfaces using the method of crushed stone wedging for crushed stone structural layers of road pavements. And the use of black crushed stone for the construction of bases and surfaces of motorways. When constructing such crushed stone bases and surfaces, the bearing capacity of the structural layers of road pavements increases, as evidenced by the increase in their elastic moduli. The technological features of the recommended technologies are given, indicating the applied working operations, taking into account the applied technological schemes, and the works performed.

Keywords: highway, base, covering, road pavement, non-bearing capacity, wedging method, black crushed stone, structural layer, road pavement base, crushed stone coverings, crushed stone foundations.

APPLICATION OF IMPREGNATION COMPOSITION FOR PRESERVATION AND RESTORATION OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENTS OF HIGHWAYS

G. S. Merentsova, D. A. Tarasov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

Improving the performance of roads allows increasing the time between repairs, which reduces the cost of operating existing roads. As an alternative to repair, it is advisable to use impregnating compounds to reduce the cost of repair work. The article presents the results of a study on the use of the impregnating compound PAB «Dorsan» for the preservation and restoration of asphalt concrete road surfaces. The developed technology for the protection and restoration of asphalt concrete road surfaces using the impregnating compound «Dorsan» is described with the development of process flow charts.

Keywords: asphalt concrete pavement, impregnating compound «Dorsan», protection, restoration, technology, process flow chart, defects, preservation, road.

INCREASING CRACK RESISTANCE OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENTS BY USING COLD ASPHALT CONCRETE MIXTURES FOR PROTECTIVE WEAR LAYERS

G. S. Merentsova, I. D. Chugainov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article presents the results of a study on the use of cold asphalt concrete mixtures to increase the crack resistance of asphalt concrete pavements. In this case, the protective wear layer of asphalt concrete pavements is arranged using an asphalt concrete mixture on liquid bitumen. The mechanism of operation of liquid bitumen in the composition of the wear layer and its effect on the sealing of cracks in the asphalt concrete pavement of highways is re-

CONTENTS, ABSTRACTS AND KEYWORDS OF PAPERS

vealed. Technical requirements for cold asphalt concrete mixtures and asphalt concrete are given. The developed technology of preparation of cold asphalt concrete mixture for protective wear layer and its construction is described.

Keywords: highway, asphalt concrete pavement, protective layer, wear layer, crack resistance, crack, liquid bitumen, cold mixture, asphalt concrete mixture, technology.

ON THE TRANSFER OF COAL-FIRED BOILER ROOMS TO GAS EQUIPMENT. ECONOMIC AND ECOLOGICAL EFFICIENCY AFTER RE-EQUIPMENT

E. S. Musalitina, T. E. Lyutova

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article considers the issues of substantiating the parameters of complexes of 2 coal-fired boiler houses in Barnaul when converting them to gas equipment and located in separate industrial buildings, with the corresponding boilers and boiler-auxiliary equipment. The advantages and disadvantages of coal and gas boiler houses for multi-story residential buildings are considered and analyzed. The results of research and theoretical analysis of economic and environmental efficiency after their re-equipment are presented.

Keywords: coal-fired boiler houses, conversion to gas equipment, economic and environmental efficiency.

APPLICATION OF GROUND LASER SCANNING TECHNOLOGY TO ASSESS THE CONDITION OF CRANE RUNS OF OVERHEAD CRANES

M. A. Osipova, B. F. Azarov, D. N. Cherepanov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article provides an analysis of the use of the terrestrial laser scanning method to determine the position of overhead crane tracks. A comparison of the methods used was made.

Keywords: terrestrial laser scanning, methodology, overhead crane, deviations from straightness, safety.

RESEARCH AND ANALYSIS OF MODERN TECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT OF UNDERGROUND SPACES UNDER EXISTING BUILDINGS

N. I. Penkov, L. N. Amosova

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article considers modern technologies for the arrangement of underground spaces under existing buildings. The main approaches to the design, construction and operation of such facilities are analyzed. Examples of successful engineering solutions are given and possible risks associated with the implementation of such projects are indicated. Conclusions are made about the prospects for the application of underground space arrangement technologies in urban development conditions.

Keywords: underground spaces, modern technologies, geotechnical studies, microtunneling, diaphragm wall, sheet pile walls, urbanization, urban development.

THE MODERN METHODS FOR CALCULATING THE STABILITY OF SLOPES AND EMBANKMENTS

L. V. Pereverzeva, I. V. Noskov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The stability of slopes and embankments is an important issue, especially in the context of intensive urban development and climate change. The selection of a reliable and effective method for calculating the stability of loaded soil masses, taking into account all the key parameters that influence stability, is a pressing task.

