

## ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ

№ 1 / 2024

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:***Б.Ф. Азаров, О.В. Грязнова*

О ТОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОЧЕЙ  
ДОКУМЕНТАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ  
ТРУДОЗАТРАТ ПО УСТРОЙСТВУ  
ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ МОНО-  
ЛИТНОГО ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ..... 5

*Б.Ф. Азаров, А.Е. Савицкий*

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ  
МОДЕЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ КАНАЛИЗА-  
ЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
ГОРОДА КАМЕНЬ-НА-ОБИ ..... 10

*Л.Н. Амосова, В.В. Доронина*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ  
МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ  
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ПАМЯТНИ-  
КОВ АРХИТЕКТУРЫ И ИХ ПРИСПО-  
СОБЛЕНИЕ К СОВРЕМЕННОМУ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ..... 16

*Л.Н. Амосова, Г.В. Легалова*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ  
МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ  
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ..... 19

*Л.Н. Амосова, И.В. Легалова*

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЙ  
ЗДАНИЙ В СЕЙСМООПАСНЫХ  
РАЙОНАХ КИТАЯ, ЯПОНИИ, ЮЖНОЙ  
КОРЕИ, ПЕРУ, РОССИИ ..... 22

*О.С. Анненкова, В.А Карпова*

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ  
РЕШЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ НА ТЕХНОЛОГИЮ  
ВОЗВЕДЕНИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ  
ЗДАНИЙ ..... 26

*О.С. Анненкова, А.Е. Мироненко*

ПРИМЕНЕНИЕ ПК REVIT ДЛЯ  
ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ  
ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО  
ОТДЕЛА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА  
ПРИМЕРЕ РАСЧЕТА ОБЪЕМА  
КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ ..... 30

<i>О.С. Анненкова, М.Р. Худякова</i> АНАЛИЗ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ФАПОВ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ .....	35	<i>Е.В. Каирова, А.В. Вольф</i> ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....	71
<i>К.С. Антропова, В.Н. Лютов</i> АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ НАЛИВНЫХ ПОЛОВ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ .....	38	<i>И.К. Калько, М.А. Подъяпольская, Е.С. Степанова</i> РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ РАСЧЕТА ОБОЛОЧЕК .....	74
<i>В.А. Бережнова, И.А. Бахтина</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В AUTODESK REVIT .....	42	<i>Д.А. Кошкарев, Е.В. Вербицкая, И.О. Вербицкий</i> ВЫБОР НАИБОЛЕЕ РАЦИОНАЛЬНОГО УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ БАЛКИ ПУТЕМ УВЕЛИЧЕНИЯ СЕЧЕНИЯ .....	83
<i>А.В. Бочкарева, Б.М. Черепанов</i> ВЛИЯНИЕ ГАБАРИТОВ ПОДПОРНОЙ СТЕНЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ .....	46	<i>К.А. Красулина, Г.М. Бусыгина</i> УЧЕТ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ НАВЕСОВ В ПК ЛИРА СОФТ .....	87
<i>Я.Ю. Веригина, Е.С. Мусалитина, А.А. Веригин</i> ЭВОЛЮЦИЯ СОЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ И ПРОБЛЕМЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	51	<i>К.А. Красулина, Ю.С. Юрина, Л.Н. Пантюшина, Е.В. Вербицкая</i> КОМПЛЕКС МЕР ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ «ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ» .....	93
<i>Н.А. Востряков, А.А. Кикоть</i> ОСОБЕННОСТИ ЭКСПОРТА АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФЕРМЫ ИЗ AUTODESK REVIT В РАСЧЕТНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ .....	54	<i>Р.А. Куликов, Е.И. Вяткина</i> ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....	99
<i>М.Ю. Вяткина, И.А. Бахтина</i> МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В NANOCAD ГЕОНИКА .....	59	<i>В.В. Логвиненко, Д.А. Вязигин</i> ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИНИ-ТЭЦ ПРЕДПРИЯТИЯ «КОНТИ» ....	109
<i>В.М. Гальчин, В.Н. Лютов</i> АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ТРЕЩИН В КИРПИЧНОЙ КЛАДКЕ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ВИНТОВЫХ СТЕРЖНЕЙ И СПИРАЛЬНЫХ АНКЕРОВ .....	64	<i>Т.Е. Лютова</i> АНАЛИЗ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ПРИ УКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ .....	113
<i>Т.М. Захарова, Б.М. Черепанов</i> ОБЗОР СПОСОБОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРУНТА В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ MIDAS GTS NX И ЛИРА 10.10 .....	67	<i>Д.С. Марфич, Я.Г. Мозговая</i> АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОЙ ВАРИАТИВНОСТИ ЗАСТРОЙКИ УЧАСТКА ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ НАИБОЛЬШЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ВЫГОДЫ .....	116
		<i>Г.С. Меренцова, О.В. Агафонов</i> ОБ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТ ПО БОРЬБЕ С ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТЬЮ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ .....	120

<i>Г.С. Меренцова, Д.Ю. Бараков</i> ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТАХ .....	124	<i>Г.И. Овчаренко, В.Л. Свиридов, А.В. Викторов</i> РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПЫТНОГО УЧАСТКА НА ОБЪЕКТЕ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ «ОБХОД Г. СЛАВГОРОДА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛОШЛА- КОВЫХ СМЕСЕЙ ТЭЦ МУП «ЯТЭК» .....	149
<i>Г.С. Меренцова, И.О. Дорошенко</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРИ МОДИФИКАЦИИ АДГЕЗИОННОЙ ДОБАВКОЙ ГОРЯЧЕЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ .....	127	<i>М.А. Подъяпольская, Е.В. Вербицкая, И.О. Вербицкий</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШ- ЛЕННЫХ ЗДАНИЙ .....	153
<i>Г.С. Меренцова, А.С. Клименко</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕЩИНОПРЕРЫ- ВАЮЩИХ ПРОСЛОЕК ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ .....	130	<i>М.А. Подъяпольская, Е.С. Степанова, Е.В. Вербицкая</i> СПОСОБЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....	156
<i>Г.С. Меренцова, А.Н. Кремлев</i> О ПОВЫШЕНИИ ВОДОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ИЗ ГОРЯЧИХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ .....	133	<i>Д.Н. Прошкина, И.А. Бахтина</i> ЭФФЕКТИВНОЕ СЖИГАНИЕ ТОПЛИВА КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ НА ТЭЦ .....	160
<i>Г.С. Меренцова, А.Б. Хасенов</i> ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ, ДЕФОРМА- ЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ И СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ИЗ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ .....	136	<i>Н.О. Саурин, Т.И. Саурина, И.В. Харламов</i> К ВЫБОРУ КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ НАРУЖНЫХ СТЕН МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ .....	163
<i>И.М. Михаилиди, А.В. Дойнеко</i> ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВАРИЙНОСТИ НА ФЕДЕРАЛЬНЫХ ДОРОГАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ .....	139	<i>Н.О. Саурин, И.В. Харламов</i> СОВМЕЩЕННОЕ ПОКРЫТИЕ МАЛОЭТАЖНОГО ДОМА С НЕСУЩИМ ПРОФЛИСТОМ .....	168
<i>И.В. Носков, О.Н. Хаблова</i> АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМЫХ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....	142	<i>А.А. Соболев, Д.Е. Родиков</i> АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНЫХ ЗАТОПЛЕНИЙ КВАРТИР В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ .....	173
<i>И.В. Носков, Д.Н. Черепанов, А.В. Прохоров</i> АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИИ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ РЕЗЕРВУАРОВ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ .....	146	<i>В.В. Соколова</i> АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СРЕДСТВ СОПРЯЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СО СМЕТНЫМИ ПРОГРАММАМИ .....	177
		<i>Е.С. Степанова, Е.В. Вербицкая</i> ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАПЫЛЯЕМОЙ ПОЛИУРЕТАНОВОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ .....	180

<i>Н.Л. Суржиков, Я.Г. Мозговая</i> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРОЕКТНОГО ОТДЕЛА (НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТНОЙ КОМПАНИИ «АРХИ ГРУПП») .....	183	<i>А.И. Христенко, И.А. Бахтина</i> ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРИ РАБОТЕ С АРМАТУРОЙ И ОБОРУДОВАНИЕМ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В REVIT .....	208
<i>А.В. Тукоев, И.А. Бахтина</i> ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ .....	187	<i>К.П. Черных</i> ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОГО КЛАССА МБОУ СОШ № 113 ГОРОДА. БАРНАУЛА НА БАЗЕ АЛТГТУ .....	212
<i>Н.С. Унжаков, И.В. Харламов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМОУСТОЙ- ЧИВОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ С ПЕРЕКРЫТИЯМИ ИЗ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ .....	191	<i>Ю.С. Юрина, Ю.В. Халтурин</i> О НЕОБХОДИМОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ ИЗ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....	215
<i>Д.Е. Ханченков, И.А. Бахтина</i> МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С КОРРОЗИОННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА СОСУДЫ ПОД ДАВЛЕНИЕМ .....	195	<i>Ю.С. Юрина, Б.М. Черепанов</i> ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ С. КРАСНОЩЕКОВО АЛТАЙСКОГО КРАЯ .....	220
<i>И.В. Харламов, Н.С. Максимов</i> АНАЛИЗ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ПО КРИТЕРИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ .....	198		
<i>И.В. Харламов, А.А. Медведев</i> О ВЫБОРЕ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ДОМОВ .....	202		

**Учредитель журнала:**

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

## О ТОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ ТРУДОЗАТРАТ ПО УСТРОЙСТВУ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ МОНОЛИТНОГО ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Б. Ф. Азаров, О. В. Грязнова**

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

*В статье рассматриваются вопросы о точности получения качественной рабочей документации при минимальных затратах на примере оценки точности спецификаций элементов фундаментной плиты, полученных в результате ручного подсчета и из автоматизированной системы проектирования Autodesk Revit. В связи с этим была разработана информационная модель многоквартирного жилого дома на основании проектной документации в данном программном комплексе. Также был выполнен сравнительный анализ данных спецификаций. В статье рассмотрены основные причины внедрения технологии информационного моделирования в строительство. Описана методика перехода от двумерного проектирования к трехмерному моделированию, а также преимущества использования последнего. По результатам выполненного исследования, сделаны выводы как о точности получения рабочей документации в зависимости от выбора средств для расчета, так и об оптимизации трудозатрат.*

**Ключевые слова:** информационная модель, рабочая документация, армирование, фундаментная плита, AutoDesk Revit, AutoCad.

Бум жилищного строительства, который активно поддерживается на федеральном уровне программой льготного кредитования, совместно с возможными рисками долгостроя, а также дефицит квалифицированных специалистов и зачастую низкое качество работ в строительной отрасли, вынуждают Правительство взять на контроль данные проблемы.

В последние годы неоднократно предпринимались попытки поэтапного внедрения технологии информационного моделирования (ТИМ) для возможности отслеживания состояния объекта, улучшения качества строительства, снижения рисков серьезных ошибок [1]. Помимо этого, современное строительство требует осуществления проектирования в кратчайшие сроки с выдачей большого объема рабочей документации.

Все это привело к необходимости наличия не только бумажного проекта, но и информационной модели, которая будет актуальна на протяжении всего жизненного цикла объекта. Подтверждением этому служит Постановление Правительства об информационном моделировании в долевого строительстве. В соответствии с ним с 1 июля 2024 года такие технологии начнут применяться при реализации крупных проектов долевого строительства.

Такое нововведение вызывает ряд сложностей [2, 3]. Например, первоначальные затраты на создание модели, необходимость обучения проектировщиков работе в специальных комплексах, а также неизбежность ручной работы даже при применении ТИМ все же остается.

Актуальными задачами являются оценка качества выполнения рабочей документации и оптимизации трудозатрат при использовании такой технологии.

Соответственно, было проведено исследование с целью оценки точности создания рабочей документации, а также возможности оптимизации трудозатрат, когда предполагается использование ТИМ.

За отправную точку была принята проектная документация многоквартирного жилого дома на примере блок-секции 1 по адресу г. Новосибирск, ул. Кирова, 23, выполненная традиционным методом (2D-чертежи САПР). На основании проекта была разработана информационная модель с использованием методологии ТИМ.

Основными этапами создания информационной модели были:

- подгрузка подложки AutoCAD в Revit;
- создание разбивочных осей;
- построение уровней и фасадов;
- моделирование стен;

- расстановка окон и дверей;
- нанесение размеров;
- создание разрезов, видов и листов;
- моделирование фундаментов;
- размещение перекрытий;
- копирование типовых этажей;
- моделирование кровли;
- моделирование армирования фундаментной плиты;
- выпуск необходимых спецификаций.

После выполнения вышеперечисленных действий формируется информационная модель (рисунки 1, 2), в которую при необходимости всегда можно внести коррективы.

Конкретизируем преимущества и особенности ТИМ на примере моделирования фундаментов.

При моделировании армирования фундаментной плиты (рисунок 3), Revit запрашивает различные параметры для детального отображения. Каждый арматурный элемент имеет свой диаметр, класс, шаг, длину, угол.

Благодаря указанию всех параметров, можно легко настроить и выпустить спецификации элементов (рисунок 4).

Сравним спецификации, полученные из проектной документации автоматизированным и ручным способом (рисунки 5 и 6).



Рисунок 1 – Архитектурная модель многоквартирного жилого дома

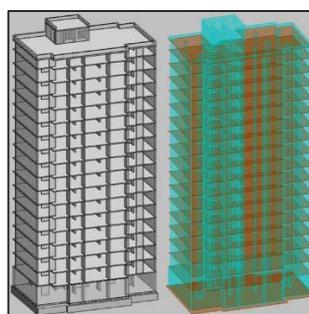


Рисунок 2 – Конструктивная и аналитическая модели многоквартирного жилого дома

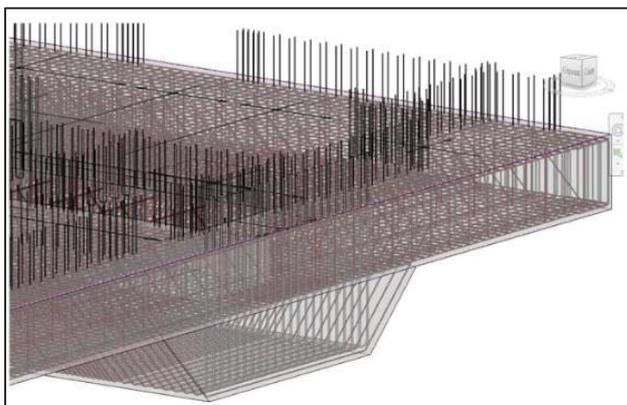


Рисунок 3 – Фрагмент армирования фундаментной плиты

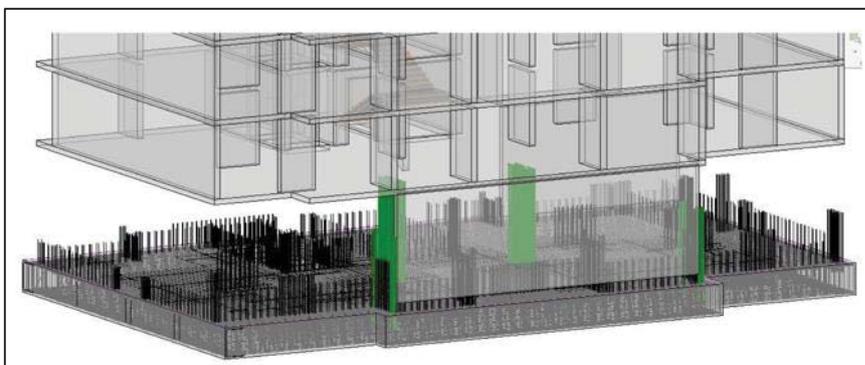


Рисунок 4 – Фрагмент армирования фундаментной плиты на 3D виде

О ТОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ ТРУДОЗАТРАТ ПО УСТРОЙСТВУ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ МОНОЛИТНОГО ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса	Примечание
<b>Детали</b>					
	ГОСТ 34028-2016	Ø<варианты> <вариант	L= 1460 ... 334	11136	0,577 ... 27742,56
1	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L, п.м	9022	1,998 18025,98
1.1	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 2300	20	4,596 91,92
1.2	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 2900	50	5,795 289,76
1.2a	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 2900	20	5,795 115,91
1.3	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 3900	134	7,793 1044,27
1.4	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 4700	30	9,391 281,74
1.5	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 5860	20	11,709 234,18
1.6	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 6400	46	12,788 588,34
1.7	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 6800	4	13,587 54,35
1.8	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 9020	33	18,022 594,86
1.9	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 9060	31	18,102 561,16
2.1a	ГОСТ 34028-2016	Ø22 A500C	L= 2900	6	8,654 51,92
2.2	ГОСТ 34028-2016	Ø22 A500C	L= 3900	24	11,638 279,32
2.3	ГОСТ 34028-2016	Ø22 A500C	L= 4700	11	14,025 154,28
3.1	ГОСТ 34028-2016	Ø28 A500C	L= 4700	7	22,701 156,91
4.1a	ГОСТ 34028-2016	Ø32 A500C	L= 3900	14	24,609 344,53
4.2	ГОСТ 34028-2016	Ø32 A500C	L= 6800	7	42,908 300,36
4.3	ГОСТ 34028-2016	Ø32 A500C	L= 10240	39	64,615 2519,99
4.4	ГОСТ 34028-2016	Ø32 A500C	L= 14040	22	88,593 1948,98
A1	ГОСТ 34028-2016	Ø10 A500C	L= 900	418	0,556 234,08
A1-п	ГОСТ 34028-2016	Ø10 A500C	L= 1920	42	1,185 49,98
A2	ГОСТ 34028-2016	Ø12 A500C	L= 1100	102	0,977 99,96
A2-п	ГОСТ 34028-2016	Ø12 A500C	L= 2300	14	2,043 28,56
A3	ГОСТ 34028-2016	Ø16 A500C	L= 1500	214	2,367 507,18
A3.1	ГОСТ 34028-2016	Ø16 A500C	L= 2260	78	3,567 278,46
A4	ГОСТ 34028-2016	Ø20 A500C	L= 2700	64	6,656 426,24
A4.1	ГОСТ 34028-2016	Ø20 A500C	L= 1800	20	4,437 80,80
A5	ГОСТ 34028-2016	Ø25 A500C	L= 2200	106	8,47 897,82
A6	ГОСТ 34028-2016	Ø28 A500C	L= 4560	60	22,025 1321,80
A6.1	ГОСТ 34028-2016	Ø28 A500C	L= 3660	16	17,678 282,88
дет.2	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 2580	429	5,155 2213,64
дет.3	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 2440	9	4,876 43,88
дет.4	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 2880	76	5,755 437,40
дет.5	ГОСТ 34028-2016	Ø18 A500C	L= 1560	397	3,117 1237,44

Поз.	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Масса общая, кг
<b>КРп-1</b>				
	Ø18 A500C L=3900 ГОСТ 34028-2016	2	7,793	15,59
	Ø18 A500C L=1150 ГОСТ 34028-2016	1	2,318	2,32
		3		17,9
<b>КРп-2</b>				
	Ø18 A500C L=5100 ГОСТ 34028-2016	2	10,19	20,38
	Ø18 A500C L=1150 ГОСТ 34028-2016	1	2,318	2,32
		3		22,7
<b>КРп-3</b>				
	Ø18 A500C L=11400 ГОСТ 34028-2016	2	22,778	45,56
	Ø18 A500C L=1150 ГОСТ 34028-2016	1	2,318	2,32
		3		47,87
<b>Кп-1</b>				
	Ø18 A500C L=2000 ГОСТ 34028-2016	2	3,996	7,99
	Ø18 A500C L=1150 ГОСТ 34028-2016	1	2,318	2,32
		3		10,31

Изделия арматурные												
Марка конструкции	Арматура класса											
	A240		A500C									
	ГОСТ 34028-2016		ГОСТ 34028-2016									
	Ø8	Итого	Ø10	Ø12	Ø16	Ø18	Ø20	Ø22	Ø25	Ø28	Ø32	Итого
<варианты>	4821	4821	284,1	128,5	785,6	33599,3	23436,6	485,5	897,8	1763,6	5113,9	66494,9
												71315,9

Рисунок 5 – Спецификации, выпущенные из автоматизированного программного комплекса Revit

Спецификация элементов фундаментной плиты ФМ1 (начало)					
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса, Ед. кг	Примечание
					43627,24
		<i>Основное армирование:</i>			8000,00
1		А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= н.л.*	9000	2,00	8000,00
		<i>Дополнительное армирование:</i>			9668,70
11		А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 2300	20	4,60	92,00
12		А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 2900	50	5,80	290,00
12a	Лист 18	А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 2900	20	5,80	116,00
13		А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 3900	124	7,80	967,20
14		А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 4700	30	9,40	282,00
15		А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 5850	20	11,70	234,00
16		А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 6400	46	12,80	588,80
17		А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 6800	4	13,60	54,40
18		А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 9025	33	18,05	595,65
19		А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 9100	31	18,20	564,20
21a	Лист 18	А500С # 22 ГОСТ 34028-2016 l= 2900	7	8,65	60,58
22		А500С # 22 ГОСТ 34028-2016 l= 3900	34	11,64	395,68
23		А500С # 22 ГОСТ 34028-2016 l= 4700	11	14,02	154,27
31		А500С # 28 ГОСТ 34028-2016 l= 4700	7	22,70	158,91
41a		А500С # 32 ГОСТ 34028-2016 l= 3900	13	24,61	319,92
42	Лист 18	А500С # 32 ГОСТ 34028-2016 l= 6800	7	42,91	300,36
43	Лист 18	А500С # 32 ГОСТ 34028-2016 l= 9800	39	61,84	2411,68
44	14030(17750+3940) (Лист 18)	А500С # 32 ГОСТ 34028-2016 l= 14030	21	99,19	2083,06
		<i>Детали и каркасы:</i>			15958,54
Кр-1	Лист 19	Каркас поддерживающий Кр-1 l= н.л.	430	8,60	3698,00
КРп-1	Лист 19	Каркас поперечного армирования КРп-1 шт	41	44,30	1816,30
КРп-2	Лист 19	Каркас поперечного армирования КРп-2 шт	22	59,48	1308,56
КРп-3	Лист 19	Каркас поперечного армирования КРп-3 шт	6	132,96	797,76
дет.1	Лист 18	А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 2625	166	5,32	883,12
дет.2	Лист 18	А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 2660	260	5,25	1365,00
дет.3	Лист 18	А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 2530	9	5,06	45,54
дет.4	Лист 18	А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 2920	76	5,84	443,84
дет.5	Лист 18	А500С # 18 ГОСТ 34028-2016 l= 1580	430	3,16	1358,80

Спецификация элементов фундаментной плиты ФМ1 (окончание)					
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса, Ед. кг	Примечание
A1	Лист 18	А500С # 10 ГОСТ 34028-2016 l= 900	418	0,56	233,24
A1-n	Лист 18	А500С # 10 ГОСТ 34028-2016 l= 1950	42	1,21	50,78
A2	Лист 18	А500С # 12 ГОСТ 34028-2016 l= 1100	104	0,98	101,82
A2-n	Лист 18	А500С # 12 ГОСТ 34028-2016 l= 2350	14	2,09	29,28
A3	Лист 18	А500С # 16 ГОСТ 34028-2016 l= 1500	212	2,37	501,80
A31	Лист 18	А500С # 16 ГОСТ 34028-2016 l= 2250	78	3,55	276,94
A4	Лист 18	А500С # 20 ГОСТ 34028-2016 l= 2700	64	6,66	426,12
A4.1	Лист 18	А500С # 20 ГОСТ 34028-2016 l= 1800	20	4,44	88,78
A5	Лист 18	А500С # 25 ГОСТ 34028-2016 l= 2200	106	8,45	895,49
A6	Лист 18	А500С # 28 ГОСТ 34028-2016 l= 4650	60	22,46	1347,57
A6.1	Лист 18	А500С # 28 ГОСТ 34028-2016 l= 3750	16	18,11	289,80
		<i>Материалы:</i>			
		Бетон В25, W6, F150, ГОСТ 26633-2015		557	м³
		Бетон В15, ГОСТ 26633-2015		45	м³

Ведомость расхода стали на ФМ1, кг												
Марка элемента	Арматура класса									Сталь марки	ВСЕГО	
	А500С									С245		
	ГОСТ 34028-2016									ГОСТ 103-2006		
	#10	#12	#16	#18	#20	#22	#25	#28	#32	Итого	40х5	Итого
Фундамент ФМ1	284,02	1811	778,74	3550,17	514,9	6853	895,49	1796,28	595,01	43627,24		43627,24
Напольная ФМ1											26194	26194
ВСЕГО	284,02	1811	778,74	3550,17	514,9	6853	895,49	1796,28	595,01	43627,24	26194	43889,18

1. Общие данные смотри л1  
 \*заложен запас на перехлест погонной арматуры #18-5,3%  
 #22-6,5%  
 #28-7,7%  
 #32-8,3%

Рисунок 6 – Спецификации, полученные из проектной документации вручную

## О ТОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ ТРУДОЗАТРАТ ПО УСТРОЙСТВУ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ МОНОЛИТНОГО ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В результате сравнительного анализа представленных спецификаций, можно сделать вывод о том, что при создании рабочей документации ручным подсчетом было насчитано 43111,86 кг арматуры, а автоматизированным способом 43058,3 кг, что на 53,56 кг меньше.

Причины такого расхождения могут быть различными: погрешности округления значений, возможная ошибка при подсчете, заложение большого запаса арматуры и т.д.

В любом случае, не стоит забывать очень полезную функцию, такую как редактирование информационной модели. Никто не исключает, что после прохождения экспертизы будет изменен конструктив или заказчик будет не способен выполнить конструктивные решения, принятые в проекте.

Благодаря BIM-технологиям, редактирование будет гораздо проще и быстрее выполнить, поскольку предстоит внести конкретные корректировки единожды и все чертежи обновятся. С традиционным 2D-проектированием такого ожидать не следует, поскольку вначале необходимо поправить каждый чертеж, требующий корректировки, а уже потом вновь пересчитать спецификации, что занимает значительное время.

### **Заключение**

На основании проведенного исследования по определению точности выполнения рабочей документации с помощью BIM-проектирования на примере моделирования многоквартирного жилого дома по адресу г. Новосибирск, ул. Кирова, 23, были сделаны следующие выводы:

1) Для создания рабочей документации можно использовать автоматизированные

программные комплексы, в моем случае, Revit. С его помощью получаются более точные спецификации элементов по сравнению со спецификациями, полученные ручным подсчетом.

2) Время, затраченное на моделирование, будет компенсироваться быстротой получения рабочей документации, а также внесении корректировок в чертежи, что будет оптимизировать трудозатраты.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Талапов, В. В. О некоторых принципах, лежащих в основе BIM / В. В. Талапов // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2016. – № 4 (688). – С. 108-114.

2. Autodesk: Официальный сайт Autodesk / Поддержка и обучение. – URL: <https://knowledge.autodesk.com/support> (дата обращения 10.01.2024).

3. Robert Yori, Marcus Kim, Lance Kirby Mastering Autodesk Revit 2020 / Robert Yori, Marcus Kim, Lance Kirby – Indianapolis, Indiana, Canada; Изд-во John Wiley & Sons, 2020 – 1104 с.

**Азаров Борис Федотович** – к.т.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [stf-ofigig@mail.ru](mailto:stf-ofigig@mail.ru);

**Грязнова Ольга Валерьевна** – студент группы 8Соим-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [ola182000@mail.ru](mailto:ola182000@mail.ru).

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА КАМЕНЬ-НА-ОБИ

Б. Ф. Азаров, А. Е. Савицкий

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

*В статье рассматриваются вопросы реконструкции канализационных очистных сооружений г. Камень-на-Оби с применением информационного моделирования. Описываемые очистные сооружения проектировались и строились исходя из объемов сточных вод 1969 года и без учета увеличения населения города. По состоянию на 2024 год численность населения города увеличилась, как и объем производимых городом сточных вод. По результатам обследования инженерных конструкций и изучения материалов организации МУП «Каменские теплосети» были сделаны выводы о возможности реконструкции канализационных сооружений и разработана соответствующая проектная модель. Статья описывает возможности применения информационного моделирования в реконструкции, а именно программного комплекса Autodesk Autocad и Autodesk Revit.*

**Ключевые слова:** реконструкция, канализация, канализационные очистные сооружения, информационное моделирование, 3D модель, обследование, Revit, Autocad.

Обычно необходимость в модернизации или реконструкции канализационных очистных сооружений появляется при падении эффективности работы комплекса сооружений либо одного или нескольких узлов в технологии очистки воды. Учитывая требования к очищенным стокам, многие комплексы, построенные в середине прошлого века, уже не эффективны.

Чтобы степень очистки сточных вод соответствовала нормативным требованиям, необходимо уменьшение производственной нагрузки и снижение концентрации загрязняющих веществ. Для усовершенствования проводятся такие мероприятия, как реконструкция и модернизация.

Реконструкция канализационной сети и водостоков состоит зачастую в частичном или полном изменении ее конструкции, либо изменения высотного расположения трубопроводов.

Причинами реконструкции сетей могут быть:

1. неудовлетворительное техническое состояние отдельных участков
2. недостаточная пропускная способность трубопроводов
3. увеличение нагрузок от автомобильного транспорта, превышающих несущие способности трубопроводов

### **Современное состояние системы водоотведения города**

Водоотведение города Камень-на-Оби представляет собой сложный комплекс инже-

нерных сооружений и процессов. Задачи, выполняемые системой водоотведения муниципального образования, можно разделить на две составляющие:

1. сбор и транспортировка сточных вод;
2. очистка поступивших сточных вод на очистных сооружениях.

В настоящее время на территории г. Камень-на-Оби система водоотведения комбинированная. Большая часть застройки оборудована системой централизованного водоотведения. Сброс хозяйственно-бытовых сточных вод от индивидуальной застройки, удаленной от магистральных самотечных канализационных коллекторов, осуществляется в отдельные септики и выгребы с последующим вывозом на канализационные очистные сооружения.

Хозяйственно-бытовые сточные воды с южной части города собираются самотечной канализационной коллекторной сетью и подаются на канализационную насосную станцию КНС № 1, расположенную по адресу ул. Гагарина 2-А. Фактическая производительность КНС № 1 составляет 7000 м<sup>3</sup>/сутки, проектная – 11000 м<sup>3</sup>/сутки.

От КНС №1 стоки по двум напорным стальным трубопроводам Ø400 мм, проложенным по ул. Ленина, сбрасываются в самотечный железобетонный коллектор диаметром 700-900 мм. Самотечный железобетонный коллектор по ул. Ленина собирает все стоки города и сбрасывает их в головную канализационную насосную станцию (ГКНС),

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА КАМЕНЬ-НА-ОБИ

расположенную по ул. Ленина, 328. Проектная производительность ГКНС составляет 11000 м<sup>3</sup>/сут. От ГКНС стоки по двум напорным стальным коллекторам диаметром 400 мм поступают на канализационные очистные сооружения (КОС), расположенные по ул. Колесникова, 362. Сточные воды от пивзавода ООО «СибМос» отводятся локальной КНС, расположенной по ул. Училищной.

Сточные воды от ООО «Каменская птицефабрика», ОАО «Каменский элеватор», ООО «Восход» Каменский мясокомбинат отводятся четырьмя локальными КНС, расположенными в зонах этих производственных предприятий на канализационные очистные сооружения. Площадка КОС располагается в северной части населенного пункта. Мощность составляет 9000 м<sup>3</sup>/сутки. Сброс очищенных сточных вод осуществляется ниже города по течению реки Оби.

Предприятия города имеют локальные системы водоотведения со сбросом в городские сети. Износ оборудования КОС составляет 70%. Сооружения работают в режиме гидравлической перегрузки. Протяженность магистральной самотечной канализационной коллекторной сети составляет 61,1 км, напорной – 23,3 км. Износ сетей водоотведения составляет 80%. Годовой объем водоотведения с территории города составляет 2700 тыс. м<sup>3</sup>.

Анализ современного состояния системы водоотведения города позволяет выявить наличие как положительных, так и отрицательных ее качеств.

Положительные стороны:

- водоотведение населенного пункта централизованное, с единой диспетчерской службой;

- наличие сооружений очистки сточных вод благоприятно сказывается на экологическом состоянии территории населенного пункта.

Отрицательные стороны:

- отмечается износ сетей и сооружений;

- работа сооружений водоотведения в режиме гидравлической перегрузки влечет за собой снижение эффективности очистки, в конечном счете, к загрязнению окружающей среды;

- канализование в септики и выгребы не заводского изготовления негативно сказывается на экологическом состоянии территории города.

### Планируемая реконструкция

Проект реконструкции КОС включает в том числе и разработку информационной модели блока емкостей для станции биологической очистки сточных вод производительностью 25тыс.м<sup>3</sup>/сутки для реконструкции имеющегося сооружения по причине его устаревания и низкой производительности для современного объема сточных вод.

Реконструкция подразумевает строительство современной установки для очистки сточных вод на замену имеющимся сооружениям, так как нынешняя установка была запущена в эксплуатацию в 1969 году и подразумевала меньший объем стоков.

По статистическим данным численность населения на 1970 год составляла 35 604 человек. Сведения об изменении численности населения представлены на рисунке 1. Динамика роста населения за период более 100 лет представлена на рисунке 2.

Численность населения									
1917 <sup>[14]</sup>	1920 <sup>[14]</sup>	1923 <sup>[14]</sup>	1926 <sup>[14]</sup>	1929 <sup>[14]</sup>	1931 <sup>[15]</sup>	1959 <sup>[16]</sup>	1967 <sup>[15]</sup>	1970 <sup>[17]</sup>	1979 <sup>[18]</sup>
14 481	↗17 310	↗19 905	↗22 982	↗25 390	↘22 800	↗30 135	↗35 000	↗35 604	↗40 018
1989 <sup>[19]</sup>	1992 <sup>[15]</sup>	1996 <sup>[15]</sup>	1998 <sup>[15]</sup>	2000 <sup>[15]</sup>	2001 <sup>[15]</sup>	2002 <sup>[20]</sup>	2005 <sup>[15]</sup>	2006 <sup>[15]</sup>	2007 <sup>[15]</sup>
↗42 483	↗43 300	↗44 800	↘43 300	↘43 200	↗43 600	↗44 375	↗45 300	↘45 100	↔45 100
2008 <sup>[15]</sup>	2009 <sup>[21]</sup>	2010 <sup>[22]</sup>	2011 <sup>[23]</sup>	2012 <sup>[23]</sup>	2013 <sup>[24]</sup>	2014 <sup>[25]</sup>	2015 <sup>[26]</sup>	2016 <sup>[27]</sup>	2017 <sup>[28]</sup>
↘44 600	↘44 324	↘43 888	↘43 854	↘43 223	↘42 813	↘42 177	↘41 897	↘41 787	↘41 315
2018 <sup>[29]</sup>	2019 <sup>[30]</sup>	2020 <sup>[31]</sup>	2021 <sup>[1]</sup>						
↘40 795	↘40 647	↘40 480	↘32 385						

Рисунок 1 – Численность населения

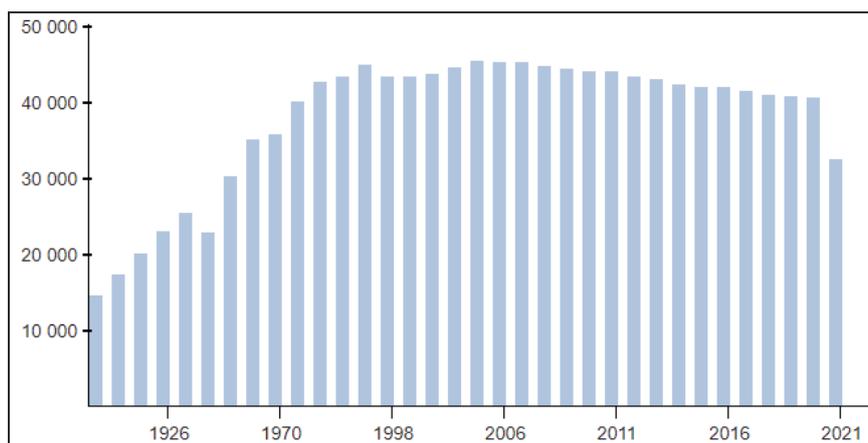


Рисунок 2 – Динамика численности населения

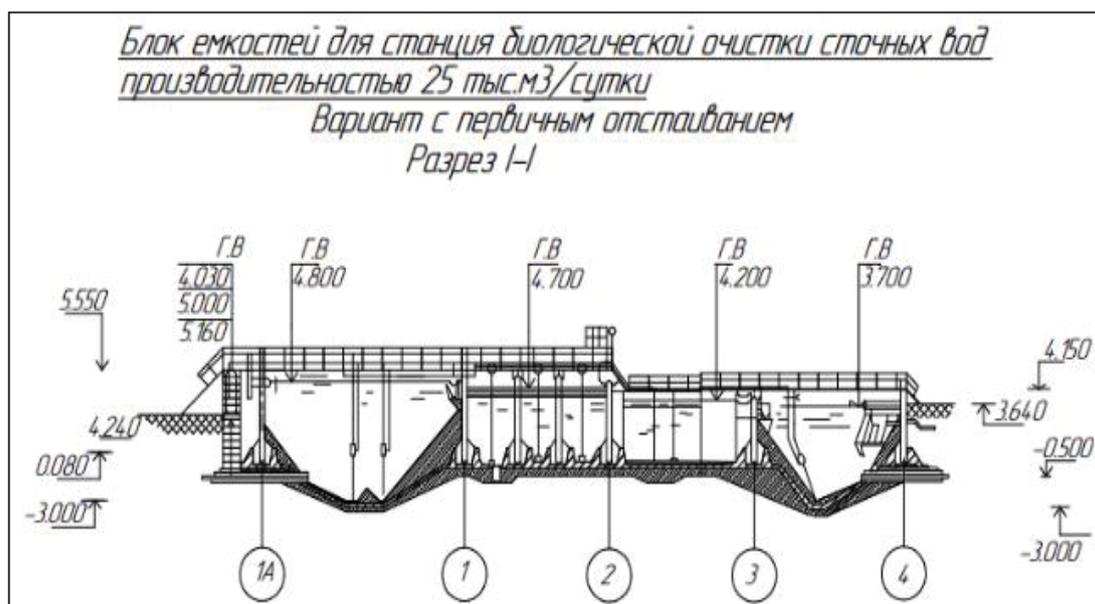


Рисунок 3 – Чертеж блока емкостей в разрезе

После периода роста населения в 70-е годы прошлого века его численность установилась примерно на одном уровне. Однако за последние 30 лет увеличилось количество домохозяйств с центральной канализацией, так же наблюдается некоторый рост промышленности, представленной в г. Каменьна-Оби следующими предприятиями: металлзавод, два мясокомбината, масло-сыркобинат, ликёро-водочный завод, рыбо-завод, хлебозавод, птицефабрика, элеватор, ремонтно-механический завод, ткацкая фабрика, мебельная фабрика, трикотажная фабрика, швейная фабрика, щебёночный завод и другие.

По результатам обследования состояния канализационных очистных сооружений, проведенного в 2023 году МУП «Каменские теп-

лосети», в городе требуется провести модернизацию очистных сооружений и строительство блока емкостей биологической очистки производительностью 25 тысяч м<sup>3</sup>. Этой мощности хватит для стабильной работы канализационных очистных сооружений.

Блоки емкостей предназначены для применения в составе станции биологической очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод. Блоки емкостей обеспечивают полную биологическую очистку сточных вод, прошедших решетки и песколовки, с доведением концентрации загрязнений по взвешенным веществам и БПК<sub>полн.</sub> до 15 мг/л. Едок емкостей состоит из четырех секций каждая шириной 9 м.

Разрез и план блока емкостей представлен на рисунках 3 и 4.

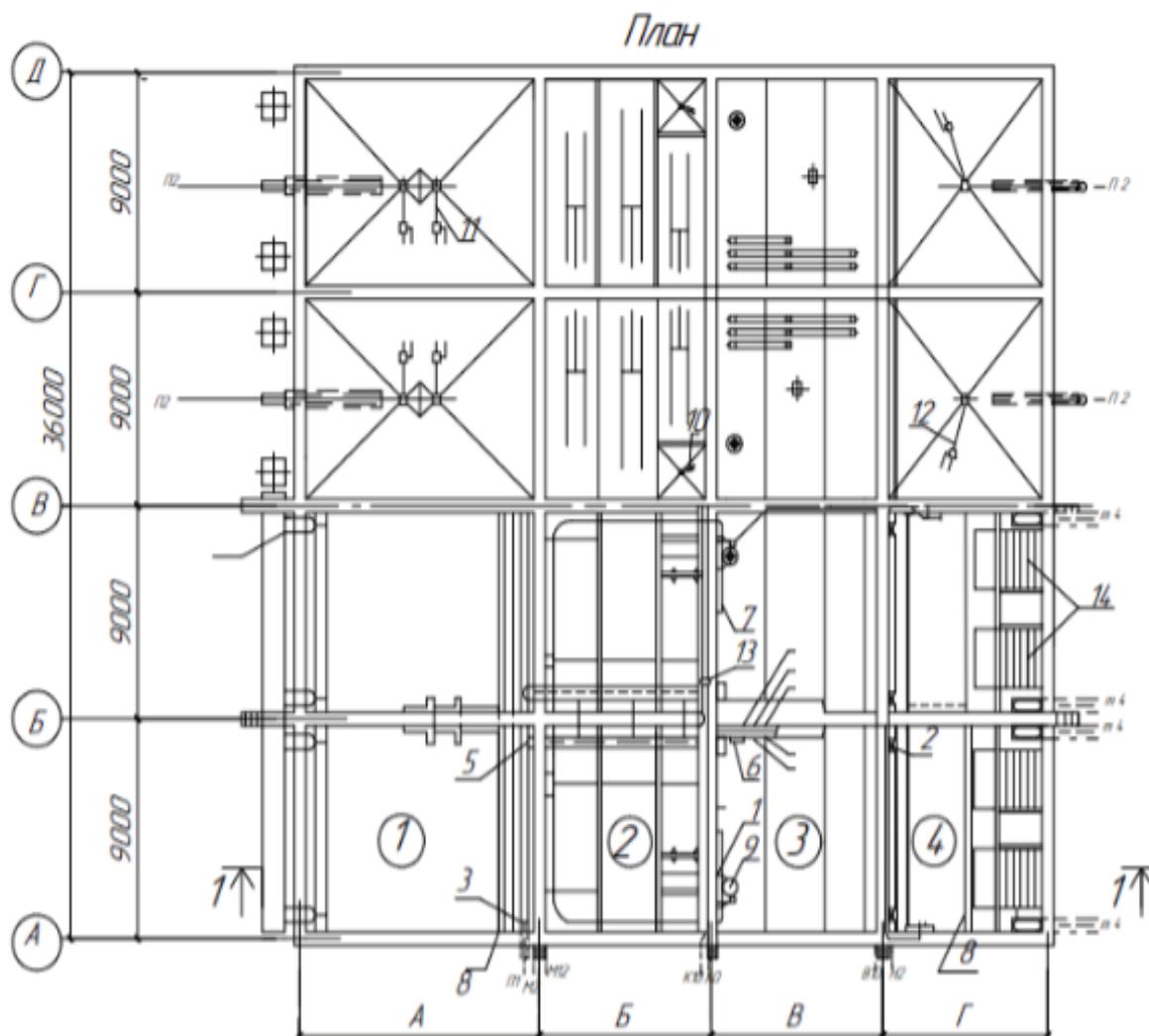


Рисунок 4 — План блока емкостей

#### Необходимость использования ТИМ

Использование технологий информационного моделирования позволит оптимизировать как процесс реконструкции, так и собственно строительство.

Так как процесс реконструкции требует значительных затрат времени и ответственного подхода, связанного с использованием финансовых средств, то с помощью комплексного подхода и современных технологий можно избежать большинство проблем, возникающих на этапе строительства.

Технологии информационного моделирования предлагают передовые приёмы и инструменты, позволяющие проводить тщательный анализ затрат на строительство, не допуская при этом ошибок в проектировании.

Таким образом, ТИМ помогает существенно снизить перерасход средств и времени, характерные для традиционного строительства.

#### Использование программных комплексов

Повсеместная компьютеризация и информатизация, появление и всеобъемлющее распространение различного программного обеспечения во всех сферах жизни и производства сделало возможным использование систем автоматического проектирования (САПР) при разработке проектной документации.

Применение САПР позволяет значительно сократить время, затрачиваемое сотрудниками проектных организаций на выполнение работ по составлению чертежей, проведение расчетов, создание спецификаций и экспликаций и так далее.

За счет снижения трудозатрат, требуемых для выполнения данного спектра работ, становится возможным достижение большей эффективности работников, что означает значительное сокращение средств, затрачи-

ваемых в общем на строительство и, в частности, на проектирование. Также использование САПР позволяет за счет применения систем автоматического расчета увеличить точность и скорость выполнения расчетов, исключив, либо значительно снизив, вероятность появления ошибок, связанных с человеческим фактором, например, использования неверных данных при повторении расчетов, требующих несколько итераций. Использование САПР позволяет также с намного большей скоростью производить подбор различных архитектурных и конструктивных элементов за счет возможности быстрой смены одного элемента на другой.

Подобный результат появляется при использовании систем параметрического моделирования, развитие которых является на данный момент приоритетным направлением в развитии программного обеспечения, предназначенного для строителей и архитекторов.

Отдельным вариантом развития параметрического моделирования является использование технологии BIM (Building Information Modeling – информационное моделирование здания), предполагающей создание проработанной трехмерной модели здания или сооружения, включающей в себя информацию об архитектурных, конструктивных элементах здания, инженерных сетях, параметрах материалов, используемых при строительстве, взаимодействии отдельных элементов как при строительстве, так и при эксплуатации здания.

Исследование и развитие подобной технологии является необходимым, так как в России 11 июня 2016 года на федеральном уровне был утверждён перечень поручений, обеспечивающих создание правовой базы использования информационного моделирования зданий в строительстве, в первую очередь по государственному заказу.

Таким образом, мы видим, что государство признает необходимость дальнейшего распространения BIM-технологий [1].

#### **Программный комплекс, используемый для разработки модели**

Разработана модель сооружения с помощью программного комплекса на основе Autodesk AutoCAD и Revit.

AutoCAD и Revit – это два мощных инструмента для проектирования в сфере архитектуры и строительства. Оба приложения позволяют создавать 2D и 3D модели, но они имеют свои уникальные возможности и предназначение.

AutoCAD – это программное обеспечение, которое уже десятилетия используется в

проектировании и черчении. Оно позволяет создавать точные технические чертежи и 2D планы.

AutoCAD используется в различных отраслях, от архитектуры и строительства до машиностроения и электротехники. Он заточен под создание чертежей и проектов, как на плоскости, так и в трехмерном пространстве. Фокус внимания направлен на геометрические и технические параметры моделей, а также на создание спецификаций на объекты. Он позволяет работать с различными типами объектов, предоставляет возможности для проверки размеров и масштабирования, а также обладает удобным интерфейсом и интуитивно понятными командами. Последние версии приложения соединили в себе несколько инструментов, которые разработчик ранее предлагал в качестве отдельных продуктов.

Если нужно внести изменения в определенную деталь проекта, программа не «подгоняет» остальные элементы в автоматическом режиме. В частности, изменение диаметра водопроводной трубы на одном из участков сети приводит к необходимости изменения данного параметра на всем протяжении данной сети вручную. Отметим, что AutoCAD не анализирует проекты по умолчанию: для проведения сложных расчетов придется докупить дополнительную опцию.

В отличие от AutoCAD, в Revit все элементы проекта связаны друг с другом, и малейшие изменения в одном сразу же отображаются на других, что исключает наложение элементов друг на друга или их несоответствие.

Revit позволяет создавать трехмерные прототипы зданий и сооружений, которые проектировщик может визуализировать [2]. Такой подход актуален для тех, кто представляет проекты заказчикам: иногда наглядное изображение может сказать больше, чем стопка чертежей и спецификаций.

Дополнительно программа позволяет как настраивать единую сеть инженерных систем здания, так и вычленять определенный ее элемент и работать только над ним (например, перенастраивать конфигурацию сети воздуховодов в производственном помещении).

Это флагманское программное обеспечение компании Autodesk для BIM. BIM основана на создании 3D моделей зданий и включает информацию о материалах, системах и компонентах здания.

Revit позволяет интегрировать все аспекты проектирования и строительства, от

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА КАМЕНЬ-НА-ОБИ

архитектуры и конструкций до инженерных систем и электричества. Revit, обеспечивает надежность и точность в проектировании.

Таким образом, AutoCAD и Revit оба имеют свои сильные стороны и применение в проектировании и строительстве.

AutoCAD является отличным инструментом для создания широкого спектра технических чертежей и планов, в то время как Revit предоставляет возможности для разработки комплексных 3D моделей и интеграции всех аспектов проекта.

### **Заключение**

Выполненные исследования позволяют сделать вывод, что сооружения, построенные в 1969 году, не удовлетворяют требованиям 2024 года. Их пропускной способности не хватает для возросшей нагрузки на сооружения.

Основной метод решения проблемы низкой пропускной способности канализационных очистных сооружений – это реконструкция имеющихся сооружений либо их расширение для удовлетворения требования мощности и степени загрязнения сточных вод.

Рассмотрен программный комплекс, используемый для разработки модели блока емкостей для станций биологической очистки сточных вод производительностью 25 тыс. м<sup>3</sup>/сутки, так как нынешний блок емкостей не справляется с увеличенной нагрузкой и объемом сточных вод.

Для информационной модели был использован комплекс программ моделирова-

ния AutoCAD и Revit. Одной из причин выбора комплекса программ является простой и понятный интерфейс, но имеющий широкий функционал, что позволит перенести чертеж с бумаги в программу и **создать** модель любой сложности.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ Р 57563-2017/ISO/TS 12911:2012. Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. – Введ. 2017-10-01. – М. : Стандартинформ, 2017. – 32 с.
2. Гилемханов, Р. А. Опыт применения Autodesk Revit и Robot Structural Analysis Professional / Р. А. Гилемханов // Строительство уникальных зданий и сооружений / ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». – Санкт-Петербург, 2015. – № 11 (38). – С. 79-95.

**Азаров Борис Федотович** – к.т.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [stf-ofigig@mail.ru](mailto:stf-ofigig@mail.ru);

**Савицкий Алексей Евгеньевич** – студент группы 8Соим-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [savitskijae@gmail.com](mailto:savitskijae@gmail.com).

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ И ИХ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ К СОВРЕМЕННОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Л. Н. Амосова, В. В. Доронина

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

*Усиление фундаментов зданий и сооружений, памятников архитектуры является уникальным направлением в современном строительстве, поскольку такие объекты требуют особого внимания к сохранению их исторической и архитектурной ценности. К современным методам относят: инъекционное укрепление, усиление с помощью композитных материалов, армирование с использованием высокопрочной арматуры, применение новых технологий для создания более прочных и долговечных фундаментов. Каждый имеет свои преимущества и недостатки, но их объединяет использование инновационных материалов и технологий, которые позволяют укрепить существующие конструкции.*

**Ключевые слова:** усиление фундаментов, современные методы, памятники архитектуры, реконструкция, фундаменты, адаптация к современным условиям.

В современном мире строительство и реконструкция зданий и сооружений являются непрерывными процессами, а также часто приходится работать с усилением фундаментов. В настоящее время прежние способы усиления фундаментов могут быть неэффективными или недостаточно надежными для современных требований эксплуатации. Кроме того, они могут не учитывать новые материалы и технологии, которые предлагают более эффективные решения. Именно поэтому возникает необходимость исследования и развития новых методов усиления фундаментов.

Особенно актуальной становится эта задача в отношении памятников архитектуры, которые требуют особого подхода и внимания к сохранению их исторического облика и адаптации к современным условиям использования.

Основная задача фундамента – воспринимать все нагрузки от вышележащих конструкций и передавать их на основание.

В свою очередь задача основания – воспринимать ощутимые напряжения и деформации от этих нагрузок и поглощать нагрузки, передаваемые на него конструкциями [1]. Под действием этих нагрузок основание деформируется, из-за этих деформаций возникают дополнительные напряжения в конструкциях здания или сооружений, что и приводит к нежелательным изменениям.

В первую очередь нужно обследовать фундаменты и определить причины их деформаций или разрушения.

Во время обследования фундаментов в шурфах определяются следующие параметры: материал и тип фундамента, его размеры и глубина заложения, форма в плане, сечение и шаг свай (если имеются), ранее проведенные работы по ремонту и усилению конструкций. Также при обследовании устанавливают: дефекты кладки и марку материалов (механическими или электрофизическими методами), наиболее поврежденные и аварийные участки конструкций фундаментов, по возможности толщину защитного слоя бетона, диаметр арматуры и ее шаг, наличие гидроизоляции, наличие бетонной подготовки. Необходимо взять образец материала фундамента для лабораторных испытаний.

Основными причинами, вызывающими необходимость усиления фундаментов, являются: увеличение нагрузок на фундаменты, недостаточная прочность материала фундаментов, изменение уровня грунтовых вод или замачивание, промораживание, развитие недопустимых деформаций вследствие строительства новых зданий рядом с существующими.

После того, как проведено обследование фундаментов, установлена причина их повреждения (деформации или разрушения), составлено заключение по результатам обследования, нужно определить наиболее эффективный способ усиления фундаментов и разработать проект их усиления.

Способы усиления фундаментов зданий и сооружений делятся на четыре основных группы [2]:

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ И ИХ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ К СОВРЕМЕННОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

1. Восстановление несущей способности фундаментов (защита фундаментов от выветривания, восстановление геометрических размеров и прочности материала фундаментов, восстановление кладки фундаментов, замена или перекладка фундаментов, защита фундаментов от замачивания)

2. Увеличение несущей способности фундаментов: увеличение несущей способности фундаментов без изменения расчетной схемы, увеличение несущей способности фундаментов с изменением расчетной схемы, увеличение несущей способности фундаментов с изменением напряженного состояния)

3. Разгрузка конструкций фундаментов -передача нагрузки от надфундаментных конструкций на сваи, разгрузка ослабленных участков фундаментов путем конструктивных мероприятий)

4. Усиление свайных фундаментов (усиление железобетонных ростверков, ствола свай, всего свайного фундамента).

К наиболее распространенным относятся: усиление с помощью свай (3 гр.), цементация (1 гр.), уширение подошвы фундамента (2 гр.), железобетонная рубашка и специальные обоймы (2 гр.), торкретирование (1 гр.).

Процесс укрепления при реставрации включает восстановление, сохранение или улучшение функциональных возможностей конструктивных элементов старинных зданий. В случае, если сооружение к началу реставрационных работ утратило некоторые элементы, они могут быть реконструированы и вновь включены в работу (с целью восстановления начальной или близкой к ней рабочей схемы) или заменены на современные элементы.

Весь процесс реконструкции подземной части сооружения, в том числе усиление фундамента, делится на два основных этапа:

**Первый этап** – подготовительный. На данном этапе проводятся работы по обеспечению устойчивости объекта реконструкции, которые позволяют безопасное производство работ внутри него. Также на этом этапе временно укрепляют несущие конструкции и разгружают фундамент путем передачи нагрузок на временные опоры или конструкции здания, обеспечивающие надежность.

**Второй этап** включает выполнение всех строительно-монтажных работ, необходимых при усилении, замене и устройстве новых конструктивных элементов объекта реконструкции. К данным работам можно отнести: рытье котлованов, демонтаж полов, демонтаж старых конструкций или их усиление,

возведение новых конструкций, в том числе опалубочные, арматурные и бетонные работы.

В некоторых случаях фундамент не подлежит ремонту и поэтому его заменяют. Фундамент подлежит замене, если доступные методы усиления не способны обеспечить необходимую несущую способность.

Замена фундаментов также делится на два этапа:

1) **первый этап** – подготовительный. Он включает в себя мероприятия, обеспечивающие зданиям устойчивость во время выполнения работ второго этапа.

2) **второй этап** включает рытье котлованов и траншей, разборка старого фундамента и устройство нового. Перекладка обычно происходит на отдельных участках длиной 1,5-2 м.

В качестве примера хочу привести здание Гостиного двора, расположенное по адресу: г. Москва, ул. Варварка, дом 3.

Здание было спроектировано архитектором Джакомо Кваренги и утверждено Екатериной II. Согласно заключению НИИОСП под фундаментами находятся насыпные грунты, содержащие включения строительного мусора мощностью до 10 м, а также супесь текучая. Ниже располагаются водонасыщенные песчаные грунты, мягко- и туго-пластичные суглинки. Высокий уровень грунтовых вод. Состояние грунтового основания – перегруженное.

Из-за неравномерных осадок произошли деформации стен и сводчатых перекрытий с образованием трещин. Фундаменты в неудовлетворительном состоянии, в некоторых местах они сложены из боя кирпича на известковом растворе и можно было легко разобрать вручную.

Объект был реконструирован с целью размещения торговых предприятий и офисов с надстройкой двух этажей, перекрытием внутреннего двора, стеклянным куполом и увеличением высоты подвалов на 2-4 метра (рисунки 1, 2). Институтом были предусмотрены работы по усилению оснований, укреплению фундаментов и подвальных стен при помощи свай-РИТ (разрядно-импульсная технология), цементация стен и зоны контакта «фундамент-грунт». Несущая способность свай по грунту 17,7 и 16,9 тс, диаметр бурения 150 мм, на 10 м ниже подошвы фундамента. На данном объекте было использовано более 10 тысяч свай-РИТ. В результате испытаний их несущая способность составила 45 и 58 тс на сваю соответственно, что в 5 и 3,4 раза выше, чем проектная.



Рисунок 1 – Процесс реконструкции

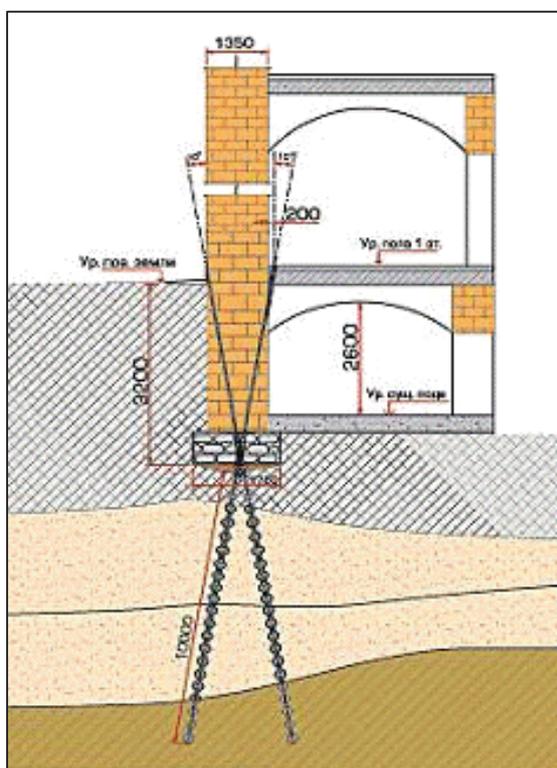


Рисунок 2 – Схема реконструкции

Реконструкция зданий и сооружений является одной из сложных задач в строительстве. Современные методы усиления фундаментов позволяют продлить срок службы памятников архитектуры, обеспечивать надежность и долговечность конструкций, но и в то же время не нарушать эстетическую ценность.

Важным аспектом является учет особенностей каждого конкретного памятника архитектуры при выборе метода усиления фундамента.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений: актуализир. ред. СНиП 2.02.01-83: дата введения 2017-07-01. – М. : Минстрой России, 2016. – 228 с.

2. Коробова, О. А. Усиление оснований и реконструкция фундаментов: учебное пособие / О. А. Коробова. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2008. – 332 с.

**Амосова Лариса Николаевна** – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [larisa1708@bk.ru](mailto:larisa1708@bk.ru);

**Доронина Виктория Владимировна** – студент группы 8Спец-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [dor\\_viktoriya2000@mail.ru](mailto:dor_viktoriya2000@mail.ru).

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Л. Н. Амосова, Г. В. Легалова

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

*В статье рассматриваются методы усиления и закрепления оснований зданий и сооружений. Рассмотрены причины, влияющие на несущую способность грунтов оснований. Перечислены и описаны современные методы усиления и закрепления оснований зданий и сооружений. Установлено, что от особенностей инженерно-геологического напластования, уровня подземных вод, конструктивной схемы здания, типа существующего фундамента и степени его физического износа зависит выбор метода.*

**Ключевые слова:** *грунтовое основание, негативные факторы, усиление грунтов, закрепление оснований, несущая способность, силикатизация, термическое закрепление, электрохимическое закрепление, шпунтовые стенки.*

В современных, быстроразвивающихся урбанизированных территориях возникает огромное количество факторов, влияющих на несущую способность грунтов оснований, а также являющихся причиной высокого износа фундаментов существующих зданий.

Современные методы усиления оснований зданий и сооружений заключаются в искусственном изменении физико-механических свойств грунтов, что подразумевает повышение их прочности, устойчивости и водонепроницаемости. Поэтому вопрос о современных методах усиления грунтов основания зданий и сооружений, а также влияние на выбор конструкции фундаментов действительно актуален.

Выявлено, что от особенностей инженерно-геологического напластования, уровня подземных вод, конструктивной схемы здания, величины и характера действующих нагрузок, типа существующего фундамента, степени его физического износа зависит выбор методов.

Существуют несколько основных методов усиления оснований:

- упрочнение грунтов материалами;
- термическое или электрохимическое укрепление;
- использование свай или шпунтовых стенок;
- передача нагрузки на нижележащие грунты.

Также есть методы усиления оснований с помощью заполнения их пор материалами (силикатизация, цементация, битумизация и другие) [1].

Основными признаками для определения состояния грунтовых состояний являются:

- деформации некоторых строительных конструкций, произошедшие во время эксплуатации объекта, либо возникшие в результате внешних воздействий.

- осадка грунтов на площадке вокруг объекта, произошедшая из-за неграмотного проектирования и строительства.

- размыв основания из-за грунтовых вод или аварий систем водоснабжения.

Данные причины со временем приводят к появлению в фундаменте трещин и нарушению устойчивости строительного объекта.

Для того чтобы минимизировать риски разрушения объекта строительства необходимо проводить обследование грунтового основания и выполнить усиление [2].

### МЕТОД СИЛИКАТИЗАЦИИ

Данный метод используется для повышения несущей способности оснований из пылеватых песков, плавунцов и насыпных грунтов.

В некоторых случаях метод используется для создания противодиффузионных завес (рисунок 1) [3].

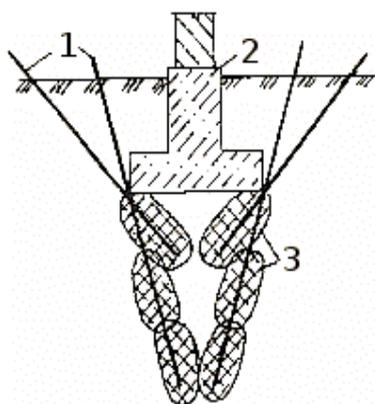
В современной действительности существует два способа силикатизации:

- однорастворный
- двухрастворный.

**Однорастворный способ** применяется, если основание содержит мелкий или среднезернистый песок, коэффициент фильтрации которого составляет от 0,5 до 20 м/сут.

Раствор в данном случае вводится в виде единого вещества, что увеличивает прочность основания в несколько раз.

**Двухрастворный способ** действует по-другому. Изначально вводят жидкое стекло в основание, а затем кальция хлорид ( $\text{CaCl}_2$ ).



1 – инъектор; 2 – фундамент; 3 – укрепленная зона

Рисунок 1 – Схема основания под ленточным фундаментом методом силикатизации

В результате произошедшей между этих двух веществ реакции образуется гель кремниевой кислоты. После полного затвердевания, которое происходит в течении 3-х месяцев, увеличивается показатель прочности основания на сжатие [4].

Метод силикатизации повышает прочность оснований, но в результате его использования через определенный период времени появляются новые трещины и деформации в зданиях. Поэтому, перед силикатизацией рекомендуют закреплять конструкции зданий.

Данный метод не рекомендуют применять в грунтах, пропитанных смолами или нефтяными продуктами.

Недочетом метода силикатизации являются: высокая стоимость химических компонентов и длительный процесс твердения. Поэтому, чтобы немного уменьшить экономическую составляющую данного способа, разработчики предложили несколько видоизмененный способ укрепления грунтов. Метод GeoResin deep Lifting предусматривает введение компонентного состава. Закачивая этот состав в пустоты и поры грунта, можно добиться положительного эффекта, в результате основание не будет давать осадку. Данный метод используют строители в более чем 80 странах мира.

#### ТЕРМИЧЕСКОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ

Этот метод основан на закреплении глинистых и лессовых грунтов в результате обжига. Газообразное, жидкое и сжиженные газы топливо сжигается в скважинах, пробуренных в толще закрепляемого грунта. Горячий газ, проникая в толщу оснований, расплавляет и склеивает между собой частицы грунта, что придает грунту способность становиться непросадочным.

Обжиг длится обычно 5-7 суток при температуре 600...650°C. В результате образуется водостойкое прочное основание без дополнительного увлажнения грунта.

Недостатком данного метода является большой расход топлива и сложность бурения скважин [1].

#### ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ

Данный способ используют для глинистых, илистых грунтов и других водонасыщенных оснований. Суть метода в пропускании через грунт раствора хлорида кальция и электрических сигналов с напряжением 100-120 В.

Закрепление происходит с помощью трубчатых электродов, погруженных в основание. Далее основание уплотняют сваями или шпунтовыми стенками, если невозможно сделать углубление и расширить фундамент [1].

#### УПЛОТНЕНИЕ ОСНОВАНИЙ СВАЯМИ

При уплотнении грунта сваями появляется давление, которое уплотняет грунт. В зависимости от размеров свай изменяется и зона уплотнения грунта.

Наиболее подходящая форма сваи – коническая, верхний диаметр 30 см и нижний диаметр 20 см, учитывая длину сваи.

Сваи располагаются на расстоянии 1,5-2,5 м друг от друга. В начале работы разрабатывают шурфы и укрепляют их стенки, а затем шурфы углубляют и расширяют для фундамента. После погружения всех свай в грунт, пространство между подошвой фундамента и оголовками свай заполняют бетоном, кладкой или другими материалами (рисунок 2).

Существующие фундаменты сооружений, расположенные на просадочных лессовых грунтах усиливаются устройством грунтовых свай, если в основании эксплуатируемых сооружений осталась толща неуплотненных просадочных грунтов [1]. Передача части нагрузок на основание происходит на более прочные нижележащие грунты.

В зависимости от передачи нагрузок сваи делятся: сваи-стойки, висячие сваи (рисунок 3).

Сваи-стойки, проходя через толщу оснований слабых или недостаточно прочных грунтов, опираются уже на более прочные грунты. Данные сваи всю нагрузку передают на основание сваи, что позволяет уменьшить силу трения о боковую поверхность. Свая – стойка выполняет работу сжатого стержня в упругой среде.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

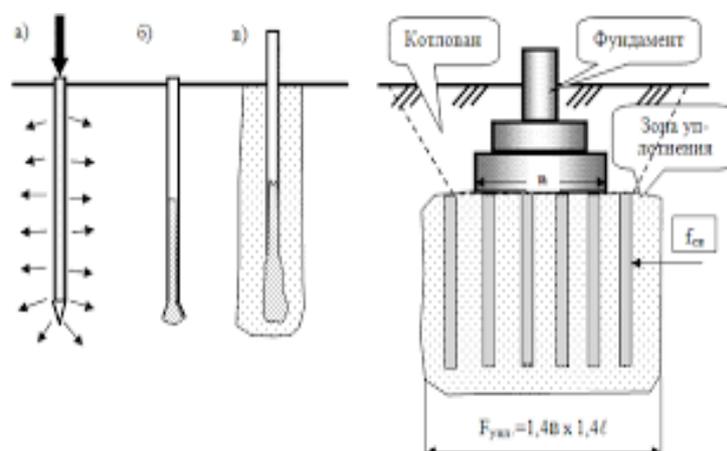


Рисунок 2 – Принцип уплотнения оснований сваями

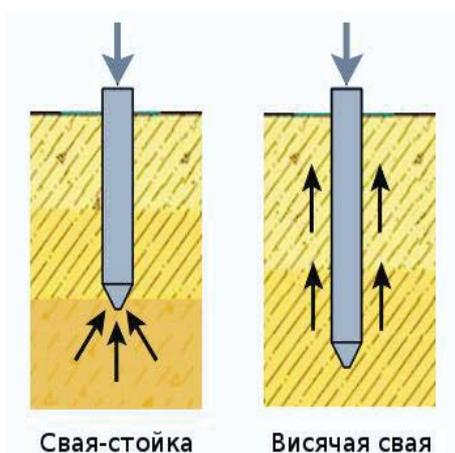


Рисунок 3 – Сваи по характеру передачи нагрузок на грунт

Несущая способность сваи определяется прочностными характеристиками материала на сжатие и сопротивление грунта под основанием сваи.

Однако висячие сваи опираются на сжимаемые грунты. Перемещение этих свай происходит за счет высоких нагрузок и в работу включаются силы трения, возникающие на боковых поверхностях. Висячая свая отличается от сваи-стойки тем, что передает нагрузку от веса сооружения своим нижним основанием, а также боковой поверхностью. Несущая способность этой сваи зависит от площади поперечного сечения и от площади боковой поверхности. Поэтому, выбор способа и схем

закрепления грунта зависит от характеристик основания, формы и размеров фундамента, требуемой несущей способности основания.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усиление оснований под здания и сооружения [сайт]. – URL: <https://fccland.ru/vostanovlenie-sooruzheniy/644-usilenie-osnovaniy-pod-zdaniya-i-sooruzheniya.html> (дата обращения: 14.12.2023).
2. Современные методы усиления оснований [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-usileniya-osnovaniy> (дата обращения: 16.12.2023).
3. Методы усиления оснований и фундаментов [сайт]. – URL: <https://www.drillings.su/metodi.html> (дата обращения: 16.12.2023).
4. GeoResin [сайт]. – URL: <https://georesin.ru/tehnoblog/ukreplenie-slabih-gruntov-posredstvom-silikatizacii/> (дата обращения: 16.12.2023).

**Амосова Лариса Николаевна** – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [larisa1708@bk.ru](mailto:larisa1708@bk.ru);

**Легалова Галина Владиславовна** – студент группы 8С(з)-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [legalova.galy@mail.ru](mailto:legalova.galy@mail.ru).

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЙ ЗДАНИЙ В СЕЙСМООПАСНЫХ РАЙОНАХ КИТАЯ, ЯПОНИИ, ЮЖНОЙ КОРЕИ, ПЕРУ, РОССИИ

Л. Н. Амосова, И. В. Легалова

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

*В статье рассматриваются методы возведения зданий в сейсмоопасных районах стран. Использование сейсмостойких строительных конструкций, методов проектирования и материалов, способных выдерживать силы, возникающие при землетрясении. Конструкции часто включающие в себя железобетон, конструкции из стального каркаса или их комбинацию. Учитывая требования положений технологий строительства в сейсмоопасных районах и аналогичных по тематике нормативных документов, каждая страна использует свои необходимые методы возведения и защиты зданий. В связи с этим, проанализированы различные способы усиления конструкций и защиты зданий от воздействия динамики сейсмических процессов.*

**Ключевые слова:** сейсмика, сейсмоопасные районы, сейсмоизоляция, защита зданий и конструкций, технология строительства, усиление зданий, углубление фундамента, компоненты здания, параметрические методы, маятниковые подшипники, геомембраны.

Во всем мире ежегодно происходят свыше трехсот тысяч землетрясений, которые влекут за собой человеческие жертвы и материальный ущерб. Сейсмические явления вызываются тектоническими, вулканическими; денудационными процессами, а также горными обвалами, взрывами бомб в грунте, а также с динамическими воздействиями при производстве различных работ. Вследствии вышеперечисленных процессов возникают пожары, взрывы, наводнения, отравления подземными газами, экологические и гуманитарные катастрофы, т.е. проявляются вторичные последствия землетрясений. Особенно при больших концентрациях населения и плохой готовности к проявлению стихии, вторичные последствия могут быть хуже, чем непосредственное действие землетрясения. Учет этих двух составляющих последствий землетрясений отвечает концепции сейсмобезопасности, которая включает в себя много факторов, среди которых и сейсмостойкость зданий и сооружений.

Ниже приводится анализ методов усиления зданий в сейсмоопасных районах Мира.

Основные положения технологии строительства в сейсмоопасных районах:

- Использование сейсмостойких строительных конструкций, методов проектирования и материалов, способных выдерживать силы, возникающие при землетрясении. Эти конструкции состоят из железобетона, конструкций стального каркаса или их комбинацию.

– Фундамент должен быть выполнен надлежащим образом, чтобы он мог выдер-

жать силы землетрясения. Это приводит к углублению фундамента, дополнительному армированию или использованию специальных материалов.

- Материалы, используемые в строительстве, должны выдерживать силы, создаваемые землетрясением. Это включает в себя использование железобетона, стали или других материалов, которые предназначены для изгиба без разрушения.

- Компоненты здания, включая стены, полы и потолки, должны быть установлены надлежащим образом, чтобы гарантировать, что они смогут выдержать силы, создаваемые землетрясением. Для этого используют специальные соединители, системы крепления или другие методы.

Учитывая требования положений технологий строительства в сейсмоопасных районах и аналогичных по тематике нормативных документов, каждая страна использует свои необходимые методы возведения и защиты зданий.

### Китай

Железобетонные конструкции – распространенный метод строительства в Китае, где многие здания рассчитаны на сейсмостойкость.

Кантонская башня построена компанией «Guangzhou New Television Tower Group» и введена массовая настройка соединений конструкции в сочетании с параметрическими методами проектирования, применяя простую структурную концепцию из трех элементов: колонн, колец и скобок (рисунок 1).

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЙ ЗДАНИЙ В СЕЙСМООПАСНЫХ РАЙОНАХ КИТАЯ, ЯПОНИИ, ЮЖНОЙ КОРЕИ, ПЕРУ, РОССИИ

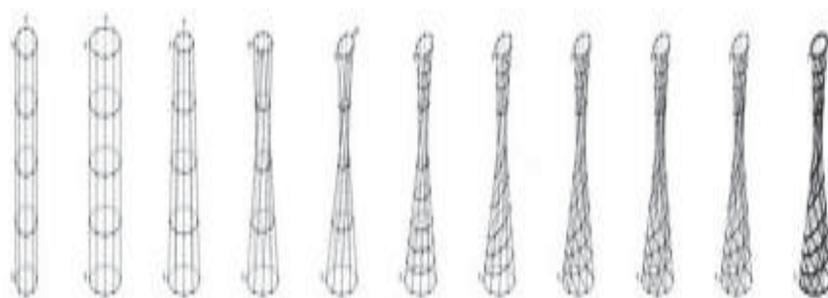


Рисунок 1 – Конструкция поворота башни

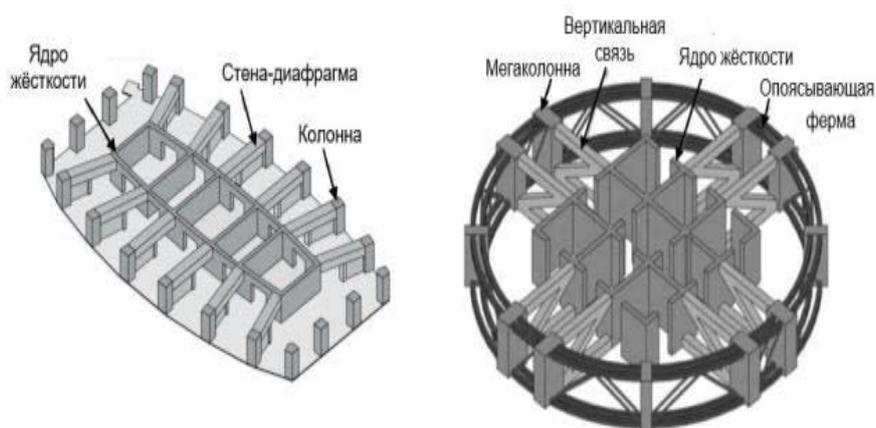


Рисунок 2 – Конструктивная система: а) здание Plaza 66 в Шанхае; б) Шанхайская башня [1]

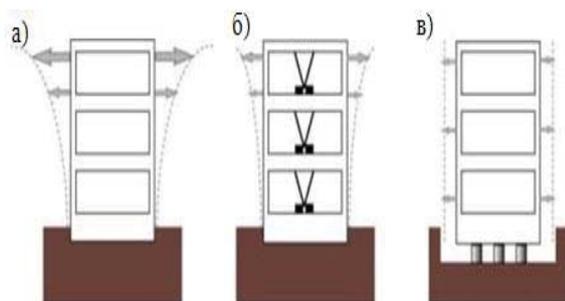


Рисунок 3 – Конструкции: а) сейсмостойкая; б) демпфирующая; в) сейсмоизоляционная

Также используют системы укрепленных оснований в здании Plaza 66 и Шанхайской башни (рисунок 2).

### Япония

Когда дело доходит до строительных конструкций, в основном используются четыре типа материалов: дерево, сталь, железобетон.

**Основные методы, применяемые для сейсмозащиты** (рисунок 3):

- Сейсмостойкая конструкция – самая распространенная конструкция для отдельно стоящих зданий в Японии. Она позволяет основным конструкциям, а именно, столбам, стенам и полам, поглощать сейсмические колебания.

- Демпфирующая конструкция – сводит к минимуму сейсмические колебания, внутри здания сооружаются демпфирующие стены, поглощающие сейсмическую энергию. Их можно разделить на активный тип, который использует энергию, такую, как электричество, и пассивный тип, который использует физические силы.

По сравнению с сейсмостойкой конструкцией, демпфирующая конструкция значительно снижает сейсмическую интенсивность.

- Сейсмоизоляционная конструкция размещает устройства для поглощения землетрясений (изоляторы), такие как, ламинированная резина, которая блокирует сейсмические колебания от проникновения в здание. Поглощающие устройства включают: ламинированную резину, свинец, пружины, амортизаторы, шарикоподшипники и т.д.

Кроме того, недавно изобретенные методы строительства используют комбинацию этих материалов [2, 3].

### Южная Корея

Корея использует различные строительные технологии для строительства высотных зданий в сейсмических районах.

Одной из таких технологий также является использование систем сейсмоизоляции,

которые помогают уменьшить воздействие землетрясений на здания.

Эта система включает в себя размещение подшипников между фундаментом и основанием здания, что позволяет конструкции двигаться независимо во время землетрясения. Этот прием помогает свести к минимуму воздействие сейсмических волн на здание и предотвратить повреждение конструкции.

Фрикционные маятниковые подшипники. Подобно изоляции основания, в этой системе используются подшипники, позволяющие зданию двигаться во время землетрясения, но с меньшим трением и большей устойчивостью.

Другой технологией является использование конструктивных стен и каркасов из высокопрочных материалов, применяя передовые методы армирования бетона, включая использование стальной арматуры и полимерных композитов, армированных волокном [4].

Эти материалы обладают превосходной пластичностью и прочностью, что является идеальным выбором для строительства в сейсмических районах.

Корейские архитекторы и инженеры разработали передовые методы армирования бетона, включая использование стальной арматуры и полимерных композитов, армированных волокном (рисунок 4) [4].

#### Перу

Основные методы, применяемые для сейсмозащиты:

- Использование сырцовых кирпичей, армированных бамбуком. Данная технология известна как «бахареке» и использовалась на протяжении веков.

- Использование сейсмостойких методов проектирования и строительства, таких, как использование железобетонных и стальных каркасов. Это особенно важно в районах, подверженных землетрясениям.

- Использование геотекстиля и георешеток также является популярным методом повышения устойчивости зданий в Перу. Эти материалы помещаются в грунт для повышения его прочности и устойчивости, что может помочь предотвратить повреждение зданий во время землетрясений и других стихийных бедствий/

- Эластомерные сейсмоизоляторы со свинцовым сердечником были использованы, чтобы уменьшить сейсмическое ускорение и, следовательно, сейсмические нагрузки на железобетонную конструкцию.

Они в значительной степени разграничили движение от пола к конструкции, тем

самым уменьшая ускорения и требования к элементам конструкции (рисунок 5) [5].

#### Россия

Одним из распространенных методов является использование железобетонных каркасов со специальными сейсмостойкими конструктивными особенностями, такими, как диагональные связи, стены жесткости и системы изоляции основания.

Эти конструкции спроектированы таким образом, чтобы выдерживать силы землетрясений и снижать вероятность обрушения или значительных повреждений.

Также для усиления фундамента высотных зданий используют ауриггеры (рисунок 6).

Сейсмозащита объектов должна быть комплексной от всех возможных сейсмических воздействий (горизонтальных, наклонных, вертикальных толчков, а также кручения и резонанса), тогда она будет надежной.



Рисунок 4 – Арматура основания



Рисунок 5 – Эластомерный сейсмоизолятор

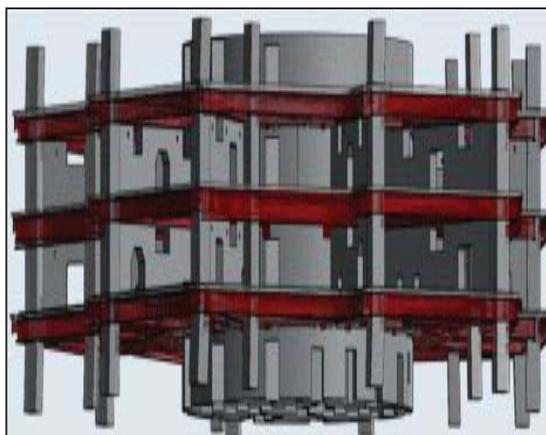


Рисунок 6 – Вид ауригерного уровня

В этом случае – устройство специальных сейсмоизолирующих фундаментов, которые способны защитить и подземную, и надземную части [7].

Некоторые конструктивные решения, повышающие сейсмостойкость объектов и их надежность [6]:

- Использование всех видов свайных фундаментов, в том числе с уширением в виде пяты для повышения несущей способности на вертикальные нагрузки;

- Применение сборных железобетонных свай, погружаемых в лидерные скважины до уровня грунтовых вод с уплотненным забоем, для создания уширений из щебня или железобетона.

- Фундаменты в виде плит или перекрестных лент.

- Решение с сейсмоизолирующей подушкой на свайном основании.

- Использование методов уплотнения или упрочнения грунтов в основании фундаментов любым известным способом.

- Использование специальных экранов из полимерных листов по боковой поверхности подвалов в виде геомембран с точечным креплением и устройством прослойки из материалов, поглощающих динамические и сейсмические колебания.

- Осуществлять усиление отдельностоящих кирпичных шахт лифтов, а возможно и лестничных клеток монолитными железобетонными поясами.

- Рекомендуется ограничить использование индивидуальных каркасов зданий по Чебоксарской технологии и конструкций безригельного варианта, с учетом их особенностей, 12 этажами.

- Использование сейсмостойких фундаментов.

Повышение сейсмостойкости наиболее ответственных существующих и вновь проектируемых зданий и сооружений устройством защитных экранов из цепи скважин в грунте по периметру, заполненных материалами, поглощающими сейсмические колебания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. CANTON TOWER [сайт]. – Гуанчжоу, 2023. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47440349> (дата обращения: 20.11.2023).

2. Инновационные системы сейсмозащиты зданий и сооружений [сайт]. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_25517034\\_97799661.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25517034_97799661.pdf) (дата обращения: 16.11.2023).

3. Сейсмостойкость зданий и сооружений в Японии [сайт]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48691234> (дата обращения: 21.11.2023).

4. Lotte world tower [сайт]. – URL: <https://www.lottepnd.com/en/tower/safety/method.do> (дата обращения: 20.11.2023).

5. The Architectural Review [сайт]. – URL: <https://www.architectural-review.com/today/utec-in-lima-peru-by-grafton-architects> (дата обращения: 20.11.2023).

6. Шишков, Ю. А. Повышение сейсмостойкости зданий и сооружений с наклонными стенами подвалов / Ю. А. Шишков // Строительство. – Москва. – 2013. – № 9. – С. 22-24.

7. Проектирование сейсмостойких зданий [сайт]. – URL: [https://www.kgasu.ru/upload/iblock/b79/POSOBIE-po-Seysmostoykosti\\_Pdf.pdf](https://www.kgasu.ru/upload/iblock/b79/POSOBIE-po-Seysmostoykosti_Pdf.pdf) (дата обращения: 20.11.2023).

**Амосова Лариса Николаевна** – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [larisa1708@bk.ru](mailto:larisa1708@bk.ru);

**Легалова Галина Владиславовна** – студент группы 8С(з)-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [legalova.ira@mail.ru](mailto:legalova.ira@mail.ru).

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ТЕХНОЛОГИЮ ВОЗВЕДЕНИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

О. С. Анненкова, В. А. Карпова

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

*В статье рассматриваются применяемые в крупнопанельном домостроении виды несущих железобетонных конструкций. В ходе исследования были изучены основные типы железобетонных элементов их свойства и особенности применения в строительстве. Рассматриваются часто применяемые решения вертикальных стыков панелей. Статья позволяет получить представление о том, как принятые конструктивные решения влияют на процесс монтажа и качество зданий.*

**Ключевые слова:** крупнопанельное домостроение, конструктивная схема, бескаркасная схема, однослойная стеновая панель, многослойная стеновая панель, плита перекрытия сплошного сечения, многопустотная плита перекрытия, бессварное соединение, сварное соединение.

Возведение зданий из крупных железобетонных конструкций в нашей стране началось в послевоенные годы, когда возникла необходимость в быстровозводимом, но не дорогом жилье. Крупнопанельные жилые дома стали находкой в решении жилищного вопроса, так как они обладают следующими достоинствами: низкая стоимость, высокая скорость монтажа, возможность применения для массового производства.

Существует следующие конструктивные схемы панельных зданий:

- каркасно-панельные (с полным каркасом и с внутренним каркасом.);
- бескаркасные.

В каркасно-панельных зданиях с полным каркасом вертикальные и горизонтальные нагрузки воспринимает рама, состоящая из колонн и ригелей, где панели выполняют ограждающие функции. Наружные стены могут быть самонесущими, в этом случае они опираются на перекрытие и на фундамент.

Неполный или внутренний каркас подразумевает отсутствие внешних несущих колонн, где вместо них опорную функцию выполняют наружные стены.

Недостатками каркасно-панельных зданий являются значительное количество монтажных изделий, сниженные эстетические качества жилых помещений за счет выступающих колонн и ригелей.

В настоящее время наиболее распространено применение бескаркасной конструктивной схемы в строительстве панельных жилых домов. Главное преимущество – это применение меньшего числа монтажных элементов. Все нагрузки воспринимают не-

сущие наружные и внутренние стены. Пространственная жесткость и устойчивость обеспечивается взаимной связью между панелями стен и перекрытий, выполняющими несущую и ограждающую функции. Бескаркасная схема подразделяется на несколько конструктивных схем (рисунок 1).

Основными конструктивными элементами бескаркасного панельного дома являются стеновые внутренние и наружные панели и плиты перекрытия.

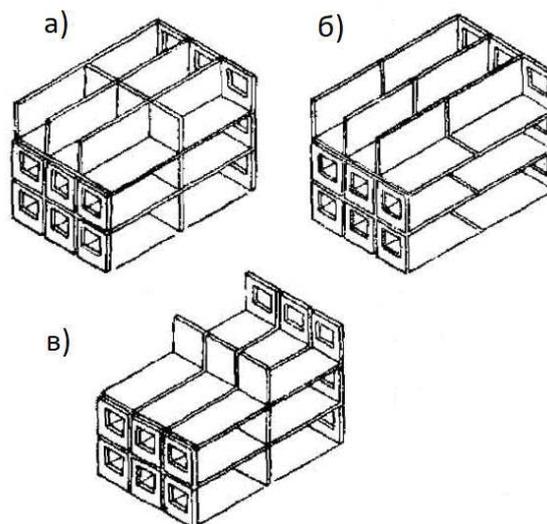


Рисунок 1 – Конструктивные схемы бескаркасных крупнопанельных домов: а) перекрестно-стеновая – с поперечными и продольными несущими стенами; б) поперечно-стеновая – с поперечными несущими стенами; в) продольно-стеновая – с продольными несущими стенами

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ТЕХНОЛОГИЮ ВОЗВЕДЕНИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Существует несколько конструктивных решений каждого элемента. Рассмотрим наиболее часто применяемые конструкции стеновых панелей и их особенности.

У стеновых панелей помимо основных нормативных требований, предъявляемых к обычным стенам, такие как прочность, устойчивость, огнестойкость, малая теплопроводность, небольшая масса экономичность и т.д., существуют дополнительные требования, как технологичность изготовления в заводских условиях и высокая степень заводской готовности, простота монтажа и совершенство конструкций стыков.

Стеновые панели можно классифицировать следующим образом [3]:

- по месторасположению: наружные и внутренние;
- по характеру статической работы: несущие, самонесущие и навесные (в основном встречаются в каркасных зданиях);
- по конструктивному решению: однослойные, многослойные (двуслойные, трехслойные).
- по типу соединения: сварное, бессварное.

Наиболее широко в жилищном строительстве применяются несущие и самонесущие стеновые панели.

Однослойные представляют собой панели сплошного сечения, состоящие из армированного бетона.

Двухслойные стеновые панели состоят из внутреннего несущего слоя - тяжелого бетона, и наружного утепляющего слоя – конструктивно-теплоизоляционного легкого бетона.

Трехслойные стеновые панели состоят из двух слоев, выполненных из армированного бетона и слоя теплоизоляционного материала, расположенного между ними. Толщина бетонных слоев принимается в соответствии с конструктивным решением и с учетом прилагаемых нагрузок. Толщина утеплителя назначается на основе теплотехнического расчета.

Внутренние стеновые панели выполняют однослойными, их толщина варьируется от 120 мм (для межкомнатных стен) до 200 мм (для межквартирных стен) в зависимости от конструктивных решений проекта.

Наружные панели могут быть как однослойными, так и многослойными.

Высота стеновых наружных панелей зависит от их разрезки. В настоящий момент чаще принимается однорядная разрезка панелей, то есть на один этаж приходится одна панель, высота которой соответствует высоте

этажа. На данный момент высота этажа варьируется в пределах 2,7-3,3 метров.

Помимо однорядной существует и двухрядная разрезка. Она применяется преимущественно в каркасном строительстве. Наиболее эффективной разрезкой считается та, при которой протяженность шва меньше.

В стеновых панелях могут присутствовать оконные и дверные проемы или отсутствовать вовсе (глухая стена).

Конструкцию плит перекрытия принимают исходя от выбранной конструктивной схемы здания и шага несущих поперечных стен.

При малом шаге (2,7-3,6 м) несущих поперечных стен – плита перекрытия сплошного сечения с опиранием по контуру.

При большом (свыше 3,6 м) или смешанном шаге несущих поперечных стен используют многпустотные плиты перекрытия толщиной 220 мм с опиранием по двум сторонам или плиты сплошного сечения с опиранием по контуру в небольших ячейках, а в больших – по трем сторонам, так как один из размеров должен быть не более 3,6 м. Толщина полнотелых плит варьируется от 100 мм до 200 мм, наибольшее распространение получили плиты толщиной 160 мм.

Значительную роль в возведении панельных зданий играет способ вертикального соединения стеновых панелей, который влияет на конечный вид конструктивных элементов.

На данный момент чаще применяют сварное соединение, которое основывается на соединении между собой закладных деталей, предусмотренных в стеновых панелях, посредством приваривания к ним монтажных изделий или сваркой арматурных выпусков (рисунок 2).

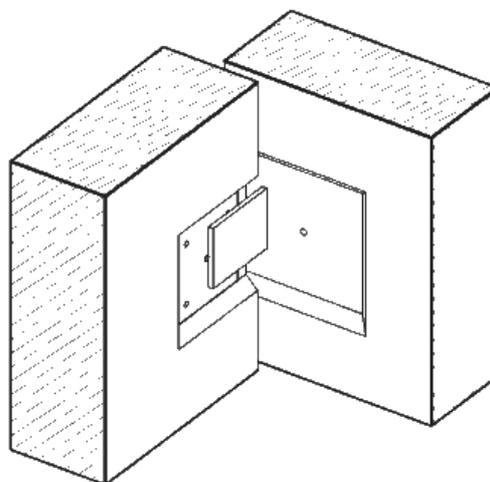


Рисунок 2 – Узел сварного соединения

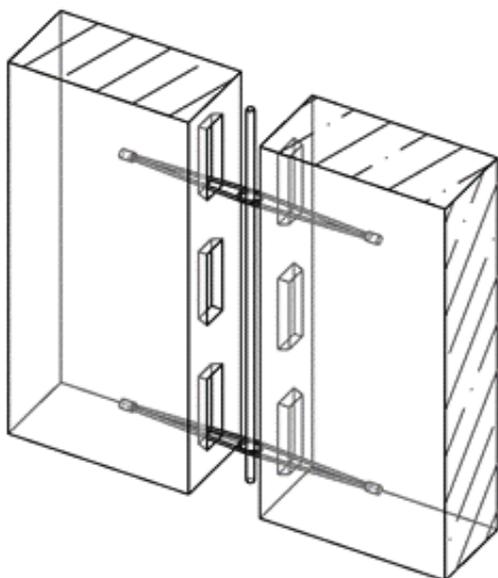


Рисунок 3 – Узел бессварного соединения

Для обеспечения надежного соединения наружные и внутренние стены соединяют не менее чем в двух уровнях (вверху и внизу этажа). При расположении внутренних стеновых панелей в одной плоскости допускается предусматривать связи только в верхнем уровне [1]. Связи необходимо располагать так, чтобы они не влияли на качество замоноличивания стыков.

Бессварное соединение выполняется с помощью тросовых петель (рисунок 3). Через петли пропускают арматурный стержень, который предотвращает перемещению тросовых петель, и замоноличивают мелкозернистым бетоном [2]. Данный стык представляет собой шпоночное соединение, которое воспринимает сжимающие, растягивающие и сдвигающие усилия. Сечение и шаг связей назначают по расчету. Стыки с применением тросовых петель являются надежным видом соединения с высокой усталостной прочностью.

Горизонтальные связи необходимо предусматривать для связи плит перекрытия между собой при создании горизонтальной диафрагмы жесткости для восприятия возникающих усилий. Вдоль каждой грани обеспечивают соединение хотя бы двумя связями на расстоянии не более 3,6 м, а расстояние от связей, ближайших к граням перпендикулярного направления, до указанных граней – не более 1,2 м.

Принятые конструктивные решения стеновых панелей и плит перекрытия влияют на технологию возведения здания, а также на время производства работ.

Рассмотрим подробно несколько вариантов, используемых в настоящее время.

Варианты конструктивных решений наружных стен:

- однослойные панели;
- трехслойные панели.

В данном случае от конструкции стены зависит необходимость выполнения работ по утеплению. При возведении зданий с применением трехслойных наружных панелей этот вопрос решается автоматически, так как теплоизоляционный материал запроектирован в конструкции панели. Таким образом, сокращаются трудозатраты и время производства работ на строительной площадке.

Недостатками данного решения является большая масса монтажных элементов.

При использовании однослойных панелей устройство теплоизоляции будет производиться после их возведения, что увеличивает трудозатраты и время на производство работ.

Применение трехслойных панелей с технологической точки зрения наиболее эффективно и менее трудозатратно. Но не все заводы могут их производить, так как для этого необходимо специализированное оборудование и специализированный персонал.

Варианты конструктивных решений плит перекрытия:

- полнотелые плиты;
- многпустотные плиты.

Масса многпустотных плит, в отличие от полнотелых, меньше за счет наличия пустот. При этом их несущая способность практически одинаковая. Благодаря своей конструкции многпустотные плиты обладают хорошей звукоизоляцией, огнестойкостью, влагустойчивостью, а также в пустотах можно прокладывать инженерные коммуникации.

В применении многпустотных перекрытий много плюсов, особенно если их удастся разложить без устройства монолитных участков. В противном случае процесс монтажа становится сложней и более трудоемкий за счет необходимости устройства опалубки, арматуры и выполнения бетонных работ. Это в свою очередь может привести к удорожанию строительства.

Преимущество применения полнотелых плит заключается в меньшем числе возникающих швов между панелями. Так как в основном предусматривается их опирание по четырем сторонам с размерами плиты, соответствующими размерам комнаты.

С технологической точки зрения устройство плоских плит перекрытия более эффективно. Монтируя одну плоскую плиту, можно

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ТЕХНОЛОГИЮ ВОЗВЕДЕНИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

покрыть площадь одной комнаты, а при применении многопустотных плит, чтобы покрыть равную площадь придется уложить большее количество элементов, что повышает и время производства работ и трудозатраты на возведение здания.

При выборе типа плиты следует учитывать не только скорость монтажа, но экономическую сторону вопроса.

Вес полнотелых плит, как правило, выше пустотных, что оказывает дополнительную нагрузку на фундамент. В этом случае конструкция фундамента должна иметь более высокие показатели несущей способности. Необходимость усиления армирования, площади поперечного сечения приведет к удорожанию строительства.

Варианты решения вертикальных стыков:

- сварное соединение;
- бессварное петлевое соединение.

При сварном соединении в панелях предусматриваются металлические закладные детали, которые свариваются между собой через монтажные изделия. В данном случае для выполнения вертикальных стыков панелей необходимо выполнять следующие виды работ:

- сварка металлических изделий;
- замоноличивание швов;
- окрашивание поверхностей металлических изделий огнестойким материалом и при возможности их замоноличивание бетоном;

Устройство бессварного соединения менее трудоемко. Практически, в перечень работ входит устройство монолитных шпонок. Бессварные стыки железобетонных конструкций обеспечивают более высокую прочность и долговечность соединения. Сварные стыки сильнее подвержены коррозии и повреждениям.

Конструктивные решения железобетонных элементов играют важную роль в техно-

логии возведения крупнопанельных зданий. Выбор правильного типа несущих конструкций и их расположения в здании имеет решающее значение для обеспечения прочности и устойчивости конструкции.

Таким образом, установлено, что анализ конструктивных решений является важным этапом, который позволяет оценить эффективность и улучшить качество строительства, а также снизить трудозатраты и ускорить процесс возведения здания.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 335.1325800.2017. Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования: дата введения 2017-12-07. – М. : Минстрой России, 2017.

2. СТО 36554501-026-2012. Рекомендации по расчету и конструированию жилых крупнопанельных домов с применением бессварных вертикальных и горизонтальных стыков на тросовых петлевых соединениях и многопустотными плитами безопалубочного формования [Электронный ресурс] : Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200122108> (дата обращения: 10.01.24).

3. Блажко, Д. Н. Трудности и возможности современного панельного домостроения / Д. Н. Блажко, А. Л. Гусева // *Alfabuild*. – 2017. – Т. 1, № 1 (1), 2017. – С. 111-120.

**Анненкова Ольга Семеновна** – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [222-ru@mail.ru](mailto:222-ru@mail.ru);

**Карпова Валерия Александровна** – студент группы 8Спгс-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [GdanovaVA@mail.ru](mailto:GdanovaVA@mail.ru).

## ПРИМЕНЕНИЕ ПК REVIT ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПРИМЕРЕ РАСЧЕТА ОБЪЕМА КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ

**О. С. Анненкова, А. Е. Мироненко**

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

*В статье рассматриваются вопросы составления спецификаций в Revit и возможности ее использования для оптимизации работы производственно-технического отдела.*

**Ключевые слова:** Revit, 3D модель, спецификация, ПТО.

Еще до начала возведения здания необходимо знать требуемое количество материала на определенных этапах для того, чтобы правильно посчитать первоначальную стоимость строительства; корректно организовать технологические процессы на строительной площадке; подобрать оборудование, подходящее по грузоподъемным и габаритным характеристикам; заранее позаботиться о том, чтобы закупить все необходимые материалы, и чтобы не было их недостатка. Расчет количества материала входит в задачи производственно-технического отдела.

В качестве примера в данной статье будет рассмотрен подсчет объема кирпичной кладки, на основании чего дополнительно будет выполнен расчет количества кирпичей и объема раствора для возведения многоэтажного жилого здания. Для определения количества материала инженерам ПТО изначально необходимо вычислить объем конструкций. Современные программные комплексы позволяют автоматизировать и упростить данную задачу, что уменьшает затрачиваемое время на ее выполнение, а также уменьшает вероятность ошибки, что впоследствии поможет сэкономить либо деньги при перерасходе материала, либо время на доставку недостающего материала [1].

Требуемые объемы выводятся в спецификациях как для конструкций, так и для материалов.

Далее будет рассмотрен процесс создания спецификаций в ПК Revit.

Чтобы создать спецификацию, необходимо перейти на вкладку «Вид» – «Спецификации» – «Ведомость материалов» (рисунок 1).

После этого выбираем необходимую нам категорию «Стены» (рисунок 2).

В окне «Свойства ведомости материалов» выбираем необходимые поля на соответствующей вкладке (рисунок 3) [2].

На вкладке «Фильтр» есть возможность задать фильтрацию, например, по уровню размещения, чтобы отображались материалы, необходимые для возведения стен определенного этажа. Для работы этой функции данный параметр должен быть заполнен в свойствах объектов. Таким же образом можно добавить параметр и настроить фильтрацию по захваткам и секциям (рисунок 4).

На вкладке «Сортировка / Группирование» есть возможность задать сортировку по нужному параметру. Например, параметр «Для каждого экземпляра» позволяет рассчитать значения полей для каждой отдельной стены. Его отключают, чтобы избежать дублирования материала и добиться вывода суммарного значения (рисунок 5).

На вкладке «Форматирование» для поля «Материал: Объем» выбираем «Вычислять итоги» (рисунок 6).

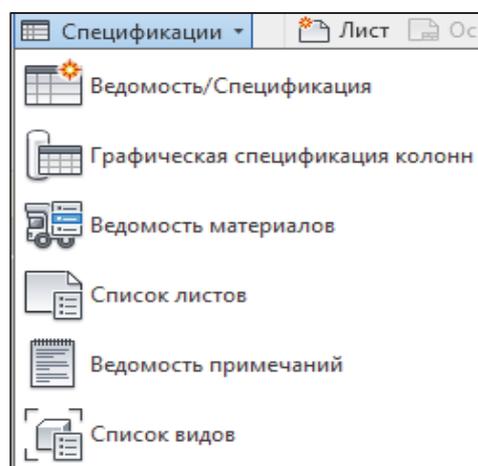


Рисунок 1 – Вызов настроек спецификации

# ПРИМЕНЕНИЕ ПК REVIT ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПРИМЕРЕ РАСЧЕТА ОБЪЕМА КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ

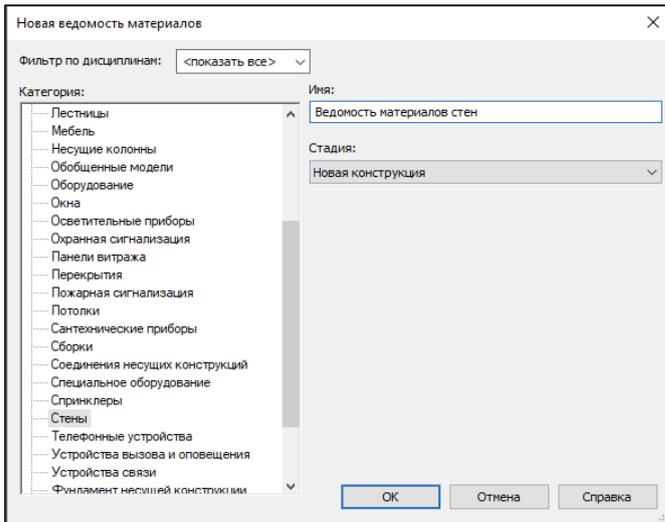


Рисунок 2 – Окно создания спецификации

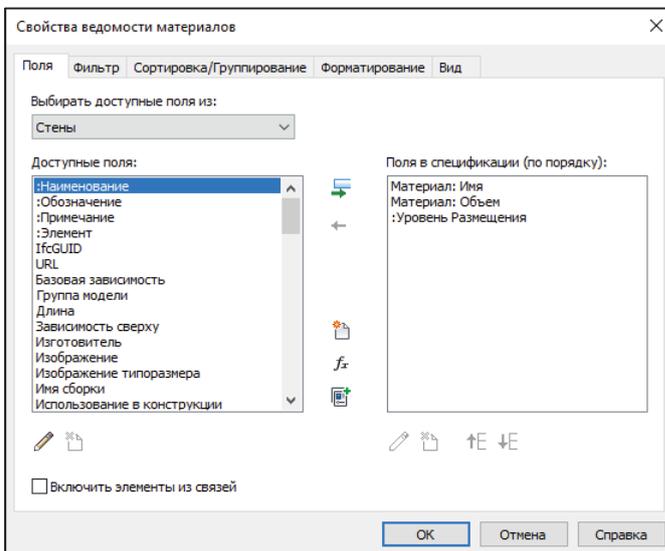


Рисунок 3 – Вкладка «Поля»

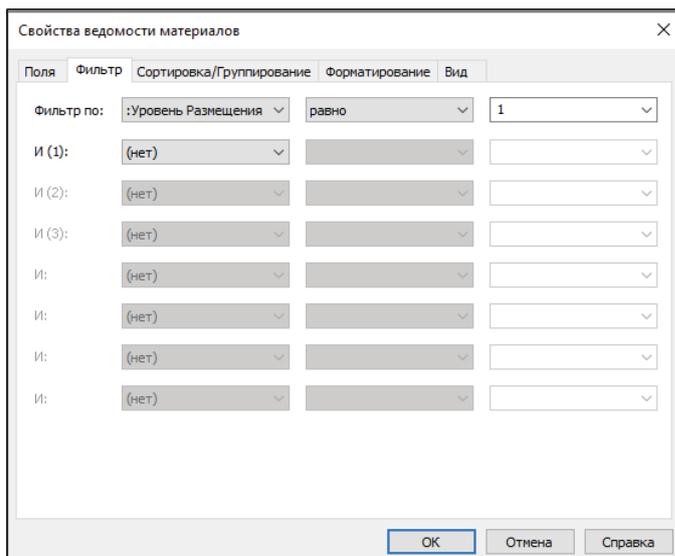


Рисунок 4 – Вкладка «Фильтр»

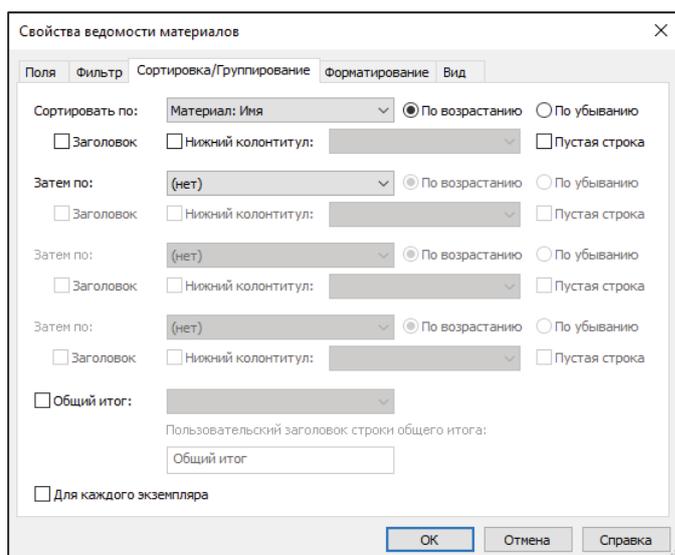


Рисунок 5 – Вкладка «Сортировка / Группирование»

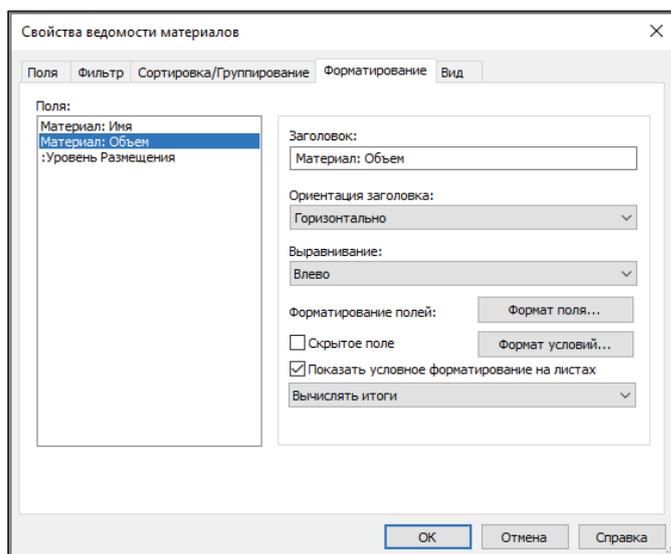


Рисунок 6 – Вкладка «Форматирование»

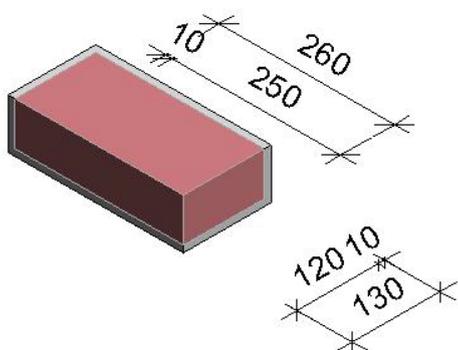


Рисунок 7 – Размеры блока кирпича с раствором

Заполнив все данные, мы получаем спецификацию материалов. Вся информация заносится в нее автоматически.

Подсчитав объем кирпичной кладки, можно также отдельно посчитать количество

кирпича и раствора на кладку. Для этого условно можно разделить стену на блоки «1 кирпич + раствор на 1 кирпич» (рисунок 7).

На вкладке «Поля» необходимо создать следующие параметры:

- объем 1 кирпича,
- объем раствора в 1 блоке,
- объем 1 блока.

Значения этих параметров для автоматического подсчета в спецификации необходимо заполнить в свойствах семейства, присваивая элементам значения дополнительных атрибутов [3] (рисунок 8).

Также нужно создать следующие расчетные параметры (рисунок 9):

- количество блоков,
- объем кирпича,
- объем раствора.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПК REVIT ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПРИМЕРЕ РАСЧЕТА ОБЪЕМА КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ

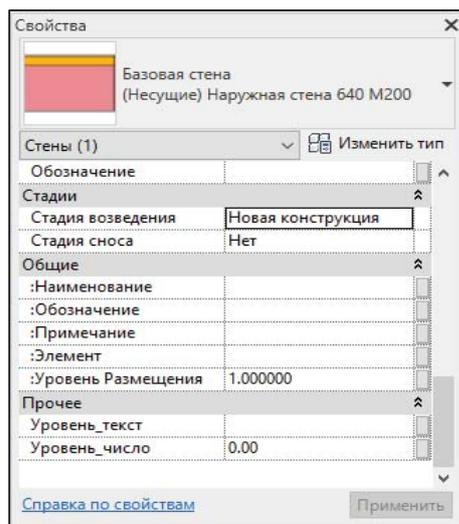


Рисунок 8 – Окно «Свойства»

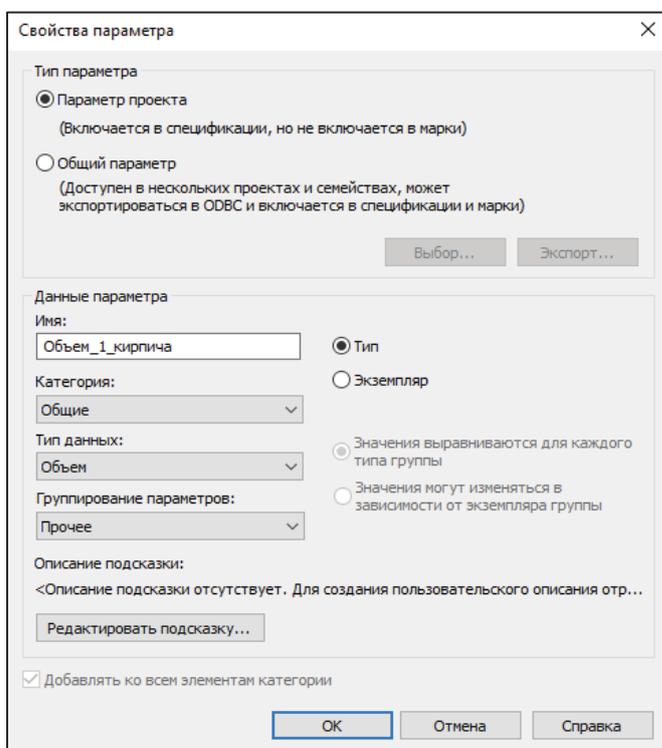


Рисунок 9 – Окно создания параметра

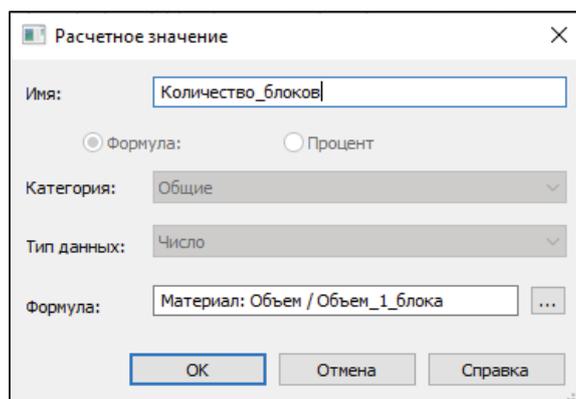


Рисунок 10 – Окно создания расчетного параметра

«Ведомость материалов стен»				
А	В	С	Д	
Наименование и техническая характеристика	Количество	Площадь	Объем раствора	Объем
<b>Этаж 1</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М200	207.70 м <sup>3</sup>	550.41 м <sup>2</sup>	47.93 м <sup>3</sup>	159.77 т
<b>Этаж 2</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М200	205.38 м <sup>3</sup>	526.62 м <sup>2</sup>	47.40 м <sup>3</sup>	157.99 т
<b>Этаж 3</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М200	205.38 м <sup>3</sup>	526.62 м <sup>2</sup>	47.40 м <sup>3</sup>	157.99 т
<b>Этаж 4</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М200	205.38 м <sup>3</sup>	526.62 м <sup>2</sup>	47.40 м <sup>3</sup>	157.99 т
<b>Этаж 5</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М200	205.38 м <sup>3</sup>	526.62 м <sup>2</sup>	47.40 м <sup>3</sup>	157.99 т
<b>Этаж 6</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М150	207.28 м <sup>3</sup>	530.35 м <sup>2</sup>	47.83 м <sup>3</sup>	159.45 т
<b>Этаж 7</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М150	207.28 м <sup>3</sup>	530.35 м <sup>2</sup>	47.83 м <sup>3</sup>	159.45 т
<b>Этаж 8</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М150	207.28 м <sup>3</sup>	530.35 м <sup>2</sup>	47.83 м <sup>3</sup>	159.45 т
<b>Этаж 9</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М125	207.28 м <sup>3</sup>	530.35 м <sup>2</sup>	47.83 м <sup>3</sup>	159.45 т
<b>Этаж 10</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М125	207.28 м <sup>3</sup>	530.35 м <sup>2</sup>	47.83 м <sup>3</sup>	159.45 т
<b>Этаж 11</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М125	207.28 м <sup>3</sup>	530.35 м <sup>2</sup>	47.83 м <sup>3</sup>	159.45 т
<b>Этаж 12</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М125	207.28 м <sup>3</sup>	530.35 м <sup>2</sup>	47.83 м <sup>3</sup>	159.45 т
<b>Этаж 13</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М125	207.28 м <sup>3</sup>	530.35 м <sup>2</sup>	47.83 м <sup>3</sup>	159.45 т
<b>Этаж 14</b>				
Кладка – Кирпич силикатный М125	207.28 м <sup>3</sup>	530.35 м <sup>2</sup>	47.83 м <sup>3</sup>	159.45 т

Рисунок 11 – Спецификация материалов кирпичных стен

Для расчетных параметров задаются формулы, по которым будут вычисляться значения (рисунок 10).

Когда все перечисленное будет выполнено, спецификация заполнится автоматически (рисунок 11).

Данная информация позволяет оптимизировать процесс подсчета количества материала на весь объект, на этаж, секцию или захватку, уменьшив затрачиваемое количество времени на сам расчет, вероятность ошибок и влияния человеческого фактора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кибирева, Ю. А. Преимущества использования и трудности внедрения информационного моделирования зданий: статья / Ю. А. Кибирева, Н. С. Астафьева, И. Л. Васильева. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2017. – 62 с.
- ГОСТ 21.110-2013. Система проектной документации для строительства. Спецификация

оборудования, изделий и материалов. Дата введения 2015-01-01. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200107995> (дата обращения: 19.01.2024).

3. BIM технологии в проектировании / Городской центр дополнительного профессионального образования. – URL: <https://doprof.ru/professii/bim-texnologii-v-proektirovanii.-chto-eto-takoe-i-v-chem-ix-preimushhestva/> (дата обращения: 19.01.2024).

**Анненкова Ольга Семеновна** – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [222-ru@mail.ru](mailto:222-ru@mail.ru);

**Мироненко Александр Евгеньевич** – студент группы 8Соим-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [worker\\_mironenko@mail.ru](mailto:worker_mironenko@mail.ru).