Keywords: slope, slope, load, slope stability, calculation methods, stability coefficient.

EXPERIENCE IN USING THE ABAQUS SOFTWARE PACKAGE FOR VERIFICATION CALCULATIONS AS PART OF A DETAILED SURVEY OF UNIQUE STRUCTURES

M. A. Podyapolskaya, E. V. Verbitskaya, I. O. Verbitsky

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article provides a brief overview of the stages of work on the inspection of buildings and structures. As part of the detailed survey stage, the features of performing precision calculations, the question of the expediency of using the ABAQUS software package when calculating the structures of unique buildings and structures were considered.

Keywords: survey, verification calculation, survey stages, unique buildings and structures, ABAQUS, detailed survey, large-span structures, software complexes, finite element method, nonlinear calculation.

ECONOMIC COMPARISON OF DIFFERENT METHODS CONSTRUCTION OF METAL FRAMES

M. A. Podyapolskaya, E. S. Stepanova, Ya. G. Mozgovaya

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article presents an economic comparison of various methods of constructing metal frames using the example of one of the typical lattice structures. The economic justification of the conclusions is given, based on calculations of the cost of constructing the structure based on the compilation of quotations from GASN collections.

Keywords: construction methods, metal frame, resource-index method, technical and economic comparison.

RAINWATER AND MELTWATER DRAINAGE SYSTEMS FROM THE ROOFS OF BUILDINGS

D. D. Rashchepkin, I. A. Bakhtina

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The types of various designs of rainwater and meltwater drainage systems from the roofs of buildings, their main structural elements and design rules are considered.

Keywords: downspout, downspout, siphon systems, roof.

OVERVIEW OF EXISTING SOFTWARE SOLUTIONS FOR CALCULATING SLOPE AND SLOPE STABILITY

V. S. Rogalskikh, I. V. Noskov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

This article discusses the calculation methods and functionality of software systems for calculating the stability of slopes and slopes.

Keywords: stability of slopes and slopes, calculation methods, software package, limit state, numerical modeling, finite element method, round-cylindrical surface method.

PREREQUISITES FOR THE USE OF HOLLOW FORMERS IN THE CONSTRUCTION OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE OVERLAPS

O. D. Ryzhova, E. V. Verbitskaya, L. N. Pantuushina

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses the grounds for using hollow formers in the process of installing monolithic reinforced concrete floors. Attention is also focused on Sibform's hollow formers, which are plastic elements of non-removable formwork, the raw materials of which are manufactured by Sibform LLC in Novosibirsk. Various types of hollow formers were analyzed, including their geometric characteristics and manufacturing materials, as well as their effect on the strength and deformative properties of floors. One of the possible schemes for the arrangement of void formers in the floor slab is considered. Special attention is paid to the economic efficiency of the use of hollow formers, associated with a reduction in concrete consumption and, as a result, a reduction in the total mass of the structure. Additionally, how exactly the use of hollow formers allows you to reduce the time for the construction of facilities, which is especially important in conditions of tight deadlines for the implementation of construction projects. In conclusion, it is noted that the use of Sibform hollow formers is a promising direction in modern construction, contributing to cost optimization and improving the efficiency of the construction of monolithic reinforced concrete slabs. The need for further research and development in this area is emphasized in order to improve the characteristics of void formers and expand their use in various construction projects. As well as the importance of continuing to explore new materials and technologies that can further enhance the sustainability and economic feasibility of structures.

Keywords: normative document, GOST, buildings and structures, reinforced concrete floors, reduction of the dead weight of the structure, hollow core, permanent formwork, cost savings, monolithic construction, monolithic floor structures.

THERMAL INERTIA OF LIGHT STEEL WALLS DEPENDING ON INSULATION MATERIALS

N. O. Saurin, T. I. Saurina, I. V. Kharlamov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

Due to periodic changes in the temperatures of the internal and external air, temperature fluctuations occur inside the wall and on its internal surface, which leads to excessive overheating of the premises in summer. For comfortable living, it is important that in winter, when the heating is temporarily turned off, the house cools down as slowly as possible, and does not overheat quickly in summer, this is characterized by the value of the thermal inertia coefficient of the walls, and the higher this coefficient, the better. The inertia of the system is determined by the physical properties of the enclosure materials. For lightweight enclosing structures made of LSTWS, insulated with thermal insulation materials based on mineral wool, a small value of attenuation of the temperature amplitude is characteristic. It is generally accepted that with a total thermal inertia index $D \leq 1,5$, the structures are lightweight (non-inertial), at $1,5 < D \leq 4$ – low massiveness, at $4 < D \leq 7$ – medium massiveness, at $D > 7$ – massive (inertial). Having compared the results of analytical calculations of three design solutions for walls with a frame made of light steel constructions, we can conclude that the wall design using monolithic foam concrete as an insulating layer is preferable, since it moves into the category of inertial systems. The total thermal inertia of walls using foam concrete turned out to be 2.5 times better than a wall with mineral wool insulation.