## АНАЛИЗ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ФАПОВ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

**О. С. Анненкова, М. Р. Худякова**

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

*В статье проводится анализ повышения эффективности строительства фельдшерско-акушерских пунктов в сельской местности Алтайского края.*

**Ключевые слова:** фельдшерско-акушерский пункт, медицинское учреждение, блок-модуль, каркас.

В Алтайском крае в последние годы ведется активно строительство новых больниц, поликлиник, амбулаторий и фельдшерско-акушерских пунктов по национальному проекту «Здравоохранение». Ежегодно в регионе сдается от пятнадцати до тридцати объектов медицинских учреждений.

Фельдшерско-акушерский пункт (ФАП) – медицинское учреждение, которое устраивают в сельской местности, удаленных местах и местах сложной доступности, в которых отсутствует необходимость возводить более масштабные медицинские учреждения (рисунок 1).

Данные объекты медицинских учреждений являются важным доврачебным звеном в сельской местности, и их масштабность определяется в связи с плотностью местного населения.

Строительство фельдшерско-акушерских пунктов, является важной и актуальной темой в настоящее время.

Вовремя оказанная медицинская помощь может спасти жизнь человеку. А если рассматривать современные ФАПы, они снабжены всем необходимым оборудованием для осмотра, предоставления помощи больным и проведения осмотра медицинским специалистом.

Первостепенной проблемой при отсутствии ФАПа в населенном пункте может стать дорога. Не у каждого жителя села или деревни есть возможность на постоянной основе ездить в районный центр или в ближайший город. Отсюда вытекает еще одна проблема, связанная с загруженностью районных станций скорой медицинской помощи. Недостаточное количество времени, в связи с частыми вызовами скорой помощи, несут за собой результат несвоевременно оказанной медицинской помощи.

Еще одна проблема, связанная с дорогой, относится к труднодоступности проезда вследствие погодных условий. Таким обра-

зом, к пациенту, который нуждается в срочной медицинской помощи, будет ограничен проезд машины скорой помощи или иного транспорта.

Население сел и деревень представляет значимую часть от общего населения, поэтому, можно сделать предположение, что ФАПы являются необходимой составляющей сохранения и развития жизни в деревне. Следовательно, строительство данных объектов медицинских учреждений, несомненно, важная цель.

Рассмотрим статистику строительства ФАПов на территории Алтайского края с 2019 по 2023 годы и предварительные данные на 2024 и 2025 годы (таблица 1).

В последние несколько лет на территории Алтайского края ФАПы возводятся с применением быстровозводимых конструкций по разработанным типовым решениям.

Здание ФАПа – быстровозводимое одноэтажное модульного типа здание, конструктивно выполненное из металлического несущего каркаса, заполненного трехслойными сэндвич-панелями с утеплением из минеральной ваты (рисунок 2). Фундамент под ФАП возводится ленточный монолитный



Рисунок 1 – Фельдшерско-акушерский пункт (ФАП)

Таблица 1 – Статистика строительства ФАПов на территории Алтайского края с 2019 г.

Год	Завершенное строительство	Планируемое строительство
2019	17	-
2020	15	-
2021	17	-
2022	19	-
2023	9	-
2024	-	20
2025	-	25



Рисунок 2 – Металлический каркас ФАПа типового решения



Рисунок 3 – Ленточный монолитный фундамент ФАПа типового решения



Рисунок 4 – Фундамент ФАПа из блоков ФБС

Преимущество таких конструкций заключается в следующем:

- экономически выгодное решение;
- возможность монтажа в любое время года;
- сокращается продолжительность строительства объектов.

На территории Алтайского края строительство ФАПов ведется в течение 5 месяцев (в том числе подготовительный период). Существенно на сроки возведения объекта влияют условия доступности транспортных сетей для доставки различных строительных материалов.

В типовом проекте фундаменты устраиваются ленточные монолитные (рисунок 3).

Вследствие проведенного анализа, выяснилось, что доставка бетонных смесей по Алтайскому краю для возведения ленточных монолитных фундаментов затруднена расположением пунктов, на которых она производится [2].

Для устройства фундаментов в зимнее время года может быть предложен вариант устройства фундаментов из блоков ФБС (фундаментные блоки сплошные) (рисунок 4). Благодаря использованию данного материала срок возведения фундамента сокращается в сравнении с монолитным фундаментом.

Также значительным преимуществом блоков ФБС является то, что по качеству материал достаточно устойчив к резким температурным перепадам и воздействиям кислотной среды, если работы предстоят в районах с суровым климатом или на сложных грунтах.

Еще одним способом сокращения сроков строительства может быть представлен такой вариант, как сборка каркаса на заводе и его доставка на объект. То есть, завод-изготовитель, который занимается поставкой материалов для сборки объекта на месте, мог бы поставлять готовые блоки каркаса на фундаментах на площадку строительства.

Здание фельдшерско-акушерского пункта прямоугольное в плане с размерами в осях – 10,77 × 7,235 м. Высота помещений от пола до потолка равна 2,8 м. Таким образом, здание можно разделить на 6 блок-модулей, размерами – 5,385 × 2,4 м, высотой 2,8 м. С такими размерами перевозка модулей осуществима.

Если учесть, что возведение надземной части, включая установку несущего каркаса и устройство стеновых панелей, занимает по времени – 2,5 месяца, в случае доставки готового металлического каркаса на возведение здания потребуется 1,5 месяца (рисунок 5).

## АНАЛИЗ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ФАПОВ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ



Рисунок 5 – Готовый блок-модуль каркаса ФАПа

При совмещении представленных двух способов сокращения сроков на возведение объекта от подготовительного этапа до завершающих работ отделки и благоустройства сроки сократятся с 4,7 до 3,4 месяцев.

Таким образом, опираясь на предоставленную информацию, можно сделать вывод, что строительство фельдшерско-акушерских пунктов является необходимой частью застройки в сельской местности [1].

За последние годы количество ФАПов в Алтайском крае значительно увеличилось и каждый год вносятся правки в типовой проект. Главной задачей строительства ФАПов является обеспечение качественной медицинской помощи и доступность услуг здравоохранения в сельской местности, и в особен-

ности это касается удаленных населенных пунктов.

В современных ФАПах имеется все необходимое оборудование для осмотра и оказания профессиональной помощи больным.

Для местных жителей ФАПы очень выгодны, так как большинство жителей имеют недостаточно средств для того, чтобы постоянно ездить в районный центр или город. Фельдшер ФАПа, имея современное оборудование, способен предупредить многие болезни сельских жителей.

Еще одной важной причиной строительства ФАПов является привлечение молодежи в сельскую местность. Молодые родители должны быть уверены, что им и их детям будет своевременно оказана медицинская помощь.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 158.13330.2014. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования (с Изменениями № 1, 2) : утв. Мин-вом строительства и жилищно-коммунального хозяйства Рос. Федерации 18.02.2014. Ввод в действие с 01.06.2014. – М. : Минстрой России. – 23 с.

2. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*. – М. : Стандартинформ, 2016. – 219 с.

**Анненкова Ольга Семеновна** – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: 222-ru@mail.ru;

**Худякова Мария Романовна** – студент группы 8С(з)-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: masha.khud@inbox.ru.

## АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ НАЛИВНЫХ ПОЛОВ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

К. С. Антропова, В. Н. Лютов

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

*Приведены обзор и анализ конструктивно-технических особенностей, возможностей и перспективности использования современных наливных полов в общественных помещениях применительно к условиям г. Барнаула; рассмотрены виды наливных полов, их технические и эксплуатационные параметры, особенности технологии устройства наливных полов.*

**Ключевые слова:** конструктивно-технические особенности наливных полов, устройство наливного пола, виды и характеристики наливных полов, общественные помещения.

Общественными зданиями мы называем все гражданские сооружения, предназначенные для осуществления различной деятельности и временного пребывания людей. В качестве примера можно привести торговые центры и магазины, кафе и рестораны, офисные и административные здания, спортивные клубы и комплексы, вокзалы и автовокзалы, медицинские учреждения, учебные заведения, музеи, библиотеки, выставочные залы, кинотеатры и другие объекты культуры. К проектированию таких объектов предъявляются определенные требования, в том числе и к напольным покрытиям [1].

Полы в общественных зданиях должны быть:

- прочными (устойчивыми к механическим воздействиям, ударам и истиранию);
- нескользкими;
- водонепроницаемыми;
- экологичными;
- легко моющимися;
- обеспечивать надлежащую звукоизоляцию пола;
- быть беспыльным;
- привлекательный внешний вид.

Для полов в общественных зданиях используются плитка, линолеум и ламинат.

Эти материалы пользуются большим спросом, у них масса преимуществ, но в последнее время все большее распространение получили наливные полимерные полы [2].

Полимерные наливные полы – идеальное решение для общественных помещений (рисунок 1).

Полиуретановые и эпоксидные наливные полы – самые популярные материалы для таких полов. Некоторые полимерные полы выпускаются в специальной двухкомпо-

нентной жидкой форме. Состав смешивается и равномерно распределяется по подготовленному основанию. После застывания образуется монолитный слой, обладающий высокой износостойкостью и отличной эстетикой. Как правило, в качестве основания используется бетонная стяжка.

Бетонные полы обладают низкой устойчивостью к агрессивным средам и перепадам температур, поэтому полимерные полы разработаны специально для решения этого комплекса задач.

Полимерные полы – это защитные и декоративные покрытия, получаемые в результате реакции полимеризации синтетических смол на бетонной подложке пола [3].

Полимерные полы делят по типу применяемых синтетических смол (связующего):

- эпоксидная смола;
- полиуретановая (ПУ) смола;
- метилметакрилатная (ММУ) смола;
- полиэфирная (ПЭ) смола.

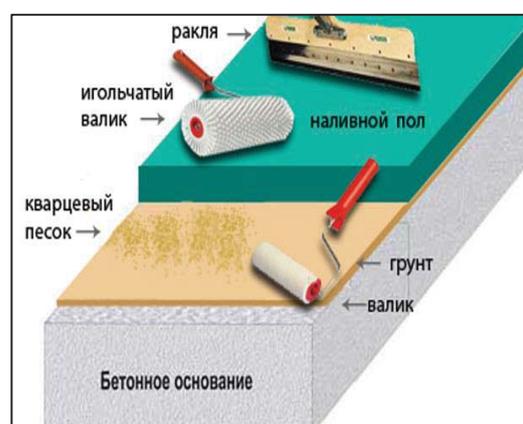


Рисунок 1 – Инструмент при устройстве наливного пола и его структура

## АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ НАЛИВНЫХ ПОЛОВ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Полимерные полы на основе полиуретана обладают высокой прочностью и расширяют сферу применения от бытовых до тяжелых промышленных условий. Эпоксидные полы менее прочны, но прекрасно выдерживают механические нагрузки, устойчивы к воздействию кислот, щелочей и растворителей, могут использоваться в помещениях с повышенной влажностью и под воздействием горячей воды. Популярность эпоксидных полов обусловлена также использованием различных способов и технологий нанесения.

Полимерные напольные покрытия делятся на полиуретановые, эпоксидные и метилметакрилатные. Полиуретановые смеси отличаются высоким показателем эластичности, благодаря чему они отлично подходят для помещений, где существует риск падения тяжелых предметов. Они также очень устойчивы к воздействию химических веществ. Эпоксидные полы негибкие, но очень прочные.

Полы из метилметакрилата считаются наиболее «идеальными» с точки зрения эксплуатационных характеристик. Если предыдущие напольные покрытия также использовались в жилых помещениях, то ММА применяются в первую очередь в промышленных и общественных помещениях. ММА-покрытия основаны на метакриловой кислоте или ее эфирах. Они характеризуются высокой скоростью полимеризации. Покрытия отверждаются за 30-60 минут и достигают полной прочности через несколько часов.

После этого напольное покрытие можно использовать без каких-либо ограничений. Напольные покрытия из ММА устойчивы к ультрафиолетовому излучению, что позволяет использовать их как для бескрышных зданий, так и для внутренних помещений.

Другие свойства ММА включают:

- 1) гигиеничность;
- 2) может использоваться при температуре минус 10°C;
- 3) высокая прочность;
- 4) высокая ремонтпригодность - поврежденные участки можно легко заменить новыми.

Преимущества полимерных полов.

- 1) высокая прочность, устойчивость к коррозии и ударным нагрузкам
- 2) бесшовная, нескользящая поверхность, что положительно сказывается на безопасности передвижения;
- 3) водонепроницаемость – легко удаляется после попадания воды на поверхность;
- 4) простота ухода – для поддержания чистоты достаточно регулярно удалять грязь

с поверхности. Полимерные полы можно полностью вымыть обычной водой и не бояться моющих средств;

5) не выделяет пыль и не способствует ее распространению.

Полимерные полы полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к использованию в общественных зданиях.

В зависимости от функционального назначения конкретного помещения могут использоваться различные виды полимерных покрытий, отличающиеся толщиной (от 0,1 до 10 мм), текстурой поверхности (гладкая или шероховатая, глянцевая или матовая), декоративностью, цветом и т.д. Они полностью соответствуют санитарно-эпидемиологическим требованиям [4].

Полимерные полы отвечают всем требованиям, предъявляемым к полам:

1. механическая прочность,
2. химическая стойкость,
3. устойчивость к истиранию,
4. ударпрочность,
5. гигиеничность,
6. беспыльность,
7. бесшовность,
8. теплоустойчивость,
9. водонепроницаемость,
10. экологичность,
11. эстетическая привлекательность,
12. пожаробезопасность,
13. простота и лёгкость уборки.

Подготовка основания под полимерные полы – один из важнейших этапов технологии устройства полимерных полов. Надежность и долговечность полимерных полов во многом зависит от качества подготовки поверхности.

Способы подготовки основания для полимерных полов:

- Шлифовка является основной задачей для открытия пор бетона, т.е. для удаления цементного «молока» с поверхности свежеуложенного бетона или для удаления слабозагрязненного верхнего слоя со старого бетона. Основным преимуществом шлифования бетона является то, что после его проведения не требуется дополнительного выравнивания основания, а проведенные шлифовальные работы позволяют сгладить неровности бетонного основания.

- Фрезерование используется для удаления верхнего слоя бетона: цементного «молока», локальных дефектов бетонного пола. Шероховатая структура бетонной поверхности после среза глубиной 2-5 мм гарантирует очень высокую адгезию полимерного пола, но требует дополнительных работ по выравниванию поверхности.

- Дробеструйная обработка применяется для удаления ослабленного верхнего слоя бетона. Принцип действия: металлическая дробь с большой силой ударяет по бетонному основанию и «отбивает» плохо держащиеся куски бетона. После обработки образуется шероховатая поверхность, которую нужно дополнительно выровнять. Дробеструйная обработка подготавливает поверхность бетонных полов с упрочненным верхним слоем к укладке полимерных полов.

- Химическая резка поверхности – травление бетона – это процесс «растворения» верхнего слоя бетонного пола путем воздействия на него химически активного вещества (кислоты).

Применяется крайне редко из-за невозможности контролировать глубину фрезерования.

После подготовки основания необходимо очистить его и удалить пыль с помощью промышленного пылесоса.

Подготовка бетонных оснований:

- удаление пыли, грязи и жира;
- заделка трещин и устранение дефектов поверхности;
- шероховатость бетонного основания механическим способом для придания ему шероховатой поверхности и улучшения адгезии с полимером;
- очистка каналов;
- проверка влажности и прочности бетона перед нанесением;
- грунтование, необходимое для герметизации пор и улучшения адгезии полимера к бетонному основанию;
- установка постоянных элементов интерьера и декоративных элементов (рисунок 2).

Перед началом всех работ оборудование должно быть полностью подготовлено.

Понадобятся следующие инструменты (рисунок 3):

- контейнеры и бочки чистые, они необходимы для смешивания ингредиентов;
- строительный миксер для перемешивания;
- скребки или шпатели, их можно использовать для распространения материалов в труднодоступных местах (например, под батареей или в углах);
- швабры с фиксированным зазором должны равномерно распределять материал по поверхности;
- игольчатый валик, который должен удалять пузырьки воздуха, одного ролика достаточно для удовлетворения требований 40-50 м<sup>2</sup>;
- специальная подошва на шипе необ-

ходима для перемещения по вновь нанесенному покрытию;

- растворители и ветошь, которые легко использовать при чистке инструментов;
- уровень для измерения ровности пола.

Во время работы необходимо соблюдать абсолютную чистоту поверхности и полностью исключать возможность попадания посторонних предметов. Обувь и инструменты должны быть сухими и чистыми. Содержимое упаковки необходимо тщательно разлить и смешать в два этапа. На первом этапе можно рассмотреть возможность открытия бочки с ингредиентами и тщательного перемешивания до получения однородного материала.



Рисунок 2 – Технологические операции при устройстве наливных полов



Рисунок 3 – Инструменты для устройства наливного пола

## АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ НАЛИВНЫХ ПОЛОВ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ



Рисунок 4 – Распределение состава наливного пола зубчатым шпателем

При смешивании необходимо дать пигменту осесть снизу. Особое внимание следует уделять дну и стенам, потому что все материалы должны быть смешаны до однородного состояния.

Второй этап – вылить полученную смесь в другой контейнер и снова тщательно перемешать. После полной подготовки материал должен быть использован немедленно.

После приготовления материал выливается на поверхность и равномерно распределяется по подложке с помощью зубчатого шпателя или швабры для получения желаемой толщины покрытия (рисунок 4).

Ширина инструмента должна быть выбрана с учетом характеристик покрываемой поверхности. При использовании более широкого инструмента неровные полы могут повлиять на толщину слоя. Чтобы создать наиболее идеальную поверхность, для удаления пузырьков воздуха необходимо ис-

пользовать скалку. После заливки закрывают двери – чтобы не было сквозняков – и ждут требуемое время. Оно сильно отличается. Смеси на цементе схватываются дольше, на гипсе – быстрее, но обычно ходить по поверхности можно через 12-24 часа [5].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 118.13330.2022. Общественные здания и сооружения. СНиП 31-06-2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tiflocentre.ru/download/sp-118-13330-2022.pdf> (дата обращения: 22.01.2024).
2. Наливные полы для общественных помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prompol.ehg.su/typy-nalivnyh-polov-po-obektu-ispolzovaniya/dlya-magazina-torgovogo-zala/> (дата обращения: 22.01.2024).
3. Виды напольных покрытий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdelai-pol.ru/pokrytie-dlya-pola> (дата обращения 23.01.2024).
4. Напольные покрытия для общественных помещений [Электронный курс] – Режим доступа: <https://наливныепокрытия.рф/napolnie-pokrytiya-dlya-obschestvennih-pomeschenii> (дата обращения: 23.01.2024).
5. Состав и технология укладки керамогранита [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vira.ru/keramogranit.html> (дата обращения: 23.01.2024).

**Антропова Кристина Сергеевна** – студент группы 8Спгс-31 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [Kristina.antropova.1994@bk.ru](mailto:Kristina.antropova.1994@bk.ru);

**Лютков Владимир Николаевич** – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [vnlutov@mail.ru](mailto:vnlutov@mail.ru).

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В AUTODESK REVIT

**В. А. Бережнова, И. А. Бахтина**

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

*Рассмотрены особенности проектирования систем вентиляции в программном комплексе AUTODESK REVIT.*

**Ключевые слова:** система вентиляции, проектирование, программное обеспечение Revit, модель, семейства.

BIM (Building Information Modeling) – информационное моделирование объекта. Представляет собой набор технологий для создания и управления информацией о зданиях или инфраструктурных объектах в цифровой форме на протяжении их жизненного цикла. BIM технологии объединяют в себе трехмерное моделирование, базы данных и инструменты анализа, позволяя участникам строительного процесса совместно работать и обмениваться информацией.

Основные принципы BIM включают в себя создание цифровой модели объекта, которая содержит информацию о его геометрии, конструкции, материалах, системах и компонентах. Преимущества BIM технологий включают улучшение совместной работы участников проекта, возможность проведения анализов и оптимизации проектирования, улучшение прозрачности и точности информации, а также улучшение управления проектом и снижение рисков. BIM также способствует улучшению эффективности проектирования, строительства и эксплуатации объектов и помогает создавать более эффективные и устойчивые к процессам модели.

Основные нормы и правила, касающиеся проектирования систем вентиляции, а также требования к расчету систем отопления и вентиляции приведены в СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

При проектировании и расчёте системы вентиляции необходимо учитывать следующие основные требования:

1. Расчёт воздушных потоков: определение количества воздуха, необходимого для обеспечения правильной вентиляции помещения в соответствии с его назначением.

2. Выбор оборудования: подбор вентиляционных установок, воздухообменников, вентиляционных решеток и прочего оборудования, соответствующего требованиям по воздушным потокам и энергоэффективности.

3. Распределение воздушных потоков: определение схемы распределения воздушных потоков в помещении для обеспечения равномерной вентиляции.

4. Учёт теплопотерь и тепловых нагрузок: учёт теплопотерь помещения и определение необходимой тепловой мощности обогрева для компенсации этих потерь.

5. Соблюдение санитарных норм: обеспечение соответствия системы вентиляции санитарным нормам по очистке и обработке воздуха.

6. Энергоэффективность: минимизация энергопотребления системы вентиляции при максимальной эффективности обеспечения воздухообмена.

Основные этапы проектирования системы вентиляции:

- Анализ требований: определение потребностей по вентиляции для конкретного помещения или здания.

- Проектирование концепции: разработка общей концепции системы вентиляции, включая выбор типа системы и определение основных параметров.

- Разработка технических спецификаций: подробное описание технических параметров системы вентиляции, включая тип оборудования, объемы воздуха, характеристики вентиляционных устройств и т.д.

- Расчет и выбор оборудования: расчет необходимых компонентов системы вентиляции, выбор подходящего оборудования и материалов.

- Разработка схемы размещения: определение мест установки вентиляционного оборудования и прокладки вентиляционных каналов.

В уже созданной архитектурной модели, на основании технических требований к проекту системы в программном комплексе Revit на первом этапе определяются зоны воздухораспределения и происходит создание пространственной структуры для вентиляци-

онных каналов, воздуховодов и вентиляционного оборудования. Каждая зона может состоять из одного или нескольких пространств, в которых должны поддерживаться с помощью оборудования систем отопления и вентиляции одни и те же параметры воздуха (температура, влажность, чистота и т.п.). Основной информацией для каждой зоны является: объем помещения – необходимо знать объем в кубических метрах, чтобы определить объем воздуха, который требуется для эффективной вентиляции, число людей, находящихся в помещении, расход воздуха в помещении- учитываются условия работы, температура и влажность, чтобы обеспечить комфортные условия, а также система отопления и кондиционирования, необходимо учитывать, какая система отопления/кондиционирования установлена, так как она влияет на общий баланс воздуха в помещении. После завершения подготовительных работ определяются технические требования к системам проекта и проводятся расчет объема воздуха – определяется необходимый объем воздуха для обеспечения заданных параметров качества воздуха и комфортных условий в помещении, расчёт распределения воздушных потоков- определяется оптимальное распределение воздушных потоков, чтобы обеспечить эффективное перемешивание и охлаждение/нагрев воздуха, расчёт вентиляционных потерь – учитываются потери воздуха в системе вентиляции, включая трения в воздушных каналах, утечки и другие технические аспекты, расчёт выбора вентиляционного оборудования – определя-

ются характеристики и параметры необходимого вентиляционного оборудования, исходя из результатов предыдущих расчётов. Эти расчеты являются определяющими для оценки потребностей моделируемого здания в вентиляции. Расчет производится с помощью встроенных программ в Revit, например, таких как Audytor.

По результатам расчетов, которые были перечислены выше, производится выбор и расстановка вентиляционных установок, воздухообменников и другого оборудования, размещение и подключение воздуховодов, вентиляционных решеток и клапанов для обеспечения надлежащего воздухообмена и равномерного распределения воздушных потоков. Вентиляция в Revit – это не только геометрия близкая к оригиналу, но и возможность подобрать оборудование по условиям проекта, отобразить правильно на схеме, маркировать, заполнить спецификацию. Полный вид установки с подключением в 3D – на рисунке 1, отображение на схеме – на рисунке 2.

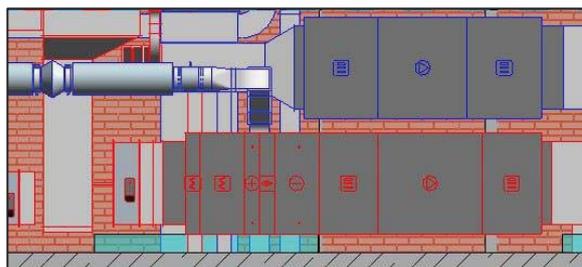


Рисунок 1 – Вид установки в 3D

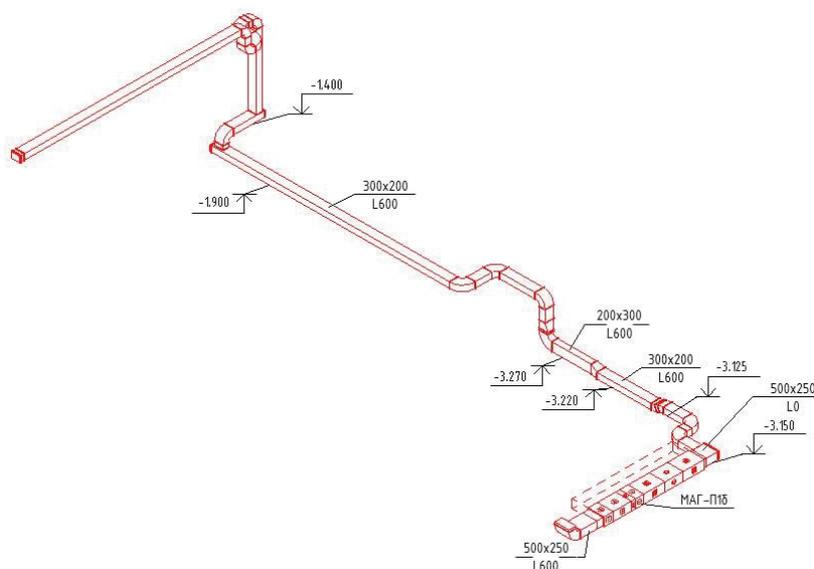


Рисунок 2 – Схема системы МАГ-П16



Рисунок 3 – Система вентиляции в 3D модели

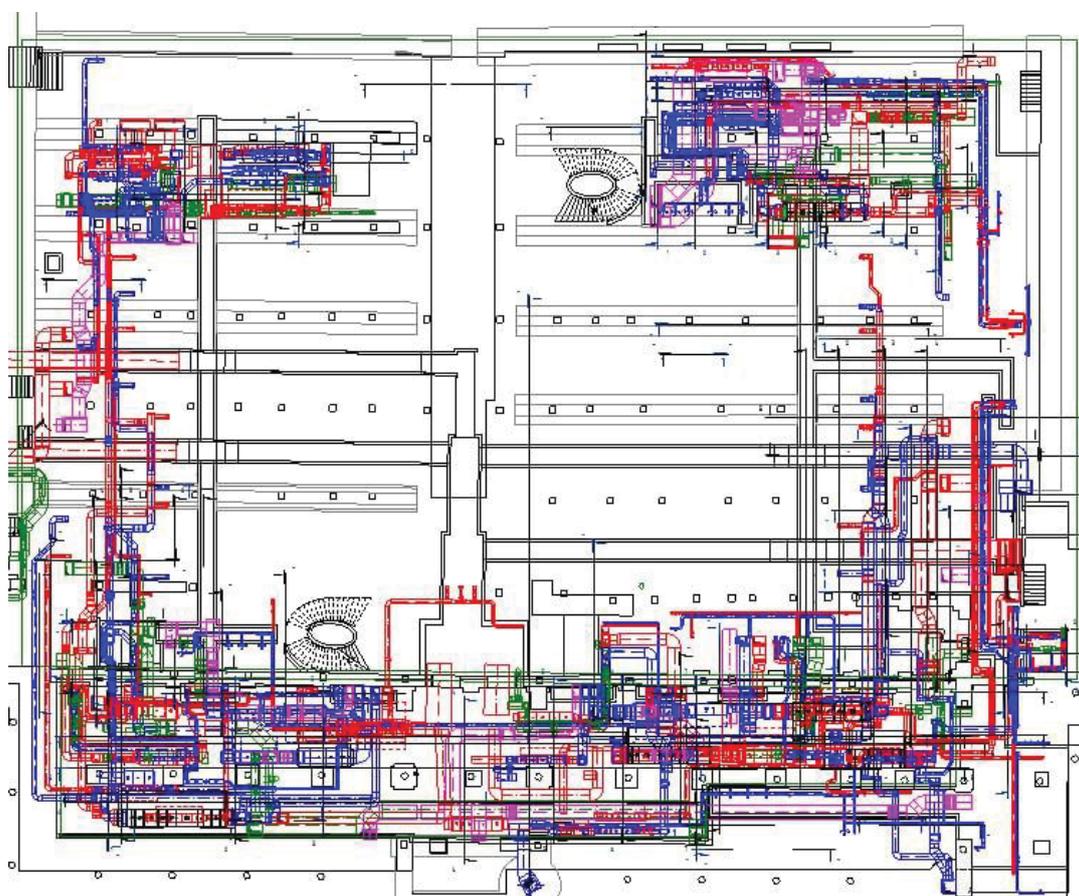


Рисунок 4 – План системы вентиляции

Общий вид модели системы вентиляции представлен на рисунке 3.

Таким образом, созданная модель в Revit позволяет, как представить проектируемую систему в виде 3D модели и увидеть в объеме расположение всех воздуховодов системы вентиляции, так и в классическом виде на планах здания. Такой подход обеспечивает точное моделирование, Revit позволяет создавать детальные трехмерные модели

вентиляционных систем, что способствует предотвращению конфликтов, оптимизации проектирования и улучшению визуализации. Также объемное представление проектируемой системы позволяет оперативно проектировщику изменять и редактировать трассу системы со всеми ее элементами. После создания модели можно выгрузить чертежи системы вентиляции – рисунок 4.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В AUTODESK REVIT

В	С	Е	F	G	Н
Доскаль-к-клетон прямоугольного сечения 100x350	АВК 100x350	Арктос	шт	1	
Доскаль-к-клетон прямоугольного сечения 100x500	АВК 100x500	Арктос	шт	1	
Доскаль-к-клетон прямоугольного сечения 150x500	АВК 150x500	Арктос	шт	2	
Доскаль-к-клетон прямоугольного сечения 800x400	АВК 800x400	Арктос	шт	3	
Доскаль-к-клетон прямоугольного сечения 900x500	АВК 900x500	Арктос	шт	1	
Клетон воздушный КВК круглый	КВК-100М	Арктос	шт	4	0.38
Клетон воздушный КВК круглый	КВК-125М	Арктос	шт	51	0.53
Клетон воздушный КВК круглый	КВК-150М	Арктос	шт	1	1.11
Клетон воздушный прямоугольный	WPEL	000 НТТ Климастикс	шт	9	0
Клетон провоблокарный КЛ-Э, нормально-закрытый, прямоугольный, конькового типа с элв	КЛЭ-ЭН КЭ	ВЕЗА	шт	0	
Клетон провоблокарный КЛ-Э, нормально-открытый, прямоугольный, конькового типа с элв		ВЕЗА	шт	0	18 102154
Клетон провоблокарный КЛЭ-ЭН, нормально-закрытый, круглый, конькового типа с элв	КЛЭ-ЭН	ВЕЗА	шт	0	
Клетон провоблокарный нормально закрытый	FD-60-НО-К1-100	000 «Нарко-ПРФ»	шт	1	0
Клетон провоблокарный нормально закрытый	FD-60-НО-К1-160	000 «Нарко-ПРФ»	шт	3	0
Клетон провоблокарный нормально закрытый	FD-60-НО-К1-250	000 «Нарко-ПРФ»	шт	1	0
Клетон провоблокарный нормально закрытый	лст FD-60	000 «Нарко-ПРФ»	шт	14	0
Клетон провоблокарный нормально закрытый	лст FD-90	000 «Нарко-ПРФ»	шт	3	0
Клетон провоблокарный нормально закрытый	лст FD-120	000 «Нарко-ПРФ»	шт	4	0
Чем в колесе	Не найдено	Арктос	шт	1	
Провоблокарный П.З. прямоугольный клетон	FD-120-НЗ-К1-600x1000	000 «Нарко-ПРФ»	шт	1	0
Провоблокарный П.З. прямоугольный клетон	FD-120-НЗ-К1-100x1000	000 «Нарко-ПРФ»	шт	2	0

Рисунок 5 – Спецификация «Арматура воздухопроводов»

После того, как информационная модель создана и всё согласовано, переходят к определению принятых в проекте изделий, оборудования и материалов. В программном комплексе Revit это возможно достаточно точно определить с помощью инструмента «Спецификация». Он позволяет автоматизировать не только сбор необходимой информации с объектов модели, но свести данные в таблицу требуемой формы. Так как инструмент «Спецификация» напрямую связан с 3D моделью объекта, то при любых изменениях в объекте автоматически заменяются данные и в спецификации. Это позволяет не только экономить время на сведение спецификации по объекту, но и минимизировать возможные ошибки. Все объекты создаваемой модели инженерной системы имеют информацию, как о геометрических параметрах, так и сведения о расходе, материале, производителе, технических характеристиках для дальнейшего расчета и анализа. Эти данные используются Revit при создании спецификаций.

Вся информация, которая находится в спецификации, заносится в нее автоматически программой, если в семействе присутствует материал по данному параметру, то при составлении документации он обязательно будет прописан. Однако бывают семейства, без каких либо данных. В таком случае информацию о продукции (материалах) находят у производителя и вносят вручную.

Созданная спецификация (рисунок 5) позволяет оптимизировать процесс создания проектной документации, которая определяет состав оборудования, изделий, материалов, предназначенных для комплектования, подготовки и осуществления монтажа систем вентиляции.

На следующем этапе определяются сечения воздухопроводов системы вентиляции.

Для расчета необходимо знать допустимые параметры для устройства шахты (ширина и высота) и расход воздуха на участке сети.

Таким образом, Revit предоставляет мощные инструменты для проектирования систем вентиляции, позволяя инженерам создавать детализированные 3D-модели вентиляционных систем, управлять данными и координировать проект в единой среде.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование: актуализированная редакция СНиП 41-01-2003: дата введения 2021-07-01. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573697256> (дата обращения: 29.01.2024).
2. Свод правил: СП 7.13330.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности: дата введения 2013-02-25. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200098833> (дата обращения: 29.01.2024).
3. Бережнова, В. А. Приточно-вытяжные установки для системы вентиляции / В. А. Бережнова, И. А. Бахтина, Н. В. Гейко // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2023. – С. 81 – 86.

**Бережнова Виктория Алексеевна** – студент группы 8С<sub>оим</sub>-31 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [vika.berezhnova.97@mail.ru](mailto:vika.berezhnova.97@mail.ru);

**Бахтина Ирина Алексеевна** – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [bia-altai@mail.ru](mailto:bia-altai@mail.ru).

## ВЛИЯНИЕ ГАБАРИТОВ ПОДПОРНОЙ СТЕНЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ

**А. В. Бочкарева, Б. М. Черепанов**

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

*В статье рассматриваются вопросы влияния габаритов подпорной стены на ее устойчивость при строительстве данного вида подпорного сооружения на глинистых, обладающих просадочными свойствами, грунтах. Данный тип грунтов характеризуется низкой устойчивостью и склонностью к обрушению, просадочные грунты повсеместно распространены на территории города Барнаула. Целью исследования было выявить наиболее рациональное решение путем подбора габаритов подпорной стены для защиты от оползневых процессов объекта строительства. Были произведены расчеты на устойчивость для подпорных стен при разных размерах. Исходя из полученных результатов приходим к общему выводу, что на просадочных глинистых грунтах нерационально увеличивать глубину заложения подпорного сооружения. Подпорное сооружение с увеличенной глубиной заложения будет менее устойчивой в отличие от сооружения с увеличенной шириной подошвы. При создании уклона задней грани подпорной стены возникает составляющая вертикальных усилий, которая увеличивает удерживающую силу и соответственно увеличивает устойчивость подпорной стены. Рациональным решением будет увеличение ширины подошвы совместно с увеличением уклона задней грани подпорной стены, так как данный вариант позволит уменьшить расход бетона и увеличит устойчивость подпорной стены.*

**Ключевые слова:** массивные подпорные стены, просадочные лессовые грунты, устойчивость подпорных стен, активное давление, удерживающая сила, угол трения грунта, инженерная защита, экономическая выгода.

Каждый год процесс строительства охватывает все новые и новые территории, возводится огромное количество новых зданий и сооружений на сотнях тысячах квадратных метров территории. Значительная часть территории города Барнаула расположена на лессовых грунтах, которые в свою очередь характеризуются низкой устойчивостью и склонностью к обрушению. В большинстве случаев, на таком участке требуется предусмотреть мероприятие или комплекс мероприятий по инженерной защите объектов строительства. Одними из удерживающих сооружений являются подпорные стены. Массивная подпорная стена является одной из распространенных видов подпорных стен. Целью научной работы является определение влияния габаритов массивных подпорных стен на устойчивость, которые располагаются на участке строительства с просадочными грунтами в г. Барнауле.

Площадка строительства ограничена пересечением улиц: с севера – ул. Сергея Семенова, с востока – 65 лет Победы, с юга – 280-летия Барнаула и с запада – ул. им. В.Т. Христенко (рисунок 1).

На участке изысканий до глубины 30,0 м выделено 5 инженерно-геологических эле-

ментов (ИГЭ) и 1 слой (таблица 1). Нормативные и расчетные характеристики грунтов представлены в таблице 2.

Площадка строительства до глубины 8,2-9,7 м представлена супесями и суглинками лессовидными просадочными. ИГЭ-2 и ИГЭ-3 при замачивании под нагрузкой обладают просадочными свойствами. ИГЭ-2 при замачивании до полного водонасыщения будет обладать сильнопучинистыми свойствами. Исследуемая территория характеризуется общим подъемом уровня подземных вод, что негативно отразится на процессе строительства и требует предусмотреть инженерную защиту на данной территории. На рассматриваемой площадке строительства проектом предусмотрен глубокий котлован. Для предотвращения оползневых процессов котлован будет огражден подпорными стенами.

На рисунке 2 схематично показана подпорная стена с расположением равномерно-распределенной нагрузки.

Для исследования примем следующие исходные данные: нагрузка от машин и оборудования  $q = 500$  кН/м; высота подпорной стены  $H = 5$  м; ширина по верху  $a = 1,5$  м; ширина подошвы  $b = 3$  м; глубина заложения  $d = 1$  м.

ВЛИЯНИЕ ГАБАРИТОВ ПОДПОРНОЙ СТЕНЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ  
НА ПРОСАДОЧНЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ



Рисунок 1 – Место расположения объекта изысканий

Таблица 1 – Физико-механические свойства грунтов

№ ИГЭ	Наименование грунта	Мощность слоя, м	Удельный вес, кН/м <sup>3</sup>			Влажность, д.ед.			Число пластичности, ед.
			$\gamma$	$\gamma_s$	$\gamma_d$	W	W <sub>p</sub>	W <sub>L</sub>	
1a	Почва	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2	Супесь лессовидная твердая, среднепросадочная	5,0	16,5	26,9	14,6	0,13	0,26	0,19	0,07
3	Суглинок лессовидный, твердый, слабопросадочный	4,8	17,7	27,0	15,1	0,17	0,19	0,28	0,09
4	Супесь лессовидная твердая, непросадочная	3,1	18,5	26,9	16,0	0,18	0,17	0,24	0,07
5	Супесь лессовидная пластичная, непросадочная	16,9	20,8	26,9	17,8	0,17	0,15	0,21	0,06
6	Суглинок пылеватый тугопластичный	1,5	19,6	27,1	16,3	0,21	0,18	0,29	0,11

Продолжение таблицы 1

№ ИГЭ	Наименование грунта	Показатель текучести, ед.	Коэффициент пористости, ед.	Пористость, %	Коэффициент водонасыщения, ед.
1a	Почва				
2	Супесь лессовидная твердая, среднепросадочная	-1,1	0,85	45,7	0,41
3	Суглинок лессовидный, твердый, слабопросадочный	-0,2	0,79	44,1	0,58
4	Супесь лессовидная твердая, непросадочная	-0,1	0,69	40,5	0,70
5	Супесь лессовидная пластичная, непросадочная	0,47	0,52	33,8	0,88
6	Суглинок пылеватый тугопластичный	0,30	0,66	39,9	0,86

Таблица 2 – Нормативные и расчетные характеристики грунтов

№ ИГЭ	Наименование грунта	Удельный вес, кН/м <sup>3</sup>			Угол внутреннего трения, град.			Удельное сцепление, кПа			Модуль деформации, МПа E
		$\gamma_n$	$\gamma_I$	$\gamma_{II}$	$\varphi_n$	$\varphi_I$	$\varphi_{II}$	$c_n$	$c_I$	$c_{II}$	
1а	Почва	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Супесь лессовидная твердая, среднепросадочная	$\frac{16,5}{19,2}$	$\frac{16,1}{18,8}$	$\frac{16,3}{19,0}$	24	24	24	9	7	8	$\frac{12,2}{1,7}$
3	Суглинок лессовидный, твердый, слабопросадочный	$\frac{17,7}{19,4}$	$\frac{17,5}{19,2}$	$\frac{17,6}{19,3}$	24	23	24	13	10	12	$\frac{10,2}{4,9}$
4	Супесь лессовидная твердая, непросадочная	$\frac{18,5}{20,1}$	$\frac{18,4}{20,0}$	$\frac{18,4}{20,0}$	26	25	25	13	10	11	$\frac{15,5}{10,5}$
5	Супесь лессовидная пластичная, непросадочная	$\frac{20,7}{21,1}$	$\frac{20,5}{20,9}$	$\frac{20,6}{21,0}$	26	23	24	10	8	9	7,8
6	Суглинок пылеватый тугопластичный	19,6	19,4	19,5	25	24	24	20	18	19	9,5

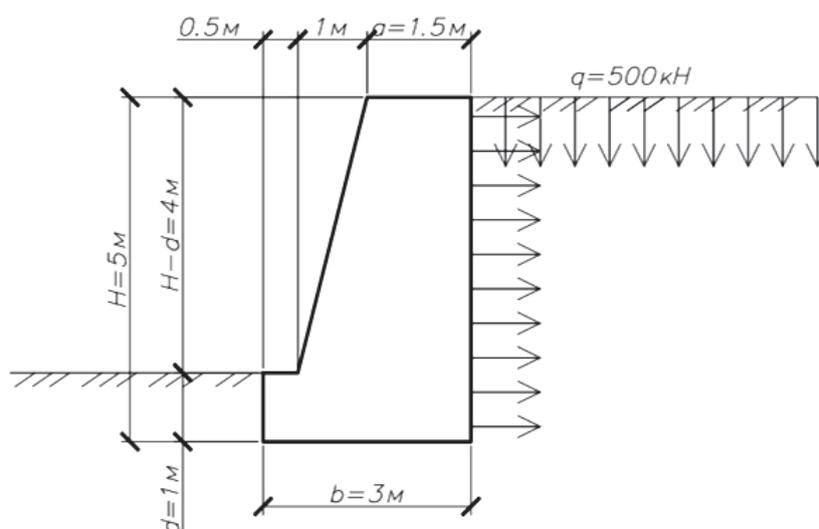


Рисунок 2 – Схема подпорной стены

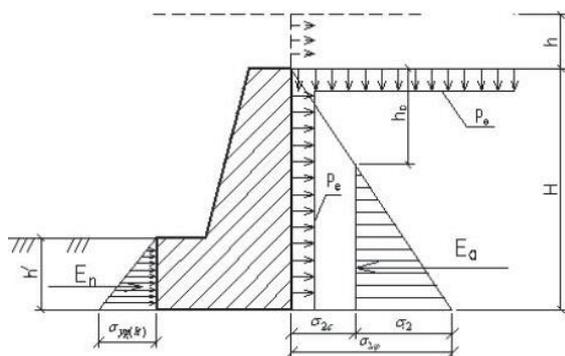


Рисунок 3 – Схема передачи давления грунта на подпорную стену

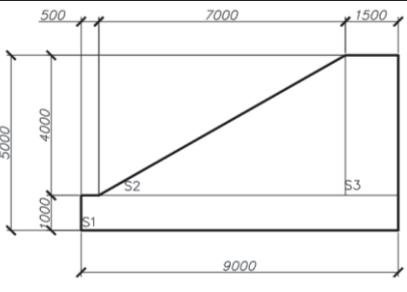
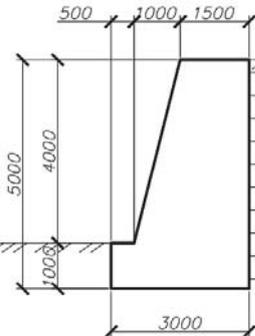
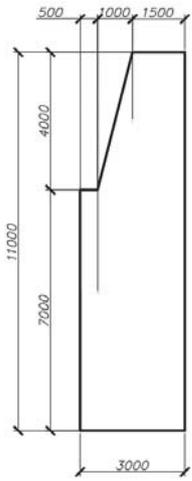
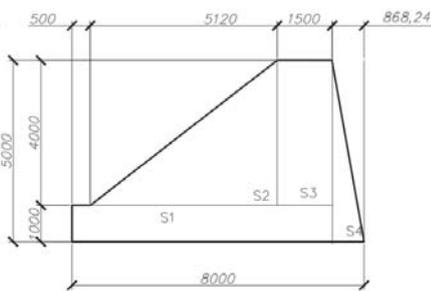
Подошва подпорной стены расположена в ИГЭ-3, грунт засыпки – ИГЭ-2;  $\varepsilon = 0$  – угол наклона подпорной стены к вертикали;  $\alpha = 0$  – угол наклона засыпки к горизонтали.

На рисунке 3 схематично показаны эпюры активного и пассивного давлений на подпорную стену.

Величины давлений определялись как площади треугольных эпюр, а точки приложения их равнодействующих – в центре тяжести эпюр. При определении активного давления грунта на подпорную стену учитывалось давление связности грунта, а также равномерно распределенная нагрузка на поверхности грунта [1].

## ВЛИЯНИЕ ГАБАРИТОВ ПОДПОРНОЙ СТЕНЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ПРОСАДАЧНЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ

Таблица 3 – Сравнение габаритов подпорных стен и расход бетона на 1 п.м.

Исходная подпорная стена	Измененный параметр	Измененная подпорная стена	Разница
	Ширина подошвы подпорной стены	 <p>29 м<sup>3</sup> бетона. Ширина 9 м.</p>	18 м <sup>3</sup> бетона. Ширина 6 м.
 <p>11 м<sup>3</sup> бетона. Ширина 3 м. Высота подпорной стены 5 м. Глубина заложения 1 м. Угол наклона задней грани 0°. Угол трения грунта о заднюю грань стены 0°.</p>	Высота и глубина заложения подпорной стены	 <p>29 м<sup>3</sup> бетона. Высота подпорной стены = 11 метров. Глубина заложения = 7 м.</p>	18 м <sup>3</sup> бетона. Высота 11 м. Глубина заложения 7 м.
	Угол наклона задней грани, угол трения грунта о заднюю грань стены	 <p>22,53 м<sup>3</sup> бетона. Угол наклона задней грани 10°. Угол трения грунта о заднюю грань стены 10°. Ширина подошвы подпорной стены 8 м.</p>	11,53 м <sup>3</sup> бетона. Угол наклона задней грани 10°. Угол трения грунта о заднюю грань стены 10°. Ширина подошвы подпорной стены 5 м.

Расчет устойчивости подпорной стены выполнялся исходя из условия равновесия по формуле 1 [2]

$$F_{sa} \leq \frac{\gamma_c \cdot F_{sr}}{\gamma_n}, \quad (1)$$

где  $F_{sr}$  – удерживающая сила, равная сумме проекций всех удерживающих сил на горизонтальную плоскость (формула 2)

$$F_{sr} = F_v \cdot \operatorname{tg}(\varphi_l - \beta) + A \cdot c_l + E_{hr}, \quad (2)$$

где  $F_v$  – сумма проекций всех сил на вертикальную плоскость;  $\varphi_l$  – угол внутреннего трения грунта;  $\beta$  – угол наклона поверхности скольжения к горизонту;  $A$  – площадь подошвы стены;  $c_l$  – удельное сцепление грунта;  $E_{hr}$  – пассивное сопротивление грунта.

Из формулы 2 видно, что удерживающая сила зависит от таких переменных, как площадь подошвы стены и от проекций всех сил на вертикальную плоскость (формула 3), которые, в свою очередь, зависят от углов наклона вертикальной поверхности стены ( $\epsilon$ ) и угла трения о заднюю грань стены ( $\delta$ )

$$F_v = F_{sa} \cdot \text{tg}(\epsilon + \delta) + G_{cm} + \gamma_1 \cdot \text{tg} \beta \cdot \frac{b^2}{2}. \quad (3)$$

Учитывая, что инженерно-геологические условия на площадке строительства идентичны, подбираем размеры подпорной стены наиболее выгодные для условий строительства на просадочных грунтах. Для анализа влияния габаритов подпорных стен на устойчивость на просадочных глинистых грунтах производились расчеты при разных размерах подпорной стены.

При изменении только ширины подошвы, подпорная стена, не теряет устойчивость при значении равном 9 метров. При изменении у подпорной стены только высоты и глубины заложения, получаем высоту подпорной стены 11 метров и глубину заложения 7 метров (таблица 3).

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод о том, что при изменении высоты подпорной стены не изменяется площадь сечения подошвы, которая является одним из слагаемых удерживающей силы, в то время как, изменение ширины подошвы подпорной стены является составляющей площади подошвы и так же влияет на вес проектируемого удерживающего сооружения.

По схемам подпорных стен (таблица 3) заметно, что при изменении угла наклона и угла трения грунта о грань стенки, уменьшается итоговая ширина подошвы подпорной стены. Разница между различными вариантами подпорных стен приведена в таблице 3.

Исходя из полученных результатов, при-

ходим к общему выводу, что на просадочных глинистых грунтах нерационально увеличивать глубину заложения подпорного сооружения. Подпорное сооружение с увеличенной глубиной заложения будет менее устойчивой в отличие от сооружения с увеличенной шириной подошвы. При создании уклона задней грани подпорной стены возникает составляющая вертикальных усилий, которая увеличивает удерживающую силу и соответственно увеличивает устойчивость подпорной стены.

Наиболее рациональным решением будет увеличение ширины подошвы совместно с увеличением уклона задней грани подпорной стены, что позволит уменьшить расход бетона и увеличит устойчивость подпорной стены.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 101.13330.2023. Подпорные стены, суходонные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения / Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87. – М. : Минрегион России, 2023. – 170 с.
2. Руководство по проектированию подпорных стен и стен подвалов для промышленного и гражданского строительства. – М. : Стройиздат, 1984. – 119 с.

**Бочкарева Анастасия Владимировна** – студент группы 8Спгс-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: an\_tonks25@mail.ru;

**Черепанов Борис Михайлович** – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: bmcher@mail.ru.

## ЭВОЛЮЦИЯ СОЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ И ПРОБЛЕМЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Я. Ю. Веригина, Е. С. Мусалитина, А. А. Веригин

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

*В статье анализируется демографическая ситуация регионов планеты и социальные проблемы в потреблении энергоресурсов. Выделяется строительная индустрия в части технологии производства тонкодисперсных сред и необходимости оптимизации параметров измельчительного оборудования. Отмечается высокая энергоемкость получения тонкодисперсной продукции и предлагается метод оптимизации работы измельчительного оборудования с целью снижения расхода энергопотребления при получении материалов с заданными требованиями технологии.*

**Ключевые слова:** социальные системы, демография, регионы, материалы, микроастицы, эмпирические зависимости, измельчение, дефектность, структурная решетка, энергия, параметры, оптимизация, рабочие процессы.

Анализ хронологической ситуации земного социума указывает на обострение демографической реальности связанной, с интенсивными темпами развития стран Юго-Восточной Азии и социальными напряжениями европейско-атлантического региона.

Демографический рост населения Индии, Китая, и стран тихоокеанского региона, Африки и ближнего востока создал приграничную нестабильность с Исламским миром, а также с США и европейским союзом.

Это в свою очередь интенсифицирует технологические градиенты, увеличивает экономические неравенства и усложняет проблемы глобальной безопасности.

Очевидно, что тихоокеанский регион станет «последним Средиземноморьем» планеты, где вторым был Атлантический, а средиземноморский – первым регионом интенсивного развития земного социума.

Рост народонаселения планеты требует высоких темпов становления строительной индустрии и увеличение потребностей в строительных материалах.

Одним из основных компонентов строительной продукции, в том числе в металлургии, фармакологии и других отраслях, являются тонкодисперсные материалы – цементы, известь, гипс, песок, порошковая продукция, керамика и прочие.

На измельчение материалов в мировом сообществе расходуются около 20% суммарного энергоресурса, вырабатываемого на планете. Величина его определяется как

$$E_{\Sigma} = N^2 \text{кВт},$$

где N – численность населения Земли в рассматриваемый момент времени.

При этом суммарная мощность энергопотребления из расчета 2,5кВт на одного человека [1] составляет  $W = 132 \cdot 10^{12}$  кВт.

Принимая во внимание прогнозы роста народонаселения, к концу 21 века его численность возрастет до 13-14 миллиардов. Отсюда, можно планировать и потребление ресурсов планеты – не возобновляемых ископаемых и продуктов питания. Аналогичным образом можно прогнозировать потребление энергии в строительстве с учетом темпов развития и технологий. При этом избыточное потребление и расточительность энергоресурсов на фоне гиперболического роста численности населения требует создания альтернативных энергоносителей, новых эффективных машин оборудования и прочих мер. Иначе планета будет так перенаселена и разорена, а экология разрушена, что придется платить ценой общепланетарной экологической катастрофы [1]. Следовательно, для одной из высокоэнергоемких технологий – измельчение материальной продукции, вопрос оптимизации режимов работы оборудования является актуальным.

Получение тонкодисперсных материалов осуществляется с применением вибрационных и планетарных измельчителей шаровых и струйных мельниц, дезинтеграторов и другого оборудования [2].

Рабочие процессы в этих аппаратах осуществляются при постоянных режимах работы. В результате этого для достижения заданного качества продукции требуется неоправданно увеличивать время действия

оборудования, так как с уменьшением размера частиц материала их дефектность уменьшается, растет прочность и сопротивляемость к разрушению, наступает момент «отказа к измельчению».

Современный экспериментальный и теоретический материал, накопленный исследователями различных стран, показывает, что теория измельчения должна строиться на основе моделей прочности твердых тел, вызывающих как внутренние молекулярно-кинетические эффекты, так и физико-химические поверхностные явления, учитывающие структурные взаимодействия в разрушаемых микрообъектах.

Эмпирические зависимости вида

$$A = K_1 D^2, \quad A = K_2 D^3 \text{ и т.д.,}$$

при этом  $K_1$  и  $K_2$  – эмпирические коэффициенты;  $D$  – средний размер исходной фракции, не могут разъяснить полной картины разрушения вещества, т.к. для динамики его природы справедливы фундаментальные положения квантовой механики о природе материи и взаимодействии элементарных частиц [1]. В связи с этим, относя структуру ультрадисперсных частиц близкой к молекулярной структуре вещества, можно с полной уверенностью применить квантово-механические подходы. В то время как для процессов дробления крупномасштабных горных пород справедливы закономерности электромагнетизма в сочетании с ван-дер-ваальсовыми и объемно-гравитационными взаимодействиями по плоскостям дефектности. В свою очередь, силы взаимодействия являются кладовыми энергии, и чтобы их разрушить, надо затратить эквивалентную энергию, которая возрастает с уменьшением дефектности в структуре дисперсии.

В свою очередь, по микрообъему материальной частицы и в ее структурной решетке прочностные взаимодействия весьма энергоемки.

Для разрушения их связей необходимо приложить превышающую энергетическую нагрузку  $dF$ , которая должна расти с уменьшением размеров и степени измельчения частиц. Так как в их структуре становится меньше дефектов, а прочность возрастает.

В существующих эмпирических зависимостях эти факторы не учитываются, поэтому в них введены экспериментальные коэффициенты типа  $K_1$ ,  $K_2$  и т.д., которые упрощают физическую картину, наблюдаемую при разрушении твердотельных микрочастиц и их структуры.

В связи с этим расчеты энергетических параметров помольного оборудования не соответствуют реально наблюдаемой ситуации, что ведет к не совершенству оборудования и является причиной его низкого КПД (не более 1%) [2].

Анализируя процесс измельчения с позиций обобщенной теории прочности Гриффитса-Орована-Ребиндера можно констатировать, что он происходит в несколько этапов, наиболее важными из которых являются:

- возникновение дефектов и локализация концентраций напряжений при объемном деформировании микрочастицы вещества;

- появление зародышевых микротрещин и их развитие, приводящее к разрыву кристаллической целостности структурной решетки микрочастицы;

- рост на базе зародышевых микротрещин магистральных дефектов, ответственных за разрушение микрообъема тела. С уменьшением размеров микрочастиц микроструктура их кластерных объемов характеризуется более совершенной кристаллической решеткой, разрушение которых возможно по кристаллографическим плоскостям, составляющим краевые или винтовые дислокации [3].

Под воздействием рабочего органа измельчителя в микрообъемах среды превышаются внутренние напряжения в структурных решетках микрочастиц, концентрируя слияние ведущих дислокаций и образование зародышевой микротрещины. Дальнейшее размножение дефектности приводит к разрушению микрочастицы или полной аморфизации вещества.

Таким образом, чтобы разрушить вещество необходимо приложить разрушающее воздействие, эквивалентное величине структурной прочности его внутренних связей, которые, согласно закономерностей Гиббса-Гельмгольца, зависят от внутренней энергии микрочастицы равной  $dU$ . С позиций теории механической прочности описанный сценарий можно выразить общим уравнением в виде [3], которое в дифференциальной форме представляется как

$$du = TdS - dF + \sum_{k=1}^k \mu_k dc_k \quad (1)$$

где  $k = 1, 2 \dots k$ ;  $du$  – внутренняя потенциальная энергия системы;  $T$  – абсолютная температура процесса;  $dS$  – энтропия системы;  $dF$  – сток энергии (него энтропии) со стороны рабочего органа ведущей машины;  $dc_k$  – массовая доля  $k$ -го химически активного компонента системы, например вяжущего;  $\mu_k$  –

## ЭВОЛЮЦИЯ СОЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ И ПРОБЛЕМЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

химический потенциал или удельная поверхностная энергия  $k$ -го компонента.

Анализируя  $dF$  как энергию стока за счет работы внешних сил, предполагается, что она является функцией обобщенных сил  $P_i$  ( $i = 1, 2 \dots n$ ), развиваемых рабочим органом машины (шаровая загрузка мельницы) по границе раздела с обрабатываемой средой. Поэтому следует, что в стационарном состоянии  $dS$  имеет минимум, соответствующий принятой константе качества исходного продукта.