Keywords: residential building, external wall, thermal inertia, light steel frame, mineral wool, foam concrete.

COMBINED COVERING OF A LOW-RISE HOUSE WITH NON-SUPPORTING PROFILE SHEET

N. O. Saurin, I. V. Kharlamov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article recently, proposals have increasingly appeared in low-rise buildings to use combined roofing instead of traditional attic roofs. This study makes an attempt to propose a new version of the combined coating with improved thermophysical and operational characteristics. The load-bearing element of the covering is a steel profiled flooring, and the thermal protection is made of monolithic foam concrete of various volumetric densities. The coating, with its low own weight, has high heat transfer resistance and a high fire resistance limit.

Keywords: Load-bearing wall, metal suspension system, monolithic foam concrete, thermal insulation, brickwork, heat transfer resistance, temperature and humidity conditions, stretcher masonry, foam concrete density, thermal insulation material.

THE EXPERIENCE OF USING ASH AND SLAG MIXTURES FROM THE BURNING OF SOUR COALS IN KUZBASS IN ROAD CONSTRUCTION

V. L. Sviridov, N. V. Medvedev

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article considers the result of the development of design solutions for the earthen floor of the general-use highway «Slavgorod Bypass» using ash and slag waste from the thermal power plant of the municipal unitary enterprise Yarovskaya Fuel and Energy Complex. It is shown that ash and slag mixtures from the landfill of the G. CHPP Spring soils can be used only as soils of the lower layers of the earth bed. Based on the results of the research, the technical

CONTENTS, ABSTRACTS AND KEYWORDS OF PAPERS

conditions «Mixture of ash and slag from the CHPP of the Municipal Unitary Enterprise «YATEK» for the construction of the roadbed of the highway «Slavgorod Bypass» have been developed.

Keywords: highway, roadbed, ash and slag mixture, waste, sustainability, ecology.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PROPERTIES OF ORGANIC BINDERS AND ASPHALT CONCRETE MIXTURES BASED ON THEM TOGETHER WITH ADHESIVE ADDITIVES

V. L. Sviridov, N. V. Medvedev, I. S. Shekhovtsov, A. I. Kolpakov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

In the production of asphalt concrete mixtures, the binder is of the greatest importance, which determines all the main characteristics of asphalt concrete in the future, affects its durability, strength and deformation qualities. Traditionally, petroleum road bitumen was used in the production of asphalt concrete mixtures, but recently polymer-bitumen binders, which have a number of advantages, are increasingly being used. A comparative analysis of the properties of polymer-bitumen binder with road oil bitumen was carried out, with the establishment of indicators that have positive qualities on asphalt concrete.

Keywords: highway, bitumen, road oil bitumen, polymer-bitumen binder, asphalt concrete, asphalt concrete mixture, bitumen properties, durability of coatings.

PROBLEMS OF DESIGNING VENTILATION SYSTEMS IN PROTECTIVE STRUCTURES: ANALYSIS AND SOLUTIONS

I. V. Sitnikov, V. V. Logvinenko

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article presents an analysis of the method of aerodynamic calculations for filter ventilation systems, with a focus on improving design solutions. The simplification of the design process using data based on reference books is considered, and key difficulties are identified. Special attention is paid to the lack of data on the installed equipment, which makes it difficult to calculate accurately. Various aspects of ventilation filtration systems and regulatory requirements for their certification are also considered.

Keywords: aerodynamics, ventilation, filtration ventilation, algorithms, design, characteristics, certification.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF BUILDING ACCIDENTS IN THE ALTAI TERRITORY

A. A. Sobolev, D. E. Rodikov

The article analyzes the causes of building accidents in the Altai Territory, considering a wide range of factors affecting their technical condition and safety. The study uses statistical data on accidents, the results of expert examinations, as well as an analysis of the regulatory framework and practice of construction control. The authors identify the key causes of accidents, including wear and tear of building structures, non-compliance with building codes and regulations at the design and construction stages, poor-quality building materials, inefficient maintenance and repair, as well as the impact of natural factors. In conclusion, recommendations are proposed to reduce the accident rate of buildings in the Altai Territory, aimed at improving the regulatory framework, strengthening construction control and increasing the responsibility of all participants in the construction process. The article is of interest to specialists in the field of construction, housing and communal services, government agencies and the general public.

Keywords: building accidents, physical wear and tear, damage to buildings, routine repairs, major repairs, causes of accidents, structural wear, maintenance, building expertise.

RISK FACTORS IN DETERMINING THE ESTIMATED COST OF MATERIAL RESOURCES FOR THE RESOURCE-INDEX METHOD AND THEIR INFLUENCE ON THE COST OF CONSTRUCTION

V. V. Sokolova, A. A. Navratil

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article examines risk factors in determining the estimated cost of material resources for the resource-index method and analyzes their influence on the cost of construction: compliance of the split-form with the FSNB-2002 version used in determining the estimated cost, filling of the split-form with resources at the current price level. Particular attention is paid to accounting for transportation costs both for material resources from the FGIS CS and when determining the estimated cost of materials using a market analysis based on updated changes in the methodological documents for determining the estimated cost of construction.

Keywords: resource-index method, FSNB-2022, FGIS CS, market analysis, additional transportation, transport scheme.

ANALYSIS AND EFFECTIVENESS OF GEOTECHNICAL SCREENS IN EXISTING URBAN CONSTRUCTION

R. V. Sokolov, E. I. Vyatkina

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article is devoted to an overview of the structures of geotechnical screens in the existing urban development. The types of screens, their design methods, and application examples are considered. An analysis of the effectiveness of using various types of geotechnical screens in the vicinity of existing buildings and structures has been carried out.

Keywords: geotechnical screens, protection of existing buildings, sediment, boiler, deformations.

IMPLEMENTATION OF BUILDING INFORMATION MODELING USING THE EXAMPLE OF DEVELOPING FORMWORK MODELS

I. V. Kharechko, E. R. Kirkolup

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

This article examines the implementation of building information modeling using the example of developing formwork models. The purpose of formwork models in the construction of buildings from monolithic and precast reinforced concrete is considered. Distinctive features, scope of application and advantages of using formwork models are given. Using formwork models as an example, key areas and features of BIM are considered that contribute to increasing the efficiency of construction.

Keywords: BIM, formwork model, key areas of BIM.

PROSPECTS FOR CONSTRUCTION OF MULTI-STORY AND HIGH-RISE BUILDINGS IN RUSSIA

E. V. Khatina, A. V. Wolf

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article examines the prospects for the construction of multi-story and high-rise buildings in Russia. The study examined the concepts of number of storeys and height of buildings, analyzed the distribution of residential new buildings by number of storeys, studied the average number of storeys and the share of high-rise construction by federal districts and regions. The main configurations of structural systems of multi-story buildings are also given. The article allows one to get an idea of the optimal ratio of the height of the building and the structural system.

Keywords: multi-story and high-rise buildings, building height, number of storeys, structural scheme of a housing complex, supporting system, spatial rigidity.

FEATURES OF APPLICATION OF HIGH-CALCIUM FLY ASHES IN STRENGTHENING LOCAL SOILS OF ALTAI REGION FOR ROAD CONSTRUCTION

A. O. Khrebto, G. I. Ovcharenko

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The issues of production tests with the construction of a pilot site using the technology of cold recycling of the base of a road pavement from soils strengthened with high-calcium fly ash together with Portland cement are considered, while preparatory work was carried out related to the selection of mixture compositions of strengthened soil with their subsequent testing to determine the optimal physical and mechanical properties, such as frost resistance and compressive strength. The composition of the reinforced soil with a compressive strength 22% higher than the strength of the control composition provided for in the engineering design was adopted as the optimal one. Based on the results of production tests, the «Technological Regulations for the Use of Fly Ash from Barnaul TPP-3 to Strengthen Structural Layers of Road Paving» were developed.

Keywords: highway, road paving, cold recycling, reinforced soils, Portland cement, high-calcium ash, pilot site, compressive strength, frost resistance, technological regulations.

ANALYSIS AND JUSTIFICATION OF FEATURES AND POSSIBILITIES OF APPLICATION OF THERMAL INSULATION TECHNOLOGY OF STRUCTURES BASED ON AEROGEL I. A.

I. A. Chalykh, V. N. Lyutov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article considers current issues of justification of application of advanced technology of thermal insulation of structures based on aerogel. Key aspects of application of aerogel materials in construction sphere are considered, including their physical and chemical properties, production methods, as well as advantages and limitations of this approach. Particular attention is paid to issues of economic feasibility of implementation of this technology in construction and prospects of its further development.

Keywords: aerogel, thermal insulation, building structures, energy efficiency, energy saving, innovative materials.