Приток энергии способствует наращиванию внутренних межфазовых изменений в системе среда – рабочий орган измельчителя, что приводит дисперсную среду к заданному устойчивому состоянию, обусловленному требованиями технологии к готовой продукции.

Решение приведенного уравнения с учетом подстановки значений входящих параметров в единой системе единиц позволяет получить расчетные скорости воздействия рабочего органа на процесс измельчения материала. При этом скорость импульсного воздействия  $V_B$  определяется как

$$V_B = \frac{K_m \cdot \rho^* \cdot S \cdot T \cdot l \cdot i}{0,42 \cdot N_e \cdot \frac{t}{T}}, \text{ м/с}, \quad (2)$$

где  $K_m$  – молярная концентрация вещества загрузки, моль/м<sup>3</sup>;  $\rho^*$  – удельная плотность дислокаций на единицу поверхности загрузки, 1/м<sup>2</sup>;  $T$  – абсолютная температура среды, К°;  $S$  – удельная поверхность загрузки, см<sup>2</sup>/г;  $l$  – средний размер микрочастицы в загрузке, см;  $i$  – степень измельчения;  $t$  – длительность процесса, с;  $N_e$  – теоретически потребная энергия разрушения структурной решетки вещества по Гриффитсу, Дж/м<sup>3</sup>.

Приведенная зависимость показывает, что скорость импульсного силового воздействия на микрочастицы загрузки при измельчении следует увеличивать пропорционально степени измельчения вещества и его текущей удельной поверхности. Это позволит уменьшить время и энергозатраты на приготовление продукции в соответствии с требованиями технологии.

Следует отметить, что серийно выпускаемое помольное оборудование работает при постоянных режимах привода и не имеет средств регулирования скорости воздействия

на измельчаемую среду. Поэтому текущими задачами для совершенствования измельчительного оборудования являются:

- расширение банка данных для физико-механических характеристик перерабатываемых сред в измельчителях;
- разработка устройств и приборов текущего контроля параметров измельчаемой продукции;
- разработка средств и оборудования для изменения режимов работы измельчителя в ходе рабочего процесса.

### Заключение

Решение названных задач позволит оптимизировать работу измельчительного оборудования, сократить расход энергоресурсов и повысить качество приготавливаемой продукции в технологии приготовления строительных материалов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капица, С. П. Синергетика и прогнозы будущего / С. П. Капица, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкая. – М. : УРСС, 2003. – 238 с.
2. Веригина, Я. Ю. О проблемах оптимизации рабочих процессов строительных машин и механизме смесеобразования в технологии бетона / Я. Ю. Веригина, Ю. А. Веригин // Сборник матер. Междунар. науч.-технич. конференции. – Тюменский индустриальный университет. – 2019. – № 1. – С. 34-40.
3. Веригина, Я. Ю. Логистический анализ процессов измельчения материалов до ультрадисперсного состояния / Я. Ю. Веригина // Материалы Междунар. науч.-технич. конференции «Интерстроймех – 2010». – 2010. – С. 60-65.

*Веригина Янина Юрьевна – старший преподаватель кафедры «Инженерные сети теплотехника и гидравлика», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: x.yanina@mail.ru;*

*Мусалитина Екатерина Сергеевна – студент ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: katerinamusaliti-na@gmail.com;*

*Веригин Андрей Артемович – студент ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: veriginofficial@gmail.ru.*

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПОРТА АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФЕРМЫ ИЗ AUTODESK REVIT В РАСЧЕТНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Н. А. Востряков, А. А. Кикоть

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

*Рассматривается расчет и проверка сечений металлической фермы, модель которой создана в Autodesk Revit. Описана методика и последовательность передачи аналитической модели в расчетные программные комплексы: ЛИРА 10, ЛИРА САПР, SCAD Office. Выполнен анализ и сравнение полученных результатов расчета. Изучены проблемы, возникающие в процессе передачи модели. Даны рекомендации по выбору инструмента для расчета металлических конструкций.*

**Ключевые слова:** металлическая ферма, расчет строительных конструкций, аналитическая модель, экспорт, импорт, Autodesk Revit, ЛИРА 10, ЛИРА САПР, SCAD Office.

В современном мире, в век развивающихся информационных технологий, все отрасли человеческой деятельности подвергаются процессу оптимизации и автоматизации. Ручной труд активно заменяется на машинный, трудоемкость решаемых задач заметно снижается. Сфера проектирования и расчета строительных конструкций не осталась в стороне. Появляется огромный спрос на программное обеспечение информационного моделирования зданий и сооружений, повышающее качество выпускаемой проектной продукции и уменьшающее срок реализации проекта. Одной из таких программ является Autodesk Revit.

Autodesk Revit имеет возможность не только создавать модель, но и передавать ее аналитические данные в узкоспециализированные программные комплексы для дальнейшего расчета и проверки сечений строительных конструкций [1].

Аналитическая модель – это схематичное представление объемной физической модели несущих конструкций здания или сооружения. Она содержит в себе следующую информацию:

- типы несущих элементы;
- параметры геометрии каждого элемента;
- свойства используемых материалов;
- значение и тип прикладываемых нагрузок.

– элементы фундамента.  
Аналитическая модель каждого отдельного несущего элемента конструкций включает в себя следующую информацию:

- параметры экземпляра;
- физические свойства материала;

– положение по умолчанию по отношению к самому несущему элементу;

– положение по отношению к плоскости проекций, определенное в результате либо размещения, либо корректировки положения.

В процессе проектирования модели здания аналитическая модель создается автоматически. В любой момент времени ее можно посмотреть и скорректировать.

Стандартный алгоритм передачи аналитической модели из Autodesk Revit в расчетный комплекс выглядит следующим образом:

1. проверка и настройка аналитической модели в Autodesk Revit.
2. выгрузка данных через специальное подгружаемое программное обеспечение.
3. настройка переданной аналитической модели в расчетном комплексе.
4. расчет и получение результатов.

Для исследования процесса передачи аналитической модели рассмотрим металлическую ферму (рисунок 1) здания автоцентра. Проектная маркировка фермы Ф1. Располагается в осях 1-10/Б-В. Пролёт конструкции 30 м, высота на опоре 1,73 м, высота в коньке 2,1 м.

Чтобы приступить к настройке аналитической модели, необходимо выполнить проверку на наличие геометрических расхождений. Делается это следующим образом:

- запускаем автоматическую проверку целостности аналитической модели и проверяем на наличие ошибок;
- визуально осматриваем модель и выполняем ручную корректировку;
- повторно запускаем проверку целостности и убеждаемся в отсутствии ошибок.

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПОРТА АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФЕРМЫ ИЗ AUTODESK REVIT В РАСЧЕТНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

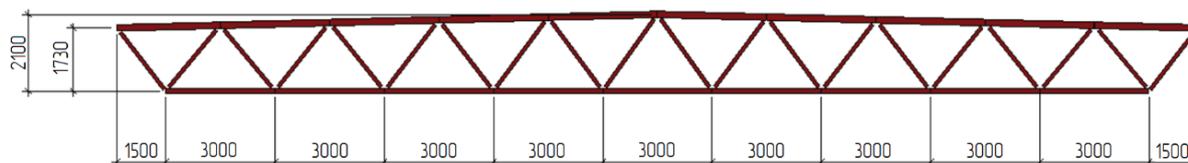


Рисунок 1 – Физическая модель фермы Ф1 в Autodesk Revit

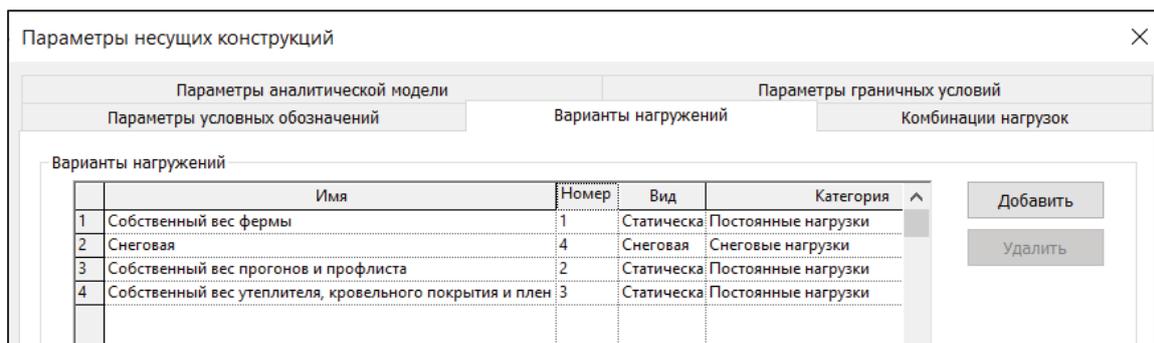


Рисунок 2 – Библиотека нагрузок в Autodesk Revit

Таблица 1 – Сбор нагрузок на узел фермы Ф1

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, кН	Коэффициент надежности по нагрузке, $\gamma_f$
<b>Постоянная</b>		
Кровельная ПВХ-мембрана ЕСОPlast марки V-RP 1,2	$0,015 \cdot 6 \cdot 3 = 0,27$	1,3
Разделительный слой-стеклохолст ТехноНиколь	$0,001 \cdot 6 \cdot 3 \approx 0,02$	1,3
Теплоизоляция «ТехноРуф В ЭКСТРА» - 50 мм	$0,085 \cdot 6 \cdot 3 \approx 1,53$	1,2
Теплоизоляция «ТехноРуф Н ПРОФ» - 220 мм	$0,264 \cdot 6 \cdot 3 = 4,76$	1,2
Пароизоляция – пленка ТехноНиколь ГОСТ 10354-82	$0,0011 \cdot 6 \cdot 3 \approx 0,02$	1,3
Профлист Н75-750-0,8	$0,074 \cdot 6 \cdot 3 = 1,33$	1,05
Двутавр 20Б1	$0,22 \cdot 6 = 1,32$	1,05
<b>Временная</b>		
Снеговая нагрузка г. Барнаул	$1,55 \cdot 6 \cdot 3 \approx 27,9$	1,4

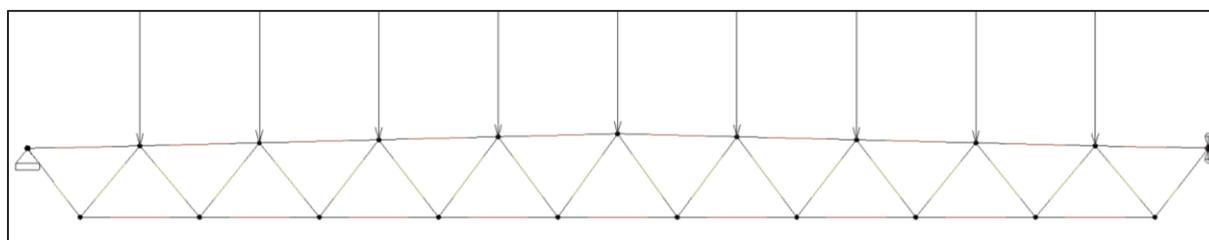


Рисунок 3 – Готовая аналитическая модель металлической фермы в Autodesk Revit

После проверки правильности построения аналитической модели необходимо задать опирание конструкции. С одной стороны зададим шарнирно неподвижную опору (зафиксируем перемещение относительно осей X, Y, Z) с другой стороны шарнирно-подвижную (зафиксируем перемещение относительно осей Y, Z).

Расчетная схема металлической фермы

*ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ № 1 2024*

готова. Остается создать библиотеку нагрузок (рисунок 2) и приложить нагрузки в соответствии с таблицей 1 [2, 3].

Рассмотрим выгрузку аналитической модели из Autodesk Revit в ЛИРА 10. Для этого воспользуемся стандартной надстройкой «Мастер экспорта» (рисунок 3) и зададим следующие параметры передачи:

- журнал сопоставления сечений;

- журнал сопоставления материалов;
- журнал сопоставления загружений;
- активируем передачу закреплений;
- активируем автоматическое создание собственного веса.

Результатом экспорта будет расчетная схема пространственного вида. Тип конечных элементов (стержней) – пространственные универсальные. Связи на опорах и нагрузки переданы корректно. Сечения и материалы взяты из базы данных ЛИРА 10 (если не заполнять журнал сопоставлений, то сечения и материалы будут переданы в виде параметров). Для того, чтобы завершить настройку аналитической модели необходимо выполнить следующие действия:

- задать взаимоисключающие нагрузки;
- создать автоматическое сочетание (PCU);
- задать параметры конструирования.

Выполнив расчет металлической конструкции, можно получить следующие результаты (рисунки 4-6). Процент использования составляет 92%, а это значит прочность и устойчивость стропильной фермы обеспечена.

Рассмотрим выгрузку аналитической модели в ЛИРА САПР с помощью стандартной надстройки «Экспорт в ПК ЛИРА САПР 2022» (рисунок 7).

Многочисленные попытки передачи расчетной схемы не увенчались успехом. Результатом экспорта оказалось пустое про-

странство расчетного комплекса (рисунок 8).

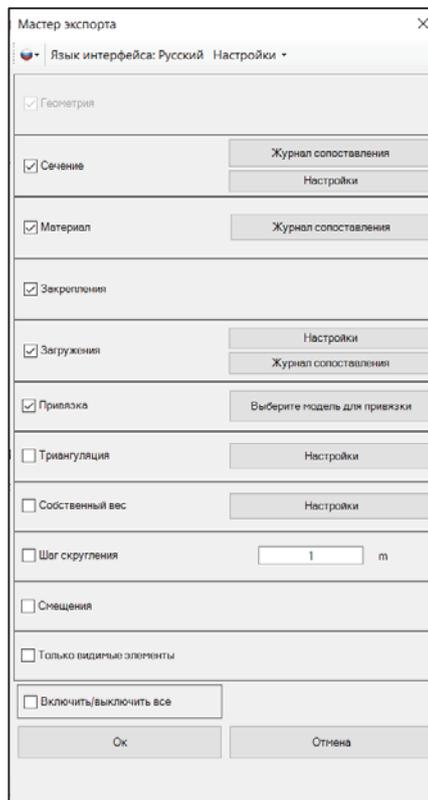


Рисунок 4 – Окно мастера экспорта аналитической модели из Autodesk Revit в ЛИРА 10.12

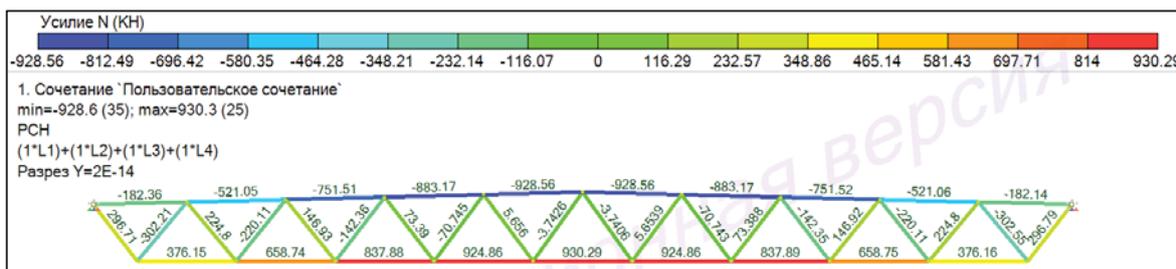


Рисунок 5 – Эпюры продольных усилий фермы Ф1 в ЛИРА 10.12

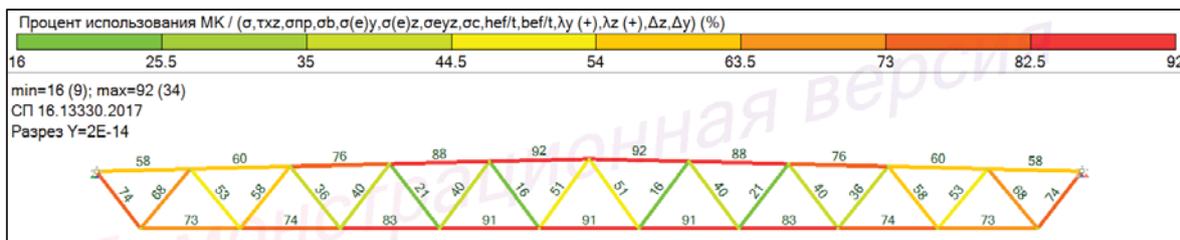


Рисунок 6 – Процент использования металлических конструкций фермы Ф1 в ЛИРА 10.12

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПОРТА АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФЕРМЫ ИЗ AUTODESK REVIT В РАСЧЕТНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

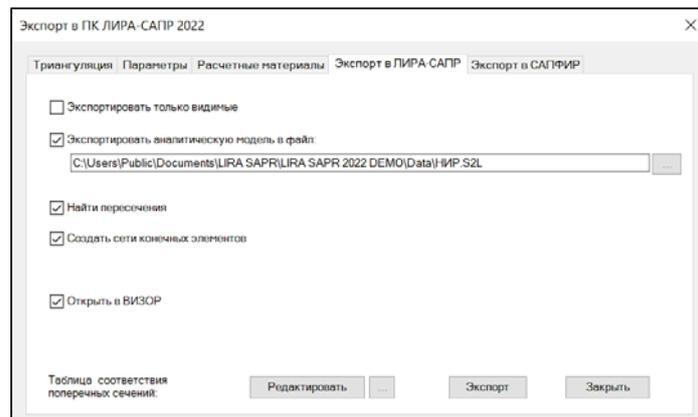


Рисунок 7 – Окно экспорта аналитической модели в ЛИРА-САПР

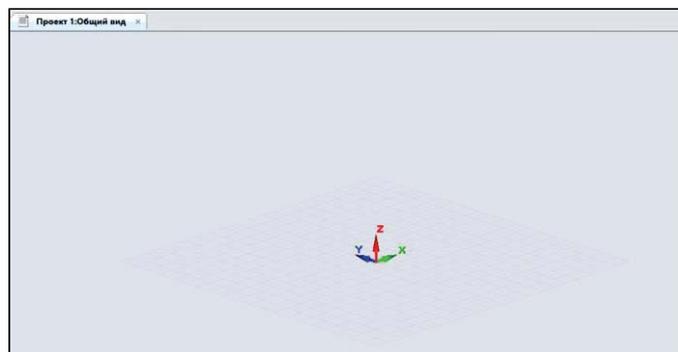


Рисунок 8 – Результат передачи аналитической модели фермы в ЛИРА-САПР

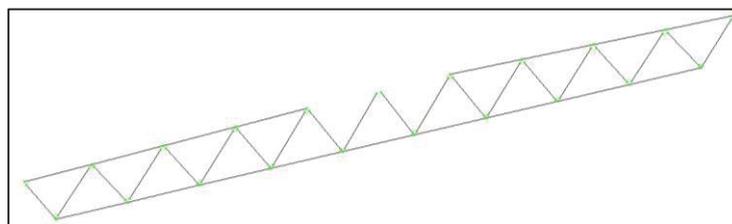


Рисунок 9 – Результат передачи аналитической модели фермы через .ifs формат в ЛИРА-САПР 2022

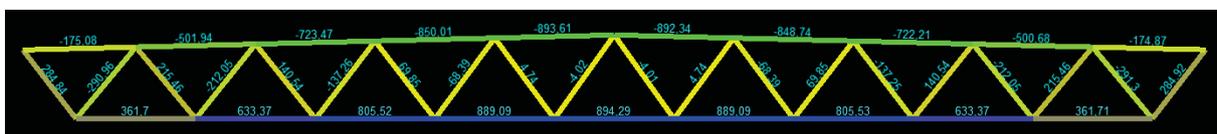


Рисунок 10 – Эпюры продольных усилий фермы Ф1 в SCAD Office



Рисунок 11 – Процент использования металлических конструкций фермы Ф1 в SCAD Office

При передаче через .ifs формат геометрия нарушена (рисунок 9), сечения передались в виде параметрического описания, информация о материалах, нагрузках и креплениях отсутствует. Экспорт аналитической модели из Autodesk Revit в ЛИРА САПР 2022 можно считать неудачным.

Экспорт аналитической модели в SCAD Office выполняется аналогично с помощью специальной программы данного расчетного комплекса. Единственное отличие заключается в отсутствии возможности выполнить предварительную настройку. Сразу появляется окно об успешном экспорте модели.

При открытии полученного файла SCAD Office предлагает пользователю самостоятельно выбрать тип расчетной схемы. Следующее всплывающее окно позволяет провести соответствие между семействами Autodesk Revit и металлическими профилями, находящимися в базе данных расчетного комплекса.

Результатом экспорта является расчетная схема общего вида, имеющая тип конечного элемента пространственный стержень. Связи на опорах и сечения элементов переданы корректно. Приложенные нагрузки и библиотека загружений соответствуют параметрам, заданным в Autodesk Revit. Для того, чтобы завершить настройку аналитической модели в SCAD Office, необходимо выполнить следующие действия:

- создать загрузку «собственный вес»;
- внести информацию о нагрузках (коэффициенты надежности, доли длительности, типы загружений);
- внести информацию о материалах;
- внести информацию о параметрах конструирования;
- создать автоматическое сочетание (PCY).

Запустив расчет металлической фермы, получаем следующие результаты (рисунки 10, 11). Процент использования МК составляет 92%. Прочность и устойчивость строительной конструкции обеспечена.

#### **Заключение**

В результате исследования экспорта аналитической модели из Autodesk Revit в различные расчетные программные комплексы было установлено следующее.

При передаче аналитической модели в ЛИРА САПР с помощью связующей программы, был получен нулевой результат. Про-

граммный комплекс выдал абсолютно пустое пространство. При экспорте модели через .ifs файл геометрия расчетной схемы нарушена, а информация частично утеряна.

SCAD Office неплохо справляется с передачей аналитической модели. Геометрия сохраняется. Загрузки, сечения и связи экспортируются правильно, но собственный вес фермы утерян. Необходимо дополнительно задать: типы нагрузок, коэффициенты надежности и параметры конструирования. Информация о материале профилей не передается. При изменении аналитической модели в Autodesk Revit, настройку расчетной схемы в SCAD Office необходимо выполнять повторно.

ЛИРА 10.12 хорошо открывает переданную модель и сохраняет максимальное возможное количество информации. В сравнении со SCAD Office, заключительная настройка выполняется быстрее и включает в себя: задание PCY, взаимоисключающих нагрузок и параметров конструирования. При корректировке аналитической модели в Autodesk Revit, инструмент «Привязка» позволяет сохранить ранее заданные параметры расчетной схемы в ЛИРА 10.12, что экономит большое количество времени инженеру-проектировщику.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Autodesk Справка: Аналитическая модель несущих конструкций. – Калифорния, 2024 – URL: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/RUS/?guid=GUID-05CA5628-12C6-456C-B0B9-D922D22B67D0/> (дата обращения 14.12.2023).
2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия: актуализир. ред. СНиП 2.01.07-85 : дата введения 2017-06-04. – Москва : Минстрой России, 2020. – 127 с.
3. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции: актуализир. ред. СНиП II-23-81\* : дата введения 2017-08-28. – Москва : Минстрой России, 2023. – 169 с.

**Востряков Никита Артемович** – студент гр. 8Соим-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [nikitos.yes456@icloud.com](mailto:nikitos.yes456@icloud.com);

**Кикоть Андрей Александрович** – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [deltaing@mail.ru](mailto:deltaing@mail.ru).

## МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В NANOCAD ГЕОНИКА

М. Ю. Вяткина, И. А. Бахтина

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

*Рассмотрены основы моделирования наружных сетей водоснабжения и методика построения продольных профилей в программе nanoCAD Геоника.*

**Ключевые слова:** сеть наружного водопровода, nanoCAD Геоника, информационная модель, построение продольного профиля.

В настоящее время на всех стадиях жизненного цикла строительных объектов актуальным является применение информационных моделей. Информационная модель включает в себя всю информацию, необходимую для координации входных данных, организации совместного производства и хранения данных, а также их использования для различных целей [1].

При традиционном проектировании чертежи создаются в двухмерной плоскости. Данный способ проектирования по многим показателям – скорости выполнения чертежей, наглядности – является менее эффективным, чем трехмерное моделирование. Создание виртуальной трехмерной модели является составляющей информационной модели. Информационная модель – совокупность представленных в электронном виде документов, графических и текстовых данных по объекту строительства, размещаемая в среде общих данных и представляющая собой единый достоверный источник информации по объекту на всех или отдельных стадиях его жизненного цикла [1].

Программа nanoCAD Геоника 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» [4].

Основные требования к проектированию наружных сетей водоснабжения приведены в СП 31.13330.2021 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» [2], а основные требования к оформлению чертежей продольных профилей приведены в ГОСТ 21.704-2011 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации наружных сетей водоснабжения и канализации» [3].

Для построения продольного профиля наружных сетей водоснабжения в программе nanoCAD Геоника необходимо выполнить следующие действия:

1. создание цифровой модели местности (ЦММ);
2. проектирование плана трассы;
3. проектирование продольного профиля трассы.

Работа в программе начинается с создания папки проекта и вся информация (чертежи dwg, поверхности и др.) будет храниться в этой папке (рисунок 1).

Пропустить действие создания проекта невозможно: операции с геоточками, поверхностями, трассами, профилями, линиями сечений и самими сечениями без создания проекта не выполняются. NanoCAD GeonICS предложит создать проект или открыть ранее созданный. Проектом называется база данных о геобъектах, вся информация базы данных или её части, а также дополнительные сведения отражаются в документе – чертеже [4].

Цифровая модель местности (ЦММ) – это совокупность точек местности с известными координатами в трехмерном пространстве  $x$ ,  $y$ ,  $h$ . Построить трехмерную модель рельефа необходимо в модуле «Топоплан» либо выполнением построения поверхности занимаются изыскатели в других программных продуктах. Для создания существующей поверхности рельефа в nanoCAD GeonICS могут использоваться различные источники данных (в т.ч. 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.

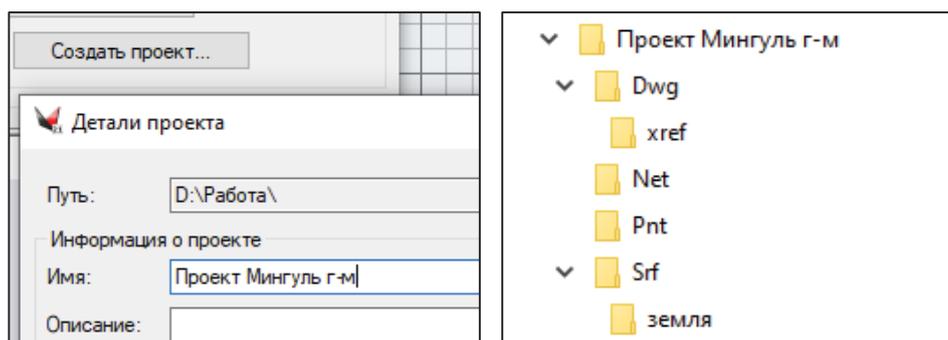


Рисунок 1 – Создание проекта

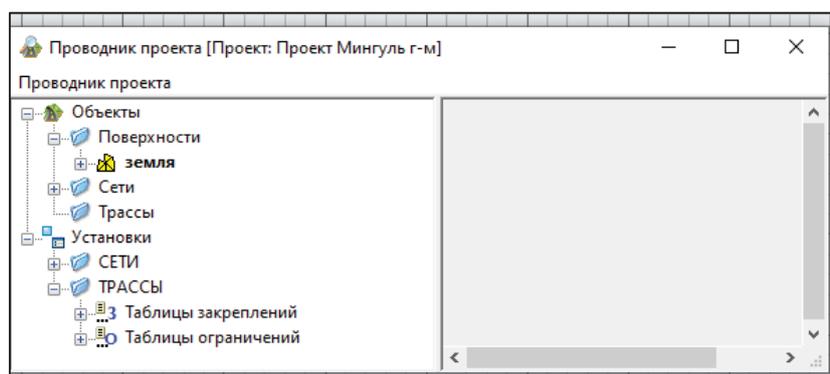


Рисунок 2 – Проводник проекта

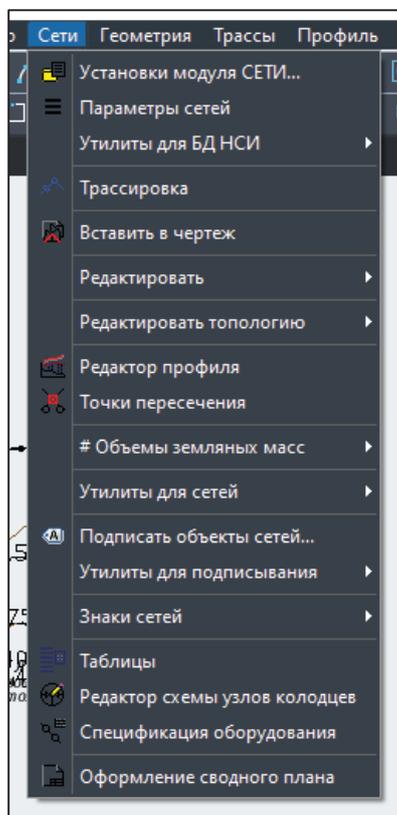


Рисунок 3 – Модуль «Сети»

Используя имеющиеся исходные данные, создадим цифровую модель рельефа. Построенную поверхность назовем «Земля» (рисунок 2).

В процессе проектирования после построения ЦММ следующим шагом идёт трассировка сети наружного водопровода. Для этого воспользуемся модулем «Сети» (рисунок 3).

В первых двух вкладках «Сетей» необходимо выполнить основные настройки, задаться стилями оформления (рисунок 4).

Настройка своих стилей оформления – это процесс трудоемкий, но создав стили нужно один раз и в дальнейшем использовать их в рамках данного проекта и возможно копировать стили в другие чертежи и проекты. Так же в программе имеются стандартные стили оформления.

Для трассировки сети воспользуемся командой «Трассировка», но перед этим программа потребует выполнить настройки в окне Параметры трассировки (рисунок 5).

Затем выберем способ трассировки – в данном случае используем свободный способ построения. На рисунке 6 приведены параметры вершин, которые можно использовать при построении сети на плане.

## МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В NANOCAD ГЕОНИКА

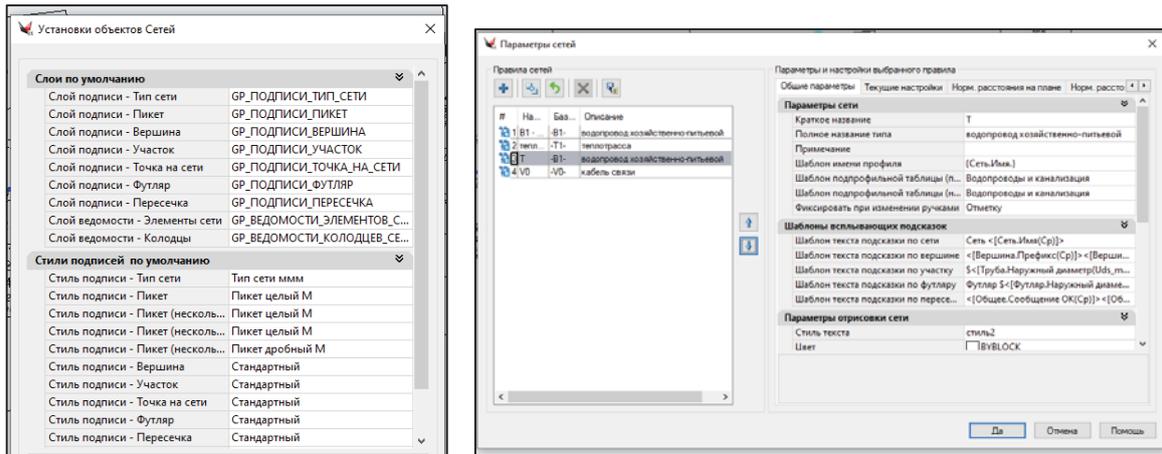


Рисунок 4 – Настройки модуля «Сети»

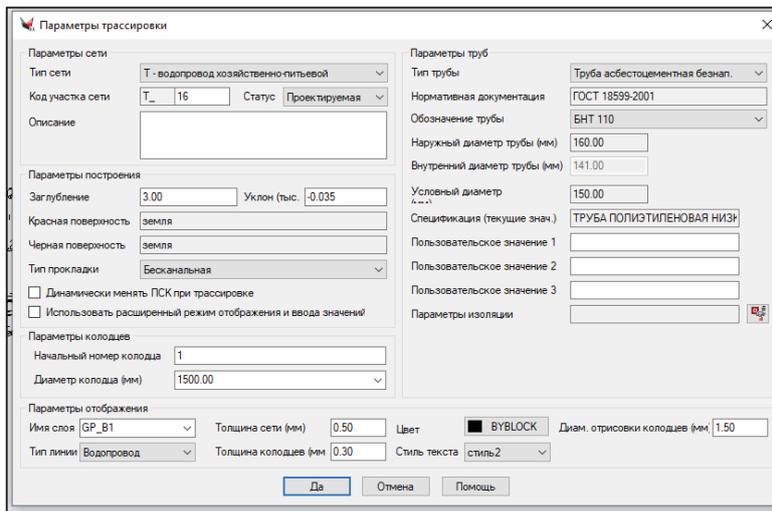


Рисунок 5 – Параметры трассировки

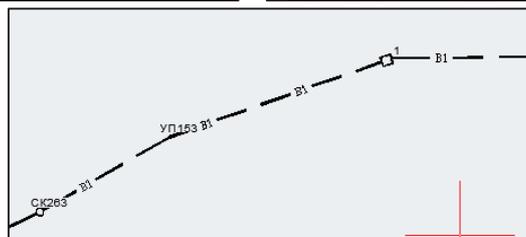
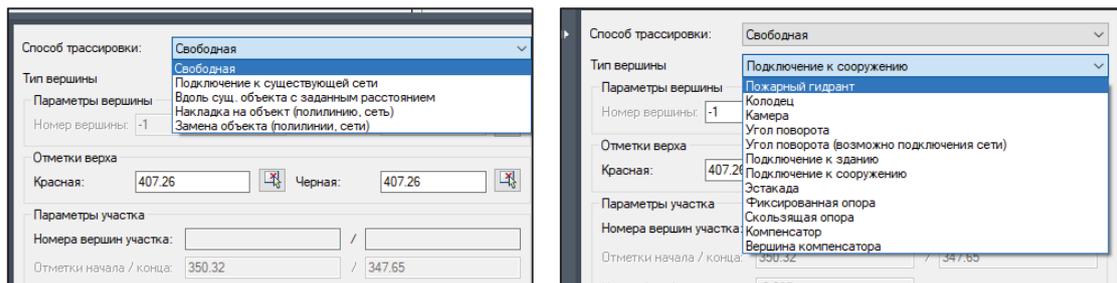


Рисунок 6 – Способы трассировки



Рисунок 7 – Пример трассировки сети на плане

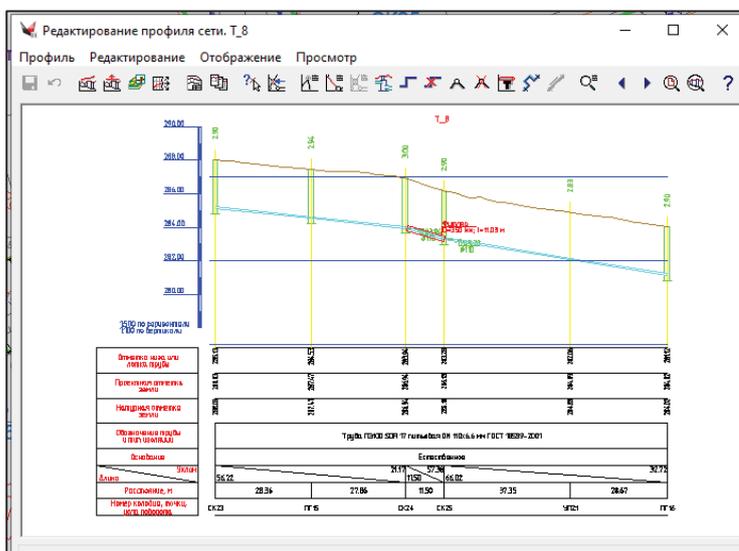


Рисунок 8 – Редактирование продольного профиля

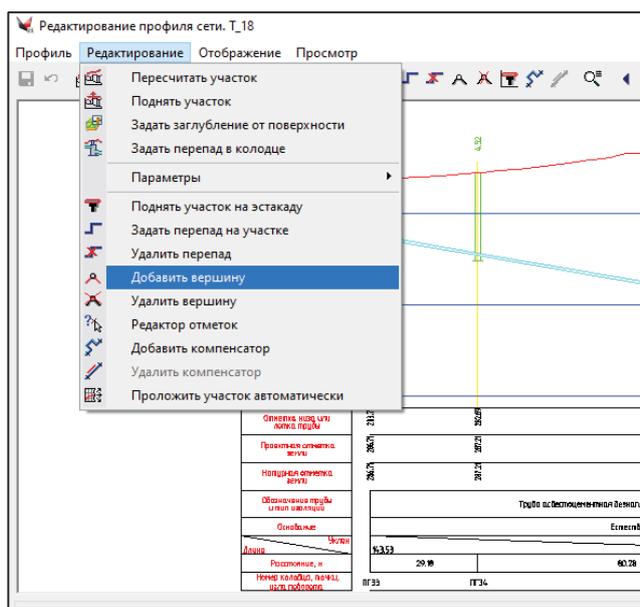


Рисунок 9 – Редактирование продольного профиля сети

## МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В NANOCAD ГЕОНИКА

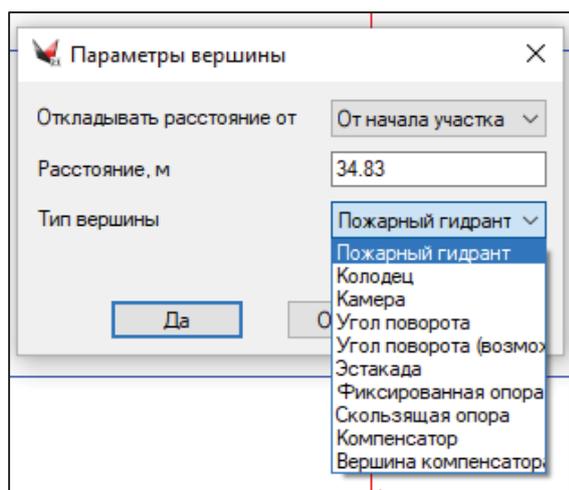


Рисунок 10 – Добавление вершины

При необходимости возможно внести изменения в построенную сеть, изменив тип вершины, дополнив сеть футляром, добавив или удалив вершину сети. Программа предлагает широкий выбор функциональных возможностей, вызвать которые можно из специализированного раздела Сети – Редактировать (рисунок 7).

После внесения всех изменений в топологию и геометрию сети запустим из меню Сети команду Редактирование профиля сети, укажем сеть на плане, и программа создаст в отдельном окне продольный профиль выбранной сети. В данном окне происходит более детальная проработка проектного профиля сети, возможно добавить или удалить вершину, поднять весь профиль или часть его на требуемую величину и многое другое. В окне отображаются: профиль, точки пересечения, внизу – подвал (оформление) профиля (отметки вершин, отметки черной и красной поверхностей, длина и уклон участков, расстояние от начала сети и т.д.) (рисунки 8-10).

Подпрофильные таблицы (подвал) можно настроить в соответствии с типом сетей. По умолчанию для каждого типа сетей идут соответствующие шаблоны подпрофильных таблиц. Создать новый шаблон или редактировать существующий можно из диалога установок редактора профиля [4].

Так же в окне Редактирование профиля сети отображает пересечки с другими сетями.

После проведения редактирования готовый продольный профиль может быть вставлен в чертеж, как целиком, так и по частям.

Таким образом, программа nanoCAD Геоника позволяет автоматизировать процесс трассировки сетей наружного водопровода и построение продольных профилей по сетям [5]. В системе реализован принцип единой модели сети, то есть любые изменения в плане приведут к немедленным изменениям в продольном профиле. Переход на технологию динамического трехмерного проектирования на основе программного комплекса nanoCAD Геоника позволяет оптимизировать процесс работы над протяженными линейными объектами (сетями наружного водоснабжения), снизить затраты сил и времени специалистов.

### 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 31.13330.2021. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\*: утвержден Минстрой Российской Федерации 27.12.2021 №1016 : введен 28.01.2012. – М. : ФГУП ЦПП, 2021. – 155 с.
3. ГОСТ 21.704-2011. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации наружных сетей водоснабжения и канализации: межгосударственный стандарт: дата введения 2013-05-01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Изд. официальное. – М. : Стандартинформ, 2020. – 25 с.
4. NANOCAD. Умное проектирование: [сайт] / Учредитель АО «Нанософт». Обновляется в течение суток. – URL: <https://nanocad.nanosoft.pro/products/nanocadtopoplan> (дата обращения: 27.01.2024).
5. Вяткина, М. Ю. Проектирование продольных профилей наружных сетей водоснабжения в NANOCAD геоника / М. Ю. Вяткина, И. А. Бахтина, Т. Ю. Иванова // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2023. – С. 86 – 92.

**Вяткина Мария Юрьевна** – студент группы 8С<sub>оим</sub>-31 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [vtkm.m@mail.ru](mailto:vtkm.m@mail.ru);

**Бахтина Ирина Алексеевна** – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [bia-altai@mail.ru](mailto:bia-altai@mail.ru).

## АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ТРЕЩИН В КИРПИЧНОЙ КЛАДКЕ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ВИНТОВЫХ СТЕРЖНЕЙ И СПИРАЛЬНЫХ АНКЕРОВ

**В. М. Гальчин, В. Н. Лютов**

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

*Приведены анализ и обоснование инновационной технологии усиления конструкции и ремонта трещин кирпичной кладки зданий с использованием спиральных анкеров и винтовых стержней из нержавеющей стали; рассмотрены особенности технологии усиления и ремонта как традиционными методами, так и инновационными, выявлены достоинства и недостатки каждого из методов, на которые следует опираться при выборе решений по ремонту трещин кирпичных стен зданий.*

**Ключевые слова:** традиционная и инновационная технологии, усиление конструкций, кирпичная кладка, ремонт трещин в кирпичной кладке, спиральные анкера, винтовые стержни.

Достаточно значительный объем строительства зданий и сооружений в г. Барнауле выполнен и выполняется из кирпича. При этом, на них оказывают влияние следующие факторы: неравномерные осадки грунтов, воздействия температурно-климатических условий, возможные ошибки в проектных документах, а также не соблюдение технологических и эксплуатационных нормативов и регламентов, что ускоряет процесс разрушения кирпичной кладки зданий.

Перечисленные выше обстоятельства диктуют необходимость принятия мер по усилению и ремонту кирпичной кладки вновь возводимых и реконструированных зданий и сооружений, а также всех видов исторических и современных объектов, несущих и внутренних стен из кирпичных кладок (включая здания из полнотелого и пустотелого кирпича, ракушечника и известняка, ячеистого и пористого бетона, восстановление сплошности кладок из разных материалов). Поэтому вопрос обеспечения конструктивной надежности и долговечности кирпичной кладки стен зданий всегда был и будет актуальным.

Государственной программой стратегического развития строительной отрасли РФ до 2030 года поставлена задача выпуска и применения инновационных материалов с повышенными техническими и физико-механическими характеристиками. К отмеченной группе материалов можно в полной мере отнести новые современные материалы в виде винтовых стержней и спиральных анкеров [1].

Среди традиционных способов усиления кирпичных стен и ремонта трещин можно вы-

делять такие, как:

- усиление при помощи стальных или ж/б обойм и обойм на основе цементного раствора;
- устройство металлического или ж/б сердечника;
- частичная или полная замена элементов кладки;
- инъектирование трещин и разломов специальными растворами из эпоксидного клея или клея на основе микроцемента (рисунок 1).

Традиционные методы усиления кирпичной кладки достаточно эффективны, однако, в некоторых случаях их применение невозможно. Большая часть из них дорогостоящие и требуют больших затрат труда. Помимо этого, после усиления конструкций при помощи обойм, меняется эстетический внешний облик здания. Вследствие этого для ремонта и усиления кирпичных стен зданий все большее применение получают новые технологии и материалы [2].

Усиление винтовыми стержнями и спиральными анкерами являются современными и эффективными методами ремонта и усиления кирпичных стен зданий (рисунки 2, 3).

Наибольшее распространение получили варианты применения винтовых стержней и спиральных анкеров из нержавеющей стали для следующих условий [3]:

1. Усиление и ремонт трещин в кирпичной кладке стен, арок и арочных соединений.
2. Ремонт и восстановление кирпичной и многослойной кладки в стенах из разнородных строительных материалов.

## АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ТРЕЩИН В КИРПИЧНОЙ КЛАДКЕ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ВИНТОВЫХ СТЕРЖНЕЙ И СПИРАЛЬНЫХ АНКЕРОВ

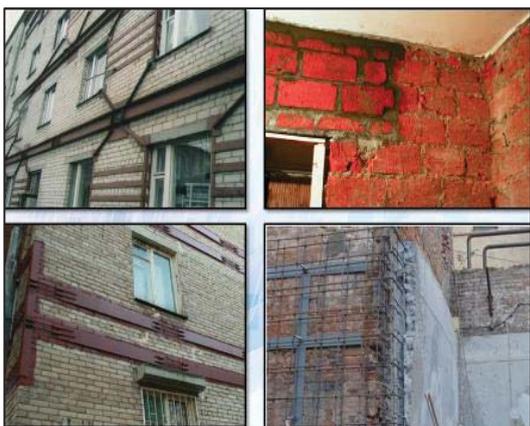


Рисунок 1 – Варианты традиционных методов усиления и ремонта кирпичной кладки



Рисунок 2 – Винтовые стержни из нержавеющей стали для ремонта трещин и усиления кирпичной кладки

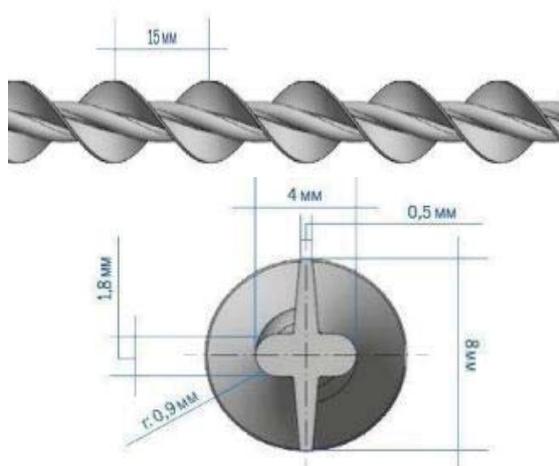


Рисунок 3 – Спиральный анкер из нержавеющей стали

3. Укрепление внутренних перекрытий и ремонт треснувших перемычек и проёмов.

4. Укрепление участков не только из кирпичной кладки, но и из других разнородных материалов.

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ № 1 2024

5. Для распределения действующих нагрузок при некачественно выполненных работах.

6. Ремонт и усиление облицовочной кирпичной кладки многослойных кирпичных стен зданий.

Винтовые стержни и спиральные анкера изготавливаются из спиральной арматуры методом холодной вальцовки. Это придает спиральной арматуре ряд следующих уникальных свойств: внешняя поверхность спирального полотна приобретает сверхтвёрдые свойства, а сердцевина сохраняет относительную мягкость. Далее производится технологическое скручивание в спираль, в результате чего боковая часть арматуры приобретает поверхностное натяжение, а сердцевина противодействует этому процессу. Такое специфичное строение арматуры увеличивает ее способность сопротивляться растяжению более чем в два раза по сравнению со стандартными образцами [4].

Стандартные винтовые стержни выполняются из нержавеющей стали марки 304 или марки 316. Для усиления и ремонта кирпичной кладки используют стержни номинальным диаметром 4, 5, 6, 8 и 10 мм. Стандартная длина этих стержней от 1 м до 10 м.

Стандартные спиральные анкера – это спиралевидные нержавеющие стержни, длиной до 10 метров, выпускаемые в трех номинальных диаметрах: 6 мм, 8 мм и 10 мм, устанавливаемые в кладочные швы перпендикулярно трещине на специальный монтажный состав на цементном вяжущем.

Винтовые стержни и спиральные анкера можно укладывать внахлест, изгибать и соединять между собой при помощи вязальной проволоки, их можно вырезать и формировать по месту укладки в любую форму и длину с целью точного следования контурам и углам кирпичной кладки здания.

Композитный двухкомпонентный (порошок и жидкость) цементный клей для крепления стержней и анкеров в кирпичной кладке поставляется в специальных упаковках и после перемешивания образуется монтажный раствор с хорошими характеристиками эластичности, проницаемости и прочности после твердения. Его отличительными свойствами являются негорючесть и отсутствие неприятного запаха.

Благодаря использованию специального заправочного пистолета для подачи полученного цементного клея в трещины кирпичной кладки удается добиться максимального заполнения полостей и трещин в ремонтируемом объекте, прочность соединения увели-



Рисунок 4 – Укладка винтовых стержней при ремонте трещин в кирпичной кладке



Рисунок 5 – Правила применения и укладки спиральных анкеров при ремонте трещин в кирпичной кладке: а) в сплошной несущей кирпичной стене; б) при ремонте кирпичной кладки многослойных фасадов

чивается благодаря расширению крепежного материала (рисунок 4).

Технология усиления и ремонта трещин кирпичной кладки представляет собой укладку винтовых стержней или спиральных анкеров в специальный монтажный раствор, который перед этим укладывается ручным монтажным пистолетом в предварительно подготовленные скважины диаметром 12-16 мм или в штробы швов кирпичной кладки шириной 10-12 мм. Далее с помощью аппликатора или вручную укладываются либо винтовые стержни, либо спиральные анкера (рисунки 4, 5).

Основная часть работ по ремонту трещин и усилению кирпичной кладки здания может выполняться с наружной части здания, не прерывая его эксплуатацию.

Ремонт трещин и усиление кирпичных стен зданий спиральными анкерами и винтовыми стержнями достаточно широко стали использоваться в зарубежных странах, однако в России еще не получили широкого распространения из-за отсутствия нормативной базы, регламентирующей использование данных методов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ремонт и усиление каменных конструкций: инновационные методы [Электронный ресурс]. – URL: <http://stroyprofile.com/archive/3815> (дата обращения: 15.01.2024).
2. Система конструкционного ремонта каменных кладок [Электронный ресурс]. – URL: [https://rsa-system.ru/f/generalnyi\\_katalog\\_okt2021szhatyi.pdf](https://rsa-system.ru/f/generalnyi_katalog_okt2021szhatyi.pdf) (дата обращения 26.01.2024).
3. Орлович, Р. Современные способы ремонта и усиление каменных конструкций / Р. Орлович [и др.] // Архитектура, дизайн, строительство, Санкт-Петербург. – 2010. – №1. – С. 86-87.
4. Грановский, А. В. Пути повышения надежности анкерных креплений / А. В. Грановский // Технологии строительства. – 2008. – № 4 (59). – С. 13-14.

**Гальчин Владислав Михайлович** – студент группы 8Спгс-31 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [vladislav.galchin@yandex.ru](mailto:vladislav.galchin@yandex.ru);

**Лютлов Владимир Николаевич** – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [vnlutov@mail.ru](mailto:vnlutov@mail.ru).

## ОБЗОР СПОСОБОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРУНТА В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ MIDAS GTS NX И ЛИРА 10.10

Т. М. Захарова, Б. М. Черепанов

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

*В статье рассмотрены программные комплексы «Midas GTS NX» и «ЛИРА 10.10», каждый из которых может быть использован для создания моделей грунтов. Особое внимание уделяется методике моделирования, используемой в данных программах, а также методам расчета оснований. Произведен анализ и оценка каждого из методов. По результатам сделан вывод о выборе наиболее подходящего комплекса для создания модели грунтового основания.*

**Ключевые слова:** моделирование, Midas GTS NX, ПК ЛИРА 10.10, модель грунта, изотропные материалы, ортотропные материалы.

В настоящее время наблюдается растущая потребность в моделировании оснований, зданий и сооружений с использованием различных программных комплексов. Важно отметить, что универсальная общепринятая методика моделирования отсутствует, и вопрос выбора грунтовой модели остается актуальным. В числе программ, которые успешно справляются с задачами моделирования грунтового основания можно выделить «Midas GTS NX». Данный программный продукт имеет самый большой выбор геотехнических моделей среди всех остальных, что позволяет получать наиболее точные результаты.

«Midas GTS NX» предлагает выбор типа модели грунта в зависимости от типа материала: изотропный (Isotropic(General Parameter)), ортотропный (Orthotropic) и двумерный эквивалентный (2D Equivalent).

**Изотропные материалы** обладают одинаковыми свойствами в каждом направлении и могут быть использованы при моделировании линейно-упругих, нелинейно-упругих и упругопластических материалов грунта.

**Ортотропные материалы** имеют различную прочность по ортогональным направлениям, что обусловлено слоистостью грунта и уклонами поверхности. Данный тип материала может быть использован для моделирования трещиноватых скальных грунтов, свойства которых зависят от их направления, а поведение различно в зависимости от конкретных условий окружения.

**Двумерный эквивалентный линейный расчет** модели позволяет упростить сложные нелинейные характеристики геоматериала до эквивалентных линейных и выполнить расчет

взаимодействия сооружения с основанием при динамических нагрузках.

Отметим, что первый из представленных типов материалов (изотропные материалы) включает в себя следующие типы моделей грунта: упругая модель, модель Треска, модель Мизеса, модель Мора-Кулона, модель Друкера-Прагера, модель Хоука-Брауна, обобщенная модель Хоука-Брауна, гиперболическая модель (Дункана-Чена), модель деформационного разуплотнения, модифицированная модель Cam Clay, модель Жардин, модель D-min, модифицированная модель Мора-Кулона, модель мягкого грунта, модель мягкого грунта с учетом ползучести, пользовательская модель, модифицированная модель UBCSAND, модель Секигучи-Ота (Невязкая), модель Секигучи-Ота (Вязкая), модифицированная модель Рамберга-Осгуда, модифицированная модель Хардина-Дрневича, модель упрочняющегося грунта (жесткость малых деформаций). Рассмотрим некоторые из них.

Упругая модель (Elastic) предполагает прямо пропорциональную зависимость модуля упругости (E) и коэффициента Пуассона (ν) (рисунок 1).

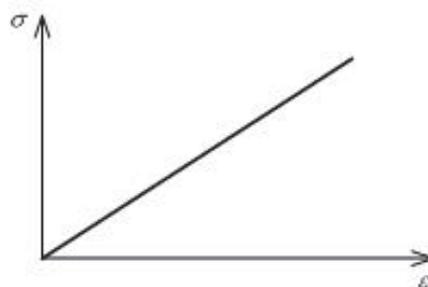


Рисунок 1 – Линейная зависимость между напряжениями ( $\sigma$ ) и деформациями ( $\epsilon$ )

Следует отметить, что модели грунта, созданные, указанным способом не являются точными и реалистичными, так как невозможно определить предел текучести. Данную модель следует применять при расчете бетонных и стальных конструкций.

Модель Треска – метод часто используется для моделирования поведения грунтов в условиях отсутствия дренажа. Согласно результатам таких расчетов, сдвиговая прочность насыщенного водой грунта не зависит от компонентов напряжения гидростатического давления при нагрузке без дренажа. То есть предельные значения напряжений сдвига представляют собой прочность на сдвиг при отсутствии дренажа. Заметим, что данный метод расчета имеет ряд недостатков. Прежде всего, предположение о том, что сдвиговые напряжения не зависят от давления гидростатического сжатия (всестороннего давления), идет вразрез с общим характером поведения грунтов. А также согласно данной теории точки текучести одинаковы для сжатия и растяжения, что является неверным предположением. Рекомендуется принимать решение об использовании модели Треска на основании результатов трехосных испытаний грунтов в не дренированных условиях.

Модель Мора-Кулона – модель достаточно проста и точна, а результаты, полученные с помощью данной модели, хорошо согласуются с обычными диапазонами значений давления обжатия, и достаточно достоверны в случаях нелинейных расчетов. График на рисунке 2 представляет упругопластические свойства материала, описанные моделью.

Однако стоит отметить, что модель имеет недостатки. Согласно теории, текучесть не подвергнута влиянию напряжения, а угол

внутреннего трения не зависит от гидростатического давления, что не соответствует природному поведению грунта. Чтобы избежать не реалистичность поведения грунта при высоких показателях сопротивления растяжению в Midas GTS NX разработана опция усечения в области растяжения (Tension-Cutoff) (рисунок 3).

Если опция отключена, тогда допустимые напряжения растяжения определяются автоматически на основе значений сцепления и коэффициента внутреннего трения, а затем используются в вычислениях. При этом сопротивлением растяжению грунтового основания часто пренебрегают, потому что его значение равно нулю.

Модифицированная модель Мора-Кулона – разработчики Midas GTS NX утверждают, что их модель более совершенна, чем модель Мора-Кулона, т.к. в процессе ее формирования могут быть заданы различные модули упругости для этапов нагрузки и разгрузки (рисунок 4). Как правило, модуль упругости для этапа разгрузки предусматривают больше, чтобы избежать ситуации выпучивания грунта. Так, например, для песчаных грунтов задается трехкратное значение, определенное стандартным дренированным трехосным испытаниям на сжатие. А значение для лессовых грунтов приближенно принимается равным десятикратному.

Данная модель является результатом объединения нелинейно-упругой и упругопластической модели, что позволяет использовать ее для моделирования пылеватых и песчаных грунтов.

В рамках ортотропного типа материалов предусмотрены модели грунта: поперечно изотропная, плоско-ортотропная, модель трещиноватой скалы и георешетка.