ANALYSIS OF THE GROUND LASER SCANNING METHOD FOR DEFORMATION OF CAPITAL CONSTRUCTION OBJECTS

D. N. Cherepanov, I. V. Noskov

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article provides an analysis of the terrestrial laser scanning method. An analysis was made of the sufficiency of the method and software used, an analysis of deformations was carried out based on a comparison of the ideal figure and various observation cycles, and an analysis of the technology of information modeling of construction projects.

Keywords: terrestrial laser scanning, technique, tank, mast, deformation, heel, draft, safety.

THE USE OF VIRTUAL, AUGMENTED AND MIXED REALITY TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION CONTROL

A. A. Sharipov, E. R. Kirkolup

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

This article discusses the use of modern digital technologies in construction. The application of virtual, augmented and mixed reality technologies in construction control is described, and the possible advantages of their use are outlined.

Keywords: virtual reality, augmented reality, mixed reality, BIM, construction control.

OPERATION OF A GAS PIPELINE IN THE ZULUGIS SYSTEM ON THE EXAMPLE OF A GAS PIPELINE IN THE VILLAGE OF KASHKARAGAIHA, TALMENSKY DISTRICT, ALTAI KRAI

E. S. Shelestova, T. E. Lyutova

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article considers the current issues of substantiation of the application of the advanced geo-information system ZuluGIS, designed for the development and management of GIS applications, on the example of a gas pipeline in the village of Kashkaragaikha, Talmensky district, Altai Krai. The advantages and disadvantages of the geo-information system ZuluGIS are considered and analyzed. The article presents the results of research and theoretical analysis of the economic and environmental efficiency of using a system that provides effective monitoring of the state of networks, providing accurate information on the location of gas distribution nodes and pipelines.

Keywords: natural gas, ZuluGis geographic information system, network state monitoring, route maps, GIS applications.

DIGITALIZATION IN THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION

A. E. Shpagina, Ya. G. Mozhgovaya

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

This article analyzes the digitalization process in the construction industry, which is a key stage of its transformation, focused on optimizing work processes, increasing transparency and improving the quality of the final product. In the context of rapid technological growth and increasing competition, the use of digital solutions is becoming not only recommended, but also critical for the successful operation of construction companies. The central idea is that digitalization of processes in construction improves the coordination of project participants and contributes to better collection and analysis of data, which in turn leads to more effective management decisions. In recent years, the Russian leadership has highlighted the importance of this area, creating new regulations, including the «Strategy for the development of the construction Industry and housing and public utilities» until 2030, covering aspects of digitalization. The article also discusses various platforms such as 1C:Enterprise, PlanRadar and Exon, which automate project management and ensure data exchange between participants, which leads to improved quality of work and reduced costs. Investment in digital technologies is becoming a necessary part of the strategic development of companies striving for success. As a result, digitalization in construction opens up new opportunities for efficient management and sustainable growth of the industry.

Keywords: regulatory document, construction organization, construction management, software, development, digitalization, construction participants, opportunities, labor optimization, production process, shared access.

ANALYSIS AND COMPARISON OF METHODS FOR DETERMINING THE CHARACTERISTICS OF THE STRENGTH PROPERTIES OF FOUNDATION SOILS IN THE FIELD

A. K. Yudina, L. N. Amosova

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

Field methods for studying the strength properties of soils in conditions of their natural occurrence are considered. The methods of shifting (cutting) the rear sight of the base and static probing to determine the properties of the base soils are described. The composition of the equipment used and the principle of operation of each method are described. The applicability of various methods in determining the strength characteristics of soils is analyzed

Keywords: strength characteristics, shear (shear), static probing, ground column, testing, angle of internal friction.

CALCULATION OF MULTI-STOREY BUILDINGS FOR RESISTANCE TO PROGRESSIVE COLLAPSE: RELEVANCE OF THE TOPIC AND PROBLEMS OF DOMESTIC NORMS

Yu. S. Yurina¹, Yu. V. Khalturin²

¹ Limited Liability Company «Stroyengineering XXI», Barnaul

² Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses the relevance of calculating multi-storey buildings for progressive collapse. Resistance to progressive collapse is considered on the example of an apartment building in Novosibirsk. The scheme of local destruction was selected for calculation according to the requirements of the norms, and the patterns of destruction and deformations for the selected scenarios were analyzed. Possible measures to protect multi-storey buildings from progressive collapse at the design stage are considered. The inconsistencies and shortcomings of domestic standards on this topic are analyzed.

Keywords: monolithic buildings, progressive collapse, special impact, local destruction, reliability, survivability, multi-storey buildings, regulatory documents.