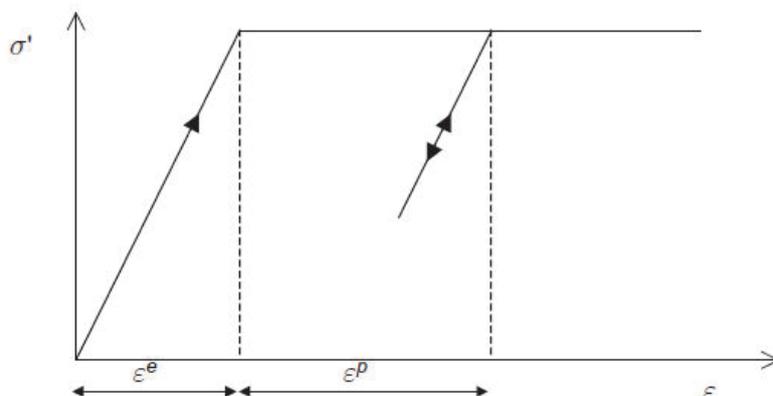


Рисунок 2 – Характер поведения материала согласно модели Мора-Кулона:  $\sigma$  – напряжения,  $\epsilon$  – деформации

## ОБЗОР СПОСОБОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРУНТА В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ MIDAS GTS NX И ЛИРА 10.10

Cohesion(C)	<input type="text" value="30"/>	kN/m <sup>2</sup>
Inc. of Cohesion	<input type="text" value="0"/>	kN/m <sup>2</sup>
Inc. of Cohesion Ref. Height	<input type="text" value="0"/>	m
Frictional Angle(Phi)	<input type="text" value="36"/>	[deg]
<input type="checkbox"/> Dilatancy Angle	<input type="text" value="36"/>	[deg]
<input checked="" type="checkbox"/> Tension Cut-off		
Tensile Strength	<input type="text" value="10"/>	kN/m <sup>2</sup>
Cut-off Yield Surface		
<input type="radio"/> Pressure	<input checked="" type="radio"/> Rankine	

Рисунок 3 – Основные нелинейные параметры, описывающие критерий текучести Кулона: сцепление (Cohesion), угол внутреннего трения (Friction angle)

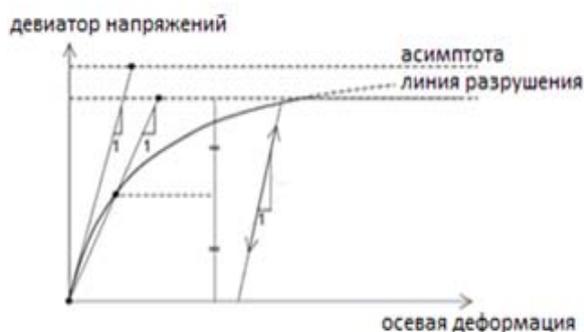


Рисунок 4 – Характер поведения материала согласно модифицированной модели Мора-Кулона

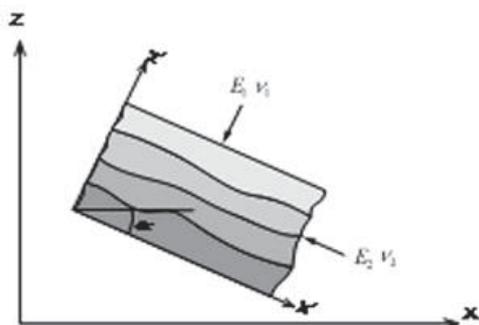


Рисунок 5 – Модель ортотропного материала:  $E_i$  – модуль упругости,  $\nu_i$  – коэффициент Пуассона



Рисунок 6 – Схема модели трещиноватой скалы

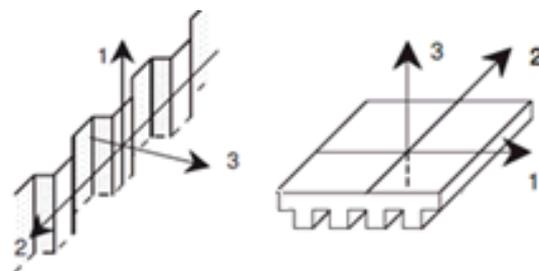


Рисунок 7 – Пример создания плоско-ортотропных моделей

Поперечно изотропная модель – материал в такой модели определяется изотропным поперечным сечением и вертикальной осью к данному сечению. Рассмотрим слой грунта с углом между глобальной осью  $x$  и осью  $x'$  элемента (рисунок 5).

Данный слой проявляет ортотропию по отношению к осям  $x'$  и  $z'$  элемента. В случае полной изотропии величины  $E_1 \nu_1$ , равны величинам  $E_2 \nu_2$ . Поперечно-изотропная модель предполагает свойства материала в направлении из плоскости  $E_1 \nu_{12}$ , где  $\nu_{12}$  (коэффициент Пуассона, образованный вертикалью и соответствующей осью в сечении) равен  $\nu_{13}$ , а в направлении поперечного сечения  $E_2 \nu_{23}$ , где  $E_2$  (модуль упругости в направлении из плоскости сечения) равно  $E_3$ . Поперечно-изотропная модель может быть использована при моделировании скальных грунтов.

Модель трещиноватой скалы – представляет собой анизотропную упруго-идеально-пластическую модель, одновременно учитывается поперечная изотропия свойств и анизотропия пластических свойств грунта. То есть модель предусматривает наличие трещин в скале (рисунок 6).

Необходимо отметить, что эта модель учитывает до трех направлений трещин, в отличие от поперечно изотропной модели. Также допускается отсутствие сбросовой глины в трещинах, шаг которых должен быть меньше размера сооружения.

Плоско-ортотропная модель – пользователь может самостоятельно создать материал с существенными отличиями жесткостей в вертикальном и горизонтальном направлении, что находит применение для элементов типа оболочки, элементов с плоским напряженным состоянием и двумерной георешетки (рисунок 7).

На уровне с «Midas GTS NX» многие инженеры также используют программный комплекс ЛИРА для решения вопросов расчета грунтовых оснований и фундаментов. Грунтовое основание в ПК ЛИРА 10.10 формируется

с помощью объемных конечных элементов и коэффициентов постели.

При расчете линейных деформаций широко используются конечные элементы №№ 31-34 и 36 (элементы теории упругости), при этом в качестве параметров необходимо задать модуль упругости, коэффициент Пуассона и удельный вес материала. Нелинейная работа грунта зачастую характеризуется конечными элементами №№ 271-274 и 276 при этом необходимо задать одно из условий прочности (условие Кулона-Мора, условие Боткина, условие Дуккера-Прагера).

Коэффициент постели характеризует изменение реакции грунтового основания при увеличении нагрузки на него, чем выше значение коэффициента, тем жестче грунтовое основание. ПК ЛИРА предлагает три метода расчета коэффициентов постели, согласно модели: Винклера, Пастернака и модифицированной модели Пастернака. Отметим, что эти модели уже хорошо исследованы и описаны в многочисленных научных публикациях [2].

#### **Заключение**

Анализируя данные модели, нет возможности определить лучшую, так как выбор будет определяться грунтовыми условиями на площадке строительства. Иначе говоря, каждая модель требует индивидуального рассмотрения для каждого расчетного условия. Однако при выборе программного обеспечения для моделирования можно прийти к следующему заключению: для моделирования грунтового основания наибольшим инструментарием располагает «Midas GTS NX». Программное обеспечение включает в себя множество моделей грунта, некоторые параметры в которых установлены по умолчанию. Благодаря чему можно проанализировать

больше вариантов поведения грунтового основания. Однако, при проектировании фундаментов, ПК ЛИРА 10.10 является наиболее популярным по причине своей многофункциональности при работе со схемой расчета конструкции. Исходя из этого, можно заключить, что выбор программного обеспечения определяется конкретной целью расчета.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Пособие по расчетам в программном комплексе «Midas GTS NX». – Режим доступа: <http://ru.midasuser.com/web/page.php?no=6,5>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
2. Пособие по расчетам в программном комплексе «ЛИРА 10.10.». – Режим доступа: <https://lira-soft.com/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
3. Пастернак, П. Л. Основы нового метода расчёта фундаментов на упругом основании при помощи двух коэффициентов постели / П. Л. Пастернак. – М. : Стройиздат, 1954. – 55 с.
4. Захарова, Т. М. Обзор программных комплексов Midas GTS NX и PLAXIS 3D для решения проектных задач при расчете свайных фундаментов / Т. М. Захарова, Б. М. Черепанов // Ползуновский альманах. – 2023. – № 1. – С. 34-37.

**Захарова Татьяна Михайловна** – студент группы 8Соим-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [tanya.zaharova.2000@mail.ru](mailto:tanya.zaharova.2000@mail.ru);

**Черепанов Борис Михайлович** – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [bmcher@mail.ru](mailto:bmcher@mail.ru).

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Е. В. Каирова, А. В. Вольф

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

*В данной статье приведен обзор применяемых на сегодняшний день автоматизированных систем мониторинга при возведении и эксплуатации зданий и сооружений: принципы работы, свойства, монтаж.*

**Ключевые слова:** автоматизированные системы, мониторинг зданий и сооружений, акселерометр, тензометрические датчики, инклинометр, пьезометр.

В последние десятилетия все большее распространение стало получать строительство уникальных зданий и сооружений. Это обусловлено как нарастающим в крупных городах дефицитом земли при высокой динамике роста населения в городах, приводящим к необходимости возведения зданий высокой этажности (выше 100 м), так и появлением большого количества оригинальных инженерных проектов возведения зданий и сооружений, имеющих нестандартные конструктивные решения.

Наибольший интерес представляют технически сложные и уникальные объекты, которые не относятся к категории типовых, причем часть из них в силу своей сложности и уникальности относятся к технически опасным. Основным их отличием является меньшая изученность происходящих в них процессов, что требует сложных расчетов, в то время как для менее сложных типовых объектов строительства во многих случаях расчеты могут быть получены по готовым формулам из существующей нормативной литературы.

Вследствие этого для возведения зданий и сооружений такого рода требуется тщательный мониторинг в первую очередь наиболее ответственных несущих конструкций, в частности, автоматизированный удаленный мониторинг с применением датчиков.

Прежде чем говорить о мониторинге, необходимо уточнить этот термин применительно к строительству. Мониторинг строительных конструкций рассматривается как метод сбора данных о техническом состоянии объектов. Это позволяет в режиме онлайн фиксировать повреждения зданий и сооружений и, что очень важно, выявлять негативные факторы, способные привести к разрушениям. Мониторинг производится с применением

нескольких видов датчиков, вмонтированных в конструкции или присоединенных к ним [1].

Мониторинг конструкций подразумевает не только сбор и передачу данных, но и их цифровую обработку, хранение, а также диагностику качества строительных конструкций и их монтажа [1].

В практике для контроля при строительстве зданий и сооружений в сейсмоопасной зоне используют акселерометры – приборы для измерения ускорения, которые фиксируют положение устройства в пространстве (рисунок 1).

В большинстве случаев, акселерометр представляет собой чувствительную массу, зафиксированную в упругом подвесе. Смещение массы от ее исходного положения при существовании кажущегося ускорения содержит сведения о значении этого ускорения.

Для крепления датчика предусмотрена монтажная площадка. Она крепится на точки мониторинга. Точки мониторинга у каждого объекта и каждой конструкции свои, так же как и собственная частота, которая зависит от различных факторов: форма, высота, размеры, материалы из чего строится объект. Критические точки определяются в отчете о научном сопровождении для каждого объекта.



Рисунок 1 – Акселерометр СД-13

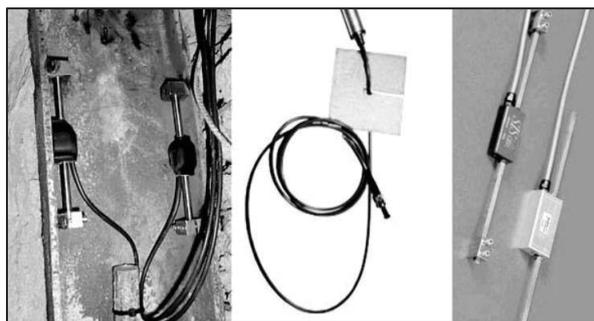


Рисунок 2 – Тензометрические датчики разных типов



Рисунок 3 – Сенсор-инклинометр с беспроводным интерфейсом

Полученный сигнал от акселерометров обрабатывается специальным динамическим программным модулем с целью идентификации собственных частот и форм колебаний строительных сооружений, как в процессе их строительства, так и постоянной эксплуатации [2].

Опасность вибрационного воздействия регламентирует ГОСТ Р 52892-2007. Требования к характеристикам средств измерений регламентирует ГОСТ Р 53963.1-2010.

Для контроля за деформациями элементов конструкций в процессе строительства и эксплуатации используются тензометрические датчики (рисунок 2). Тензометрические датчики представляют собой тонкий никелевый или платиновый провод, заплетенный вокруг стержней в виде сетки. Сетка вмонтирована в бумажный или пластиковый несущий лист, он крепится с материалом, к которому будет приложена сила. Соединительные провода объединяют сетку с цепью, предназначенной для вывода результатов приложенной силы. Благодаря этому растяжение, возникающее в материале как показатель приложенной силы, будет послан на тензомер, поскольку тензомер соединен с материалом. Впоследствии тензомер, на ко-

торый оказали воздействие, изменяет свое сопротивление. Скачок сопротивления тензомера приводит к изменению тока в цепи. Изменение тока в цепи измеряется и фиксируется прибором, шкала которого промаркирована в единицах измерения силы [3].

Тензометрические датчики предоставляют возможность измерять реальную величину относительной деформации в точке установки. Отслеживание результатов может производиться без остановки, а также в автоматическом режиме, и, как следствие, позволит наблюдать за динамикой развития этой величины. Позднее, имея деформационные характеристики материала конструкций (модуль упругости), будет возможно перевести значения относительной деформации в реальные величины механических напряжений, что позволяет дать оценку работы как отдельных элементов, так и конструкции в целом.

Благодаря тензометрическим датчикам возможно наблюдение за развитием напряжений в конструкции начиная с ее возведения и на протяжении всего срока эксплуатации объекта.

Требования к тензометрическим датчикам регламентируются ГОСТ 28836-90.

Важным в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений является наблюдение за наклоном несущих конструкций и неравномерностью осадок фундамента в данный момент времени. Для этого на объекте устанавливаются датчики угла наклона – инклинометры (рисунок 3). Инклинометр – прибор, предназначенный для измерения угла наклона различных объектов относительно гравитационного поля Земли.

Существует несколько вариантов инклинометров. Например, в инклинометре Шведского геотехнического института угол наклона фиксируется по тензодатчикам на полосовой пружине, которая изгибается под действием подвешенного к ней груза. В других конструкциях инклинометров углы наклона определяются с помощью ползунковых реостатов.

Типичные модели инклинометров обеспечивают измерение углов своего наклона в двух ортогональных вертикальных плоскостях X и Y. Система установки инклинометров должна обеспечивать максимальную информативность, позволяя таким образом регистрировать наиболее вероятные изменения геометрии несущего каркаса здания. С таких позиций наиболее оптимальными местами монтажа инклинометров являются несущие колонны в осях по периметру плит перекрытий монолитного каркаса.

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ



Рисунок 4 – Струнный пьезометр

Для прямоугольных зданий эффективно устанавливать инклинометры на угловых колоннах.

В процессе строительства существенное значение имеет мониторинг давления поровой воды и уровня грунтовых вод, которые оказывают непосредственное влияние на поведение грунта. Для наблюдения параметров режима этих вод используются различные виды пьезометров с электрическим, пневматическим или струнным сенсорами [4].

Пьезометры используются для измерения уровня водоносных горизонтов и порового давления жидкости в грунтах с самыми разными характеристиками. Датчики устанавливаются в наблюдательных скважинах на отметке, указанной по результатам инженерно-геологических изысканий.

Принцип работы струнного пьезометра (рисунок 4) – соотношение частоты колебаний струны от степени ее натяжения. При перемене давления воды в конструкции, куда помещен датчик, изменяется натяжение струны, которая представляет собой измерительный элемент. Частота колебаний струны датчика пропорциональна давлению воды в конструкции. Один конец струны размещен внутри корпуса датчика, в второй – на чувствительной диафрагме. Полученные значения с пьезометра передаются на считывающее устройство через установленный на датчике сигнальный кабель [5].

Пьезометры могут быть использованы для наблюдения за изменением гидрогеологических параметров в изолированных водоносных горизонтах. Благодаря этим датчикам

есть возможность проводить замеры уровня воды в любой момент, поскольку устройство опускается в специально установленную пьезометрическую трубку со смонтированным на ней насосом погружного типа, а не напрямую на собственном кабеле в водозаборную скважину.

### Заключение

Введение автоматизированных систем мониторинга дают возможность в режиме реального времени получать доскональную надежную информацию о положении объекта наблюдения, а значит свести к минимуму риски возникновения аварий, ЧС, устранить как материальные, так и человеческие потери.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самосудов, П. А. Система мониторинга технического состояния строительных конструкций уникальных зданий и сооружений: методические указания: методические указания / П. А. Самосудов. – Омск : СибАДИ, 2019. – 64 с.
2. Дмитриев, О. С. Физические основы технических измерений : учебное пособие / О. С. Дмитриев. – Тамбов : ТГТУ, 2022. – 188 с.
3. Мониторинг технического состояния строительных конструкций, оснований и фундаментов зданий и сооружений: учебное пособие / В. И. Рак [и др.]. – Новочеркасск : ЮРГПУ, 2018. – 147 с.
4. Эксплуатация сооружений систем инженерной защиты: учебное пособие / Михеева О. В. [и др.]. – Саратов : Вавиловский университет, 2022. – 211 с.
5. Снежков, Д. Ю. Мониторинг возводимых и эксплуатируемых железобетонных конструкций неразрушающими методами: монография / Д. Ю. Снежков, С. Н. Леонович. – Минск: БНТУ, 2016. – 331 с.

**Каурова Екатерина Валерьевна** – студент группы 8С(э)-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [toloko.v.kruzke@gmail.com](mailto:toloko.v.kruzke@gmail.com);

**Вольф Анна Владимировна** – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [volf.anna@mail.ru](mailto:volf.anna@mail.ru).

## РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ РАСЧЕТА ОБОЛОЧЕК

**И. К. Калько, М. А. Подъяпольская, Е. С. Степанова**

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

*В статье приведен комплексный обзор способов, с помощью которых может быть произведен расчет пологой оболочки с помощью различных методов и программ. Приведен пример расчета оболочки в программе MathCAD, а также расчет задачи с помощью программных комплексов SCAD и Лира САПР. Приведены эпюры некоторых действующих усилий, перемещений, а также их значения в характерных сечениях оболочки. Сделан вывод о расхождении полученных результатов, а также дана оценка пригодности различных способов расчета пологих оболочек.*

**Ключевые слова:** расчет пологой оболочки, MathCAD, SCAD, Лира САПР, МКЭ, изополя напряжений, Гауссова кривизна, дифференциальные уравнения, срединная поверхность, модель.

Различные способы расчета оболочек будем рассматривать на примере расчета пологой оболочки, так как в связи с широтой их применения, алгоритм их расчета представляет особый интерес.

Пологими оболочками называются оболочки, имеющие небольшой подъем над плоскостью, на которую они опираются с отношением  $f/a \leq 1/5$ , где  $f$  – стрела подъема оболочки,  $a$  – ее наименьший размер в плане. Уравнения общей (моментной) теории пологих оболочек могут быть упрощены наложением условий на геометрию срединной поверхности оболочки. Геометрия срединной поверхности пологой оболочки подобна геометрии плоскости, на которую она проецируется.

Если срединная поверхность описывается как  $z = f(x, y)$ , то главные кривизны могут быть найдены как  $k_x = \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}$ ,  $k_y = \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}$ . Гауссову кривизну для пологих оболочек приближенно можно считать равной нулю.

Используя зависимости общей теории оболочек применимо к пологим оболочкам [1], выразим соотношения для внутренних усилий через прогиб  $\omega$  и угол  $\varphi$

$$\begin{cases} M_x = -D \left( \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right) \\ M_y = -D \left( \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right) \\ H = -(1 - \mu) D \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} \\ N_x = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} \quad N_y = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} \quad S = -\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial y} \end{cases} \quad (1)$$

где  $D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}$  – цилиндрическая жесткость,

$\Phi = \delta\varphi$ . Выразив деформации оболочки через функцию  $\Phi$ , а также учитывая усилия  $N_x$ ,  $N_y$ ,  $S$  в уравнении равновесия, придем к уравнениям

$$\begin{cases} \frac{1}{E\delta} \nabla^4 \Phi = -k_x \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} - k_y \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \\ D \nabla^4 \omega - k_x \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} - k_y \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} = q \end{cases} \quad (2)$$

Воспользовавшись следующим обозначением:  $\nabla_k^2() = k_x \frac{\partial^2}{\partial y^2}() + k_y \frac{\partial^2}{\partial x^2}()$ , система (2) примет следующий вид

$$\begin{cases} \frac{1}{E\delta} \nabla^4 \Phi + \nabla_k^2 \omega = 0 \\ -\nabla_k^2 \Phi + D \nabla^4 \omega = q \end{cases} \quad (3)$$

Имеем систему двух дифференциальных уравнений относительно неизвестных  $\omega$  и  $\Phi$ . Решение данного уравнения должно удовлетворять граничным условиям, определяющим характер закрепления оболочки для всех ее кромок. На каждую функцию накладывается по два условия, следовательно, имеем систему из четырех граничных условий.

Оперируя полученными ранее формулами, перейдем к математическому расчету пологой в плане оболочки, соединенной по краям с диафрагмами, абсолютно жесткими в их плоскости и гибкими из нее. Срединная поверхность оболочки описывается уравнением эллиптического параболоида (рисунок 1)

$$z = f \left[ \frac{f_1}{f} \left( 2 \frac{x}{a} - 1 \right)^2 + \frac{f_2}{f} \left( 2 \frac{y}{b} - 1 \right)^2 - 1 \right], \quad (4)$$

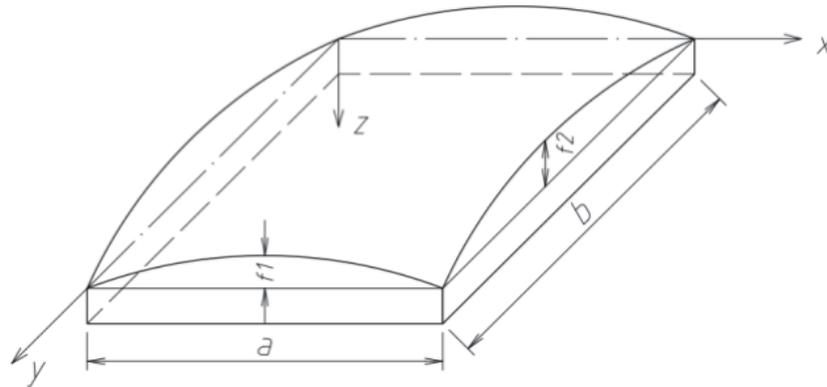


Рисунок 1 – Схема полой оболочки

где  $f = f_1 + f_2$ .

Из уравнения следует, что

$$\begin{cases} k_x \approx 8 \frac{f_1}{a^2} \\ k_y \approx 8 \frac{f_2}{b^2} \\ k_{xy} = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Подставляя (5) в систему уравнений (2), получим

$$\begin{cases} \frac{1}{E\delta} \nabla^4 \Phi + 8 \frac{f_1}{a^2} \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + 8 \frac{f_2}{b^2} \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = 0 \\ D \nabla^4 \omega - 8 \frac{f_1}{a^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} - 8 \frac{f_2}{b^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} = q \end{cases} \quad (6)$$

Для решения системы дифференциальных уравнений, накладываем граничные условия, соответственно для заданного закрепления контура оболочки

При  $x = 0, x = a$ :

$$\omega = 0, \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = 0, \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = 0, v = 0.$$

При  $y = 0, y = b$ :

$$\omega = 0, \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} = 0, \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} = 0, u = 0.$$

Решение уравнения (6), удовлетворяющее всем граничным условиям имеет вид

$$\omega = \sum_{m,n} \omega_{mn} \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} y. \quad (7)$$

$$\Phi = \sum_{m,n} \varphi_{mn} \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} y \dots \dots \dots (8)$$

Аналогично запишем функцию для нагрузки

$$q(x, y) = \sum_{m,n} q_{mn} \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} y. \quad (9)$$

В уравнениях 7-9

$$\begin{cases} \omega_{mn} = \left[ \frac{n^4 \pi^4 \delta^4}{12(1-\mu^2)b^4} A_{mn} + \frac{64f^2 \delta^2}{A_{mn} a^4} \left( \frac{f_1}{f} + \frac{m^2 f_2}{n^2 f} \right)^2 \right]^{-1} \frac{q_{mn} \delta}{E} \\ \varphi_{mn} = \frac{8Eb^2 f \delta}{\pi^2 A_{mn} a^2 n^2} \left( \frac{f_1}{f} + \frac{m^2 f_2}{n^2 f} \right) \omega_{mn} \\ q_{mn} = \frac{4}{ab} \int_0^a \int_0^b q(x, y) \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} y dx dy \\ A_{mn} = \left( \frac{m^2 b^2}{n^2 a^2} + 1 \right)^2. \end{cases}$$

Функции  $\omega$  и  $\Phi$  подставляем в систему (1) и получаем решение полой оболочки в двойных тригонометрических рядах

$$\begin{cases} M_x = D \sum_{m,n} \omega_{mn} \left( \frac{m^2 \pi^2}{a^2} + \mu \frac{n^2 \pi^2}{b^2} \right) \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} y \\ M_y = D \sum_{m,n} \omega_{mn} \left( \frac{n^2 \pi^2}{b^2} + \mu \frac{m^2 \pi^2}{a^2} \right) \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} y \\ H = -D(1-\mu) \sum_{m,n} \omega_{mn} \frac{mn\pi^2}{ab} \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} y \\ N_x = - \sum_{m,n} \varphi_{mn} \frac{n^2 \pi^2}{b^2} \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} y \\ N_y = - \sum_{m,n} \varphi_{mn} \frac{m^2 \pi^2}{a^2} \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} y \\ S = - \sum_{m,n} \varphi_{mn} \frac{mn\pi^2}{ab} \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} y. \end{cases}$$

Получив необходимые зависимости для внутренних усилий, приступим к расчету полой оболочки на конкретном примере. Исходные данные для расчета:

$a = 100$  см,  $b = 100$  см,  $\delta = 1$  см,  $f_1 = f_2 = 5$  см  
 $q = 1$  кПа,  $E = 4 \cdot 10^4$  МПа,  $\mu = 0,17$ .

Равномерно распределенная нагрузка  $q$  приложена по всей поверхности оболочки.

Расчет производился тремя способами: численным, при помощи MathCAD 15, а также

в программных комплексах SCAD 21.1.9.9 и ЛИРА-САПР 2016, реализующих расчет методом конечных элементов.

При решении задачи в MathCAD были определены исходные данные, функции  $\omega_{mn}$ ,  $\varphi_{mn}$ ,  $q_{mn}$ ,  $A_{mn}$ , а также составлены функции двойных тригонометрических рядов достаточно высокого порядка для более точного решения и плавного очертания эпюр усилий

$$w(x,y) := \sum_{m=1}^{13} \sum_{n=1}^{13} \left( w_{mn}(m,n) \cdot \sin\left(\frac{m \cdot \pi}{a} \cdot x\right) \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi}{b} \cdot y\right) \right)$$

$$M_x(x,y) := D \cdot \sum_{m=1}^{13} \sum_{n=1}^{13} \left[ w_{mn}(m,n) \cdot \left( \frac{m^2 \cdot \pi^2}{a^2} + \mu \cdot \frac{n^2 \cdot \pi^2}{b^2} \right) \cdot \left( \sin\left(\frac{m \cdot \pi}{a} \cdot x\right) \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi}{b} \cdot y\right) \right) \right]$$

$$M_y(x,y) := D \cdot \sum_{m=1}^{13} \sum_{n=1}^{13} \left[ w_{mn}(m,n) \cdot \left( \frac{n^2 \cdot \pi^2}{b^2} + \mu \cdot \frac{m^2 \cdot \pi^2}{a^2} \right) \cdot \left( \sin\left(\frac{m \cdot \pi}{a} \cdot x\right) \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi}{b} \cdot y\right) \right) \right]$$

$$H_{xx}(x,y) := -D \cdot (1 - \mu) \cdot \sum_{m=1}^{13} \sum_{n=1}^{13} \left[ w_{mn}(m,n) \cdot \left( \frac{m \cdot n \cdot \pi^2}{a \cdot b} \right) \cdot \left( \cos\left(\frac{m \cdot \pi}{a} \cdot x\right) \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \pi}{b} \cdot y\right) \right) \right]$$

$$N_x(x,y) := - \sum_{m=1}^{13} \sum_{n=1}^{13} \left[ \varphi_{mn}(m,n) \cdot \frac{n^2 \cdot \pi^2}{b^2} \cdot \sin\left(\frac{m \cdot \pi}{a} \cdot x\right) \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi}{b} \cdot y\right) \right]$$

$$N_y(x,y) := - \sum_{m=1}^{13} \sum_{n=1}^{13} \left[ \varphi_{mn}(m,n) \cdot \frac{m^2 \cdot \pi^2}{a^2} \cdot \sin\left(\frac{m \cdot \pi}{a} \cdot x\right) \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi}{b} \cdot y\right) \right]$$

$$S_{xx}(x,y) := - \sum_{m=1}^{13} \sum_{n=1}^{13} \left[ \varphi_{mn}(m,n) \cdot \frac{m \cdot n \cdot \pi^2}{a \cdot b} \cdot \left( \cos\left(\frac{m \cdot \pi}{a} \cdot x\right) \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \pi}{b} \cdot y\right) \right) \right]$$

При решении задачи в программных

комплексах SCAD [2] и ЛИРА [3] методом конечных элементов необходимо выполнить моделирование полой оболочки, назначить конечным элементам жесткость, а также условия закрепления оболочки.

В данных программных комплексах задача решается методом конечных элементов (МКЭ), являющимся приближенным методом отыскания неизвестных функций на основе какого-либо вариационного принципа. В МКЭ расчетная схема сооружения или конструкции представляется как совокупность некоторых типов конечных элементов (КЭ). В рамках данной задачи расчетная схема разбивается на четырехугольные конечные элементы – систему тонких оболочек.

Моделируем схему полой оболочки в SCAD – записываем уравнение (4), размеры оболочки в плане, а также количество КЭ (рисунок 2). Задаем конечным элементам жесткость, назначаем тип, накладываем связи по контуру оболочки и прикладываем распределенную нагрузку по всей поверхности (рисунок 3).

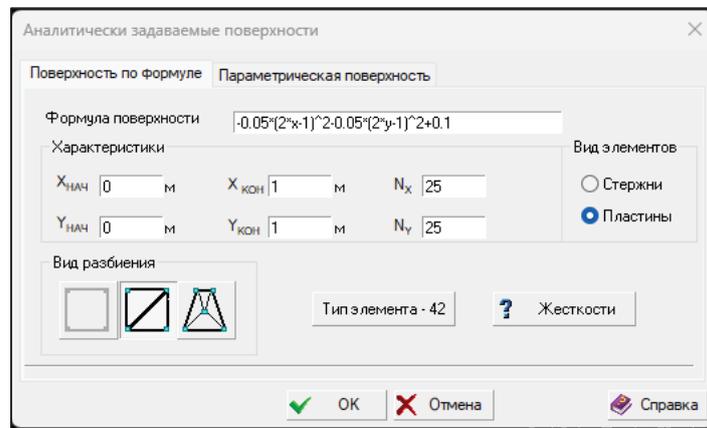


Рисунок 2 – Задание формулы поверхности в SCAD

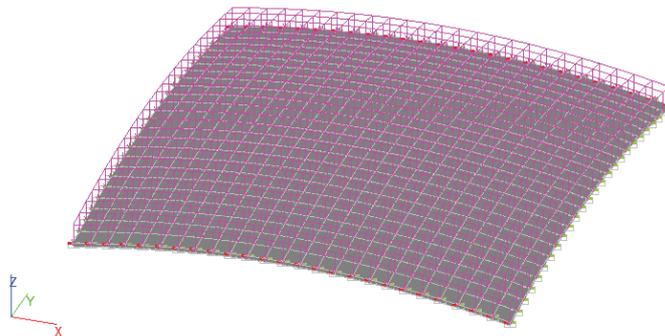


Рисунок 3 – Модель полой оболочки с приложенной нагрузкой в SCAD

## РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ РАСЧЕТА ОБОЛОЧЕК

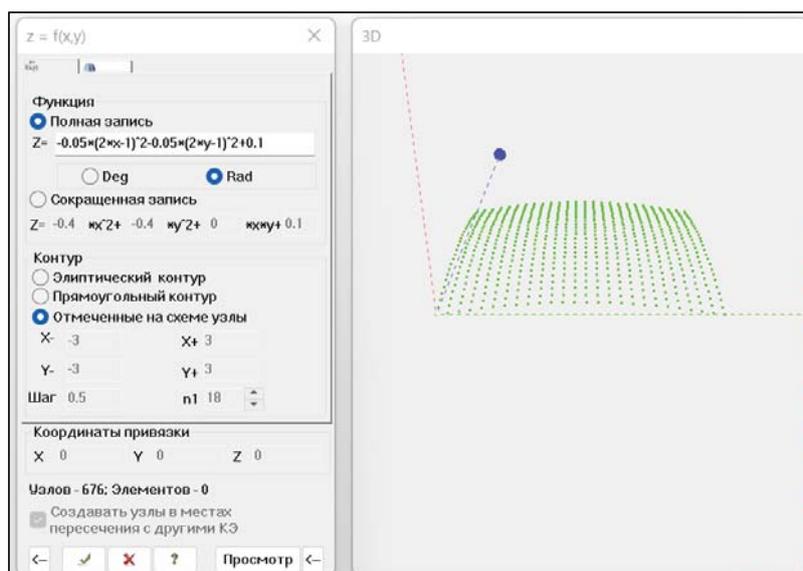


Рисунок 4 – Моделирование оболочки в ПК ЛИРА

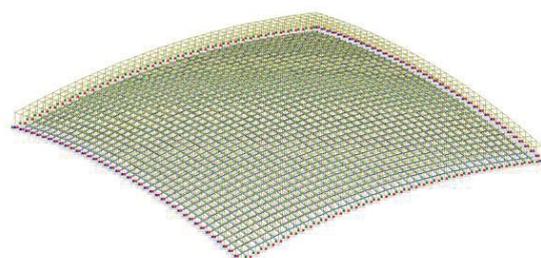


Рисунок 5 – Пологая оболочка с приложенной нагрузкой

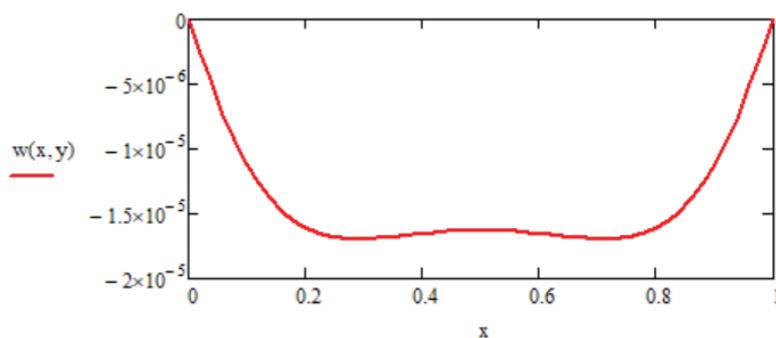


Рисунок 6 – Эпюра прогибов  $w$  в среднем сечении в MathCAD

Таблица 1 – Величины перемещений в характерных координатах, полученные в MathCAD

Координата по X, м	Величина перемещения Z, см
0	0
0,25	$1,697 \cdot 10^{-3}$
0,5	$1,684 \cdot 10^{-3}$
0,75	$1,697 \cdot 10^{-3}$
1	0

В ПК ЛИРА моделируем оболочку, подставляя в уравнение поверхности (4) исходные данные и строя модель по сгенерированной ранее прямоугольной сети, для более четкой триангуляции контура (рисунок 4).

Конечным элементам смоделированной оболочки (рисунок 5), также как и в SCAD, необходимо задать жесткости, а также опирание по контуру. Оболочка, с приложенной нагрузкой представлена на рисунке 4.

Произведем расчеты в одном из характерных сечений – в середине оболочки, в котором  $x = 0 \dots a$ ,  $y = b/2$ . В данном сечении определим значения перемещений  $\omega$  и два из

внутренних усилий – крутящий момент  $M_x$  и усилие  $N_y$  (рисунок 6, таблица 1).

Рассчитаем перемещения в том же сечении в ПК SCAD. Изополю перемещений представлены на рисунке 7, в таблице 2 представлены величины перемещений.

Выполним расчет в ЛИРА-САПР (рисунок 8, таблица 3).

Аналогичным образом в том же сечении определим усилие – крутящий момент  $M_x$  (рисунки 9-11, таблицы 4-6).

Определим в том же сечении усилие  $N_y$  (рисунки 12-14, таблицы 7-9).

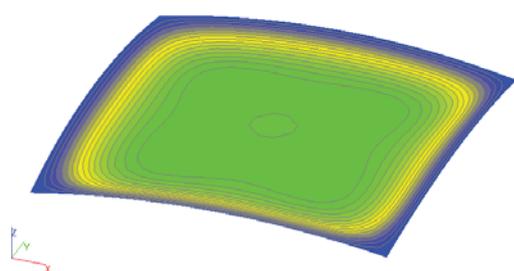


Рисунок 7 – Изополю перемещений  $\omega$  в SCAD

Таблица 2 – Величины перемещений, полученные в SCAD

Координата по X, м	Величина перемещения Z, см
0	0
0,25	$1,73 \cdot 10^{-3}$
0,5	$1,67 \cdot 10^{-3}$
0,75	$1,73 \cdot 10^{-3}$
1	0

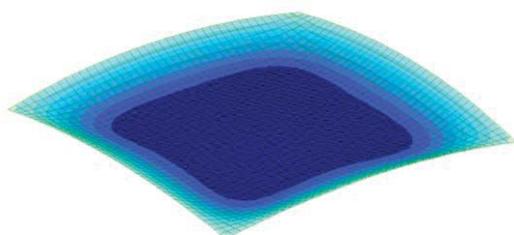


Рисунок 8 – Изополю перемещений  $\omega$  в ЛИРА-САПР

Таблица 3 – Величины перемещений, полученные в ЛИРА

Координата по X, м	Величина перемещения Z, см
0	0
0,25	$1,73 \cdot 10^{-3}$
0,5	$1,678 \cdot 10^{-3}$
0,75	$1,73 \cdot 10^{-3}$
1	0

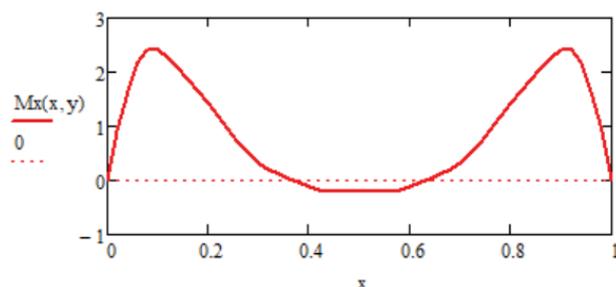


Рисунок 9 – Эпюра  $M_x$  в среднем сечении в MathCAD

Таблица 4 – Величины усилий  $M_x$  в характерных координатах, полученные в MathCAD

Координата по X, м	Величина $M_x$ , Н
0	0
0,125	2,2
0,5	-0,225
0,875	2,2
1	0

## РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ РАСЧЕТА ОБОЛОЧЕК

Таблица 5 – Величины усилий  $M_x$  в характерных координатах, полученные в SCAD

Координата по X, м	Величина $M_x$ , Н
0	0
0,125	2,15
0,5	-0,237
0,875	2,15
1	0

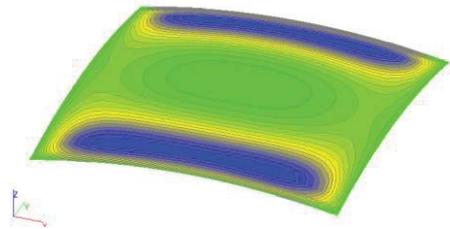


Рисунок 10 – Изополюсы усилий  $M_x$

Таблица 6 – Величины усилий  $M_x$  в характерных координатах, полученные в ЛИРА

Координата по X, м	Величина $M_x$ , Н
0	0
0,125	2,17
0,5	-0,23
0,875	2,17
1	0

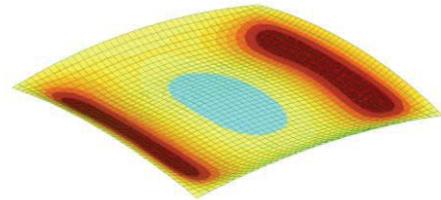


Рисунок 11 – Изополюсы  $M_x$  в ЛИРА-САПР

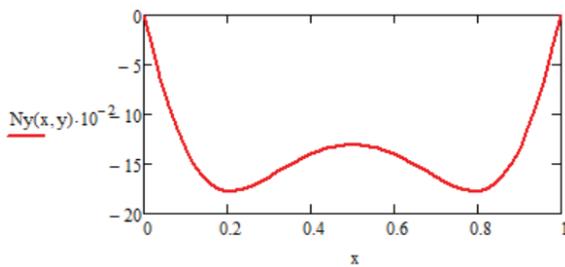


Рисунок 12 – Эпюра  $N_y$  в среднем сечении в MathCAD

Таблица 7 – Величины усилий  $N_y$  в характерных координатах, полученные в MathCAD

Координата по X, м	Величина $N_y$ , Н/см
0	-3,24
0,25	-17,37
0,5	-13,01
0,75	-17,37
1	-3,24

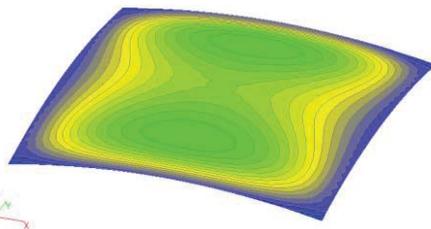


Рисунок 13 – Изополюсы усилий  $N_y$

Таблица 8 – Величины усилий  $N_y$  в характерных координатах, полученные в SCAD

Координата по X, м	Величина $N_y$ , Н/см
0	-3,24
0,25	-17,24
0,5	-12,98
0,75	-17,24
1	-3,24

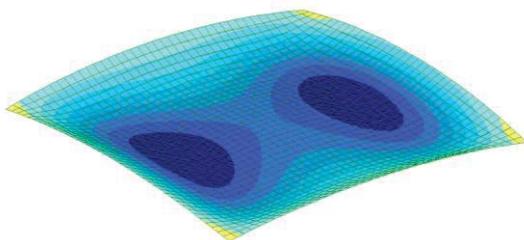


Рисунок 14 – Изополюсы  $N_y$  в ЛИРА-САПР

Таблица 9 – Величины усилий  $N_y$  в характерных координатах, полученные в ЛИРА

Координата по X, м	Величина $N_y$ , Н/см
0	-3,24
0,25	-17,4
0,5	-13
0,75	-17,4
1	-3,24

В таблице 10 представлены погрешности в определении перемещений  $\omega$  и усилий  $M_x$   $N_y$ , вычисленных разными способами.

Погрешность определялась в результате сравнения одного из максимумов, наибольшая погрешность не превышает 5%, следовательно, расчеты выполнены с достаточной точностью.

Так как различия полученных результатов незначительны, приведем изополя всех напряжений, возникающих в оболочке в программном комплексе ЛИРА-САПР (рисунки 15-21).

Таблица 10 – Сравнение полученных результатов

	$\omega$	$M_x$	$N_y$
MathCAD – SCAD	0,83%	4,22%	0,23%
MathCAD – ЛИРА	0,36%	1,3%	0,08%
SCAD – ЛИРА	0,48%	0,03%	0,15%

Загрузка 1  
Изополя перемещений по Z(G)  
Единицы измерения - см

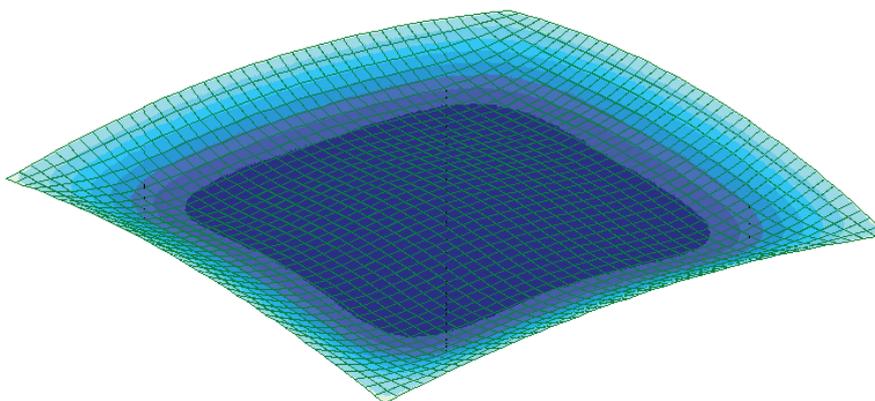
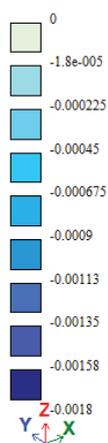


Рисунок 15 – Изополя перемещений в ПК ЛИРА-САПР

Загрузка 1  
Изополя напряжений по Mx  
Единицы измерения - (Н\*см)/см

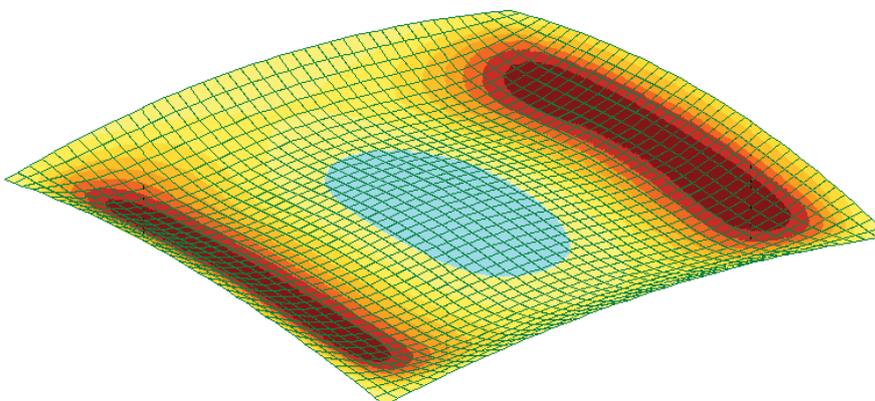
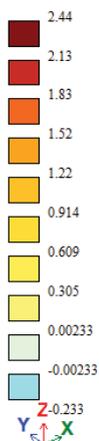


Рисунок 16 – Изополя напряжений  $M_x$  в ПК ЛИРА-САПР

## РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ РАСЧЕТА ОБОЛОЧЕК

Загружение 1  
Изополю напряжений по  $M_y$   
Единицы измерения -  $(Н^2/см^2)/см$

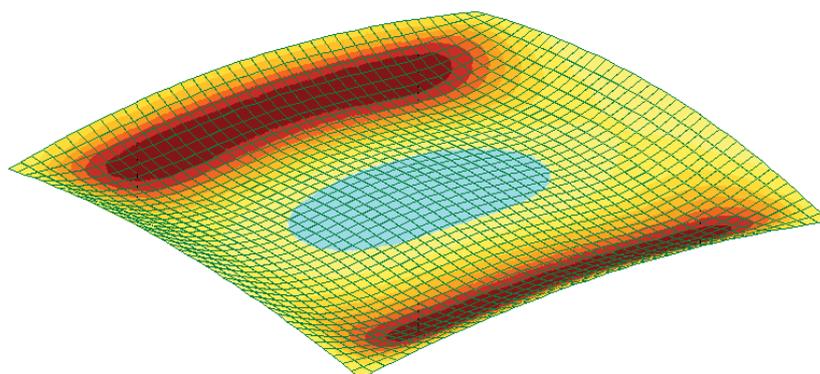
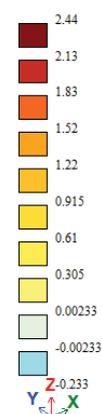


Рисунок 17 – Изополю напряжений  $M_y$  в ПК ЛИРА-САПР

Загружение 1  
Изополю напряжений по  $M_x$   
Единицы измерения -  $(Н^2/см^2)/см$

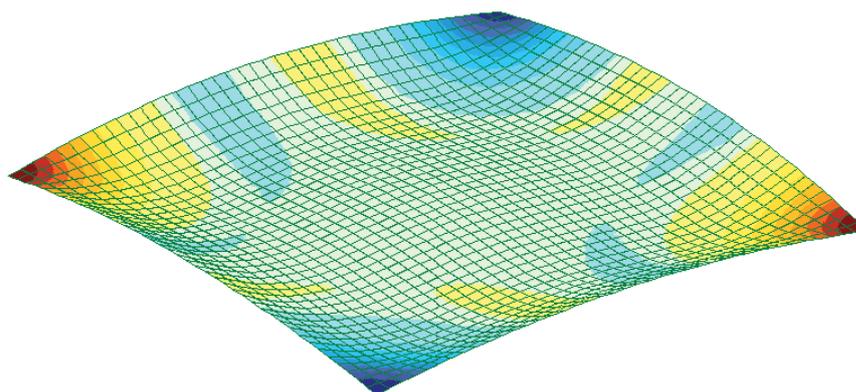
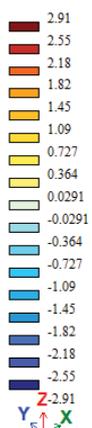


Рисунок 18 – Изополю напряжений  $M_x$  в ПК ЛИРА-САПР

Загружение 1  
Изополю напряжений по  $N_x$   
Единицы измерения -  $Н/см^2$

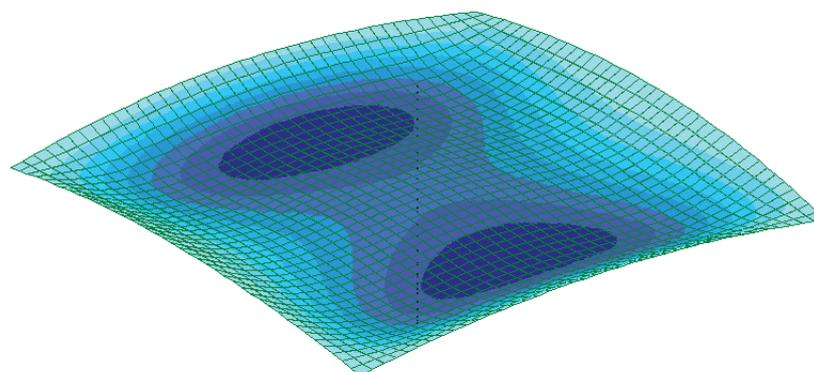


Рисунок 19 – Изополю напряжений  $N_x$  в ПК ЛИРА-САПР

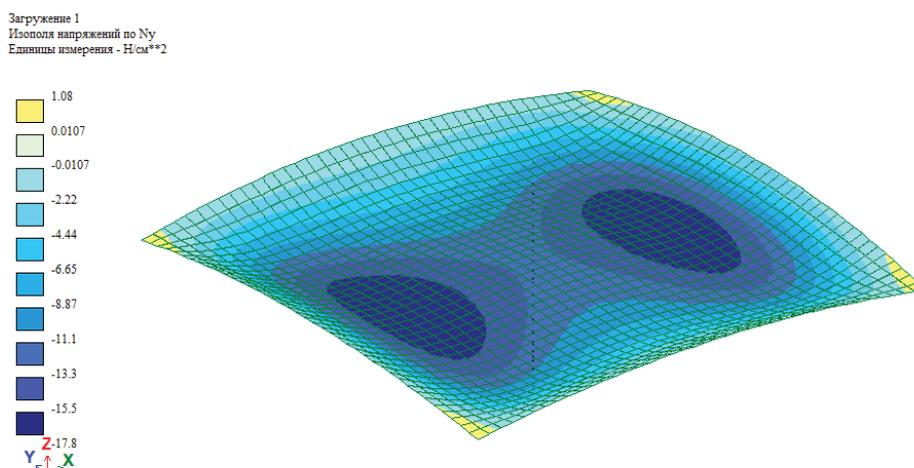


Рисунок 20 – Изополю напряжений  $N_y$  в ПК ЛИРА-САПР

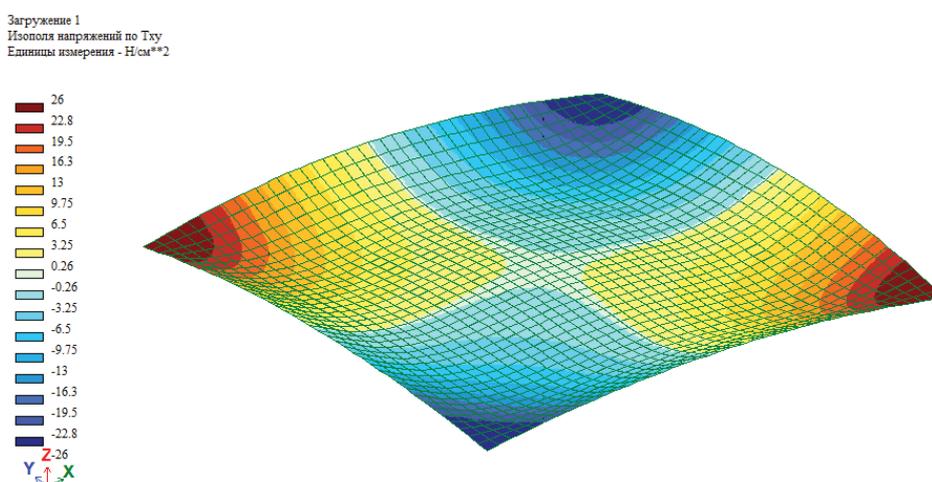


Рисунок 21 – Изополю напряжений  $S$  в ПК ЛИРА-САПР

В результате проведенного исследования сделаем вывод, что расчет пологих оболочек можно выполнять как в среде MathCAD, на основе приближенных зависимостей, полученных аналитически, так и с помощью программных комплексов, реализующих метод конечных элементов, так как оба способа обеспечивают достаточно точное решение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высшая школа, 1990. – 400 с.
2. Криксунов, Э. 3.SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD: учебное пособие / Э. 3. Криксунов, А. А. Маляренко, В. С.Карпиловский. – М. : Изд-во АСВ, 2008. – 590 с
3. Ромашкина, М. А. Программный комплекс ЛИРА-САПР®. Руководство пользователя. Обучающие примеры / М. А. Ромашкина, В. П. Титок: под ред. акад. РААСН А. С. Городецкого. – Электрон-

ное издание, 2018. – 254 с. – Режим доступа: [https://rflira.ru/files/lira-sapr/Book\\_LIRA\\_SAPR\\_2018.pdf](https://rflira.ru/files/lira-sapr/Book_LIRA_SAPR_2018.pdf).

**Калько Иван Кондратьевич** – к.т.н., доцент кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [ikkalko@mail.ru](mailto:ikkalko@mail.ru);

**Подъяпольская Мария Александровна** – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [mariapodyapolskaya@mail.ru](mailto:mariapodyapolskaya@mail.ru);

**Степанова Екатерина Сергеевна** – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [stkateriin@gmail.com](mailto:stkateriin@gmail.com).

## ВЫБОР НАИБОЛЕЕ РАЦИОНАЛЬНОГО УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ БАЛКИ ПУТЕМ УВЕЛИЧЕНИЯ СЕЧЕНИЯ

Д. А. Кошкарев, Е. В. Вербицкая, И. О. Вербицкий

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

В статье рассматривается вопрос рациональности различных способов усиления двутавровой балки наиболее распространенным методом увеличения сечения.

**Ключевые слова:** металлическая балка, двутавр, увеличение сечения, рационализация, усиление балки.

Довольно часто при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений приходится решать вопросы усиления стальных балок, и происходит это в связи с необходимостью увеличения несущей способности конструкции. В таком случае, как правило, принимается классическое решение – увеличение сечения на части длины балки или по всей длине балки, как наиболее простое с точки зрения реализации.

В случае, если балка будет подвержена растяжению или сжатию, то соответствующие напряжения в балке будут обратно пропорциональны площади, то есть материальным расходам.

Однако если балка будет подвержена изгибу, от которого напряжения растяжения и сжатия зачастую куда выше в максимально нагруженной точке, то имеет первостепенное значение для максимального напряжения не площадь, а момент сопротивления сечения.

И необходимо понять, как увеличить момент сопротивления сечения до необходимого и при этом минимально увеличив площадь поперечного сечения.

В качестве примера возьмём двутавровую балку 30Ш1 площадью  $68,30 \text{ см}^2$  из стали марки Ст5 с максимальным допустимым напряжением  $500 \text{ МПа}$  и моментом сопротивления сечения  $W_x = 715 \text{ см}^3$  (рисунок 1) [1, 2].

Возьмем следующую расчётную ситуацию, когда 10-метровая балка, опирающаяся на шарнирные опоры, между которыми 8 м, на всей своей длине имеет нагрузку  $70 \text{ кН/м}$  (рисунок 2).

Построим график распределения по сечению возникающих нормальных напряжения в самом нагруженном месте балки – центре, где изгибающий момент  $525 \text{ кН}\cdot\text{м}$ . Балка не выдерживает, согласно расчетам нужен  $W_x = 1050 \text{ см}^3$ , а с  $715 \text{ см}^3$   $500 \text{ МПа}$  превышает при изгибающем моменте  $M = 357,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$  (рисунки 3, 4).

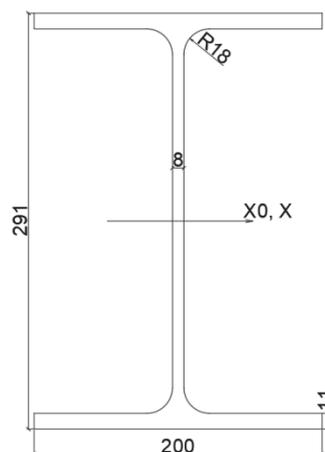


Рисунок 1 – Сечение исходной балки

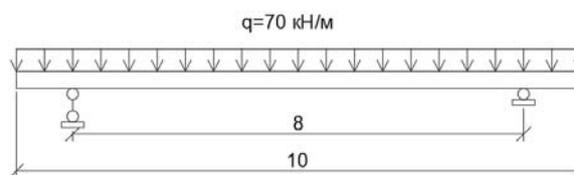


Рисунок 2 – Расчетная схема нагружения балки

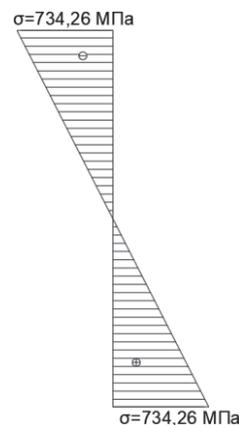


Рисунок 3 – Нормальные напряжения от заданной нагрузки в исходной балке

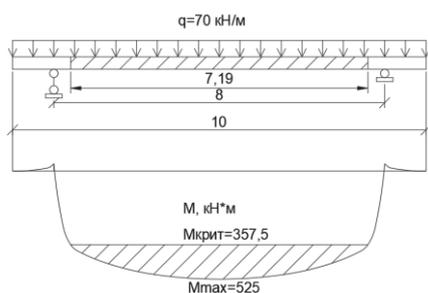


Рисунок 4 – График эпюры моментов  $M$ , показывающий, где нужно усиление балки

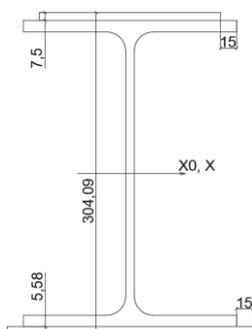


Рисунок 5 – Сечение А балки, способной выдержать нагрузку

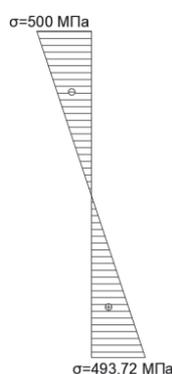


Рисунок 6 – Нормальные напряжения от заданной нагрузки в А балке

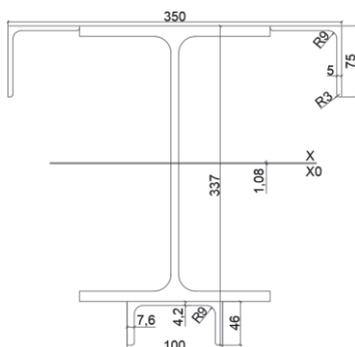


Рисунок 7 – Сечение Б балки

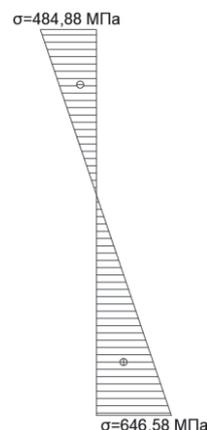


Рисунок 8 – Нормальные напряжения от заданной нагрузки в Б балке

Теперь рассмотрим варианты усиления, дабы добиться исключения превышения предельно допустимого напряжения 500 МПа, т.е. осевого момента сопротивления 1050 см<sup>3</sup>. А вариант – к верхнему и нижнему поясу приварить прямоугольные пластины. К нижнему поясу приварить прямоугольную пластину, вытянутую вширь на 15 мм влево и вправо, а к верхнему поясу на 15 мм влево и вправо уменьшенная (рисунок 5).