DIGITALIZATION OF POWER SUBSTATIONS: INTEGRATION OF LEGACY SYSTEMS AND INNOVATIVE APPROACHES IN THE FACE OF MODERN CHALLENGES

I. R. Galiev, A. A. Gribanov

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article is devoted to the analysis of the transition from analog to digital substations with an emphasis on the role of the IEC 61850 standard. The advantages of digital substations, key problems are considered and solutions are proposed.

Keywords: digital substations, IEC 61850 standard, intelligent electronic devices, protocols, Smart Grid, cybersecurity, analytics, IoT integration, artificial intelligence, cross-industry standards, digital technologies, SCL files, distributed protection systems, modernization of Russian power systems.

INTEGRATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES INTO ELECTRIC GRID: PROBLEMS AND SOLUTIONS

S. N. Guk, A. A. Gribanov

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article is devoted to the analysis of problems and solutions related to the integration of renewable energy sources (RES) into existing power grids. The main attention is paid to technical, organizational and economic barriers, such as instability of generation, the need for energy accumulation, deterioration of electricity quality and high capital costs. The paper proposes ways to overcome these challenges, including the development of energy storage technologies, the introduction of intelligent control systems (Smart Grid), the use of hybrid energy complexes and government support.

Keywords: renewable energy sources, smart grids, energy storage systems, load balancing, hybrid energy complexes, power quality, economic incentives, generation forecasting.

METHODS OF DETECTING FAULTS IN CABLE LINES

I.K. Fast, A.A. Gribanov

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article analyzes relative methods of detecting faults in cable power transmission lines, such as pulse, oscillatory discharge and loop methods. Their mathematical models, advantages and limitations depending on the type of defects (short circuits, breaks, insulation breakdowns) are considered. Recommendations for choosing diagnostic approaches are given.

Keywords: cable power transmission lines, cable damage, diagnostics, relative methods, pulse reflectometer, oscillatory discharge method, loop method, localization of defects, transition resistance, energy infrastructure.

DIGITAL TECHNOLOGIES FOR MONITORING AND CONTROL OF POWER TRANSMISSION LINES

V.A. Beshenko, A.A. Gribanov

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article discusses modern digital technologies used for monitoring and controlling power transmission lines (PTL) as part of the digitalization of energy infrastructure. Key problems associated with traditional methods of operating power grids, such as insufficient efficiency, high costs and limited forecasting capabilities, are analyzed. The proposed solutions include the introduction of innovative approaches based on the Internet of Things (IoT), big data, artificial intelligence (AI), as well as automated systems such as drones and digital twins. Particular attention is paid to the potential of these technologies to improve the reliability, efficiency and safety of PTL operation.

Keywords: digital twins, power systems, design, testing, virtual models, optimization, data analysis.

DIRECTIONS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF WIND ENERGY IN RUSSIA

K.V. Gorodishenin, A.A. Gribanov

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article discusses the relevance of wind energy as one of the most important areas in the field of renewable energy sources (RES) in the context of increasing demand for electricity and the need to protect the environment. The key advantages of wind energy are its renewability, availability, opportunities for technological innovation and reduced energy production costs. However, along with the advantages, the author also emphasizes the disadvantages, such as dependence on weather conditions, impact on the environment, high initial costs and the complexity of integration into existing energy systems. In particular, the features of wind energy development in the Altai Territory are considered, where, despite high wind activity, there are no large wind power plants due to legislative and economic barriers. In conclusion, the need for a comprehensive approach to wind energy development is emphasized, including simplification of the regulatory framework, stimulation of investment and development of infrastructure, which will help meet the growing demand for clean energy and strengthen the country's energy security.

Keywords: renewable energy sources, wind energy, wind power plants.

SOLVING THE PROBLEM OF ELECTRICITY SUPPLY FOR REMOTE AND ISOLATED TERRITORIES BASED ON USING SOLAR, WIND AND DIESEL GENERATION

D.S. Gorokhov, A.A. Gribanov

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article examines hybrid energy systems that combine solar, wind and diesel generation to ensure stable energy supply in remote regions. The problems of dependence on fossil fuels, instability of renewable energy sources (RES) and the complexity of component integration are considered. Solutions based on optimized architecture and intelligent energy flow management are proposed. The simulation results demonstrate a 40–60% reduction in diesel fuel consumption and a 35–50% reduction in CO₂ emissions. The article highlights the role of hybrid systems in the transition to sustainable energy.

Keywords: hybrid energy systems, solar energy, wind energy, diesel generation, optimization, energy storage, sustainable development.