Здесь площадь становится 93,89 см<sup>2</sup>, т.е. она увеличилась на 25,59 см<sup>2</sup>. Это единственный рассматриваемый нами вариант, при котором усиление устраивается по верхней грани верхнего пояса балки, предполагая, что физически возможно приварить пластину к верхнему поясу, то есть вышележащие строительные конструкции отсутствуют (рисунок 6).

Второй вариант – используются другие профили металлопроката разных сечений, и, как следствие, расчёт очень сложен, центр масс и нулевая линия смещены. Ввиду сложности расчёта я остановился на том, что сделал общую площадь 93,34 см<sup>2</sup> больше, чем в первом варианте (увеличение 25,64 против 25,59). У Б балки к верхней полке двутавра приварены два уголка 7,5 с площадью 7,39 см<sup>2</sup> [3], а к низу двутавра швеллер 10Э (рисунок 7) [4].

Видно, что этот вариант крайне неэффективен, максимальное напряжение понизилось на 87,68 МПа, хотя должно было понизиться минимум на 234,26 МПа (рисунок 8).

Третий вариант – приварить 4 уголка между полками двутавра к его стенке, чтобы уголки были одновременно приварены перьями к стенке и к поясам (рисунок 9).

## ВЫБОР НАИБОЛЕЕ РАЦИОНАЛЬНОГО УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ БАЛКИ ПУТЕМ УВЕЛИЧЕНИЯ СЕЧЕНИЯ

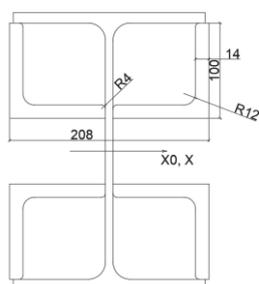


Рисунок 9 – Сечение В балки, способной выдержать нагрузку

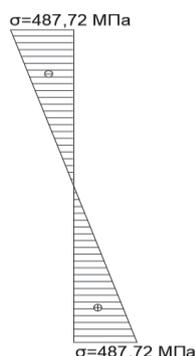


Рисунок 10 – Нормальные напряжения от заданной нагрузки в В балке

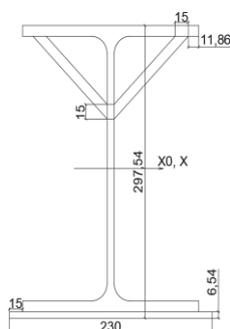


Рисунок 11 – Сечение Г балки, способной выдержать нагрузку

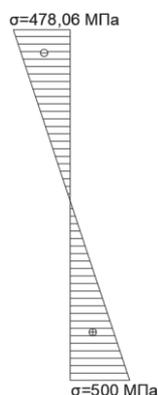


Рисунок 12 – Нормальные напряжения от заданной нагрузки в Г балке

Учитывая, что используются в качестве усиления прокатные профили, то неизбежно недонапряжение и перерасход стали.

Для исключения превышения 500 МПа использованы 4 уголка 10 с площадью 26,28 см<sup>2</sup> [3]. Итого площадь вышла 173,42 см<sup>2</sup>. Она увеличилась на 105,12 см<sup>2</sup>, что в разы превышает увеличение площади первого варианта. В общем, можно сказать, что применение других готовых элементов к двутавру в целях усиления – это слишком затратно (рисунок 10).

Вариант Г – в верхней половине двутавра приварены наклонные ленты под углом 45 градусов, идущие от стенки к верхнему поясу двутавра, по факту они являются равнобедренными трапециями. Границы с двутавром, являющие сторонами этой трапеции, взяты 15 мм. От низа же идет прямоугольная пластина, вытянутая вширь на 15 мм влево и вправо от нижнего пояса (рисунок 11).

Площадь Г балки, достигшей  $W_x = 1050 \text{ см}^3$  оказалась 106,33 см<sup>2</sup>, то есть она увеличилась на 38,03 см<sup>2</sup> (рисунок 12).

В варианте Д рассмотрим, когда от верхнего и нижнего пояса, в общей сложности 4 пластины шириной 20 мм идут к центру (рисунок 13).

Площадь Д балки, достигшей  $W_x = 1050 \text{ см}^3$  оказалась 108,30 см<sup>2</sup>, т.е. она увеличилась на 40 см<sup>2</sup> (рисунок 14).

Рассмотрим наконец последний вариант Е, когда к верхнему поясу двутавра привариваются 2 стальных элемента шириной 20 мм, а от низа же идет прямоугольная пластина, вытянутая вширь на 15 мм влево и вправо (рисунок 15).

Площадь Е балки, достигшей  $W_x = 1050 \text{ см}^3$  оказалась 101,73 см<sup>2</sup>, то есть она увеличилась на 33,43 см<sup>2</sup> (рисунок 16).

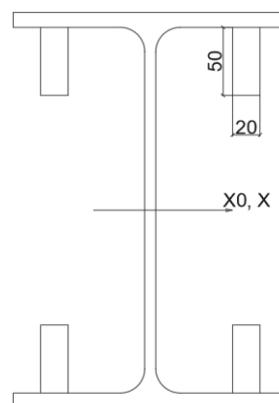


Рисунок 13 – Сечение Д балки, способной выдержать нагрузку

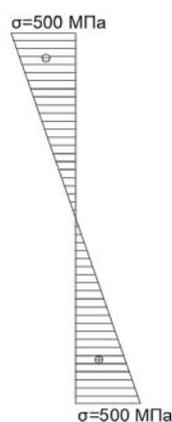


Рисунок 14 – Нормальные напряжения от заданной нагрузки в Д балке

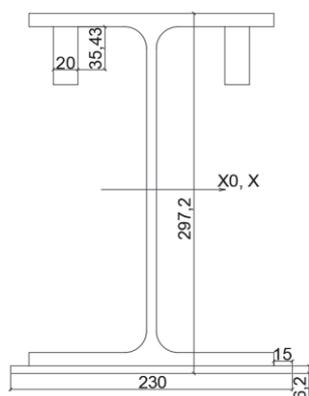


Рисунок 15 – Сечение Е балки, способной выдерживать нагрузку

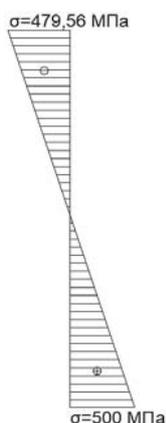


Рисунок 16 – Нормальные напряжения от заданной нагрузки в Е балке

Таким образом, можно сказать, что в случае необходимости усиливать балку, делать это профилями металлопроката не рационально, ввиду увеличения площади сечения, и вследствие металлоемкости. Лучший

вариант усиления металлического двутавра - вариант А, т.е. приварить стальные пластины к поясам двутавра сверху и снизу, при этом делая нижнюю влево и вправо более широкой в сравнении с краем двутавра и делая более узкой на столько же верхнюю.

Но если предполагается, что на верх двутавра приварить уже ничего нельзя чисто физически, то лучше вариант Е – к верхней грани пояса ничего не приваривается, а приварить и вытягивать к нулевой линии от верхнего пояса двутавра 2 пластины с большими вертикальными сторонами.

Если же и снизу двутавра сделать ничего уже нельзя, то следует использовать вариант Д, т.е. у нижней половины двутавра стоит поступить, как у варианта Е в верхней – итого, создать 4 вытянутых по вертикали пластины (по 2 к верхнему и к нижнему поясу).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барабаш, Ю. Г. Краткий курс лекций по сопротивлению материалов. – Барнаул, 2019.
2. Двутавр размеры, Таблицы размеров двутавровых балок. – URL: <https://aksvil.by/klientam/materialy-po-prokату/dvutavr-tablitsa-razmerov.html?ysclid=lp3uphty1943105206> (дата обращения: 27.11.2023).
3. ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент. – URL : [https://ns-metall.ru/Gosts/gost\\_8509-93.pdf](https://ns-metall.ru/Gosts/gost_8509-93.pdf) (дата обращения 24.12.2023).
4. Швеллер размеры, Таблица размеров швеллера серии П/У – URL : <https://aksvil.by/klientam/materialy-po-prokату/shvellер-tablitsa-razmerov.html?ysclid=lp4y3vouj157523974> (дата обращения: 27.11.2023).

**Кошкарёв Данила Анатольевич** – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [danila.koshkarev7@mail.ru](mailto:danila.koshkarev7@mail.ru);

**Вербицкая Елена Васильевна** – старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [alenapantushina@mail.ru](mailto:alenapantushina@mail.ru);

**Вербицкий Иван Олегович** – старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [vanek\\_007-89@list.ru](mailto:vanek_007-89@list.ru).

## УЧЕТ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ НАВЕСОВ В ПК ЛИРА СОФТ

К. А. Красулина, Г. М. Бусыгина

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

*Рассматривается: проектирование конструкций с учетом геометрической и конструктивной нелинейности. Приведены особенности формирования расчетной схемы в ПК Лира Софт с использованием нелинейных конечных элементов. Рассмотрены результаты расчета и приведено сравнение с линейной моделью.*

**Ключевые слова:** Лира Софт, расчетная схема, нелинейность, конечный элемент, расчет строительных конструкций.

Большинство элементов строительных конструкций рассчитываются в линейной постановке, при этом расчетная схема (РС) соответствует следующим требованиям:

- система уравнений, описывающих задачу, является линейной;
- при росте нагрузки в  $k$  раз, перемещения, деформации, внутренние усилия и реакции опор тоже растут в  $k$  раз;
- выполняется принцип суперпозиции: решение задачи, вызванное суммой воздействий, равно сумме решений задач, в каждой из которых эти воздействия приложены отдельно;
- перемещения считаются незначительными и на решение не влияют.

В **нелинейных задачах** зависимость между обобщенным параметром воздействия (нагрузки) и перемещением НЕ является прямо пропорциональной. Нелинейность в расчетных схемах возникает при появлении [3]:

- «- физической нелинейности,
- геометрической нелинейности,
- конструктивной нелинейности,
- генетической нелинейности».

Если работа материала, обусловленная его физико-механическими свойствами, не подчиняется закону Гука, т.е. связь между напряжениями и деформациями нелинейна, то возникает задача физической нелинейности. Свойства материалов описываются законом Гука лишь в определенных диапазонах, например, для таких широко используемых, как сталь или бетон. Армированный бетон является физически нелинейным материалом.

В геометрически нелинейных задачах отсутствует линейная зависимость между деформациями и перемещениями и возникает нелинейность зависимости воздействия-перемещение  $P - \Delta$ , **обусловленная боль-**

**шими перемещениями и/или значительным формоизменением системы**, т.е. перемещения стержневой системы уже не могут считаться пренебрежимо малыми по сравнению с размерами сооружения.

В конструктивно нелинейных задачах происходит **изменение расчетной схемы**, возникающее вследствие деформирования конструкции, причиной которой является изменение нагрузки. К таким задачам относятся те, в которых ограничения на перемещения определены в виде условий-неравенств (односторонние связи), например при расчете конструкций, свободно опертых на некоторую поверхность.

В конструктивной нелинейности также рассматриваются элементы сооружения, работающие только на растяжение или только на сжатие. Классическим примером являются вантовые элементы, способные работать только на растяжение.

Учет нелинейности регламентируется СП 16.13330-2017 п.4.2, в частности «в равно-связевой или связевой конструкции расчет следует выполнять по деформированной схеме с учетом геометрической нелинейности системы» [1].

Расчет конструкций с использованием геометрической и конструктивной нелинейности может быть выполнен как в ПК SCAD Office, так и в ЛИРА Софт. При этом необходимо выбрать (указать), что в РС будут использоваться модули нелинейного расчета, задать, какие КЭ являются нелинейными с указанием их типа.

Для моделирования нелинейных нагрузок используются итерационные шаговые методы, они основаны на отслеживании поведения системы при относительно малых приращениях нагрузки как показано на рисунке 1.

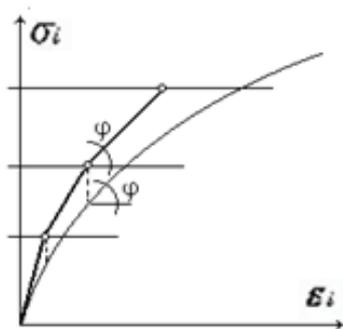


Рисунок 1 – Схема шагового метода

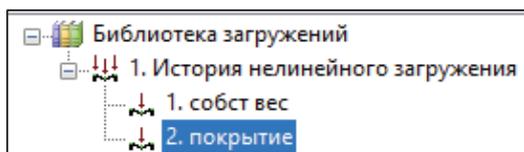


Рисунок 2 – Преобразование нагрузений для задач в нелинейной постановке

В любом шаговом методе задается число шагов, на которые разбивается конкретное нагружения, и на каждом шаге расчета формируется текущее значение нагрузки, а затем решается линеаризованная система уравнений.

В ПК ЛИРА Софт при выполнении расчетов с использованием геометрической нелинейности необходимо для существующего проекта в линейной постановке в параметрах включить флажок «В задаче будут присутствовать нелинейные элементы», при этом нагружения объединяются в «Историю нели-

нейного нагружения», стадиями которой являются назначенные в линейной постановке нагружения РС как показано на рисунке 2. Порядок приложения нагружений назначается, т.к. в общем случае, для нелинейных расчетов принцип суперпозиции не соблюдается (усилие от суммы нагрузок не равно сумме усилий от каждой нагрузки).

Для каждой стадии указывается число шагов разбиения, при этом для собственного веса обычно указывается 1. Конечные элементы РС разбиваются на более мелкие, чтобы отслеживать на них историю усилий и перемещений. 1-ый шаг вызовет деформацию РС, на 2-ом шаге нагрузка прикладывается на деформировавшуюся конструкцию, получаются дополнительные усилия с учетом деформации.

Для каждой стадии указывается число шагов разбиения, при этом для собственного веса обычно указывается 1. Конечные элементы РС разбиваются на более мелкие, чтобы отслеживать на них историю усилий и перемещений. 1-ый шаг вызовет деформацию РС, на 2-ом шаге нагрузка прикладывается на деформировавшуюся конструкцию, получаются дополнительные усилия с учетом деформации.

Конечным элементам назначается соответствующие нелинейные элементы, библиотека которых больше, чем, например, в SCAD Office. Типы нелинейных КЭ приведены на рисунке 3.

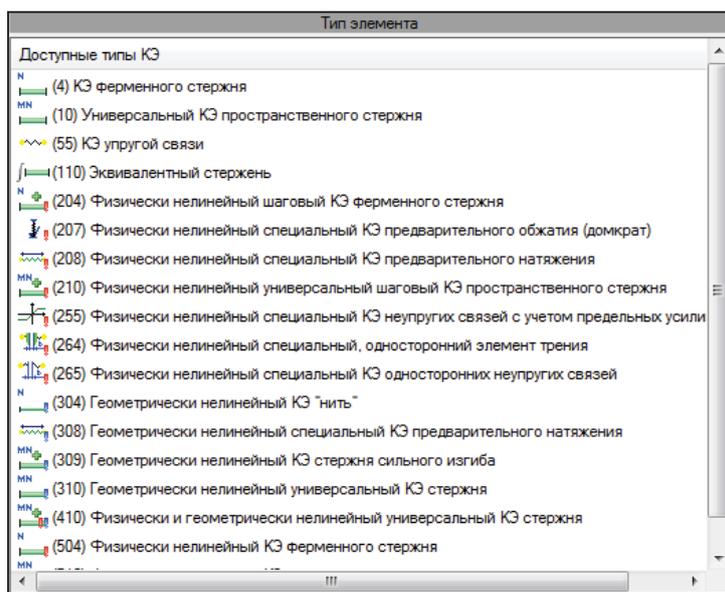


Рисунок 3 – Виды нелинейных КЭ

## УЧЕТ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ НАВЕСОВ В ПК ЛИРА СОФТ

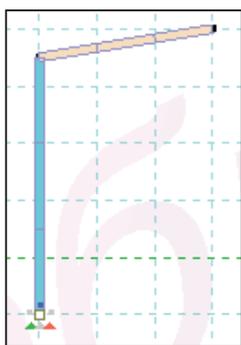


Рисунок 4 – Фрагмент расчетной схемы



Рисунок 5 – Фрагмент навеса

Например, расчетная схема рамной консоли с основной нагрузкой на ригель и использованием КЭ 309 на рисунке 4 может моделировать конструкцию на рисунке 5 [2].

После выполнения расчета можно посмотреть перемещения и усилия по шагам, включив деформированную схему (рисунок 6).

При нелинейном расчете для этого примера усилия и перемещения оказались больше, чем при расчете в линейной постановке.

В таких конструкциях рекомендуется использовать оттяжки, представляющие вантовые элементы, обладающие геометрической и физической нелинейностью. Геометрическая нелинейность обусловлена возникновением больших перемещений и деформаций элементов в оттяжках.

Физическая нелинейность обусловлена отклонением от закона Гука, она реализуется через элементы преднатяжения. В расчетной схеме они реализованы как плетеный канат (рисунок 7). Этот конечный элемент имеет тип КЭ 304 «нить», он способен воспринимать растяжение и выключается из работы при появлении сжатия. Пример описания КЭ на рисунке 8.

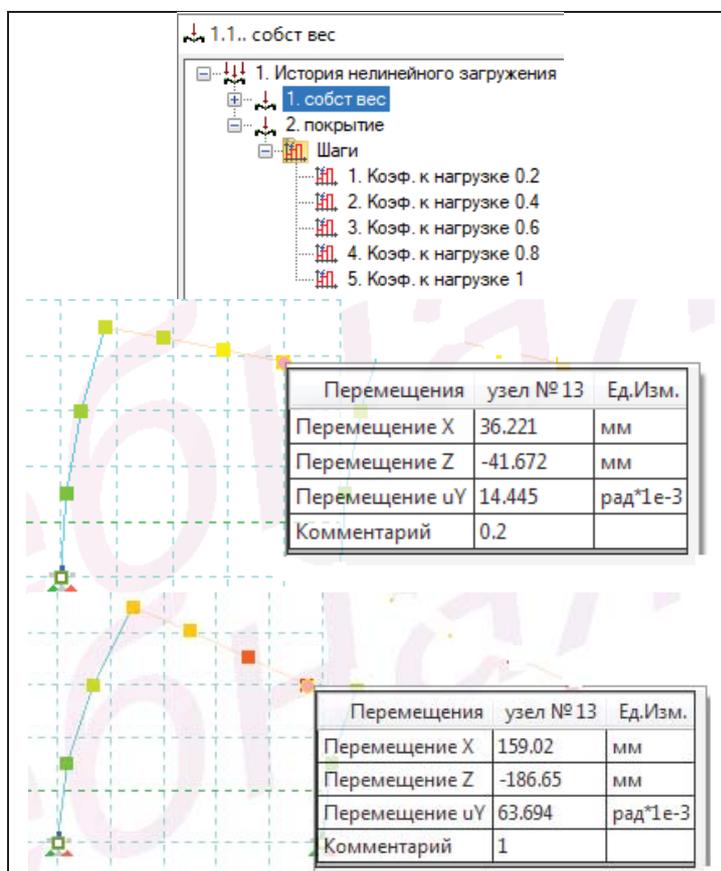


Рисунок 6 – Перемещения на шаге 1 и 5

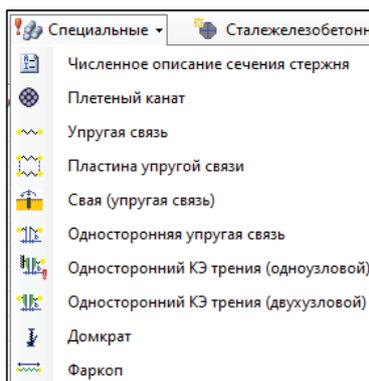


Рисунок 7 – Специальные элементы

Специальные сечения : Плетеный канат : 8

Имя: Плетеный канат 8  
 Регион: RUS  
 Таблица сортамента: Канат одинарной свивки типа ЛК-О конструкции 1х7 (1+6) по ГОСТ 3062  
 Маркировочная группа: 1370  
 Профиль: 8

Схема профиля

A, мм <sup>2</sup>	m, тс/м	Моменты инерции, мм <sup>4</sup>		Ядровые расстояния, мм				Модуль упругости, КПа	Разрывное усилие, тс	Коэффициент температурного расширения
		Iy1	Iz1	Y1+	Y1-	Z1+	Z1-			
38.01000	0.00029572	16.47624	16.47624	0.10837	0.10837	0.10837	0.10837	1.67E+08	4.88950	1.2E-05

D, мм	Геометрические характеристики сечения															
	Проволоки сердечника				Проволоки в прядях											
	Центральная		В слое		Центральная		Первого слоя		Второго слоя				Третьего слоя		Заполнение	
	Количество	D, мм	Количество	D, мм	Количество	D, мм	Количество	D, мм	Количество	D, мм	Количество	D, мм	Количество	D, мм	Количество	D, мм
8.00000	1	2.8	6	2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 8 – Описание сечения каната

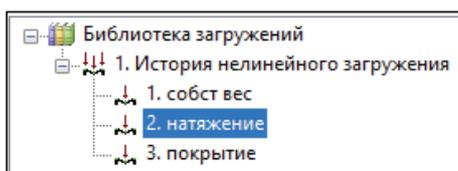


Рисунок 9 – Стадии нагружений

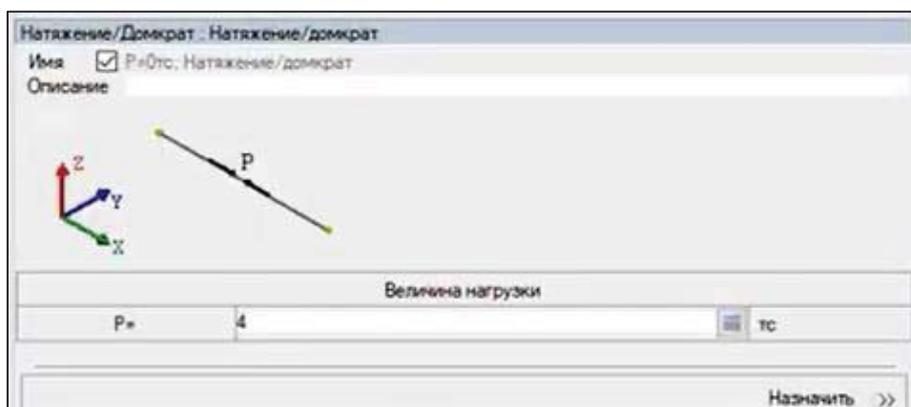
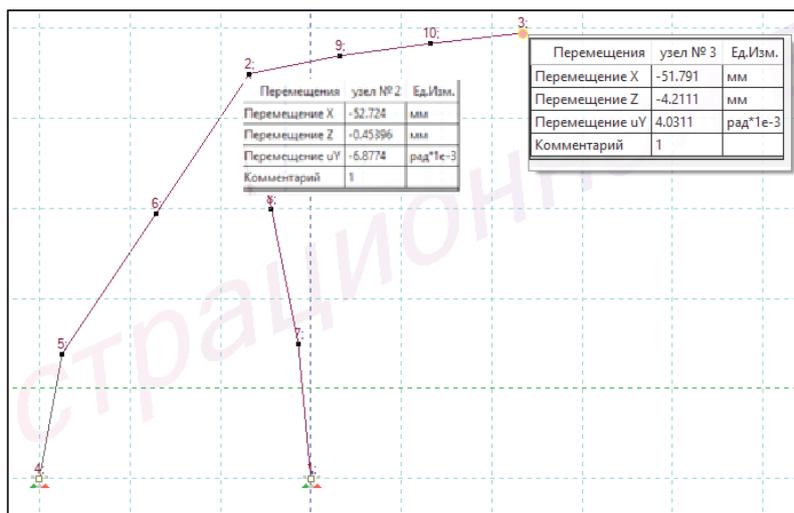
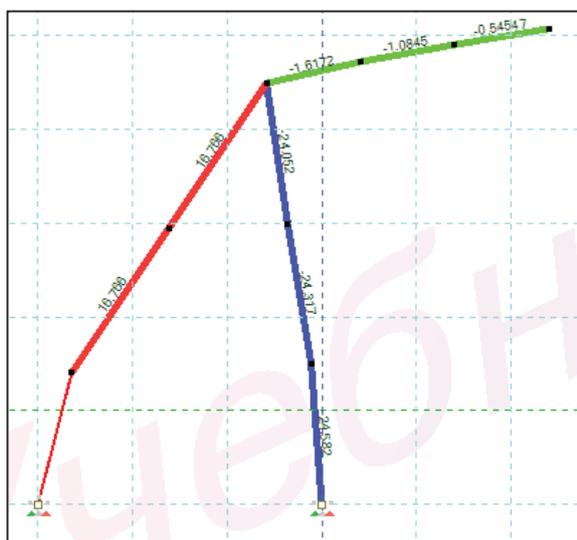


Рисунок 10 –Задание нагрузки для натяжения

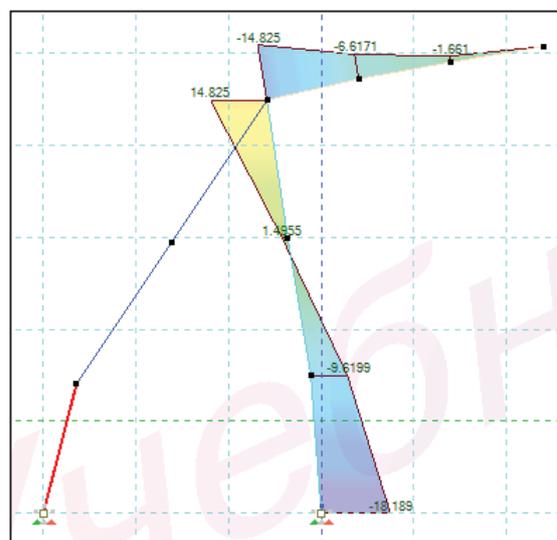
УЧЕТ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ НАВЕСОВ В ПК ЛИРА СОФТ



а) перемещения



б) усилие N



в) усилие My

Рисунок 11 – Результаты расчета



Рисунок 12 – Использование 2-х оттяжек



Рисунок 13 – Использование 3-х оттяжек

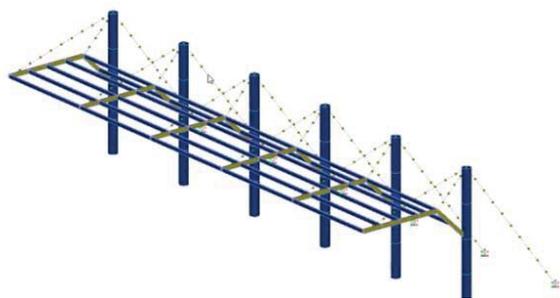


Рисунок 14 – РС навеса

Такой КЭ можно добавить к предыдущей РС. На приопорный элемент, в узле которого указана связь, необходимо задать специальное сечение – фаркоп. Для этого элемента также задается КЭ 208. Для него вычисляется ЕF из параметров каната ( $A \cdot E$ ) и задается достаточно большое растяжение, чтобы не учитывать разрыв элемента.

Для задания натяжения необходимо:

- ввести это нагружение в список «Истории нелинейного нагружения» и поставить его после собственного веса с указанием количества шагов (рисунок 9) – нагрузка в этом нагружении задается как «Нагрузка на стержень – Натяжение/домкрат». При этом определение величины натяжения является отдельной задачей (рисунок 10).

Теперь после выполнения расчета на рисунке 11 видно как изменились перемещения и усилия  $N$ ,  $M$ .

Расположение оттяжек в РС может быть более сложным, как, например, на рисунках 12 и 13 [2].

В работе выполнялся расчет РС навеса с тремя видами оттяжек для ООО АКБ «Инвестпроект», где оттяжки моделируются КЭ 304 совместно с фаркопом – КЭ 208. Остальные элементы:

а) КЭ 310 – Геометрически нелинейный универсальный КЭ стержня используется для стоек,

б) КЭ 309 – Геометрически нелинейный КЭ стержня сильного изгиба – для ригелей. Расчетная схема приведена на рисунке 14.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 16.13330.2017. «СНиП П-23-81\* Стальные конструкции». – М.: МинСтрой России, 2017. – 148 с.

2 Консольный навес своими руками. [Электронный ресурс] – URL: <https://1svoimi-rukami.ru/strojka/konsolnyj-naves-svoimi-rukami-81-foto.html> (дата обращения: 21.01.2024).

3 Руководство пользователя ЛИРА 10.12 [Электронный ресурс] – URL: [https://lira-soft.com/upload/iblock/7b9/an6bai2i3shhypwx4gdz9f0lly5daoqv/Rukovodstvo\\_pol\\_zovatelya\\_LIRA\\_10.12.pdf](https://lira-soft.com/upload/iblock/7b9/an6bai2i3shhypwx4gdz9f0lly5daoqv/Rukovodstvo_pol_zovatelya_LIRA_10.12.pdf) (дата обращения: 21.01.2024).

**Красулина Ксения Андреевна** – студент ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [kraska906@mail.ru](mailto:kraska906@mail.ru);

**Бусыгина Галина Михайловна** – к.э.н., доцент кафедры «Строительные конструкции», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [galinab14@yandex.ru](mailto:galinab14@yandex.ru).

## КОМПЛЕКС МЕР ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ «ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ»

**К. А. Красулина, Ю. С. Юрина, Л. Н. Пантюшина, Е. В. Вербицкая**

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

*В статье затронута тема актуальности сохранения объектов культурного наследия. Составлена историческая справка по объекту, представлен исторический облик здания. Приведены этапы обследования конструкций объекта, задокументированы обнаруженные дефекты, дана оценка состояния конструкций. В статье даны рекомендации по восстановлению состояния объекта культурного наследия и сохранению его исторического облика.*

**Ключевые слова:** объект культурного наследия, сохранение объектов культурного наследия, обследование, архитектура.

Культурное наследие является ценным источником информации о прошлом, которое формирует ценности и идентичность общества. Поэтому сохранение и реставрация объектов культурного наследия играют важную роль в сохранении и передаче этого богатства будущим поколениям. Многие из этих объектов имеют огромное историческое и культурное значение, отражая традиции, обычаи и уникальные характеристики различных времен и народов. Благодаря их сохранению мы можем изучать и понимать прошлое, сохраняя историческую память и уважая традиции своего народа.

Сохранение объектов культурного наследия ставит много вопросов в плане их реконструкции и реставрации.

Объектом обследования стало бескаркасное двухэтажное здание с подвалом, расположенное по адресу: Алтайский край, г. Барнаул, ул. Промышленная, д. 8, относится к объектам культурного наследия. Электростанция является памятником градостроительства и архитектуры регионального значения.

В 1915 году было начато строительство здания водопроводно-электрической станции (рисунки 1, 2). В 1917 году в результате пожара деревянные конструкции здания и приготовленное для монтажа оборудования были уничтожены. Позднее принято решение о продолжении строительства, основной этап которого был окончен в 1918 году.



Рисунок 1 – Общий вид здания

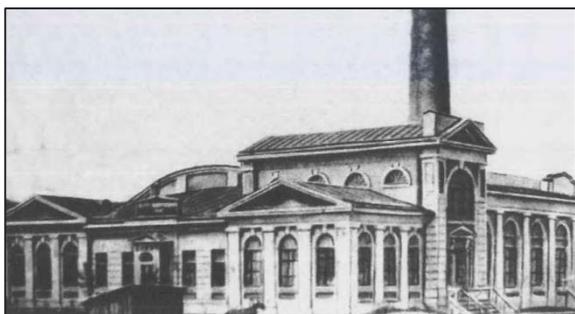


Рисунок 2 – Исторический вид здания электростанции

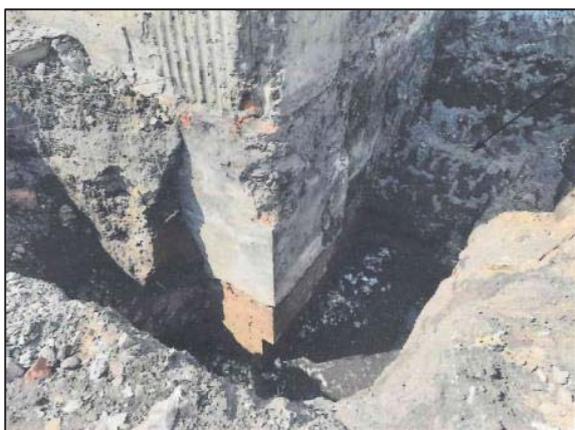


Рисунок 3 – Место вскрытия фундамента

Электростанция запущена 1 сентября 1919 года, однако в связи с нехваткой материалов, оставшиеся строительные работы окончены в 1923 году. В последствии, за время эксплуатации несколько раз проводились реконструкции оборудования с увеличением мощности вплоть до 1950 года. С 1994 года здание эксплуатировалось в качестве котельной. В настоящий момент здание частично эксплуатируется в качестве неотапливаемых складов.

Здание расположено в исторической части города, в юго-восточной его части. Граничит через дорогу с «Государственным музеем истории литературы, искусства и культуры Алтая», С южной стороны возводятся новостройки жилого комплекса, с севера и юго-запада расположены малоэтажные промышленные объекты.

Размеры по разбивочным осям 27,73×27,70 м (назначены в процессе обследования в связи с отсутствием проектной документации). Наибольшая высота здания от отметки пола – 10,3 м. Прилегающая к зданию территория частично огорожена железобетонным забором с распашными воротами, частично спланирована, не благоустроена,

озеленение отсутствует. С восточной стороны территория ограничена затоном. Здание отключено от инженерных сетей.

Основные несущие и ограждающие конструкции здания:

- фундаменты – кирпичные ленточные;
- наружные стены – из керамического кирпича, частично проёмы в стенах заполнены керамическим и силикатным кирпичом, а также газобетонными блоками;
- перекрытие – монолитное из железобетона по каркасу из железобетонных сборных рам;
- перекрытия чердачные – деревянные балочные;
- кровля – над частью здания чердачная стропильная, сложной конфигурации и частью совмещённая неветилируемая рулонная по железобетонным сводам;
- двери – деревянные, наружные двери и распашные ворота – металлические утеплённые;
- окна – с деревянными переплётами с двойным остеклением.

Обследование конструкций здания выполнялось в соответствии с актуальными нормами [1-5]

**Фундаменты.** По данным эксплуатирующих служб в последние годы в подвале появились грунтовые воды (около 0,2 м от уровня пола подвала) (рисунок 3).

Вероятные причины появления грунтовых вод в подвале являются:

- засыпка близко расположенной канавы с восточной стороны здания, вероятно, выполнявшую функцию дренажной;
- строительство многоэтажного здания с южной стороны от объекта.

Устройство свайного поля с большой степенью вероятности могло так же повлиять на общее поднятие грунтовых вод.

При обследовании установлено, что присутствуют признаки неравномерных осадок фундаментов. При вскрытии фундаментов обнаружены следующие дефекты и повреждения:

- кладка участка подземной части стены (наружная верста) выполнена без перевязки со стеной (рисунок 3);
- разрушение кирпичной кладки на глубину до 50 мм (рисунок 3).

Техническое состояние фундаментов оценивается категорией **ограниченно-работоспособное**.

**Стены.** Стены здания выполнены из керамических полнотелых кирпичей с размерами 260-265 × 120-125 × 65-70. Толщина

## КОМПЛЕКС МЕР ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ «ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ»

наружных стен 700 мм (без снятия отделочного слоя), внутренних – 860 мм.

При обследовании стен обнаружены следующие дефекты и повреждения:

- две вертикальные трещины наибольшей шириной раскрытия 62 и 100 мм (рисунок 4), что обусловлено дополнительным нагружением участка стены устройством кирпичного фронтона;

- вертикальные трещины шириной раскрытия до 10 мм преимущественно расположенные в верхней части арочных проёмов (рисунок 5);

- трещины, указывающие на просадку участков стены шириной раскрытия до 18 мм, в том числе и со смещением из плоскости стены до 30 мм;

- разрушение кирпичной кладки стен в результате вымывания и размораживания на глубину до 30 мм (рисунок 6);

- произрастание поросли деревьев на стенах;

- скол участка стены на глубину до 0,5 м вероятно в результате ударного воздействия.

В **перегородках** обнаружены признаки замачивания внутренней поверхности стен, разрушение бетона стенового блока-перемычки с оголением и коррозией арматуры, обусловленные вымыванием и размораживанием бетона.

Техническое состояние стен здания и перегородок оценивается категорией **ограниченно-работоспособное**.

**Чердачные перекрытия.** Чердачные перекрытия – сборные балочные с дощатым настилом утеплённые. В качестве утеплителя использованы опилки толщиной до 150 мм.

При обследовании перекрытий обнаружены следующие дефекты и повреждения:

- прогиб балок перекрытия и дощатого настила не менее 100 мм обусловленный их разрушением в результате гниения деревянных элементов (рисунок 7);

- отсутствие огнебиозащитной пропитки деревянных элементов;

- недопустимое использование котельного шлака в качестве утеплителя. Низкая теплоэффективность материала, большая плотность материала и его неэкологичность.

Техническое состояние чердачных перекрытий и оценивается категорией – **аварийное**.

**Кровля.** Кровля – чердачная сложной конфигурации из двускатных и односкатного элементов. Стропильная система деревянная из стропил 0,13 × 0,23 (Н) м с шагом 1,3 м. Обрешётка с незначительным разрежением



Рисунок 4 – Фрагмент фасада с трещинами в стене шириной раскрытия до 5 мм



Рисунок 5 – Фрагмент помещения первого этажа (трещина в арочном проеме)



Рисунок 6 – Фрагмент фасада с разрушениями карниза и стены



Рисунок 7 – Фрагмент чердачного перекрытия

из необрезных досок толщиной 25 мм. Водоизоляционный слой выполнен из окрашенного листового кровельного железа с соединением листов одинарным фальцем и прикрепленным к обрешётке самонарезающими винтами с уплотнительными резиновыми шайбами.

Частично чердачное перекрытие выполнено из металлодеревянных ферм, по которым уложены деревянные прогоны из бруса и разреженная обрешётка из досок толщиной 25 мм.

При обследовании чердачного участка кровли обнаружены следующие дефекты и повреждения:

- разрушение в результате гниения опорных узлов металлодеревянных ферм, их деформация, потеря устойчивости и в целом и отдельных узлов. Для предотвращения обрушения ферм выполнено аварийное усиление нижнего пояса подпорками (рисунок 8);

- разрушение и частичное отсутствие элементов водоизоляционного слоя (рисунок 9);

- некачественное, негерметичное прикрытие водоизоляционного слоя из кровельной стали к вертикальным поверхностям (рисунок 9);

- произрастание поросли деревьев на кровле (рисунок 9).

**Покрытие** – железобетонные арочные двухпролётные, для компенсации горизонтальных перемещений в уровне опоры арочных сводов установлены затяжки из кованых стержней с шагом около 1,3 м. Плита по своду имеет различную толщину, в верхней части свода 90 мм, в нижней до 120 мм. Пароизоляция отсутствует.

Техническое состояние кровли оценивается категорией – **ограниченно-работоспособное**.

**Окна.** Окна помещений здания с деревянными переплётами и двойным остеклением, частично зашиты фанерой. Подоконные доски в кабинетах деревянные.

В части оконных проёмов оконные блоки демонтированы и заполнены кладкой из кирпича и газобетонных блоков.

При обследовании установлено, что:

- деревянные элементы оконных блоков и переплётов рассохлись, подвержены короблению;

- часть остекления отсутствует или разбито;

- отсутствуют подоконные сливы, стяжка на подоконной части частично растрескалась, имеет сколы.

Техническое состояние окон оценивается категорией - **неудовлетворительное**.

**Двери.** Входные двери деревянные утеплённые и металлические индивидуального заводского изготовления.

Ворота металлические утеплённые. При обследовании обнаружено, что деревянное заполнение каркаса полотен ворот рассохлось, притвор неплотный, нащельники частично отсутствуют.

Деревянные двери рассохлись, деформированы, имеют неплотный притвор. Металлические двери неутеплённые, имеют повреждения окрасочного слоя.

Техническое состояние дверей оценивается категорией – **неудовлетворительное**.

**Крыльца** как конструктивный элемент отсутствуют, вход осуществляется непосредственно с отмостки.

Прилегающая территория вокруг здания огорожена, имеет неровный рельеф с уклоном в сторону здания. Перепад рельефа по периметру здания составляет 1,38 м. Водоотвод от здания уклоном не обеспечен. По периметру здания выполнена бетонная отмостка шириной около 1,5 м.



Рисунок 8 – Фрагмент чердака (аварийное усиление подпорками, трещина в стене шириной раскрытия до 62 мм)



Рисунок 9 – Участок кровли (разрушение рулонной кровли, произрастание поросли)

## КОМПЛЕКС МЕР ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ «ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ»

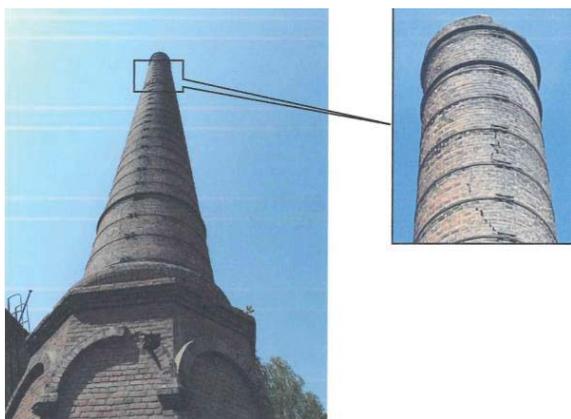


Рисунок 10 – Общий вид дымовой трубы

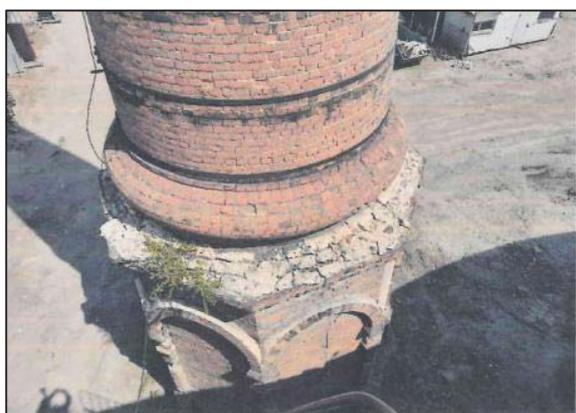


Рисунок 11 – База трубы

**Дымовая труба.** На территории здания, объект культурного наследия «Электростанция» расположена отдельно стоящая дымовая труба (рисунок 10). Труба возведена в 1918 году. Диаметр основания трубы около 6,2 м, высота относительно уровня земли 37,0 м.

Дымовая труба выполнена из полнотелого керамического кирпича на цементно-известковом растворе. Конструктивно, дымовая труба состоит из фундамента, базы колонны, архитектурно-декоративного элемента и ствола трубы.

**Ствол трубы стянут стальными хомутами по всей высоте с шагом около 1,1 м.**

При обследовании обнаружены следующие дефекты и повреждения:

- произрастание на карнизе трубы и в непосредственной близости от сооружения поросли дерева (рисунок 11);

- разрушение в результате вымывания и размораживания отдельных кирпичей кладки (рисунок 11);

- трещины в базе трубы шириной раскрытия до 15 мм (рисунок 11)

- сквозное отверстие с установкой временной металлической балки;

- разрушение отдельны кирпичей кладки на глубину до 80 мм (рисунок 10);

- разрушение верхних рядов кирпичной кладки трубы (рисунок 10).

Техническое состояние дымовой трубы оценивается категорией – **ограниченно-работоспособное**.

Выявленные в результате обследования дефекты и повреждения строительных конструкций, а также несоблюдение норм пожарной безопасности, влияющие на возможность дальнейшей эксплуатации здания начальной школы, вызваны, в основном, следующими причинами:

- изменение условий эксплуатации, в том числе гидрогеологические условия и отключение здания от отопительной системы;

- ненормативные изменения в первоначальный проект;

- некачественное выполнение работ по усилению;

- не исполнением норм и правил по эксплуатации здания в части своевременного выполнения мероприятий по восстановлению несущей способности и эксплуатационной надежности строительных конструкций здания.

Для приведения в нормативное состояние строительных конструкций здания необходимо выполнить следующее:

по фундаментам и их основанию:

- выполнить мероприятия по отведению грунтовых вод от здания, устройством дренажной системы по периметру с водоотведением от нею;

- осушить подвал;

- выполнить ремонт стен подвала и закладку проёмов, в которых отсутствует необходимость;

- выполнить усиление фундамента устройством монолитного железобетонного пояса в уровне низа ранее существующего цоколя;

- выполнить наружную гидроизоляцию стен фундаментов (например, гидрофобными составами проникающего действия).

по стенам:

- выполнить комплексное усиление стен: устройством стягивающего пояса в уровне существующего карниза здания, инъецирование трещин, ремонт отделочного слоя стен;

- восстановить повреждённые и демонтированные участки карнизов по перекрытию;

- выполнить ремонт перекрытия: восстановить сколы на железобетонных рамах, пропитать отдельные участки укрепляющими составами.

по чердачным перекрытиям:

- полная замена

по чердачным участкам кровли:

- полная замена конструкций чердачной кровли;

- приведение в первоначальное состояние геометрических характеристик кровли.

по сводчатым участкам покрытия (кровли)

- полная замена конструкций.

по окнам, дверям и воротам:

- полная замена.

по дымовой трубе:

- очистить трубу и прилегающую территорию от поросли деревьев;

- выполнить ремонт и восстановление кирпичной кладки;

- восстановить карниз над базой трубы;

- инъектировать трещины;

- выполнить натяжение стальных хомутов;

- усиление трубы дополнительным поясом в уровне базы трубы;

- выполнить отмостку по периметру трубы.

по прилегающей территории и отмостке:

- выполнить планировку территории до уровня низа первоначального цоколя с учётом водоотведения;

- выполнить отмостку по периметру здания и дымовой трубы шириной 1,5 м.

Данные мероприятия позволят обеспечить нормативное состояние конструкций объекта культурного наследия «Электростанция» и обеспечить его сохранность для будущих поколений.

Сохранение объектов культурного наследия необходимы для сохранения и передачи знаний и ценностей, связанных с прошлым, а также для развития образования, туризма и богатства человеческой культуры.

Это задача, требующая внимания и усилий со стороны общества, государства и международных организаций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния : дата введения 2014-01-01. – М. – Изд-во стандартов, 2014. – 43 с.

2. Классификатор основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов: дата введения 1993-11-17. – М. : Госархстройнадзор России, 1993. – 8 с.

3. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений : дата введения 2003-08-21. – М. : АО НИЦ «Строительство», 2014. – 25 с.

4. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. – М. : ЦНИИПРОМЗДАНИЙ, 2001г. – 101 с.

5. СП 13-101-99. Правила надзора, обследования, проведения технического обслуживания и ремонта промышленных дымовых труб и вентиляционных труб : дата введения 2000-01-01. – М. : Госстрой России, 2000. – 26 с.

**Красулина Ксения Андреевна** – студент группы СУЗ-81 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [kraska906@mail.ru](mailto:kraska906@mail.ru);

**Юрина Юлия Сергеевна** – студент группы СУЗ-81 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [silkeleds@gmail.com](mailto:silkeleds@gmail.com);

**Пантюшина Лариса Николаевна** – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [pantushinalarisa@mail.ru](mailto:pantushinalarisa@mail.ru);

**Вербицкая Елена Васильевна** – ассистент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [alenapantushina@mail.ru](mailto:alenapantushina@mail.ru).

## ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Р. А. Куликов, Е. И. Вяткина**

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

*Статья посвящена обзору способов сейсмозащиты фундаментов зданий и сооружений. Детально рассмотрены: системы с гибкой нижней частью несущей конструкции здания, системы с подвесными опорами, системы с кинематическими опорами, резинометаллические опоры, системы с повышенным демпфированием, системы с сейсмоизолирующими скользящими опорами и скользящими поясами, динамические гасители колебаний, комбинированные системы сейсмозащиты.*

**Ключевые слова:** опоры, демпфер, гасители, сейсмозащита фундаментов, скользящие пояса, динамические гасители.

Данный обзор выполнен в рамках магистерской работы, посвященной анализу особенностей проектирования фундаментов в районах с повышенной сейсмичностью. В ходе исследования были изучены различные методы сейсмозащиты зданий и сооружений, 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.

Фундамент является подводным или подземным элементом здания, который передает нагрузку от строения к грунту основания. Потеря несущей способности или устойчивости фундамента может привести к разрушению всего здания или сооружения. Из всего этого следует, что фундамент является наиболее важной частью любого строения, особенно в районах с повышенной сейсмичностью. Поэтому обеспечение надежной защиты и усиления фундаментов является критической задачей при строительстве в таких районах.

Один из наиболее перспективных методов повышения сейсмостойкости сооружений – это их сейсмоизоляция. Сейсмоизолирующие устройства могут быть составной частью конструкции или устанавливаться внешне к ней. Основной целью сейсмоизолирующих устройств является снижение энергии сейсмических волн, передаваемых в конструкцию. Благодаря сейсмозащите можно добиться существенного снижения сейсмического воздействия на верхнюю часть сооружения, расположенную выше фундамента, путем установки различных систем или эле-

ментов между этой частью сооружения и фундаментом.

Специалистами предложено несколько различных способов сейсмоизоляции сооружений. Относительно недавно проектирование зданий и сооружений в сейсмических районах развивалось только в двух направлениях, отвечающих двум основным принципам сейсмозащиты: пассивной и активной сейсмоизоляции. В настоящее время развивается еще один принцип – это метод сейсмических барьеров.

Принципы пассивной сейсмозащиты являются более традиционными, широко известными и направлены на усиление способности конструкции воспринимать дополнительные усилия, вызванные сейсмической активностью. Использование методов пассивной сейсмической защиты обусловлено тем, что они не изменяют характер работы и саму несущую систему защищаемого объекта.

Говоря об активной сейсмозащите, специалисты предлагают различные устройства и системы сейсмоизоляции, гасителей колебаний, которые способны поглотить энергию сейсмического процесса и обеспечить надежную защиту зданий от сил сейсмического воздействия. Системы активной сейсмозащиты классифицируются на несколько основных групп:

- 1) Использование сейсмоизоляции зданий, осуществляемой, как правило, в нижних этажах. В качестве сейсмоизолирующих устройств применяются резинометаллические опоры с низким или высоким демпфированием, а также опоры с сердечником из свинца и других материалов. Также применяются фрикционные скользящие опоры, способные скользить с трением при интенсивных воздействиях;

2) Использование демпфирующих устройств, которые позволяют поглощать энергию и устанавливаются в точках, наиболее подверженных сейсмическому воздействию;

3) Устройство динамических гасителей колебаний (ДГК) на верхних этажах высоких зданий, находящихся в эпицентральной зоне землетрясения. При преобладании вертикальных сейсмических сил установка ДГК на верхнем перекрытии может быть наиболее эффективным способом сейсмозащиты, превосходящим в своей эффективности сейсмоизоляцию фундамента, который защищает здание от горизонтальных сил. ДГК эффективен при гашении резонансных колебаний в гибких конструкциях с малым затуханием, и может значительно (в 5-10 раз) увеличить логарифмический декремент колебаний высоких, гибких зданий или сооружений;

4) Использование комбинированных методов для высотного строительства, включающих сочетание сейсмоизоляции в нижних этажах, демпферов различных конструкций вдоль высоты здания и установку ДГК наверху, чтобы устранить эффект отражения волн и уменьшить амплитуду резонансных колебаний.

Классификация систем активной сейсмозащиты представлена на рисунке 1.

Рассмотрим несколько примеров, демонстрирующих принципы сейсмоизоляции [3, 6].

**1. Системы с гибкой нижней частью несущей конструкции здания.**

Идея сейсмозащиты заключается в ис-

пользовании гибкого первого или подвального этажа, так как при землетрясениях здания с гибкой конструкцией реагируют на сейсмические воздействия меньше, чем здания с жесткой конструкцией примеры приведены на рисунке 2.

Преимущества и недостатки решений с гибким первым этажом следующие:

1) Нежелательно использование железобетонных систем, так как бетон подвержен разрушениям и колонны, пилоны, стены очень быстро становятся непригодными к использованию.

2) Рекомендуется использование стальных колонн [2, 5].

**2. Системы с подвесными опорами.**

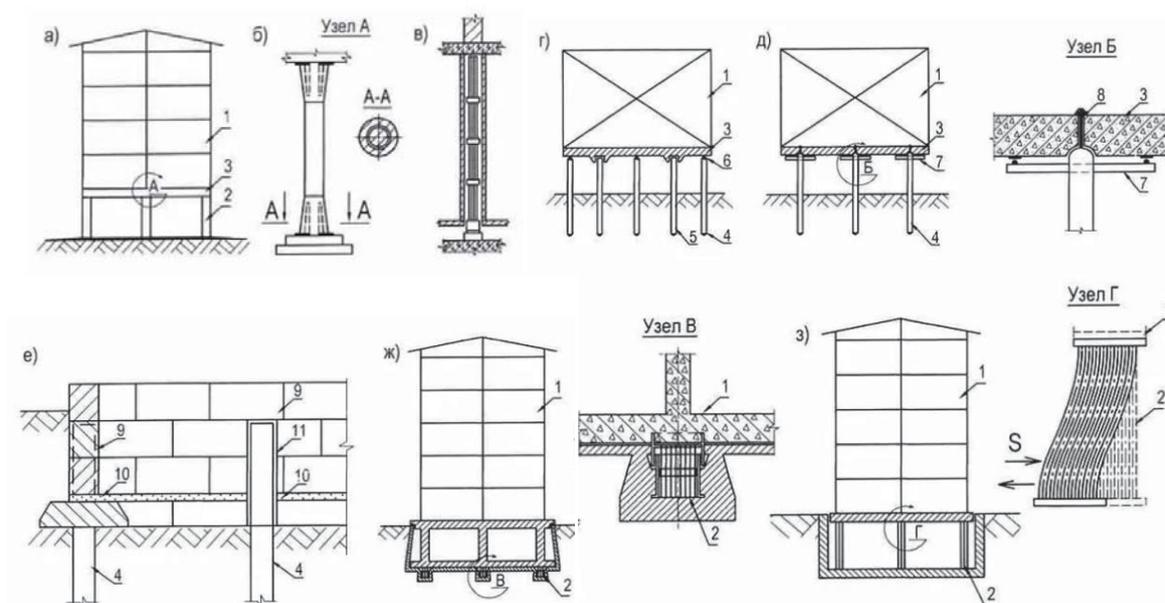
В 1960-х годах в Ашхабаде было возведено трехэтажное здание с сейсмозащитой системы Ф.Д. Зеленкова. В этой системе здание при помощи тяжей и пружин подвешивалось к вертикальным конструкциям монолитного фундамента. В отличие от других предположений, такая система должна была снижать горизонтальные и вертикальные колебания. Однако опыты туркменского института сейсмостойкого строительства не смогли подтвердить предполагаемую высокую степень сокращения колебаний здания, указав на сравнительно большую жесткость конструкции.

Схожая конструкция была использована в Испании. Фундамент этой конструкции (рисунок 3) представляет собой бетонный колодец, к верхней плите которого подвешена



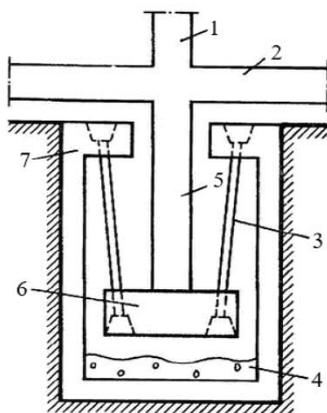
Рисунок 1 – Классификация систем активной сейсмозащиты

## ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ



1 – строительный объект, 2 – гибкие опоры, 3 – обвязочная балка (ростверк). 4 – основные сваи, 5 – сваи-ограничители, 6 – шарнирный узел, 7 – ограничитель угла поворота сваи, 8 – тяги обжатия, 9 – блоки ленточного фундамента, 10 – деформационный шов, 11 – конструктивный зазор

Рисунок 2 – Системы активной сейсмозащиты с «гибкой нижней частью». С «гибким первым этажом» вариант: а) железобетонные опоры, б) по а.с. СССР № 510577, д) по патенту Японии № 7663/77. Со свайным фундаментом варианты: г) по а.с. СССР № 1161662, д) по а.с. СССР № 540970, е) «ленточный фундамент» по а.с. СССР № 522307. С «гибким подвалом», вариант по патенту Японии: ж) № 41845/72, з) № 43029/74 (все М. кл. E 01 d27/34 и h9/02)



1 – колонна; 2 – ростверк; 3 – преднапряженный железобетонный тяж; 4 – слой песка; 5 – опора под колонну; 6 – плита под опорой; 7 – верхняя плита колодца

Рисунок 3 – Сейсмоизолирующий фундамент с подвесными опорами

железобетонная штата на наклонных преднапряженных четырех тяжах. На эту плиту установлены железобетонные опоры, расположенные под колоннами здания и объединенные железобетонным ростверком. Две эти конструкции дорогие и сложно осуществляемые. Стоимость сейсмоизоляции системы Ф.Д. Зеленкова составила 24% от общих затрат на возведение здания или сооружения. Вместе с этим, стальные пружины находятся

в постоянном напряжении, из-за этого здание особенно чувствительно к любым динамическим нагрузкам. Поэтому нецелесообразно рекомендовать такой тип сейсмоизоляции для использования в сейсмостойком строительстве.

К этой же группе систем сейсмоизоляции можно также отнести здания с подвешенными этажами, которые широко используются в практике сейсмостойкого строительства за рубежом. Преимущества таких зданий включают увеличение полезной площади помещений, меньшую чувствительность к неравномерным осадкам фундаментов и уменьшение объемов работ по строительству фундамента. Однако недостатки таких систем остаются теми же, что и для систем с подвесными опорами, которые были упомянуты ранее. Одним из возможных путей улучшения системы сейсмоизоляции с подвешенными этажами и повышения ее надежности является применение в перекрытиях узлов сухого трения [5, 6].

### 3. Системы с кинематическими опорами.

Сейсмоизолирующие кинематические фундаменты отличаются от других систем сейсмоизоляции тем, что они используют подвижные элементы между верхней и нижней

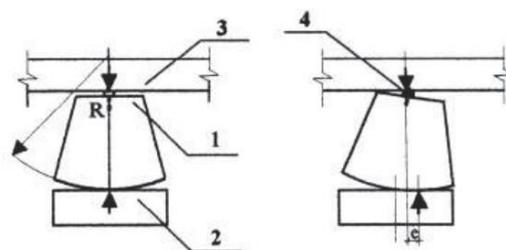
частью здания для сейсмоизоляции. Кинематические фундаменты (КФ) представляют собой механические устройства, использующие эффекты качения, скольжения и трения в разных комбинациях (рисунки 4, 5).

Примерами сейсмоизолирующих фундаментов типа кинематических могут служить опоры В.В. Назина, Т.Ж. Жунусова, Ю.Д. Черепинского, А.М. Курзанова, Н.Н. Складнева и другие. Система сейсмоизоляции, предложенная В.В. Назиним, состоит из фундамента, воспринимающего движение грунта при землетрясении, и эллипсоидов вращения, расположенных на фундаменте. Для предотвращения слишком больших колебаний надфундаментной части здания в момент сильного землетрясения, стойки-сфероиды применяются совместно с демпфирующими устройствами, включающимися связями, упорами-ограничителями.

В минусах этой системы можно отметить большие трудозатраты, цену стоек со сферическими торцами и высокопрочными контактными поверхностями, требующими высокой точности изготовления. Кроме того, при наклонах стоек возникают значительные местные напряжения, для восприятия которых необходима дополнительная арматура, что увеличивает расход стали. Все это, а также требования к высокой точности при монтаже, приводят к значительному увеличению стоимости конструкций.

Требуют внимания сборные сейсмоизолирующие опоры (СО). Они включают опорный блок, стакан, стойку, ростверк и плиту-демпфер. Эти опоры спроектированы так, чтобы при сильном сейсмическом воздействии, т.е. превышающем расчетные показатели, стойка разрушается при соударении с внутренней стенкой стакана. В таком случае, при потере устойчивости стойки, ростверк и здание опускаются на опорный блок и СО становится обычным фундаментным блоком.

В практике сейсмостойкого строительства редко используются опоры качения (рисунок 6) в качестве средства сейсмоизоляции зданий из-за ограниченного изучения их поведения при сейсмических воздействиях, особенно при воздействиях с длительными периодами более 1 секунды. В таких условиях здание с опорами качения может испытывать значительные смещения, что может привести к потере устойчивости и полному обрушению. Поэтому данная система сейсмоизоляции может быть использована только в районах, где прогнозируются высокочастотные землетрясения, а низкочастотные землетрясения исключены.



1 – КФ; 2 – опорная плита; 3 – ростверк; 4 – шарнирное соединение

Рисунок 4 – Конструктивная схема КФ

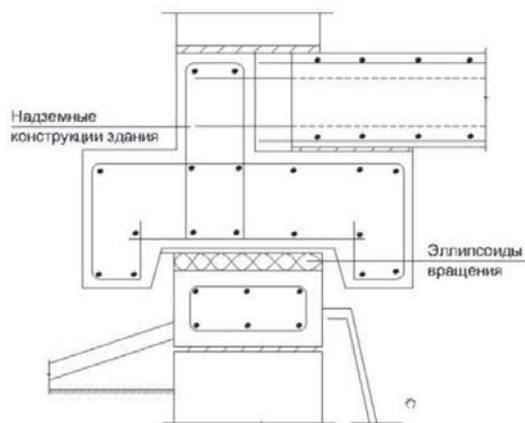
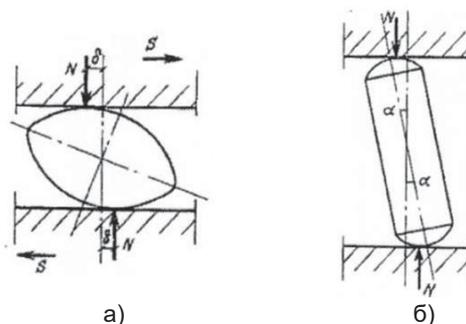
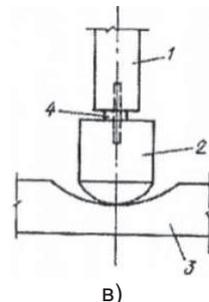


Рисунок 5 – Сейсмоизоляционное устройство гравитационного типа



а)

б)



в)

1 – колонна; 2 – подколеник; 3 – опорная плита; 4 – центрирующая шайба

Рисунок 6 – Кинематические опоры, используемые для сейсмоизоляции зданий: а – эллипсоиды вращения; б – стойка со сферическими поверхностями торцов; в – опора конструкции Ю.Д. Черепинского

## ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В остальных случаях использование опор качения может осуществляться только с дополнительными средствами сейсмозащиты.

Более экономичной и простой в монтаже системой сейсмоизоляции является система с кинематическими опорами по проекту Ю.Д. Черепинского (рисунок 6, в).

Основание опор, имеющее выпуклую сферическую поверхность, размещается в соответствующих выемках опорной плиты фундамента, а верхнее основание опор и колонны соединяются шарнирно с помощью центрирующей шайбы.

Преимущества и недостатки кинематической опоры Ю.Д. Черепинского:

1) защита от горизонтальных толчков и кручения;

2) отсутствие защиты от вертикальных нагрузок;

3) точечное опирание на опорные конструкции фундаментов, возможно разрушение бетона при вертикальных толчках;

4) необходима эффективная защита от коррозии при использовании опор из металла в грунтовых условиях с высоким уровнем грунтовых вод;

5) сомнительная надежность шарнирного узла при сейсмических воздействиях и кручении;

6) ограничение возможности объединения конструкций с кинематическими опорами в единый ростерк, особенно при больших пролетах одноэтажных зданий;

7) проблемы с колебаниями от ветровых нагрузок в районах с сильными ветрами, особенно для многоэтажных зданий;

8) возможное резкое раскачивание здания при землетрясениях без соответствующих мероприятий;

9) необходимость проведения расчетов только специализированными организациями, что затрудняет их массовое внедрение [1, 6].

### 4. Резинометаллические опоры.

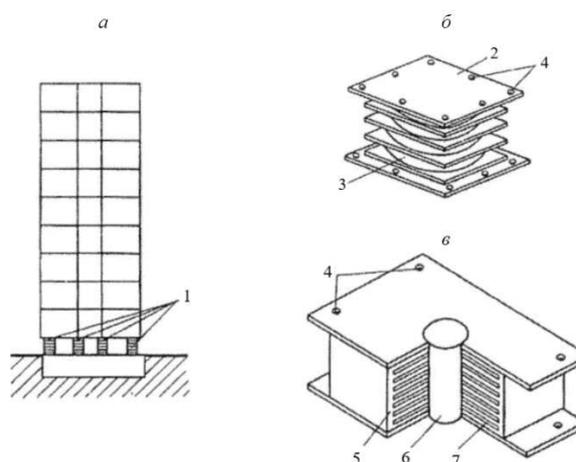
Еще к одному типу сейсмоизоляции относят резинометаллические опоры (РМО) (рисунок 7). На сегодняшний день РМО являются востребованными за рубежом. У РМО отсутствуют недостатки, свойственные кинематическим фундаментам, и применение их при правильном подборе параметров системы сейсмоизоляции достаточно эффективно.

Слоистые опоры РМО (рисунок 8, б) состоят из чередующихся листов полимера и стальных листов. Чтобы избежать чрезмерную осадку зданий под нагрузкой от собственного веса, опоры выполняют жесткими в

вертикальной плоскости. В то же время они обладают малой жесткостью в горизонтальной плоскости (в 100 раз меньше ее жесткости в вертикальной плоскости), чтобы обеспечить возможность упругого бокового перемещения. Это означает, что опоры могут выдерживать большие нагрузки и сохранять свои свойства в течение долгого времени. Это особенно важно при строительстве зданий и сооружений, где опоры играют ключевую роль в поддержке и стабилизации конструкции. Благодаря высокой прочности и долговечности, опоры из полимеров могут быть эффективной и надежной альтернативой традиционным материалам, таким как сталь или бетон. Они также могут быть легко установлены и обслуживаемы, что делает их привлекательным выбором для различных инженерных проектов.



Рисунок 7 – Резинометаллическая опора



1 – опоры; 2 – стальная плита; 3 – слой полимера; 4 – анкерные болты; 5 – резина; 6 – свинец; 7 – сталь

Рисунок 8 – Сейсмоизоляция здания с помощью резинометаллических опор: а – схема установки опор; б, в – схемы конструкций опор

Считается, что в настоящее время эта система сейсмоизоляции наиболее экономичная. Однако в некоторых случаях возможно разрушение свинцового сердечника. В связи с этим ведется поиск заменяющего свинец материала для изготовления сердечников, например, проводились исследования с применением песка.

Устройство системы сейсмоизоляции с помощью резинометаллических опор не требует применения специальных конструкций зданий, однако предусматривает выполнение определенных правил при проектировании.

Опоры устанавливаются под колоннами или в местах пересечения несущих стен. В случае отсутствия подземных этажей, резинометаллические опоры устанавливаются на отдельно стоящие фундаментные плиты. Во время возможного землетрясения постоянное расстояние между ними обеспечивается жесткими соединительными фундаментными балками. Если же подземный этаж имеется, опоры размещаются на капители колонн подземной части здания, соединенные между собой жесткими фундаментными блоками (рисунки 8, а).

Для ограничения горизонтальных и вертикальных перемещений резинометаллических опор при землетрясении используют железобетонные ограничители, закрепленные в фундаменте и установленные рядом с опорами. Ограничители способны воспринимать полную статическую нагрузку на здание. Рекомендуемый зазор между верхним обрезом ограничителя и нижней поверхностью плиты перекрытия составляет 15 мм. Расстояние между опорой и ограничителем должно быть меньше максимального расчетного перемещения здания. Количество устанавливаемых сейсмоизолирующих опор под одним несущим элементом может варьировать от одной до четырех в зависимости от места их установки [4, 6].

Для обеспечения надежной сейсмической защиты необходимо сочетать данное решение с другими методами сейсмозащиты, особенно при использовании зданий с гибким первым этажом. Срок эксплуатации опор (даже при использовании неопрена) составляет примерно 50 лет.

Основные преимущества и недостатки сейсмозащитных решений с резинометаллическими опорами. Учитывая высокие сейсмоизолирующие свойства таких опор и положительный опыт их использования в различных странах, можно предположить, что они будут широко применяться в системах сейсмоизоляции зданий. Существенными недостатками

этих систем является достаточно высокая сложность производства таких опор с точки зрения технологии строительства, большое количество опор, необходимых для поддержки одного здания, а также повышенную чувствительность системы «здание – опоры» к низкочастотным воздействиям, что может вызывать увеличенный дискомфорт при использовании здания из-за воздействия ветровых нагрузок [4].

#### **5. Системы с повышенным демпфированием.**

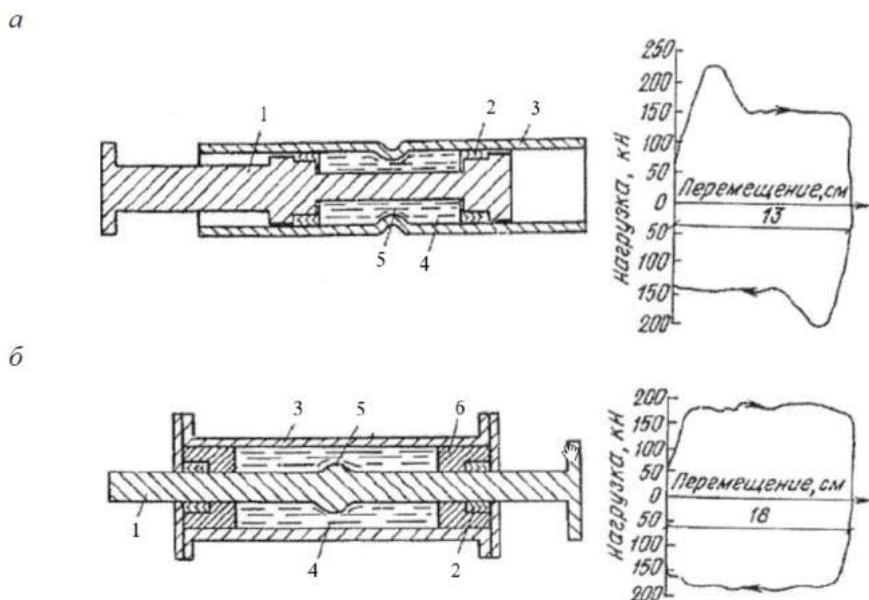
Еще одним способом активной сейсмозащиты является создание системы с повышенным демпфированием в несущих конструкциях. Чем выше уровень затухания в основной конструкции, тем меньше будет реакция системы при одном и том же воздействии.

Использование вязких демпферов является самым простым и эффективным способом снижения амплитуды колебаний здания во время землетрясения. Демпферы состоят из цилиндрического корпуса, заполненного вязкой жидкостью, с поршнем внутри. При движении колеблющейся конструкции, к которой прикреплен демпфер, энергия рассеивается через движение поршня как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Однако такие демпферы требуют периодической проверки при эксплуатации и пока не получили широкого применения в сейсмостойком строительстве.

В настоящее время активно развивается использование специальных устройств, таких как энергопоглотители. Они способны поглощать энергию сейсмических воздействий за счет неупругих деформаций материалов конструкций. Поглотители могут быть размещены в узлах конструкции, где наиболее вероятны пластические деформации. Преимуществом таких поглотителей являются их небольшие размеры, использование в зданиях различных конструктивных схем. Также достаточно легко их можно заменить в случае необходимости.

Основным элементом таких поглотителей могут служить стальные балки (рисунок 9), способные поглощать большое количество энергии при пластических деформациях. Однако их эффективная работа ограничена определенным количеством циклов, от 70 до нескольких сотен, и временем службы, срок ограничивается одним, двумя землетрясениями.

На рисунке 9 показаны конструкции двух типов экстрозионных поглотителей энергии.



1 – поршень; 2 – уплотнение; 3 – цилиндр; 4 – свинец; 5 – экструзионное отверстие; 6 – вкладыш

Рисунок 9 – Поглотители колебаний I (а) и II (б) типа и их диаграммы «нагрузка – перемещение»



Рисунок 10 – Сейсмоизолирующий фундамент фирмы Spie Botignolle

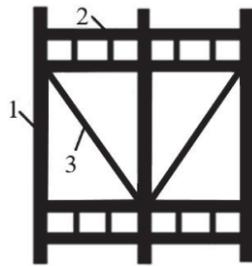
Поглотитель первого типа представляет собой цилиндр с толстыми стенками, внутри которого находятся два поршня, соединенных стержнем. В центре цилиндра имеется местное сужение сечения. Пространство между поршнями и стенками цилиндра заполнено свинцом. При колебаниях конструкции, к которой подключен данный поглотитель, свинец протягивается через экструзионное отверстие, образованное стенками цилиндра в суженном сечении, а также стержнем. Поскольку этот процесс связан с пластическими деформациями, энергия постепенно рассеивается по мере продвижения поршня в цилиндре.

Поглотитель второго типа отличается от поглотителя первого типа по своей конструкции. Вместо плоской поверхности, он состоит из цилиндра с гладкими стенками, а движущийся стержень имеет утолщение в средней

части. Благодаря этим особенностям, поглотитель второго типа обладает более высоким коэффициентом полезного действия. Таким образом, он является более эффективным в поглощении энергии.

В сфере строительства зданий сейсмостойкость может быть достигнута не только с помощью упругопластических систем, но также с использованием упруго-фрикционных систем. Суть последних заключается в создании зон в конструкции здания, где при достижении определенной деформации элементов происходит их взаимное проскальзывание при сухом трении (рисунки 10-11).

Предусматривается установка значительного количества элементов сухого трения по всему зданию. Также возможны варианты, в которых демпферы сухого трения будут сосредоточены в нескольких местах,



1 – колонна; 2 – поэтажная ферма Виренделя; 3 – диагональная связь с фрикционным демпфером

Рисунок 11 – Фрагмент каркаса здания

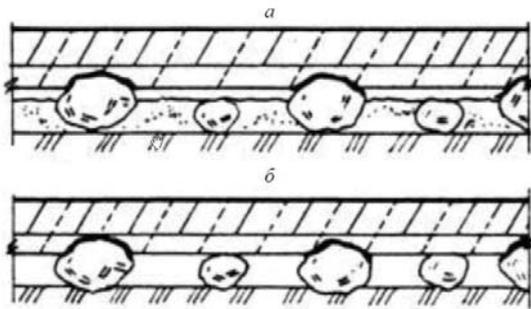
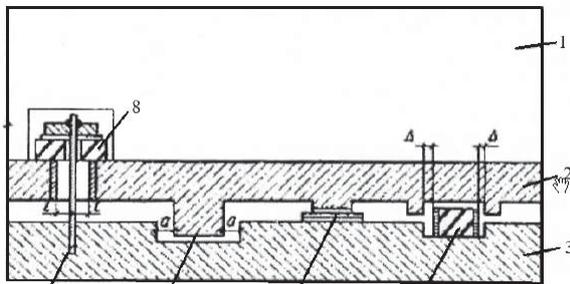


Рисунок 12 – Поперечный разрез сейсмостойкого фундамента до осадки здания (а) и после ее стабилизации (б)



1 – надземные конструкции здания; 2 – ростверк; 3 – верхняя обвязка фундаментов; 4 – упругий ограничитель горизонтальных перемещений (демпфер); 5 – скользящая опора; 6 – жесткий ограничитель (упор); 7 – ограничитель вертикальных перемещений (вертикальная связь); 8 – вертикальный амортизатор

Рисунок 13 – Схема элементов сейсмоизолирующего скользящего пояса

обычно на первом этаже здания. Данный тип демпферов может использоваться в системах сейсмоизоляции в зданиях с первым гибким этажом, высоким свайным ростверком и кинематическими фундаментами.

Недостатком всех решений является нестабильность демпфирующих характеристик и возможность их изменения в процессе эксплуатации здания [2, 6].

## 6. Системы с сейсмоизолирующими скользящими опорами и скользящими поясами.

Существует также метод использования систем скользящих опор и поясов для снижения горизонтальных нагрузок на конструкции здания. Это достигается путем проскальзывания надземных конструкций относительно фундамента, при котором часть энергии, передаваемой в сооружение, затрачивается на преодоление сил трения скольжения (рисунок 12). Однако этот метод имеет некоторые недостатки, такие как возможность остаточного перемещения надземной части здания

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко совместно с Бишкекским политехническим институтом (БПИ) разработали и применили систему скользящих опор для сейсмоизоляции зданий. Скользящий пояс, предложенный сотрудниками БПИ, состоит из опор с пластинами из материалов с низким коэффициентом трения-скольжения. Несколько зданий с использованием такого пояса были построены в Бишкеке и протестированы, что подтвердило эффективность сейсмозащиты [3].

Конструкция сейсмоизолирующего скользящего пояса, состоит из ряда опор, размещенных между фундаментом здания и надземными конструкциями, в зонах пересечения продольных и поперечных стен. Каждая опора включает две пластины – из нержавеющей стали и фторопласта-4 (рисунок 13).

Основные преимущества и недостатки различных решений сейсмозащиты следующие:

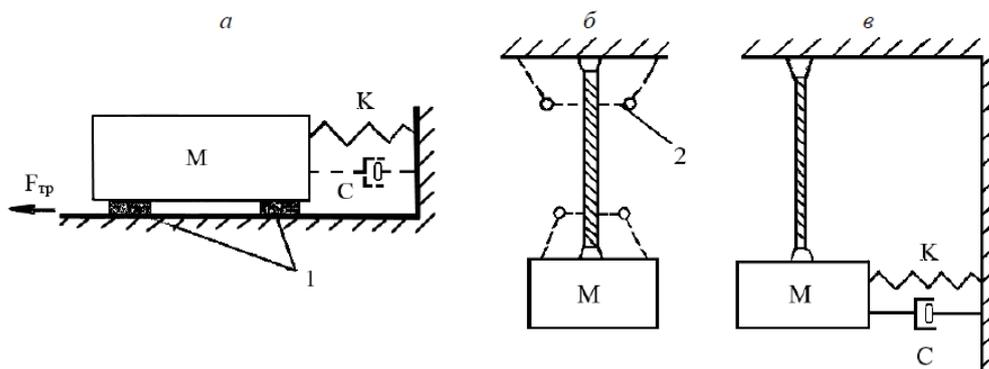
1) Система сейсмоизоляции с использованием скользящих опор может успешно применяться для зданий с жесткой конструктивной схемой. Одним из преимуществ такой системы является то, что она не требует создания дополнительных сложных узлов и может быть выполнена как на заводе, так и на строительной площадке.

2) При низкой сейсмической активности здания функционируют как обычные сооружения с жесткой кинематической связью между фундаментом и вышележащими конструкциями.

3) Система сейсмоизоляции обеспечивает наибольшее понижение сейсмических нагрузок при воздействиях, близких к максимальным.

4) За счет скольжения опор горизонтальные сейсмические воздействия снижаются, в то время как энергия рассеивается через трения скольжения.

Однако возникают сомнения относительно надежности возврата опор в исходное положение. Надежность возврата фундаментов и здания в целом значительно ниже, чем



1 – скользящая опора; 2 – промежуточная опора

Рисунок 14 – Схемы динамических гасителей колебаний: а – пружинный; б – маятниковый; в – комбинированный

при использовании других методов сейсмозащиты [6].

### 7. Динамические гасители колебаний

Гасители колебаний – это специальные устройства, применяемые для понижения уровня вибраций здания или сооружения. При работе гасителя энергия колебаний здания или сооружения передается гасителю, который благодаря этому колеблется с повышенной амплитудой.

Гаситель (рисунок 14), который используется для снижения сейсмической нагрузки на здания, является динамическим и состоит из нескольких компонентов. Он включает в себя жесткий элемент или блок, упругие связи между гасителем и конструкцией здания, а также демпфирующие элементы, размещаемые параллельно упругим связям. Если основной период колебаний здания совпадает с одним из основных периодов сейсмического воздействия, то масса гасителя начинает колебаться с гораздо большей амплитудой, чем само здание. Происходящие при этом упругие и диссипативные силы в элементах гасителя уменьшают амплитуды колебаний здания.

В зависимости от способа конструктивного выполнения упругой связи, динамические гасители делятся на три категории: маятниковые, комбинированные и пружинные. Пружинный гаситель (рисунок 14, а) состоит из массивного блока, который опирается на перекрытие здания через скользящие опоры (пластины с низким коэффициентом трения), а также стальных пружин, расположенных между блоком и несущими конструкциями здания или специальными упорами. Необходимое затухание достигается благодаря трению в скользящих опорах, которое возникает при относительных перемещениях гасителя. В результате расчета, при необходимости, к

пружинам могут добавляться вязкие демпферы.

Маятниковый гаситель (рисунок 14, б) состоит из блока, подвешенного на жестких тросах, которые закреплены в точках подвеса. Частота собственных колебаний маятникового гасителя может быть изменена путем регулировки длины тросов, а затухание достигается благодаря внутреннему трению, которое возникает при изгибных деформациях верхней части тросов во время колебаний гасителя. При необходимости, затухание гасителя может быть увеличено с помощью создания дополнительных опор в верхней и нижней частях троса.

Комбинированный гаситель (рисунок 14, в) состоит из блока, прикрепленного к несущим конструкциям здания с помощью гибких подвесок и стальных пружин. Частота собственных колебаний комбинированного гасителя может быть отрегулирована путем изменения жесткости стальных пружин. Для достижения требуемого уровня затухания, в систему работы гасителя вводятся вязкие демпферы.

Применение динамических гасителей колебаний в сейсмических районах оправдано, как для снижения расчетных сейсмических нагрузок на здания, так и для повышения надежности особо ответственных сооружений. При этом использование гасителей не снижает расчетные нагрузки на эти здания. Для зданий с металлическим каркасом можно снизить расчетную горизонтальную сейсмическую нагрузку на 1 балл, а для зданий с железобетонным каркасом – на 0,5 балла.

Кроме того, применение гасителей для высоких зданий в сейсмических районах оправдано тем, что они способны снизить реакцию на сейсмическое воздействие и ветровую нагрузку одновременно. Также установка

динамического гасителя на перекрытии здания может предотвратить разрушение верхних этажей при землетрясении, когда они подвержены значительным перемещениям, ускорениям и разрушениям под воздействием падающей и отраженной волны.

Основными преимуществами и недостатками динамических гасителей являются:

1) Возможность использования как самостоятельной системы сейсмозащиты, так и в сочетании с другими системами активной сейсмозащиты.

2) Относительная сложность конструкций гасителей колебаний и необходимость индивидуальной настройки для каждого здания, что делает их применение нецелесообразным для массового строительства.

3) Ограниченная применимость в массовом строительстве из-за изменчивости сейсмических воздействий и возможности разрушений отдельных элементов конструкции.

4) Трудности в массовой реализации маятников и объемов с водой, а также бассейнов на верхних этажах из-за их сложности [6].

#### **8. Комбинированные системы сейсмозащиты.**

Ранее рассмотренные системы активной сейсмозащиты повышают надежность функционирования различных систем несущих конструкций зданий в случае землетрясений и улучшают их технико-экономические показатели. Однако наибольшая эффективность достигается при использовании комбинированных решений, которые объединяют преимущества различных систем в рамках одного конструктивного решения. Такой подход позволяет снизить сейсмические нагрузки, материалоемкость и сметную стоимость зданий, а также унифицировать проектные решения и повысить надежность работы и комфорт для жителей и работников.

Большинство систем активной сейсмозащиты используют сочетания различных методов сейсмоизоляции. Например, в зданиях со скользящим поясом используются упругие и жесткие ограничители, демпферы и аморти-

заторы, которые являются связями и энергопоглотителями. В систему динамического гасителя вводятся демпферы вязкого трения. Поэтому классификация комбинированных систем сейсмозащиты отдельно является условной [6].

**Вывод:** были рассмотрены виды сейсмоизоляции зданий и сооружений для разных типов фундаментов, преимущества и недостатки. Рассмотрены основные виды демпфирующих устройств.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. – Электронный фонд правовых и нормативных технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/550565571> (дата обращения: 25.01.2024).
2. СП 24.13330.2021. Свайные фундаменты [Электронный ресурс]. – URL: [https://sibgeo.pro/netcat\\_files/31/21/\\_24.13330.2021\\_2.02.03\\_85\\_.pdf\\_dnl15357.pdf](https://sibgeo.pro/netcat_files/31/21/_24.13330.2021_2.02.03_85_.pdf_dnl15357.pdf) (дата обращения: 25.01.2024).
3. Измайлов, Ю. В. Сейсмостойкие монолитные здания / Ю. В. Измайлов. – Кишинев : Картя Молдовеняскэ, 1989. – 290 с.
4. Поляков, В. С. Современные методы сейсмозащиты зданий / В. С. Поляков, Л. Ш. Килишкин, А. В. Черкашин. – М. : Стройиздат, 1989. – 320 с.
5. Поляков, С. В. Сейсмостойкие конструкции зданий: учебное пособие для вузов / С. В. Поляков. – 2-е изд. – М. : Высшая школа, 1983. – 304 с.
6. Прикладные задачи сейсмодинамики сооружений / Рашидов Т.Р. [и др.]. – Ташкент : Navro'z, 2019. – 268 с.

*Куликов Роман Артемович – студент группы 8Спас-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [kulikowroma@mail.ru](mailto:kulikowroma@mail.ru);*

*Вяткина Елена Ивановна – к.г.-м.н, доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [eI240943@mail.ru](mailto:eI240943@mail.ru).*

## ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИНИ-ТЭЦ ПРЕДПРИЯТИЯ «КОНТИ»

**В. В. Логвиненко, Д. А. Вязигин**

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

*Рассмотрены вопросы обоснования параметров мини-ТЭЦ предприятия «Конти», выбранны по нагрузке газопоршневые агрегаты АГ-100С-Т400-Р ЯМЗ и АГ-200С-Т400-Р ЯМЗ, рассчитаны тарифы на электрическую и тепловую энергии мини-ТЭЦ.*

**Ключевые слова:** котельная «Конти», газопоршневая мини-ТЭЦ, агрегаты АГ-100С-Т400-Р ЯМЗ, АГ-200С-Т400-Р ЯМЗ, характеристики электрических и тепловых агрегатов, нагрузки по выработке электроэнергии и теплоты, тарифы на электрическую и тепловую энергию мини-ТЭЦ.

Задача сокращения постоянных затрат на продукцию является актуальной для современных предприятий. Предприятие «Конти» города Барнаула занимается выпуском мешков для сыпучих материалов и является важным звеном для мукомольной и пищевой промышленности. Предприятия имеет водогрейную котельную на природном газе, которая обеспечивает отопительную и технологическую нагрузку. Эксплуатацию котельной осуществляет предприятие «Конти». Поэтому тариф на тепловую энергию составляет на текущий момент от этой котельной 2500 рублей за Гкал. Электрическая энергия покупается по цене. В этих условиях становится рациональным установить две небольшие мини-ТЭЦ, которые будут вырабатывать тепловую энергию по более низкой цене, а кроме этого, так же по более низкой цене, и электрическую энергию. Задача данной статьи определить эффективность котельной с двумя мини-ТЭЦ, мощности которых определены исходя из тепловой нагрузки котельной в летний период, т.е. из технологической нагрузки производства.

Оптимизация параметров мини-ТЭЦ производилась с помощью программы, разработанной в Excel [1, 2]. На странице «Распределение капвложений» приведены данные по стоимости элементов мини-ТЭЦ мини-ТЭЦ на базе производимых ООО компаний «Дизель-Систем» (г. Ярославль) газопоршневых электростанций с двигателями ЯМЗ [3, 4]. В таблице 1 приведены стоимость элементов мини-ТЭЦ из двух агрегатов: АГ-100С-Т400-Р ЯМЗ, АГ-200С-Т400-Р ЯМЗ и соответственно с системами утилизации теплоты. Данные по стоимости взяты по [1].

Итого капитальные затраты на мини-ТЭЦ должны составить 14360 тыс. руб.

Технические характеристики агрегата АГ-100С-Т400-Р ЯМЗ приведены в таблице 2 [1].

Таким образом, электрические агрегаты АГ-100С-Т400-Р ЯМЗ, АГ-200С-Т400-Р ЯМЗ могут работать с удаленным мониторингом и управлением с возможностью работы в параллель с сетью и групповой параллельной работой в параллель с сетью.

В таблице 3 приведены характеристики тепловой части мини-ТЭЦ.

Как видно из таблицы, характеристики тепловой части мини-ТЭЦ в основном соответствуют в комплексе с водогрейными котлами обеспечению тепловой нагрузки предприятия «Конти».

На странице «Нагрузка» введены данные по месячной нагрузке оборудования котельной и мини-ТЭЦ. На рисунке 1 приведена работа оборудования по отопительной нагрузке по месяцам.

Как видно из рисунка, тепловая выработка мини-ТЭЦ составляет около половины нагрузки котельной, а именно 55%. Летом вся выработка тепловой энергии будет осуществляться на мини-ТЭЦ, котлы можно выводить в ремонт. При этом будет параллельно вырабатываться электроэнергия.

На рисунке 2 приведен план производства электрической энергии по месяцам на мини-ТЭЦ.

Как видно из рисунка 2, выработка электрической энергии мини-ТЭЦ составит около четверти потребления электрической энергии предприятием «Конти».

На странице «Конти» программы производятся все основные вычисления, включая движение денежных средств. На рисунке 3 приведены планируемые тарифы на электрическую энергию по годам до 2039 года.

Таблица 1 – Стоимость элементов мини-ТЭЦ «Конти», тыс. руб.

1.1. Проектирование и руководство проектом	240
1.2. Транспортные расходы	80
1.3. Налоги, сборы и пошлины	40
1.4. Разрешения	50
2.1. Генератор в сборе	250
2.2. Газопоршневые электроагрегаты	10000
3.1. Подвод воздуха к двигателю и вентиляция здания	40
3.2. Система выхлопа	30
3.3. Система охлаждения СУТ	2000
3.5. Система электропуска	6
3.6. Система питания газом,	100
3.8. Система подачи чистого масла	20
3.9. Система слива отработанного масла	2
3.10. Система подготовки и подачи сетевой воды	80
3.11. Система канализации и ливневых стоков	20
3.12. Противопожарная система	60
3.13. Материалы для монтажа	50
3.15. Система ХВО, хранения запаса воды внутреннего контура	30
3.16. Аварийное питание электростанции	55
4.2. Система низкого напряжения	100
4.3. Система управления	200
4.4. Другое электрическое оборудование	160
5.1. Подготовка строительной площадки	200
5.2. Бетонные работы	300
5.3. Здание электростанции	100
6.1. Пусконаладка	60
6.2. Обучение	10
6.3. Документация	20
6.4. Гарантия	5
6.5. Расходные материалы	0,6

Таблица 2 – Технические характеристики агрегата АГ-100С-Т400-3Р

№	Параметр	АГ-100С-Т400-3Р
1	Страна производитель	Россия
2	Электрическая мощность (номинальная мощность)	100 кВт (125 кВА)
3	Тепловая мощность	120 кВт (тепловой модуль ТМ.120 системы утилизации тепла СУТ – 800 м <sup>2</sup> )
4	Режим работы 24/7	Круглосуточно – в качестве основного автономного источника электроснабжения
5	Нагрузка на генератор (max / min)	Рекомендуемая нагрузка min не менее 25-30% от номинальной мощности ГПУ
6	Двигатель газовый ЯМЗ	ЯМЗ-238.Г (первичный двигатель ЯМЗ-238М2, ПАО «Автодизель», г. Ярославль)
7	Генератор синхронный	LeROY Somer Франция (или аналог)
8	Расход газа ГПУ-100	30 м <sup>3</sup> /ч (расход газа при номинальной мощности 0,3 м <sup>3</sup> /ч × 1 кВт)
9	Давление газа (min / max)	5-580 кПа
10	Регулятор оборотов	Электронный регулятор частоты вращения двигателя
11	Исполнение открытое	В открытом исполнении на раме (габариты на раме 3000×1200×1850 мм, вес 2700 кг)
12	Системы параллельной работы (синхронизация)	С возможностью одиночной работой в параллель с сетью и групповой параллельной работой в параллель с сетью
13	Удаленный мониторинг	Система удаленного мониторинга и управления – Интерфейсный модуль RS-485/232
14	Контроль уровня масла	Система автоматического контроля уровня масла в картере двигателя
15	Цена	4500000

## ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИНИ-ТЭЦ ПРЕДПРИЯТИЯ «КОНТИ»

Таблица 3 – Характеристики тепловой части мини-ТЭЦ

№	Параметр	Тепловой модуль ТМ.250 (ГПУ-100)	
		Греющая сторона	Нагреваемая сторона
	ТМВГ.60	Греющая сторона	Нагреваемая сторона
1	Среда	Выхлопные газы	Вода
2	Расход	0,17 кг/с	5,5 м <sup>3</sup> /ч
3	Температура на входе, °С	450	70
4	Температура на выходе, °С	120	80
5	Потери давления	<0,25	<3
6	Мощность, м.в.ст.	60	
7	Максимальное рабочее давление, МПа	-	0,6
8	Давление срабатывания предохранительного клапана, МПа	-	1
9	Максимальная температура, °С	600	115

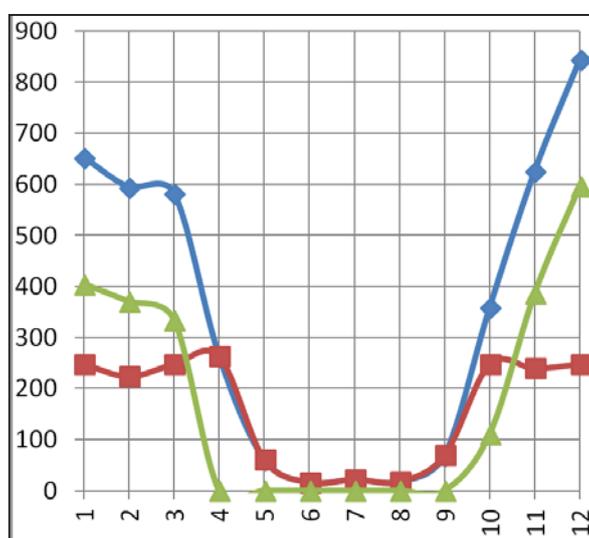


Рисунок 1 – Работа оборудования по отопительной нагрузке:  
красные данные – тепловая нагрузка от мини-ТЭЦ, Гкал; зеленые данные – нагрузка отопительных котлов;  
синие данные – общая нагрузка по теплоснабжению

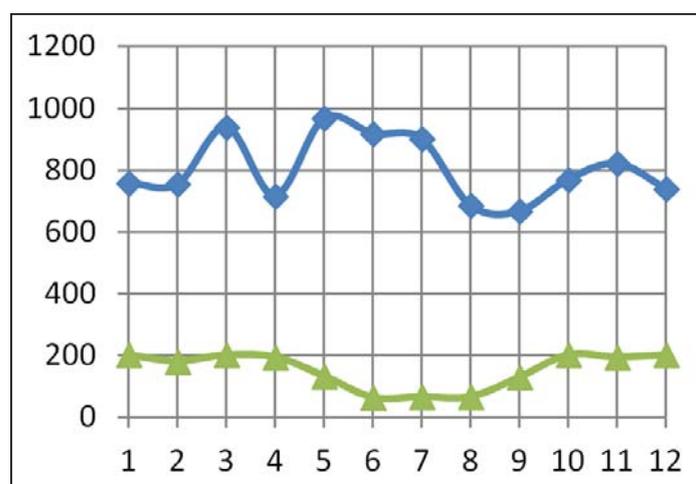


Рисунок 2 – Потребление электрической энергии по месяцам:  
синие данные – общее потребление электрической энергии тыс. Квт/час; зеленые данные – выработка электрической энергии мини-ТЭЦ

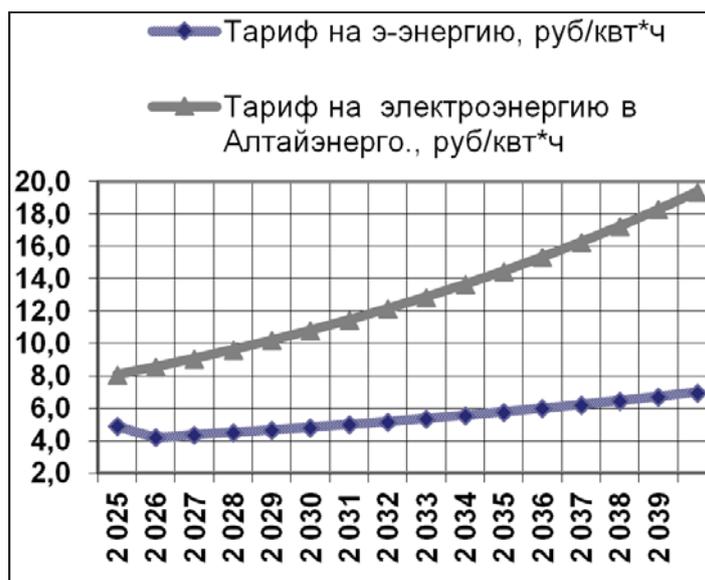


Рисунок 3 – Планируемые тарифы на электрическую энергию по годам до 2039 года

Как видно из рисунка, тариф на электроэнергию мини-ТЭЦ «Конти» значительно меньше тарифа Алтайэнерго, и это обеспечивает экономичную работу мини-ТЭЦ. В целом, проблемы возникают при экономических расчетах в настоящее время из-за резких изменений сейчас тарифов, ставок. Поэтому тарифы приведены при графике их изменения по годам в пределах от 15% до 5%.

#### Заключение

Рассмотрены вопросы обоснования параметров мини-ТЭЦ предприятия «Конти», выбраны по нагрузке газопоршневые агрегаты АГ-100С-Т400-Р ЯМЗ и АГ-200С-Т400-Р ЯМЗ.

Рассчитаны тарифы на электрическую и тепловую энергии мини-ТЭЦ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логвиненко, В. В. Обоснование выбора оборудования учебной установки «мини-ТЭЦ» малой мощности / В. В. Логвиненко // Ползуновский альманах. – 2016. – № 3. – С. 114-119.
2. Логвиненко, В. В. Варианты энергоснаб-

жения объектов в условиях чрезвычайных ситуаций на основе мобильных мини-ТЭЦ / В. В. Логвиненко // Ползуновский вестник. – № 1. – 2004. – С. 296-302.

3. Газопоршневые электростанции и дизельные генераторы от производителя ООО «Компания «Дизель-Систем»» [сайт]. – URL: <https://www.d-system.ru/> (дата обращения: 25.01.2024).

4. Газопоршневые электростанции компании «КАМА-Энергетика» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kama-e.ru/> (дата обращения: 25.01.2024).

**Логвиненко Владимир Васильевич** – к.т.н., доцент, и.о. заведующего кафедрой «Инженерные системы, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [logvinvv@mail.ru](mailto:logvinvv@mail.ru);

**Вязигин Дмитрий Анатольич** – студент группы 8С(з)-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [9132251234@mail.ru](mailto:9132251234@mail.ru).

## АНАЛИЗ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ПРИ УКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ

Т. Е. Лютова

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

В статье приведены в структурированном виде анализ и теоретические сведения об особенностях и возможностях грузозахватных приспособлений при монтаже и укладке трубопроводов монтажными кранами и кранами-трубоукладчиками, даны характеристики и рекомендации по применению грузозахватных устройств и приспособлений при укладке трубопроводов.

**Ключевые слова:** трубопровод, укладка трубопроводов, грузозахватные устройства и приспособления, кран-трубоукладчик.

Укладка трубопроводов, как в траншеи, так и на поверхности земли является очень важной отраслью строительства. Протяженность трубопроводов различных систем исчисляется тысячами километров, а диаметры трубопроводов различного назначения достигают до 700 мм и более. Во многих случаях укладка трубопроводов происходит в сложных как грунтовых, так и климатических условиях, требующих применения специальных машин, оборудования, грузозахватных устройств и приспособлений, специальной технологии и т.п. (рисунок 1).

Для ведения работ при строительстве трубопроводов монтажные краны и краны-трубоукладчики оснащают специальными грузозахватными рабочими органами. Строповка, обвязка и зацепка как одиночных труб, так и многосекционных трубопроводов для подъема, перемещения и опускания их на место укладки с применением кранов-трубоукладчиков производятся при помощи различных съемных грузозахватных приспособлений [1].

При выборе грузозахватных приспособлений вначале надо определить их тип в зависимости от вида функционального назначения, а затем, зная требуемую грузоподъемность, подбирать их соответствующие марки в зависимости от условий производства работ, геометрических размеров и массы груза

Применяемые для монтажных работ при укладке трубопроводов грузозахватные устройства и приспособления делятся на следующие основные группы и типы [2]:

- гибкие стропы (канатные, цепные, мягкие (текстильные) и типа «полотенце»);
- траверсы (балочные и рамные);

- захваты (торцовые, клещевые, фрикционные, эксцентриковые, вилочные, вакуумные и др.);

- троллейные подвески (рамные и роликокатные).

Стропы канатные состоят из гибких ветвей и захватов в виде петель или захватных органов, (рисунок 2).

Стропы канатные используются для фиксации труб на крюках грузоподъемных кранов и кранов-трубоукладчиков. Цепные стропы обладают большей гибкостью, но они более тяжелые, их цепи выдерживают давление гру-



Рисунок 1 – Технология укладки крупногабаритных многосекционных трубопроводов кранами-трубоукладчиками



Рисунок 2 – Стропы для укладки трубопроводов:  
а) текстильный, канатный, цепной;  
б) мягкий, типа «полотенце»

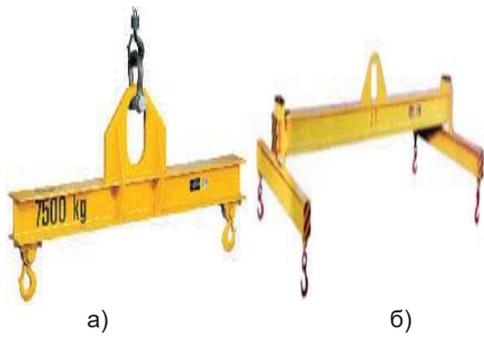


Рисунок 3 – Траверсы: а) балочная; б) рамная



Рисунок 4 – Укладка трубопровода с помощью балочной траверсы и мягких стропов

зов с заостренными частями и имеют более длительный срок эксплуатации. Однако при нарушении правил эксплуатации цепной строп может разрушиться из-за образования и быстрого раскрытия трещины звена цепи, поэтому необходим постоянный контроль состояния звеньев цепи.

Основными достоинствами текстильных (мягких) строп является сохранность груза, высокая стойкость к деформации самих строп, компактность и безопасность. Текстильные стропы легкие, гибкие, не деформируют груз, но повреждаются от порезов, открытого огня, сварочных работ и ультрафиолетового излучения. Мягкие текстильные стропы типа «полотенце» используются для подъемно-транспортных работ, выполняемых при монтаже трубопроводов различного назначения

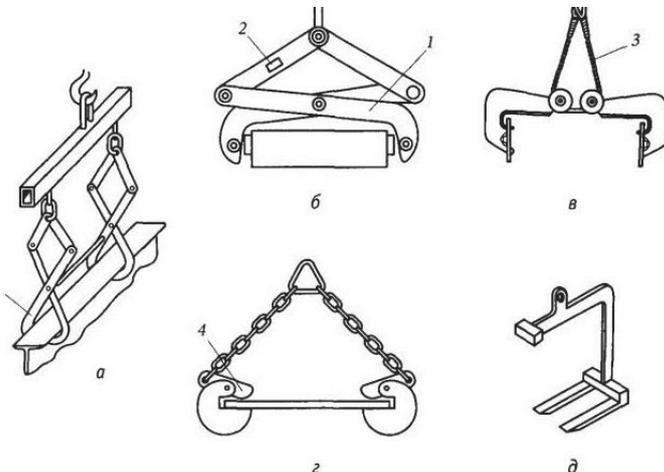
из стальных изолированных труб, они распределяют внешние усилия подъема равномерно на большую площадь, в результате чего изоляционное покрытие не повреждается.

На все стропы выдается технический паспорт, каждый строп снабжается информационной биркой, в техническом паспорте и на бирке указываются все их данные в соответствии с требованиями ГОСТ или РД.

Траверсы относятся к съемным грузозахватным приспособлениям для строповки, подъема и перемещения в пространстве к месту укладки различных длинномерных и крупногабаритных грузов и трубопроводов. Они позволяют осуществлять захват трубопроводов стропами в нескольких точках, что уменьшает внешние сжимающие усилия, возникающие при их подъеме. Траверсы имеют разную грузоподъемность, которая зависит от диаметра укладываемых трубопроводов. Грузоподъемность траверс составляет от 8 до 64 т, (рисунки 3, 4).

Захваты для строповки и перемещения трубопроводов как правило не имеют гибких строповочных элементов, но имеют возможность использования беспетельного подъема монтируемых трубопроводов. По конструкции и способу удержания грузов захваты подразделяются на механические, электромагнитные и вакуумные. С помощью различных механических захватов (рисунки 5, 6) трубопроводы удерживаются за счет фрикционного зацепления, зажима или подхвата за несущие части. Они наиболее широко применяются при укладке трубопроводов.

Электромагнитные захваты основаны на удерживании токопроводящих конструкций трубопроводов с помощью магнитного поля. Такие захваты используют преимущественно при погрузочно-разгрузочных работах листо-



а – клещевые рычажные на траверсе; б – фрикционный рычажный; в – фрикционный рычажно-канатный; г – эксцентриковый; д – вилочный; 1 – рычаг; 2 – клеймо; 3 – канат; 4 – эксцентрик

Рисунок 5 – Механические захваты

## АНАЛИЗ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ПРИ УКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ

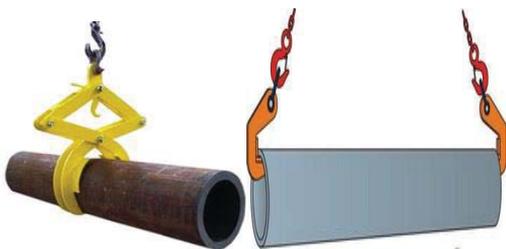


Рисунок 6 – Укладка трубопроводов с помощью клещевого и торцевого механических захватов

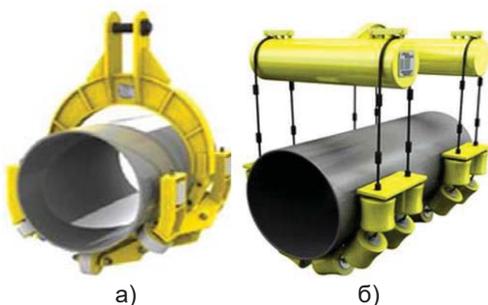


Рисунок 7 – Троллейные подвески: а) рамная, б) роликоткатная

вых и других металлоконструкций, а также иногда для подъема и перемещения металлических трубопроводов. Вакуумные захваты используют при подъеме тонкостенных конструкций, которые удерживаются за счет усилий, вызванных разрежением воздуха (вакуумом). Иногда эти захваты используются при работе с гладкостенными трубопроводами длиной до 4 м [3].

Троллейные подвески применяются для осуществления подъема и аккуратного перемещения в траншею труб разного диаметра и длины (рисунок 7). Наиболее широко они используются для подъема и укладки в траншею плети многосекционного трубопровода кранами-трубоукладчиками. Троллейные подвески, крепятся на грузовом крюке крана-трубоукладчика с помощью петель, состоят из подвесок и нескольких пар опорных катков (роликов), которые снижают внешнее удельное давление на трубу и исключают повреждение изоляционного покрытия трубопроводов. Они оборудуются металлическими коническими катками или пневмобаллонными катками. Пневмобаллонные катки обеспечивают плавное перемещение подвески вдоль трубы, предохраняют изоляционное покрытие от повреждений и исключают повреждения труб. При передвижении кранов-трубоукладчиков вдоль поднятого трубопровода передвигаются также и троллейные подвески [4]. При этом, в качестве обязательного требования

должно соблюдаться условие, чтобы грузозахватные рабочие органы обеспечивали не сложную и удобную строповку и расстроповку трубопроводов, надежность их зацепления или захвата, исключая возможность самопроизвольного отцепления и падения трубы. Необходимо провести пробные испытания грузозахватных приспособлений статической или динамической нагрузкой, превышающей их паспортную грузоподъемность.

Все грузозахватные устройства и приспособления изготавливаются с соответствующими коэффициентами запаса прочности. Коэффициент запаса прочности характеризует отношение разрывной нагрузки каната (цепи) к нагрузке в отдельной ветви стропа. Он показывает, во сколько раз натяжение ветви стропа должно быть меньше разрывной нагрузки каната (цепи), из которого строп изготовлен. Стропы из стальных канатов должны изготавливаться с коэффициентом запаса прочности не менее 6 (шестикратный запас прочности). Цепные стропы должны изготавливаться с коэффициентом запаса прочности не менее 4 (четыреждыкратный запас прочности). Стропы из растительных и синтетических волокон должны изготавливаться с коэффициентом запаса прочности не менее 8 (восьмикратный запас прочности).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства: учебник / Б. Ф. Белецкий. – Изд. 3-е. – Ростов н/Д : Феникс, 2004. – 752 с.
2. Справочник мастера погрузочно-разгрузочных работ [Электронный ресурс] / Ш. М. Мерданов [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2007. – 512 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5064>. ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Основы строительного дела. Монтажные приспособления и инструменты [Электронный ресурс]. – URL : <http://msd.com.ua/osnovy-stroitel'nogo-dela/montazhnye-prisposobleniya-i-instrumenty/> (дата обращения: 2.02.2024).
4. Троллейно-роликовые стропы [Электронный ресурс]. – URL: <http://vpoprom.etov.ua/product/381472-trolley-no-rolikovye-podveski.html> (дата обращения: 2.02.2024).

**Лютова Татьяна Евстафьевна** – старший преподаватель, заместитель заведующего кафедрой «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [lut-t@mail.ru](mailto:lut-t@mail.ru).

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОЙ ВАРИАТИВНОСТИ ЗАСТРОЙКИ УЧАСТКА ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ НАИБОЛЬШЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ВЫГОДЫ

Д. С. Марфич, Я. Г. Мозговая

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

*В данной статье основательно исследуются вопросы, связанные с предпроектным анализом участка застройки, что в наше время приобретает весьма существенное значение в процессе проектирования зданий и сооружений. Эта важная ступень предпроектного анализа участка застройки обусловлена стремлением к грамотной застройке, что в свою очередь позволяет заказчику максимизировать свою выгоду в процессе строительства. Подчеркивается, что такой подход предоставляет возможность тщательно рассмотреть различные сценарии размещения здания на участке, а аналитическая работа или проектный анализ предполагают комплексное и «объемное» выявление «средовой ситуации». Проведение детального рассмотрения различных вариантов расположения здания позволяет получить более глубокое понимание: каким образом здание будет интегрировано на участке, какую наибольшую площадь можно эффективно использовать, влияет ли планируемое здание на охранные зоны, а также оценить примерную стоимость строительства.*

**Ключевые слова:** застройка участка, экономическая выгода, проектирование, городская архитектура.

Первоочередной задачей является детальное изучение основных параметров объекта и окружающей его среды, поскольку анализ этих параметров предоставляет наиболее обширное представление о зоне проектирования. В современных условиях заказчик стремится максимизировать выгоду от здания при минимальных инвестициях. Для достижения подобных результатов необходимо учитывать вводные данные по участку и предварительно предполагать будущую планировку здания.

Ссылка на градостроительный план земельного участка (ГПЗУ) позволяет выделить ряд ключевых аспектов, включая площадь участка, максимальную и минимальную площадь застройки, наличие охранных зон и соответствие зонированию согласно правилам землепользования и застройки. Также важно определить, располагается ли участок в приаэродромной зоне, а также получить информацию о разрешенных видах использования земельного участка.

Экономическая выгода при проектировании эскизного решения рассматривается в нескольких аспектах. В первую очередь, это потенциальная возможность активов способствовать притоку денежных средств в организацию, что считается весьма важным. Дополнительно, учитывается максимальная площадь будущего здания, например, для сдачи помещений под аренду, а также скорость строительства, что имеет значение в контексте оперативности воплощения проекта в

жизнь. Эти аспекты выделяются как факторы, оказывающие существенное влияние на успешность и эффективность проектирования [1].

Оплата за поиск решений по размещению здания на участке производится за каждый вариант. Однако заказчик получит наибольшую экономическую выгоду, вложившись на стадии эскизного проекта.

Для поиска наилучшего варианта необходимо сделать несколько вариантов. При нахождении наиболее экономически выгодного решения заказчик получает больший процент выгоды, нежели отказавшийся от эскизного проектирования и размещения первого придуманного варианта. Так же, такой подход позволяет продумать размещение последующих объектов на данном участке, при позволяющей площади. Рассмотреть вариант переноса инженерных коммуникаций, если это даст выгоду для дальнейшей застройки участка. Рассмотреть вариант от наименее удобного для людей или прийти к наиболее комфортному варианту передвижения пешеходов. Рассмотреть варианты более или менее удобных парковочных мест, опираясь на количество, удобство расположения, ширину проезда. А также, заказчик получает возможность заранее просчитать затраты на материалы и работу по возведению будущего здания или сооружения, найти наиболее выгодные решения этих вопросов.

Воздействие на вышеупомянутые аспекты возможно еще на самом первом этапе эс-

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОЙ ВАРИАТИВНОСТИ ЗАСТРОЙКИ УЧАСТКА ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ НАИБОЛЬШЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ВЫГОДЫ

кизного проектирования, предоставляя возможность стратегически формировать характеристики проекта. Второй важной задачей предпроектного анализа является тщательное рассмотрение документации, предоставленной заказчиком, а также учет градостроительных норм.

При разработке эскизного решения размещения здания на участке необходимо активно ссылаться на существующие нормы и стандарты, включая, но не ограничиваясь следующими [2, 3]:

- Генеральный план земельного участка, который предоставляет ключевую информацию о структуре и использовании участка.

- План землепользования и застройки, определяющий различные зоны и их функциональное предназначение.

- СП 42.13330 «СНиП 2.07.01-89\* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», обеспечивающий рекомендации и требования к проектированию и планировке.

- Приказ МЧС России от 24.04.2013 № 288 (ред. от 27.06.2023), касающийся систем противопожарной защиты и требований к объемно-планировочным и конструктивным решениям для ограничения распространения пожара.

- Публичная кадастровая карта, предоставляющая важные данные о границах и характеристиках участка.

Такой подход обеспечивает необходимую основу для разработки эффективного эскизного проекта, учитывая сразу множество нормативов и правил, что в свою очередь способствует более гармоничному и эффективному воплощению замыслов заказчика в реальность.

Третье важное направление предпроектного анализа заключается в глубоком исследовании аналогов и прототипов, а также в тщательном раскрытии свойств подобных объектов. Это предоставляет возможность получения ценного опыта и уникальных инсайтов для эффективного разработки эскизного проекта.

Для успешной реализации эскизного проекта, в строгом соответствии с его техническим заданием, необходимо ознакомиться с предыдущими проектами, провести анализ их характеристик и на основе полученных данных предложить новое, инновационное решение. Этот этап требует особой внимательности, т.к. он направлен на создание объекта, который не только соответствует всем законодательным нормам, но и полно-

стью отвечает пожеланиям заказчика. Процесс рассмотрения аналогов и прототипов становится ключевым моментом в формировании уникального и востребованного проекта. Опираясь на лучшие практики, можно выявить успешные аспекты предыдущих решений и интегрировать их в новый проект, придавая ему индивидуальность и соответствие современным требованиям и тенденциям в области проектирования.