DEVELOPMENT OF NEXT-GENERATION BATTERY TECHNOLOGIES

M.A. Erofeevsky, A.N. Popov

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article discusses current trends in the development of next-generation battery technologies, including new materials, architectures, and energy management methods. Particular attention is paid to the analysis of geometric parameters and their impact on battery performance, as well as mathematical modeling of processes occurring in new types of batteries. The paper analyzes methods of numerical modeling and optimization of battery parameters, which allow increasing their energy capacity, safety, and durability.

Keywords: battery, solid-state electrolytes, lithium-sulfur batteries, graphene batteries, three-dimensional batteries, flexible batteries, mathematical modeling, parameter optimization.

**EFFICIENCY OF BATTERY BANKS IN THE INTEGRATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES:
ANALYSIS OF IMPACT ON THE STABILITY OF THE POWER SYSTEM**

M. V. Batuev, T. M. Khalina

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article considers the problem of storing excess energy in the context of an increasing share of renewable energy sources (RES) in global energy production. The efficiency of battery banks as a key element of RES integration and their impact on the stability of the power system are studied. Evaluation criteria such as efficiency, service life and charging speed of batteries are given. Their role in smoothing peak loads and maintaining the quality of electricity is also considered. The results show that modern lithium-ion batteries have high efficiency and a long service life, which makes them economically feasible for use in power systems. In addition, the article discusses the prospects for the development of new energy storage technologies, such as sodium-ion and solid-state batteries, which may offer alternative solutions to improve the resilience of energy systems. It concludes by highlighting that the development and deployment of battery technologies is critical to ensuring a sustainable energy future, helping to reduce carbon emissions and ensure reliable energy supply in the face of growing electricity demand. It also highlights the need for investment in research and development, which will help accelerate the transition to cleaner and more efficient energy sources.

Keywords: renewable energy sources (RES), energy infrastructure, battery banks, solar power plants, wind power plants, stability of energy supply, energy storage, efficiency (coefficient of performance), resource optimization, peak loads, grid balance, cost efficiency, energy system, technology integration.

**EFFICIENCY OF REPLACEMENT BATTERIES
IN POWER SYSTEMS: ANALYSIS OF IMPACT ON STABILITY OF POWER SUPPLY**

M. V. Batuev, T. M. Khalina

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article considers the role of replacement batteries in increasing the stability of power supply in modern power systems. The relevance of the study is due to the growing dependence on renewable energy sources (RES) and the need to ensure the reliability and flexibility of power supply. The aim of the work is to analyze the advantages of replacement batteries, such as quick replacement time, ease of use and reduced infrastructure costs. Comparative analysis and examples of successful use of replacement batteries in various countries, including China and Europe, are used as research methods. Key aspects such as optimization of the use of RES, increasing the flexibility and reliability of power supply are discussed. The obtained results show that swappable batteries not only contribute to efficient management of energy resources, but also play an important role in the transition to more sustainable and environmentally friendly energy systems. The article highlights the need for further research and development in this area to achieve maximum efficiency, implement appropriate policies and create conditions for scaling swappable battery technologies at the global level. The article concludes by emphasizing the importance of international cooperation in this area to accelerate innovation and improve energy security.

Keywords: swappable batteries, electricity supply sustainability, renewable energy, electric vehicles, charging infrastructure.

**CONSTRUCTION OF A DEVICE FOR CONTROLLING
HARD LOGIC MICROCIRCUITS**

A. V. Kurkin, I. M. Kazymov, S. F. Nefedov

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article describes the design and construction of a device for monitoring the serviceability and suitability of hard logic microcircuits. The basic electrical circuit of the device and the algorithm of its operation are given. This device can be used to diagnose hard logic microcircuits included in the control systems of obsolete, but still functioning equipment at enterprises, providing the opportunity to conduct diagnostics and control serviceability. The article also substantiates the value of this device among existing analogs and gives recommendations for improving the hardware and software of the presented device.

Keywords: hard logic, K155 series microcircuits, equipment diagnostics, diagnostics of obsolete equipment, microcontroller, open-source software, KiCad, Arduino IDE.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Статья объёмом от 3 страниц (по согласованию с редакцией, допускаются статьи объёмом от 3 до 10 страниц), имеющая индекс УДК, аннотацию и ключевые слова на русском языке (в начале текста статьи) с приложением в отдельном файле перевода названия, аннотации, ФИО авторов и ключевых слов на английском языке, а также сведений об авторах (учёной степени, звания и места работы, e-mail и/или контактного телефона) должна отвечать следующим требованиям:

Работы принимаются в текстовом редакторе Microsoft Word.

Во вкладке «Разметка страницы»: используется размер бумаги формата А4, ориентация листа книжная. Поля: верхнее – 3,5 см; нижнее – 2,5 см; левое – 2,5 см; правое – 2,5 см; переплет – 0 см. В диалоге «Колонки» – «Другие колонки» выбирается расположение текста «в две колонки», устанавливается ширина колонок – 7,65 см, промежуток между ними – 0,7 см. В диалоге «Расстановка переносов» выбирается «авто».

Во вкладке «Вставка» выбирается «Верхний колонтитул» – «Пустой», далее появляется вкладка «Конструктор», включаются «Особый колонтитул для первой страницы» и «Разные колонтитулы для четных и нечетных страниц». Колонтитулы от края: верхний – 2,0 см; нижний – 2,0 см.

В верхнем колонтитуле указывается: на титульной странице – «особый колонтитул»; на чётных страницах – инициалы и фамилия автора («Arial», 10 пунктов, прописные); на нечётных страницах – название статьи («Arial», 10 пунктов, прописные). Нумерация страниц проставляется шрифтом размером «Arial», 12 пунктов, курсив. Расположение нумерации – внизу страницы в нижнем колонтитуле, для четных страниц выравнивание по левому краю, для нечетных по правому.

Структура статьи в обязательном порядке должна содержать:

- УДК (размещение в левом верхнем углу документа);
- Названия статей набираются прописными буквами (шрифт «Arial», размер шрифта текста – 14 пунктов, полужирный) по центру документа;
- Инициалы и фамилии авторов размещаются под названием статьи (шрифт «Arial», размер шрифта текста – 12 пунктов);
- аннотация (шрифт «Arial», размер шрифта – 10 пунктов, курсив, красная строка – 0,8 см, интервал между строками «одинарный») – текст (объёмом 150 - 200 слов), отражающий актуальность, цель, методы исследования, полученные результаты;
- ключевые слова (не менее 10 слов или словосочетаний) (шрифт «Arial», размер шрифта – 10 пунктов, курсив, красная строка – 0,8 см, интервал между строками «одинарный»);
- основной текст (для основной части текста используется шрифт «Arial», размер шрифта основного текста – 10 пунктов, красная строка (отступ) – 0,8 см, интервал между строками «одинарный»);
- список литературы (шрифт «Arial», размер – 9 пунктов) оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления»;
- сведения об авторах (фамилия, имя, отчество, учёная степень, звание, место работы, e-mail и/или контактный телефон – обязательно, индикаторы ORCID – по желанию);
- на английском языке перевод названия статьи, ФИО авторов, аннотации и ключевых слов в отдельном файле.

Для создания формул и таблиц используются встроенные возможности Microsoft Word. Рисунки цифрового формата (в электронном виде) создаются средствами Microsoft Word или другими программами и вставляются в нужное место документа.

Размеры рисунков не должны превышать границы полей страницы основного текста документа с учетом подрисуночной подписи. Рисунки издательством не редактируются. Если рисунок по ширине превышает размер колонки, то необходимо ставить перед ним и после него разрыв раздела на текущей странице и располагать рисунок в начале или в конце страницы.

Рисунки, надписи и объекты Microsoft Word должны перемещаться вместе с текстом, т. е. быть не поверх текста!

При приеме работы в печать обязательно наличие твердой копии, 1 внешней рецензии, экспертного заключения и согласия на обработку персональных данных!

К публикации принимаются статьи, ранее нигде не опубликованные и не представленные к печати в других изданиях.

Публикации принимаются на русском и английском языках.

К статье прилагается согласие на обработку персональных данных.

Материалы журнала (постатейно) и сопроводительная документация собираются и передаются в редакцию ответственным за выпуск лицом.

Все статьи будут проверены в системе «Антиплагиат», при оригинальности менее 75 % статьи будут возвращены авторам.

Контактная информация:

Стопорева Татьяна Александровна – тел.: 89039905960, e-mail: orpd_sta@mail.ru

Степанова Анна Александровна – тел. 89967044850, e-mail: editor.altgtu@mail.ru

ПОЛЗУНОВКИЙ АЛЬМАНАХ

Электронное периодическое научное издание

Статьи опубликованы в авторской редакции

Компьютерная верстка, макет: И. В. Карелина

Издательство Алтайского государственного
технического университета им. И. И. Ползунова
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46



ISSN 2079-1097

Издательство АлтГТУ им. И. И. Ползунова

656038 г. Барнаул, пр. Ленина, 46, каб. 113 главного корпуса

тел./факс +7 (3852) 29-09-46

сайт: <http://ipc.altstu.ru/> e-mail: altgtu@mail.ru

Дизайн обложки: Р.С. Жуковский, доц. каф. ТИАрх

НА ОБЛОЖКЕ:

Главный корпус АлтГТУ, памятник И. И. Ползунову, г. Барнаул