Четвертая ключевая задача предпроектного анализа заключается в объединении полученных материалов и формировании комплексной модели объекта. На этапе финальной стадии предусмотрено проектирование здания в рамках заданного участка, учитывая всю полученную информацию об участке и пожелания заказчика. Создание нового генерального плана земельного участка требует тщательного учета требований заказчика, при этом не нарушая законы и нормы.

Рассматривая пример эскизного проекта расположения здания на участке, можно увидеть, что площадь застройки 259,56 м<sup>2</sup> (рисунок 1), на втором варианте (рисунок 2) площадь застройки увеличивается и составляет 364,14 м<sup>2</sup>. При увеличении площади застройки заказчик получает большую площадь здания, которую он может сдавать в аренду, тем самым получая выгоду в дальнейшем. Так же меняется площадь под асфальтовым покрытием, увеличиваются затраты на строительство дороги и проездов, но повышается удобство разгрузки товаров для арендаторов, так как она будет производиться не с главного входа, а с торца здания, не мешая посетителям. Повышается удобство пользования парковкой для посетителей арендуемых площадей.

На третьем варианте (рисунок 3) представлен вариант с большим асфальтовым покрытием. Заказчик получает большие расходы на строительство, но и более удобную и большую парковку, более удобную зону для разгрузки арендаторов. В конечном счете, заказчик приходит к такому решению, которое более затратное, но в перспективе дает больше плюсов таких как:

- увеличение площади застройки для сдачи ее в аренду,
- наиболее удобная парковка и проезд для посетителей,
- удобная зона разгрузки для арендаторов.

При оценке выгоды заказчик руководствуется параметрами экономической эффективности. Одной из важных составляющих эффективности экономической системы

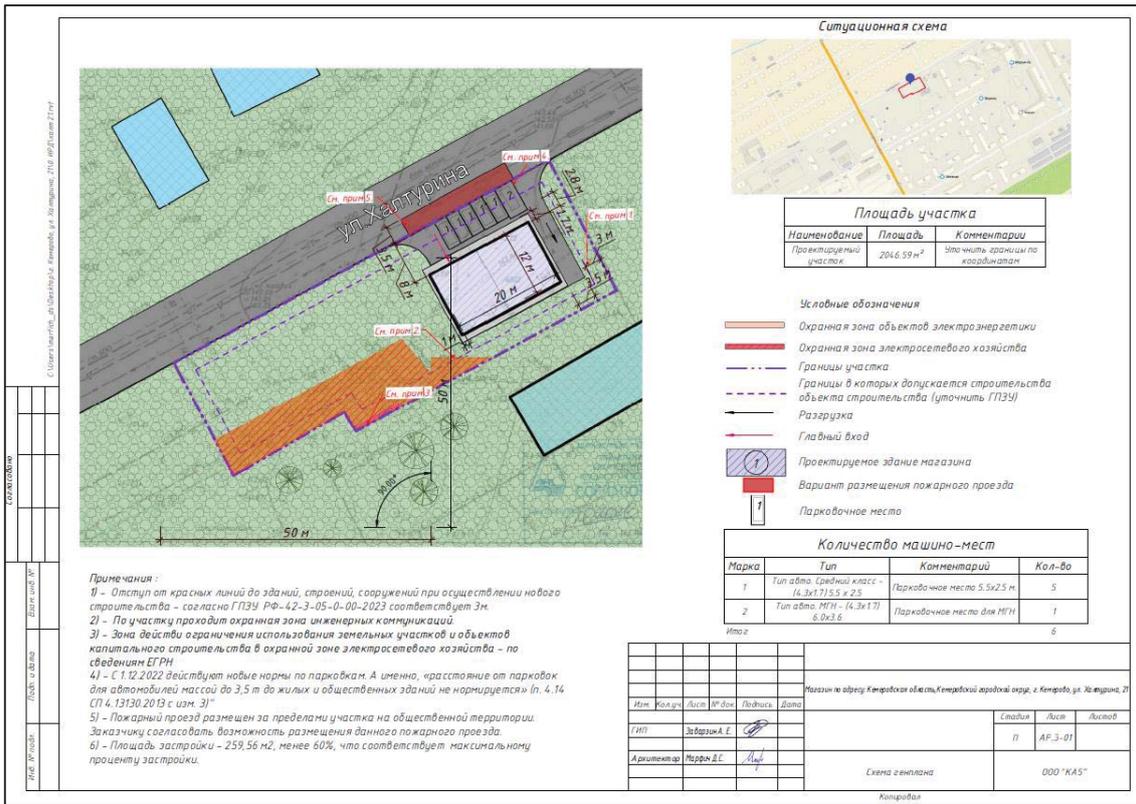


Рисунок 1 – Первый вариант расположения здания на участке

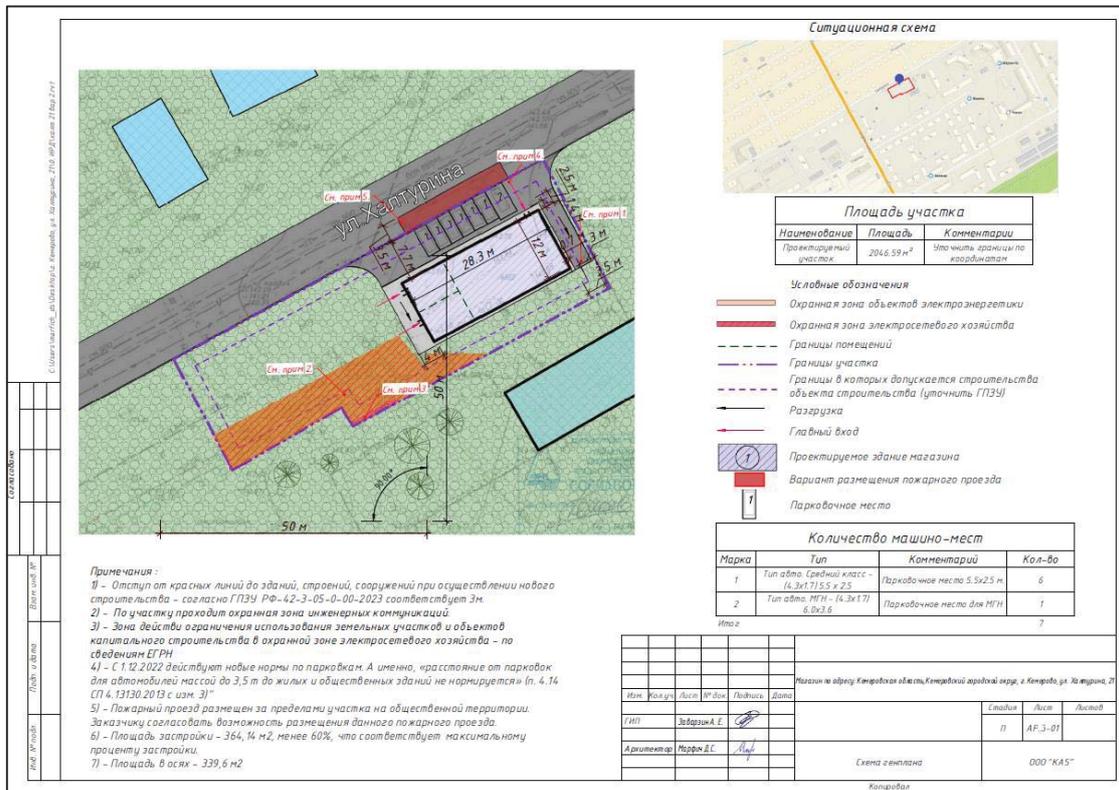


Рисунок 2 – Второй вариант расположения здания на участке

# АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОЙ ВАРИАТИВНОСТИ ЗАСТРОЙКИ УЧАСТКА ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ НАИБОЛЬШЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ВЫГОДЫ

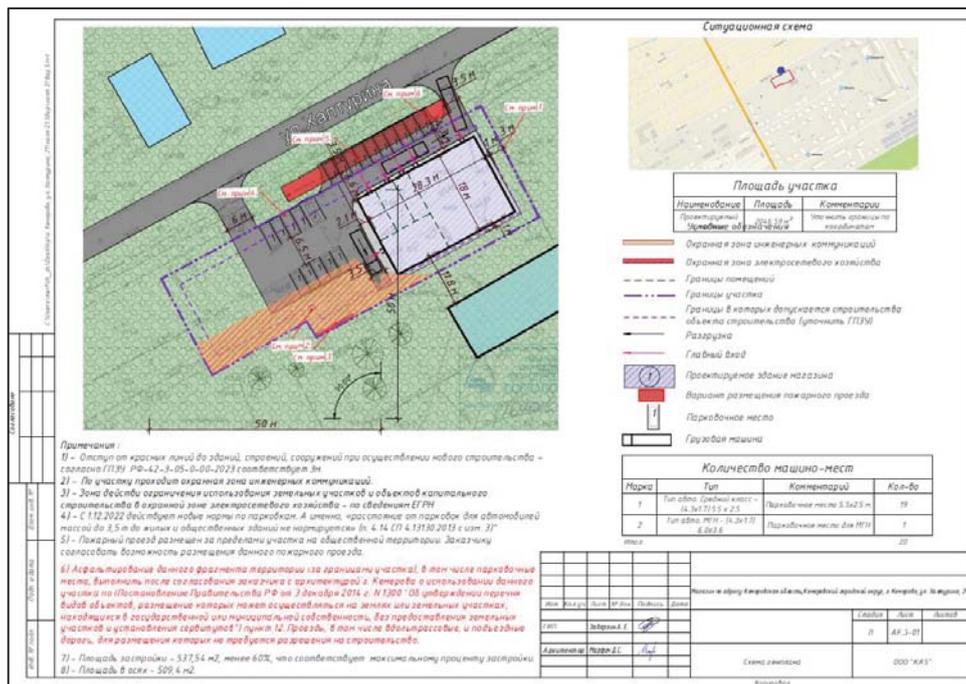


Рисунок 3 – Третий вариант расположения здания на участке

является эффективность капитальных вложений. Она выражается отношением полученного эффекта к капитальным вложениям, вызвавшим этот эффект. Другими словами, это экономический эффект, приходящийся на один рубль инвестиций, обеспечивших этот эффект.

Эффективность капитальных вложений измеряется набором показателей, в который входит общий эффект капитальных вложений, норма их доходности, срок окупаемости, показатель эффективности и др. Показатели экономической эффективности капитальных вложений используются для сопоставления альтернативных инвестиционных проектов и выбора оптимального проекта.

В заключение статьи подчеркивается, что предпроектный анализ на текущий момент предоставляет наиболее полное представление о возможном облике участка.

Этот процесс позволяет ответить на разнообразные вопросы, такие как оптимальное расположение, необходимое количество парковочных мест в соответствии с СП 42.13330, соответствие пожарного проезда нормам и многие другие аспекты, на которые предоставляет ответ эскизное проектирование (рисунки 1, 2).

Не менее важно отметить, что эскизное проектирование открывает возможность для оперативных изменений в здании, поскольку детальная проработка проекта еще не начата. Это позволяет легко и быстро адаптировать структуру здания к изменяющимся тре-

бованиям и пожеланиям заказчика, что является значимым преимуществом в ходе проектирования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анисимова, Е. В. Особенности составления смет в строительстве [Электронный ресурс] / Е. В. Анисимова // Справочник экономиста. – 2016. – № 1. – Режим доступа: [https://www.profiz.ru/se/1\\_2016/smetry\\_v\\_stroitelstve/](https://www.profiz.ru/se/1_2016/smetry_v_stroitelstve/) (дата обращения: 20.01.2023).
- Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 25.12.2023). Статья 23.
- СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений: актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89. Утвержден приказом Минстроя России 30.12.2016 № 1034/пр-8 – 16 с.
- Францен, Г. Е. Организационная модель реализации инвестиционного проекта в строительстве [Электронный ресурс] / Г. Е. Францен, Я. Г. Мозговая // Ползуновский альманах. – 2016. – № 1. – С. 207-211.

**Марфич Дарья Сергеевна** – студент группы 8Спсг-32 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [marfichd@mail.ru](mailto:marfichd@mail.ru);

**Мозговая Яна Григорьевна** – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [yanagm@mail.ru](mailto:yanagm@mail.ru).

## ОБ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТ ПО БОРЬБЕ С ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТЬЮ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Г. С. Меренцова, О. В. Агафонов

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

*Приведены основные положения по организации и технологии работ с зимней скользкостью на автомобильных дорогах Алтайского края. Описана технология приготовления, хранения пескосоляных смесей с указанием баз заготовки и хранения этих смесей. Отмечены особенности распределения пескосоляных смесей на автомобильной дороге с учетом нормы их распределения и содержанием соли NaCl при различных температурах окружающей среды. Приведены рекомендации по оптимизации составов пескосоляных смесей.*

**Ключевые слова:** Пескосоляная смесь (ПСС), зимняя скользкость, противогололедный материал (ПГМ), процентное содержание соли, комбинированные дорожные машины (КДМ), стоимость пескосоляной смеси.

Для изготовления ПСС используют очищенную от примесей каменную соль крупных фракций. Сырьевой материал добывают путем бурения соляных шахт. Далее соль загружают в дробилку и несколько раз измельчают до фракций в несколько сантиметров. После процедуры отсеивания материал доставляется на пескобазу для дальнейшего смешивания.

В противогололедных материалах предпочтительнее использовать речной песок. Карьерный песок по сравнению с речным может содержать большое количество примесей и глины, что значительно снизит сцепные качества смеси. Подготовленный и просушенный речной песок доставляют на пескобазу и смешивают с различными противогололедными материалами в зависимости от температуры воздуха местности, на которой будет применяться данная смесь.

На автомобильных дорогах Алтайского края устраиваются базы хранения противогололедных материалов (рисунок 1) для обеспечения быстрого и эффективного устранения зимней скользкости. Базы для заготовки и хранения ПГМ в организациях исполнителей имеются в необходимом объеме на каждом производственном участке для оперативного выполнения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог [1].

Для изготовления ПСС используются специальные установки, в состав которых входят следующие агрегаты: бункер, питатель ленточный, конвейер L-образный ленточный, конвейер, отводящий ленточный, пульт управления. Исходный материал для смешивания загружают в бункера. Под бункером крепится ленточный питатель, который

подаёт материалы для смешивания на L-образный ленточный конвейер. L-образный конвейер оснащен смесителем, для дополнительного смешивания сыпучих материалов. С L-образного конвейера смесь попадает на отводящий ленточный конвейер со смесителем, который поднимает материалы на высоту разгрузки (рисунок 2).

Также смешивание смеси осуществляется при помощи колесного трактора с ковшем. На заранее подготовленную и очищенную площадку укладывается слой песка толщиной 30-40 см. Для достижения необходимого модуля крупности допускается добавлять отсев дробленого песка с последующим перемешиванием. Вторым слоем укладывается ПГМ толщиной 10-15 см. В качестве ПГМ допускается применять концентрат минеральный Галит сорт первый, который состоит из натрия хлористого технического не менее 98,1% с примесями кальция не более 0,8%, магния не более 0,4%, сульфата не более 2,0% и калия не более 0,4%. Влажность концентрата не должна превышать 5%. Основным поставщиком данного концентрата в Алтайском крае является ООО «Алтайская соледобывающая компания». Разравнивание и перемешивание всех слоев смеси осуществляется ковшем и колесами трактора (рисунок 3).

Самыми распространёнными ПГМ являются хлористый натрий и хлористый кальций, используемые при температуре воздуха от -12°C до -35°C в зависимости от добавляемого ингибитора (рисунок 4). Хлористый кальций по сравнению с хлористым натрием имеет низкую температуру применения и малое процентное содержание.

ОБ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТ ПО БОРЬБЕ С ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТЬЮ  
НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

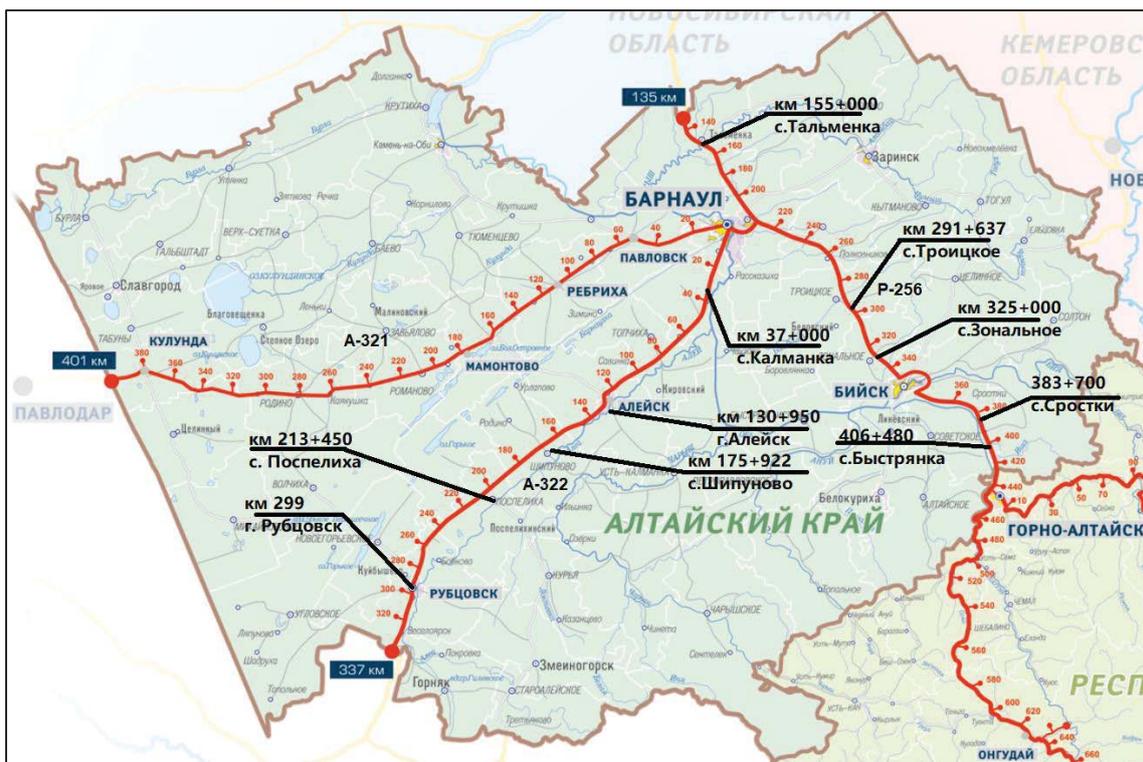


Рисунок 1 – Карта федеральных дорог Алтайского края с указанием мест приготовления ПСС



Рисунок 2 – Смесительная установка для изготовления ПСС



Рисунок 3 – Смешивание ПСС колесным трактором с ковшем



Рисунок 4 – Готовая ПСС с добавлением хлористого натрия

Рассмотрим низкотемпературные противогололедные материалы и эффективную температуру их применения, рекомендованные в ОДМ «Методические рекомендации по применению чистых низкотемпературных противогололедных материалов для зимнего содержания автомобильных дорог (Росавтодор, Москва 2021) (таблица 1) [3]. Если температура атмосферного воздуха достигает  $-40^{\circ}\text{C}$ , то рекомендуется использовать в качестве ПГМ ацетат калия с концентрацией 30% и содержанием 50% или формиат калия с содержанием 100%. Качество заготавливаемых ПГМ определяется по систематическому входному контролю в собственной сертифицированной лаборатории или собственным поверенным оборудованием без оформления результатов испытаний.

Хранят ПГМ в закрытых помещениях, исключающих попадание атмосферных осадков и поверхностных вод, при температуре от минус  $50^{\circ}\text{C}$  до  $40^{\circ}\text{C}$ . На открытых площадках допускается хранение ПГМ, упакованных в специализированные мягкие контейнеры, на поддонах под навесом (пленкой). Площадка, где укладываются мягкие контейнеры, должна быть очищена от выступающих и острых предметов. При хранении ПГМ в открытом состоянии площадку для их хранения рекомендуется обваловывать и устраивать на ней твердое покрытие с поверхностным водоотводом.

В ходе мониторинга установлено, что общая заготовка от расчетной потребности комбинированных ПГМ (ПСС) составила 90,654% (43,008 тыс. т) [3].

Заготовку ПСС следует производить в дни без атмосферных осадков на специально оборудованных обвалованных по периметру площадках, имеющих твердое покрытие и дренажную систему. Размеры площадок назначают из расчета размещения на них 100% сезонной потребности ПСС.

Доставку и распределение ПСС осуществляют комбинированными дорожными машинами. КДМ, участвующие в процессе выполнения работы (оказания услуги), предусматривают использование:

- бункера для соли до  $10\text{ м}^3$  и более;

Таблица 1 – Типовые низкотемпературные противогололедные материалы

Наименование ПГМ	Показатели свойств				
	Химический состав	Содержание, %	Эвтектическая температура, $^{\circ}\text{C}$	Концентрация, %	Температура применения, $^{\circ}\text{C}$ , до
Твердые ПГМ					
ХКНМ – хлористый кальций-натрий модифицированный	$\text{CaCl}_2$	25	-32	-	-20
	$\text{NaCl}$	75			
МРТВ – многокомпонентный реагент твердый с формиатом натрия	$\text{CaCl}_2$	15	-27	-	-18
	$\text{HCOONa}$	5			
	$\text{NaCl}$	80			
Формиат калия	$\text{HCOOK}$	100	-55	-	-40
МРКТв	$\text{CaCl}_2$	20	-32	-	-20
	$\text{HCOONa}$	5			
	$\text{NaCl}$	75			
Жидкие ПГМ					
Нитрат кальция	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ $\text{H}_2\text{O}$	20-40 60-80	-45	20-40	-25
Ацетат калия	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOK}$ $\text{H}_2\text{O}$	50 50	-60	50	-40
Ацетат аммония	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONH}_4$ $\text{H}_2\text{O}$	30 70	-44	30	-35
ХКНж – хлористый кальций-натрий жидкий	$\text{CaCl}_2$	22	-40	29	-10
	$\text{NaCl}$	7			
	$\text{H}_2\text{O}$	71			
ХКН-КМ	$\text{CaCl}_2$	4	-28	22	-10
	$\text{NaCl}$	17			
	$\text{MgCl}_2$	1,5			
	$\text{H}_2\text{O}$	77,5			

## ОБ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТ ПО БОРЬБЕ С ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТЬЮ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

- баков для соляного раствора емкостью до 3 м<sup>3</sup>;
- ширину распределения ПГМ до 12 м;
- плотностью распределения соли 5-50 г/м<sup>2</sup>.

Общее количество циклов обработки покрытия при борьбе с зимней скользкостью, обусловленной снегоотложением, назначается исходя из суммарного количества дней с выпадением осадков за зимний период года.

В связи с тем, что для каждого конкретного случая возможного образования зимней скользкости, своя норма распределения ПГМ – окончательное решение о виде распределяемого материала и норме его распределения принимается мастером участка или другим ответственным лицом, в зависимости от температуры воздуха, интенсивности выпадения осадков и иных метеорологических факторов.

При среднесуточной среднегодовой интенсивности движения на автомобильной дороге менее 3000 авт./сут с асфальтобетонным покрытием в границах земляного полотна существует несколько температурных режимов с различным процентным содержанием NaCl:

- при температурах от +2 до -7°С – пескосоляная смесь с 20% содержанием NaCl (ПСС 20%);
- при температурах от -7 до -13°С – пескосоляная смесь с 30% содержанием NaCl (ПСС 30%);
- при температурах ниже -13°С – пескосоляная смесь с 30% содержанием NaCl (ПСС 30%);
- при температурах ниже -13°С на участках дорог, в случае необходимости повышения коэффициента сцепления колес с дорогой – фрикционный материал (песок) с 3% добавлением NaCl (в соответствии с ОДМ 218.6.021-2019) [2].

Стоимость пескосоляной смеси зависит от процентного содержания компонентов, фасовки и региона закупки. Средняя розничная стоимость 1 тонны россыпи реагента стандартного состава составляет 3000-3600 рублей. Оптовая цена на 20-30% ниже розничной. Ключевым и самым выгодным противогололедным материалом при производстве работ по содержанию федеральных дорог Алтайского края является пескосоляная

смесь с различным процентным содержанием NaCl в зависимости от погодных условий.

Таким образом, пескосоляная смесь обладает весьма огромным функционалом для оптимизации дорожного движения, который в свою очередь позволяет устранить зимнюю скользкость, а также повысить коэффициента сцепления колёс автомобилей с поверхностью автомобильной дороги.

Проведенными исследованиями установлено, что при введении в пескосоляную смесь некоторых ингибиторов можно устранить коррозию бетона и металлических частей автомобильного транспорта. Для удешевления стоимости пескосоляных смесей с наличием ингибиторов целесообразно использовать отходы содового производства.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет о мониторинге хода подготовки автомобильных дорог общего пользования федерального значения и искусственных сооружений на них к эксплуатации в зимний период, находящихся в оперативном управлении ФКУ Упрдор «Алтай».
2. Проекты содержания автомобильных дорог общего пользования федерального значения Р-256 «Чуйский тракт» Новосибирск – Барнаул – Горно-Алтайск – граница с Монголией; А-321 Барнаул – Павловск – граница с республикой Казахстан; А-322 Барнаул – Рубцовск – граница с республикой Казахстан, находящихся в оперативном управлении ФКУ Упрдор «Алтай», Санкт-Петербург, 2022 год.
3. ОДМ 218.6.021-2019. Методические рекомендации по применению чистых низкотемпературных противогололедных материалов для зимнего содержания автомобильных дорог [Электронный ресурс]: МЕГАНОРМ – система нормативных документов. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293724/4293724203.htm> (дата обращения: 12.12.2023).

**Меренцова Галина Степановна** – д.т.н., профессор, доцент кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [adio-06@mail.ru](mailto:adio-06@mail.ru);

**Агафонов Олег Викторович** – студент группы 8Сад-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [ov\\_agafonov@mail.ru](mailto:ov_agafonov@mail.ru).

## ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТАХ

Г. С. Меренцова, Д. Ю. Бараков

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

*Приведены основные положения и технология работ по строительству автомобильных дорог на засоленных грунтах. Указано наличие засоленных грунтов в Алтайском крае и в других регионах России, а также в странах ближнего зарубежья. Описаны основные положения и особенности технологии строительства земляного полотна автомобильных дорог на засоленных грунтах. Даны рекомендации по применению рациональных поперечных профилей земляного полотна автомобильных дорог.*

**Ключевые слова:** засоленный грунт, земляное полотно, автомобильная дорога, технология строительства, поперечный профиль, насыпь, откос, степень засоления

Засоленными грунтами называют грунты, которые содержат в верхней метровой толщии более чем 0,3% по массе легкорастворимых солей. К таким солям относят: углекислые слои калия, магния и натрия, сернокислые, углекислые и хлористые соли. Содержащиеся в почве водорастворимые соли значительно влияют на физико-механические свойства грунта, в особенности при обильных осадках.

Засоленные грунты расположены в юго-восточных районах России и странах Средней Азии, охватываемых V дорожно-климатической зоной, а также многих районах с недостаточным увлажнением, входящих в IV дорожно-климатическую зону. Слабозасоленные и средnezасоленные грунты пригодны для устройства земляного полотна, а сильнозасоленные грунты требуют проведения мероприятий, повышающих устойчивость земляного полотна.

В Алтайском крае преобладает залегание засоленных грунтов в степных районах. Районы с сильной степенью засоления: Бурлинский, Благовещенский и Шелоболихинский район с глубиной засоления солевого горизонта 0-0,3 метра. Кулундинский и Ключевской районы имеют глубину засоления более 15 метров. Районы со средней степенью засоленности: Завьяловский, Хабарский с глубиной засоления 0-0,3 м, Рубцовский с глубиной залегания более 15 м. Районы слабой степени засоленности: Михайловский, Волчихинский, Романовский, Новичихинский с глубиной залегания 10-15 м.

Для возведения земляного полотна автомобильных дорог целесообразно использовать грунты слабой степени засоленности с содержанием солей не более 0,3-1,0% по массе, а также средней засоленности с со-

держанием не более 0,5-2% от общей массы. Сильнозасоленные грунты с содержанием 2,5-8% пригодны лишь при проведении дополнительных мероприятий, повышающих устойчивость земляного полотна.

Легкорастворимые соли в присутствии воды понижают устойчивость грунтов земляного полотна автомобильных дорог. Земляное полотно на засоленных грунта проектируют преимущественно в насыпях. Насыпи с резервами проектируют на участках залегания грунтовых вод на глубине не менее 1 метра. При этом расстояние от дна резерва до наивысшего уровня грунтовых вод должно быть не менее 0,3м. Насыпи без резервов применяются на участках с высоким уровнем залегания грунтовых вод и сооружаются как правильно из привозного грунта. Для лучшего отвода воды вдоль краев устраивают продольные каналы.

Возвышение бровки земляного полотна над поверхностью земли и уровнем грунтовых вод в засоленных грунтах делается больше чем для незасоленных грунтов. При устройстве земляного полотна на засоленных грунтах требуется более тщательный водоотвод.

Характеристики, влияющие на устойчивость земляного полотна весьма разнообразны. К ним можно отнести распределение влажности, содержания и плотности легкорастворимых солей, видом грунта, высотой насыпи и типом покрытия. Опыт проектирования и строительства автомобильных дорог показывает, что при проектировании и строительстве в зонах распространения засоленных грунтов необходимо учитывать изменчивость вещественного состава, структуры и свойств грунта в процессе водонасыщения и выщелачивания.

## ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТАХ

Чтобы повысить устойчивость из сильнозасоленных мелкозернистых грунтов (глины, суглинки и пылеватые грунты) и предотвратить избыточное засоление верхних слоев грунта из-за невозможности поднять на достаточную высоту бровку земляного полотна над уровнем грунтовых вод на глубине 40-60 см от низа дорожной одежды устраивается капиллярно-прерывающая прослойка толщиной 10-15 см из гравия, щебня или другого крупнозернистого материала.

Откосы насыпей автомобильных дорог с высотой до 1,5 м делаются с пологим уклоном (1:2 - 1:3), а резервы с верхней полевой ограждаются земляным валиком, чтобы предотвратить попадание воды в резерв со стороны поля. Если в резерве окажутся мокрые солончаки, то в насыпь укладывают привозной грунт. При сильнозасоленных пылеватых грунтах откосы и обочины укрепляют гравием, щебнем или местными вяжущими материалами.

Насыпи, отсыпанные из засоленных грунтов и содержащие легкорастворимые соли в благоприятных гидрологических условиях могут постепенно рассолиться. Обратная ситуация происходит если дорога пересекает солончаки в низкой насыпи. Капиллярное проникание грунтовой воды в земляное полотно приводит к дальнейшему засолению грунта

насыпи. Допустимое содержание солей в грунте земляного полотна определяется их количеством, которое может быть растворено в воде, заполняющей поры грунта.

Земляные работы следует проводить в такой период года, когда влажность засоленных грунтов близка к оптимальной. При этом грунты хорошо разрабатываются и уплотняются. Солонцы, тяжелые солонцеватые грунты и тяжелые глины во избежание налипания необходимо уплотнять при влажности равной оптимальной. Грунты с большей влажностью предварительно просушивают на воздухе, при меньшей – поливают водой.

В связных грунтах при высоком уровне грунтовых вод земляные работы следует производить летом и осенью (до начала дождей), когда грунты не переувлажнены.

Грунт следует укладывать в насыпь горизонтальными слоями на толщину, обеспечивающую их хорошее уплотнение. Для возведения насыпей на солонцах грунт необходимо брать из верхних слоев резервов, предварительно удалив растительный слой с грунта.

Для автомобильных дорог на засоленных грунтах целесообразно применять специальные конструктивные поперечные профили с учетом конкретных условий (рисунок 1), а именно: при высоте насыпей до 2 м и

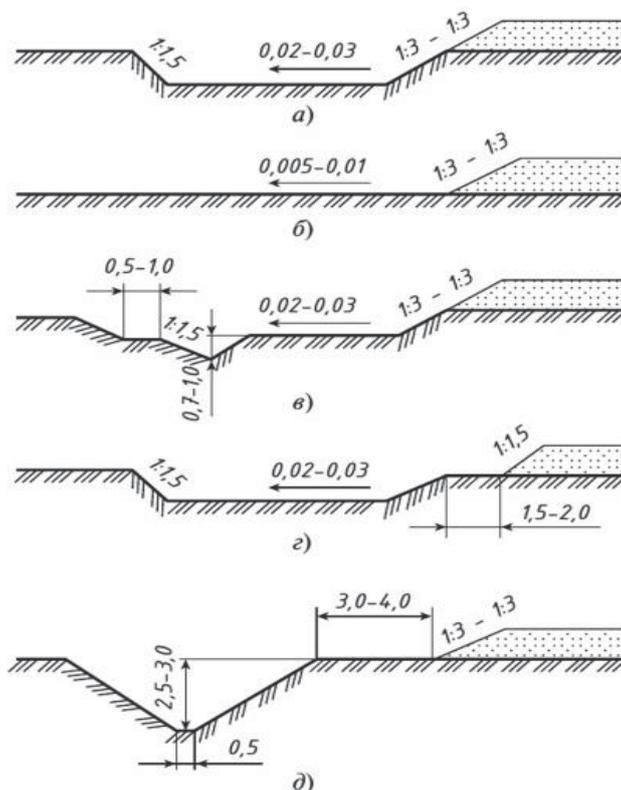


Рисунок 1 – Поперечные профили земляного полотна на засоленных грунтах

Таблица 1 – Классификация грунтов по засолению

Разновидность грунтов	Суммарное содержание легкорастворимых солей		Возможность использования	
	хлоридные, сульфатно-хлоридные	сульфаты	в ЗП	в основании ЗП
Слабозасоленные	0,5-2%	0,5-1%	в ЗП	в основании ЗП
Среднезасоленные	2-5%	1-3%	пригодны	пригодны
Сильнозасоленные	5-10%	3-8%	с ограничением	с ограничением
Избыточнозасоленные	>10%	>8%	пригодны с нейтрализацией отрицательных свойств	не пригодны

крутизной откосов 1:3; при большей высоте насыпей из привозного грунта крутизна откосов должна быть 1:1,5 при слабозасоленных грунтах и 1:2 при сильнозасоленных; для лучшего отвода воды из резервов в них на расстоянии 0,5-1 м от внешнего края необходимо устраивать продольные лотки; на солончаках и солонцах при необходимости отвода воды из резервов устраивают бермы шириной 1,5-2 м между подошвой насыпи и резервом; при возведении насыпей на солончаках одновременно с устройством ирригационных каналов совмещают резервы с коллекторами глубиной до 2,5-3 м, при этом между подошвой насыпи и бровкой коллектора оставляют берму шириной не менее 3-5 м, крутизну откосов коллекторов и внешних откосов резервов целесообразно принимать 1:1,5.

При использовании засоленных грунтов при строительстве автомобильных дорог целесообразно определять степень засоления грунтов и применять их согласно таблице 1.

Соблюдение вышеперечисленных положений позволит повысить устойчивость земляного полотна при строительстве автомобильных дорог на засоленных грунтах, а так-

же эксплуатационную надежность автомобильных дорог.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНИП 3.06.03-85. Автомобильные дороги. – М., ФГУП ЦПП, 1985. – 133 с. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294854/4294854745.pdf> (дата обращения: 5.02.2024).

2. ГОСТ 33149-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог в сложных условиях. – М., 2015. – 45 с. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293762/4293762175.pdf> (дата обращения 5.02.2024).

**Меренцова Галина Степановна** – д.т.н., профессор, доцент кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [adio-06@mail.ru](mailto:adio-06@mail.ru);

**Бараков Денис Юрьевич** – студент группы 8Сад-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [denis.barakov@bk.ru](mailto:denis.barakov@bk.ru).

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРИ МОДИФИКАЦИИ АДГЕЗИОННОЙ ДОБАВКОЙ ГОРЯЧЕЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

**Г. С. Меренцова, И. О. Дорошенко**

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

*Приведены сведения о влиянии вяжущего компонента, модифицированного адгезионной добавкой АМДОР-12 на физико-механические свойства асфальтобетона. Выявлена эффективность модификации адгезионной добавкой нефтяного связующего, что позволила получить модифицированные асфальтобетоны с улучшенными физико-механическими характеристиками по сравнению с традиционным асфальтобетоном.*

**Ключевые слова:** адгезионная добавка, АМДОР-12, асфальтобетон, модификация, автомобильная дорога, адгезия, горячая асфальтобетонная смесь.

Состояние автодорог в России является актуальной проблемой из-за множества причин, включая отсутствие современных технологий и спецтехники, а также сложные климатические условия в большинстве регионов, негативно влияющие на состояние дорог и их долговечность. Главным разрушительным фактором является воздействие низких температур на земляное полотно и дорожное покрытие. Особенно тяжелый период эксплуатации слоев асфальтобетона приходится на зимнее время, когда температуры отрицательные, и циклы замораживания/оттаивания повторяются несколько раз в сутки. Это крайне негативно влияет на структуру слоев асфальтобетона, разрушая ее. В зимнее время покрытие подвергается воздействию солей и химикатов, которые используются для борьбы с гололедом, что также отрицательно влияет на свойства асфальтобетона.

В результате многократных циклов замораживания-оттаивания вода проникает в поры асфальтобетона и расширяется при замерзании. Это вызывает трещины в покрытии, которые со временем увеличиваются вплоть до серьезных дефектов.

Асфальт чаще всего ломается из-за трещин. Чтобы предотвратить их появление, нужно контролировать скорость течения материала и нагрузку на него. Важно, чтобы прочность асфальта при длительном использовании была выше, чем температурные напряжения. Усадка асфальта после остывания битума происходит из-за уплотнения битума, вызванного тепловой релаксацией - процесс, при котором структура битума становится более стабильной при определенных температурах. Относительное удлинение в

основном зависит от вязкости битума и слабо изменяется с увеличением его содержания и минерального порошка в асфальте. Считается, что лучший способ борьбы с трещинами - это изготовление асфальтобетонной смеси с использованием менее вязкого битума.

Факт различия в качестве дорожных битумов российского и зарубежного производства не вызывает сомнений. Однако, для более объективной оценки, необходимо указать конкретные показатели, по которым наблюдаются различия, а также страны и производителей, на примере которых прослеживаются эти различия. Кроме того, было бы интересно узнать, какие именно нормативные требования к дорожным битумам являются причиной этих различий.

Битумы, применяемые в дорожном строительстве в России, не соответствуют необходимым стандартам. Они имеют узкий температурный диапазон (от +50°C до -20°C), не обладают эластичностью и достаточной устойчивостью к трещинам. Вследствие этого, срок службы покрытий, содержащих битум, составляет 6-12 лет, тогда как по нормативам должен составлять 15-20 лет.

В настоящее время существует множество адгезионных добавок, которые улучшают свойства битума и асфальтобетона. Они могут увеличить прочность, долговечность, устойчивость к воздействию погодных условий и химикатов, а также улучшить сцепление с другими материалами.

Одним из наиболее распространенных типов адгезионных добавок являются полимерные модификаторы. Они обычно представляют собой небольшие молекулы полимеров, которые могут быть добавлены к би-

туму или асфальту. Эти добавки помогают улучшить свойства материала, такие как его гибкость и способность к восстановлению после деформации.

Другим типом адгезионных добавок являются поверхностно-активные вещества. Эти вещества способны изменять свойства поверхности материалов, улучшая их способность к сцеплению друг с другом. Поверхностно-активные вещества могут быть использованы для улучшения сцепления битума с каменными материалами, такими как гравий или щебень.

Важно отметить, что выбор адгезионной добавки зависит от многих факторов, таких как тип асфальтобетона, климатические условия региона, интенсивность движения и т.д. Поэтому перед выбором адгезионной добавки необходимо провести тщательное исследование и анализ.

Эффективность использования адгезионных добавок в асфальтобетоне оценивается с помощью ряда испытаний, которые проверяют их работу в различных условиях - от производства вяжущего вещества до применения в асфальтовом покрытии. Разнообразие минеральных материалов и вяжущих веществ, а также сложные условия работы асфальтобетона и большое количество адгезионных добавок с разными характеристиками приводят к тому, что использование каждой из них влияет на адгезию и механические свойства асфальтобетона по-своему. Таким образом, адгезионные добавки, используемые в составе асфальтобетонных смесей, кроме непосредственно увеличения адгезии, должны не ухудшать свойств вяжущего и асфальтобетона, в том числе и во времени.

Добавка АМДОР-12 представляет собой продукт конденсации полиаминов и высших жирных кислот, применяемый для асфальтобетонных слоев автодорог, аэродромов и искусственных сооружений. Введение добавки АМДОР-12 в количестве от 0,4% до 0,8% дает возможность значительно повысить сцепление органического вяжущего с поверхностью минерального материала (не хуже, чем образец № 2 – по ГОСТ 11508 и не менее 4 баллов – по ГОСТ 12801) и увеличить долговечность дорожных органоминеральных покрытий.

Добавка АМДОР-12 представляет собой вязкую жидкость от светло-коричневого до темно-коричневого цвета, способную легко перемешиваться с нагретыми органическими вяжущими до однородного состояния (не классифицируется как опасный груз – по ГОСТ 19433), горючая, малолетучая. Адгези-

онная добавка АМДОР позволяет улучшить смачивание и обволакивание минеральных материалов битумом, что повышает адгезию между ними. Использование этой добавки дает возможность снизить расход битума в асфальтобетоне, уменьшить рабочую температуру вяжущего и температуру приготовления асфальтовых смесей, повысить производительность оборудования для производства асфальта и уплотнительных механизмов, а также увеличить срок службы асфальтового покрытия. Кроме того, применение добавки АМДОР способствует сокращению энергозатрат, увеличению сезона строительных работ и повышению водо- и морозостойкости асфальтобетона.

Применение АМДОР-12 в дорожном строительстве повышает долговечность покрытий и снижает затраты на ремонтные расходы. Асфальтобетон, полученный с применением адгезионной добавки АМДОР-12, обладает улучшенными свойствами: повышенной прочностью, морозостойкостью, водостойкостью, что в целом способствует решению проблем повышения качества асфальтобетонов и продлению сроков службы дорожных асфальтобетонных покрытий.

Работа направлена на создание способа изготовления асфальтобетона с высокими техническими характеристиками, используя битумные вяжущие вещества, которые модифицированы специальной адгезионной добавкой под названием АМДОР-12, представленной на рисунке 1.

Процесс создания образцов асфальтобетона с использованием адгезионной добавки включает несколько этапов: измельчение, просеивание, нагревание сырья до определенной температуры, соединение и прессование. Для приготовления этой асфальтобе-



Рисунок 1 – Добавка адгезионная дорожная АМДОР-12

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРИ МОДИФИКАЦИИ АДГЕЗИОННОЙ ДОБАВКОЙ ГОРЯЧЕЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

тонной смеси не требуется дополнительного оборудования, она легко создается путем смешивания входящих в ее состав компонентов на стандартном оборудовании, которое используется на асфальтобетонных заводах [1].

Исследования механических свойств асфальтобетонов проводились согласно ГОСТ 9128-2009. Незначительное изменение плотности образцов асфальтобетона является положительным результатом, так как это указывает на то, что материал сохраняет свою прочность и долговечность при модифицировании. Улучшение показателей водопоглощения и водостойкости образцов также является важным результатом, поскольку асфальтобетон обычно используется для строительства дорог и других инфраструктурных проектов. Это означает, что модифицированный асфальтобетон обладает повышенной устойчивостью к воде, что может снизить вероятность разрушения и продлить срок службы дорожного покрытия.

В результате исследования было установлено, что образцы асфальтобетона с содержанием битума в диапазоне 5,6% показали наилучшую прочность при сжатии. Этот вывод справедлив для обоих исследованных типов битума (марки БНД 90/130 и БНД 60/90).

На основе полученных данных было выбрано оптимальное содержание битума в асфальтобетоне, равное 5,6%. Это значение будет использоваться в дальнейшем при оптимизации модифицированных составов асфальтобетона.

Прочность при сжатии образцов асфальтобетона составила 2-2,5 МПа, что является хорошим показателем для данного типа материала.

Установлено, что механические свойства асфальтобетона на модифицированных битумах превосходят свойства асфальтобетона на обычном, не модифицированном битуме. Содержание адгезионной добавки в количестве 0,8% от массы связующей композиции является оптимальным для производства прочного асфальтобетона. С такой концентрацией добавки прочность асфальтобетона при сжатии достигает максимального значения 3,1-3,82 МПа.

Да, результаты исследования показывают, что добавление адгезионной добавки укрепляет асфальтобетон и повышает его прочность. Прочность модифицированного асфальтобетона после 10 циклов заморозки и разморозки снижается на 24%, в то время как прочность обычного асфальтобетона умень-

шается на 32%. Однако, это не соответствует требованиям ГОСТа.

Асфальт является одним из наиболее распространенных материалов, используемых для строительства дорог и других инфраструктурных проектов. Его свойства, такие как износостойкость, долговечность и устойчивость к воздействию окружающей среды, имеют большое значение для обеспечения безопасности дорожного движения и снижения затрат на техническое обслуживание.

Добавление поверхностно-активных веществ (ПАВ) в асфальтобетонные смеси может значительно улучшить эти свойства. Во-первых, ПАВ повышает коррозионную стойкость асфальтобетонного покрытия, что делает его более устойчивым к воздействию влаги и других факторов окружающей среды. Во-вторых, добавление ПАВ увеличивает пластичность асфальтобетонной смеси, что делает ее более устойчивой к деформациям и позволяет ей лучше адаптироваться к изменениям температуры и влажности. Это также облегчает процесс уплотнения асфальтобетона, что в свою очередь снижает затраты на его укладку. Наконец, ПАВ улучшает сцепление вяжущего вещества (битума) с минеральными компонентами асфальтобетонной смеси. Это обеспечивает более прочную связь между битумом и камнями, что увеличивает долговечность и износостойкость дорожного покрытия.

Таким образом, применение асфальтобетонных смесей с ПАВ является эффективным способом улучшения качества дорожного покрытия и увеличения его срока службы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДМ 218.3.064–2019. Методические рекомендации по оценке эффективности адгезионных добавок в составе асфальтобетона : издан на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 25.11.2019 № 3536-р. – Москва : Росавтодор, 2021. – 14 с.

**Меренцова Галина Степановна** – д.т.н., профессор, доцент кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: adio-06@mail.ru;

**Дорошенко Илья Олегович** – студент группы 8Сад-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: dogifog22@gmail.com.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕЩИНОПРЕРЫВАЮЩИХ ПРОСЛОЕК ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Г. С. Меренцова, А. С. Клименко

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

*В статье рассматривается один из методов задержки развития трещин в асфальтобетонном покрытии – армирование. Данная технология позволяет предотвратить основные деформации и разрушения асфальтобетонных покрытий. В статье описан опыт применения трещинопрерывающих прослоек при капитальном ремонте автомобильных дорог в Алтайском крае.*

**Ключевые слова:** автомобильные дороги, асфальтобетонное покрытие, армирование, геосетка, трещиностойкость, деформация, дефекты покрытия.

В современном мире, где автомобильные дороги являются жизненно важными артериями для транспортировки грузов и пассажиров, эффективное и долгосрочное обслуживание инфраструктуры является первоочередной задачей. В связи с этим необходимо регулярно проводить капитальный ремонт и обновление автодорожной сети.

Одной из основных причин преждевременного разрушения асфальтобетонных покрытий является развитие трещин в процессе их эксплуатации. Установлено, что трещиностойкость во многом определяется способностью асфальтобетона хорошо сопротивляться различным видам деформаций, его жесткостью, которая зависит от значений модуля упругости и прочности на растяжение при расколе. Одним из способов замедления развития трещин в асфальтобетонном покрытии является его армирование. Технология армирования асфальтобетона при применении геосеток позволяет предотвращать основные деформации и разрушения асфальтобетонных покрытий: температурные, отраженные и усталостные трещины (так как геосетка принимает на себя растягивающие напряжения, которые для асфальтобетона в силу его физико-механических свойств наиболее опасны) [1].

Рассмотрим пример использования данной технологии при капитальном ремонте автомобильной дороги Р-256 «Чуйский тракт» км 250+000 – км 258+000 в Алтайском крае. В связи с суровыми климатическими условиями в данном регионе, особенно холодными зимами и циклическими процессами замерзания и оттаивания влаги, дорожное покрытие часто подвергается разрушениям (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Дефекты покрытия до капитального ремонта на ПК1+00



Рисунок 2 – Дефекты покрытия до капитального ремонта на ПК22+00

**ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕЩИНОПРЕРЫВАЮЩИХ ПРОСЛОЕК ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ**

Таблица 1 – Дефекты покрытия автомобильной дороги Р-256 «Чуйский тракт» км 250+000 – км 258+000 до капитального ремонта

№ п/п	Граница участка от ПК + до ПК +	Вид дефекта
1	0+00 – 6+45	Продольные и поперечные трещины с шагом 5-0 м с раскрытием от 10 до 20 мм.
2	6+45 – 12+95	Косые и поперечные трещины с шагом 3-5 м с раскрытием от 15 до 30 мм.
3	12+95 – 18+65	Продольные и поперечные трещины с шагом 5-10 м с раскрытием от 10 до 20 мм.
4	18+65 – 30+05	1. Косые и поперечные трещины с шагом 3-5 м с раскрытием от 10 до 20 мм. 2. Сетка трещин.
5	30+05 – 47+45	1. Косые трещины с шагом 3-5 м с раскрытием от 10 до 20 мм. 2. Выкрашивание (правая полоса движения с ПК 39+80 по ПК 40+70)
6	47+45 – 54+95	Косые трещины с шагом 5-10 м с раскрытием от 10 до 20 мм.
7	54+95 – 58+85	1. Косые и поперечные трещины с шагом 3-5 м с раскрытием от 10 до 20 мм. 2. Сетка трещин.
8	58+85 – 80+3,34	1. Косые трещины с шагом 5-10 м с раскрытием от 10 до 20 мм. 2. Выполнен ямочный ремонт (левая полоса движения с ПК 64+90 по ПК 67+60)

Таблица 2 – Технические характеристики геосетки GRUNTEX PET 50/50

Марка материала	GRUNTEX PET 50/50
Состав	полиэфирная нить, ПВХ пропитка
Прочность на разрыв, кН/м	50/50
Размер ячейки, мм	20×20 – 50×50
Относительное удлинение по основе и утку, % (не более)	13
Ширина (макс.), м	5,1

В таблице 1 указаны дефекты покрытия данного участка автомобильной дороги.

При капитальном ремонте асфальтобетон армирован двухосной полиэфирной с поливинилхлоридной пропиткой геосеткой, марки «GRUNTEX PET». Благодаря своей прочности, износостойкости и долговечности геосетка в слое асфальтобетона повышает предел прочности покрытия на разрыв и воспринимает большую часть горизонтальных нагрузок при растяжении. Технические характеристики данной трещиннопрерывающей прослойки представлены в таблице 2.

Устройство геосетки производится в конструкции дорожной одежды в местах уширения проезжей части, т.к. это позволяет распределить нагрузку равномерно по всей поверхности (рисунок 3).

Внедрение технологии армирования в процессе капитального ремонта автомобильной дороги Р-256 Чуйский тракт привнесло ряд преимуществ.

Во-первых, геосетки способствуют увеличению времени эксплуатации дорожного покрытия. Это означает, что дорогу можно использовать дольше, а также увеличиваются допустимые нагрузки, которые могут оказываться на асфальтобетон.



Рисунок 3 – Устройство геосетки при капитальном ремонте автомобильной дороги Р-256 «Чуйский тракт» на км 250+000 – км 258+00

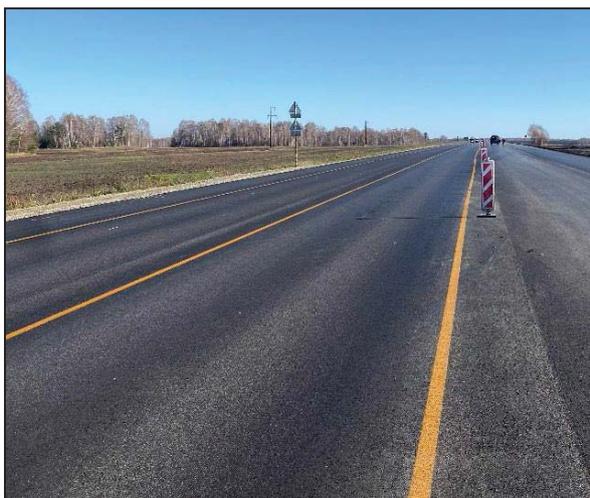


Рисунок 4 – Покрытие автомобильной дороги Р-256 «Чуйский тракт» на км 250+000 – км 258+00 после завершения работ по устройству дорожной одежды

Во-вторых, геосетки существенно снижают или полностью предотвращают образование трещин, колея, наплывов и других деформаций дорожного полотна. Таким образом, они предупреждают возможные повреждения и сдвиги, вызванные негативными воздействиями на дорогу.

В-третьих, применение геосеток позволяет сократить время, затрачиваемое на строительство или ремонт дорожного полотна. Это связано с тем, что геосетки являются эффективным материалом, который ускоряет процесс работ.

Кроме того, использование геосеток позволяет сократить объем материала, необходимого для строительства новых дорог или капитального ремонта существующих [2]. Таким образом, это позволяет оптимизировать расходы на материалы и улучшить экономическую эффективность проектов.

Наконец, применение геосеток увеличивает срок эксплуатации дорожного полотна и межремонтные сроки. На рисунке 4 представлен участок автомобильной дороги на

участке км 250+000 – км 258+00 после завершения работ по устройству дорожной одежды.

Подобные практики должны стать основой для будущих проектов по модернизации автомобильных дорог, в стремлении создать более устойчивую и безопасную транспортную сеть.

Эффективное и долгосрочное обслуживание дорожной инфраструктуры требует регулярного проведения капитального ремонта и обновления дорожной сети.

Применение трещинопрерывающих прослоек является одним из способов увеличения трещиностойкости асфальтобетонных покрытий и улучшения технико-эксплуатационных параметров дорожного покрытия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДМ 218.5.001-2009. Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог [Электронный ресурс]: МЕГАНОРМ – система нормативных документов. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293826/4293826711.pdf> (дата обращения: 25.12.2023).

2. 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, доцент кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [adio-06@mail.ru](mailto:adio-06@mail.ru);

**Клименко Ангелина Сергеевна** – студент группы 8Сад-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [klimencko@gmail.com](mailto:klimencko@gmail.com).

## О ПОВЫШЕНИИ ВОДОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ИЗ ГОРЯЧИХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ

Г. С. Меренцова, А. Н. Кремлев

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

*Приведены результаты экспериментальных исследований по повышению водостойкости асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог при введении в горячую асфальтобетонную смесь полимерно-минеральной добавки ПМК-N. Установлено что эта добавка способствует снижению водонасыщения асфальтобетона в 1,8 раза и существенному повышению водостойкости. Рекомендовано оптимальное содержание полимерно-минеральной добавки ПМК-N в асфальтобетонной смеси.*

**Ключевые слова:** асфальтобетонное покрытие, горячая асфальтобетонная смесь, полимерно-минеральная добавка ПМК-N, водонасыщение, водостойкость, прочность.

Повышение водостойкости асфальтобетонных покрытий весьма актуально при эксплуатации автомобильных дорог во влажных климатических условиях и в местах наличия паводков и подтоплений.

Проведены экспериментальные исследования по выявлению влияния полимерно-минеральной добавки ПМК-N на водостойкость асфальтобетонных покрытий из горячих асфальтобетонных смесей. Выбор этой добавки обусловлен тем, что при её введении в битум, снижается температура хрупкости, что является положительным фактором, особенно необходимым для условий Западной Сибири при наличии низких отрицательных температур.

Кроме того, при введении полимерно-минеральной добавки ПМК-N в асфальтобетон существенно снижается его водонасыщение, что должно способствовать повышению водостойкости асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог, при применении горячих асфальтобетонных смесей. Снижение водонасыщения асфальтобетона обусловлено вещественным составом этой полимерно-минеральной добавки – наличием в ней полимерных композиций, которые обладают гидроизолирующими свойствами.

Как показали петрографические исследования с использованием микроскопа 3 выявлено наличие марки МБИ-1 при увеличении в 56х и 140х раз. На рисунках 1 и 2 отдельные частицы, различающиеся формой, цветом:

- прозрачные кристаллы игольчатых форм в количестве (80-85%);

- частицы жёлтого цвета неправильной формы с содержанием (5-7%);

- встречаются включения в виде зерен округлой формы тёмно-серого, чёрного и желтовато-красных оттенков (10-15%).

Таким образом, петрографическим анализом установлено наличие различных частиц, отличающихся разнообразным составом в виде минеральных и полимерных включений в этой добавке.

Проведены лабораторные исследования по оценке влияния полимерно-минеральной добавки ПМК-N на показатели физико-механических свойств асфальтобетонов из горячей плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа Б марки II. Добавка вводилась при приготовлении горячей асфальтобетонной смеси, испытания образцов осуществлялись по ГОСТ 12801-98 [1].

Результаты экспериментальных испытаний по определению горячей асфальтобетонной смеси для покрытий автомобильных дорог приведены в таблице 1. Анализ показателей водонасыщения асфальтобетонов приведённых в таблице 1, свидетельствует о том, что полимерно-минеральная добавка способствует снижению водонасыщения по объёму асфальтобетона дорожного покрытия в 1,8 раза, что является положительным фактором, обусловленным наличием полимерных компонентов в составе применяемой добавки. Предел прочности на сжатие после водонасыщения при 20°С в составах с добавкой значительно выше (на 17-21%), чем в контрольном составе без добавки. Это свидетельствует о повышении водостойкости асфальтобетона с добавкой ПМК-N.



Рисунок 1 – Вид добавки «Nisoflok» при 56<sup>x</sup> кратном увеличении через микроскоп

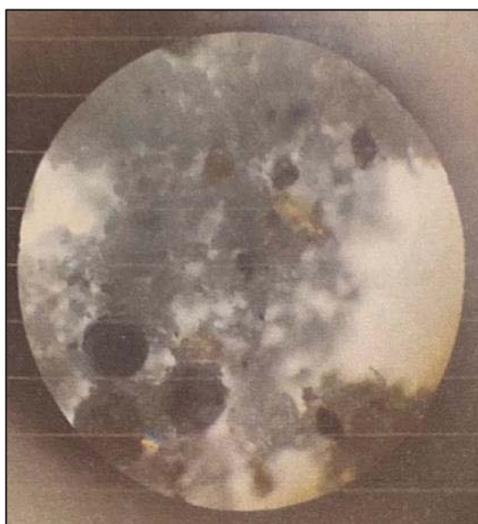


Рисунок 2 – Вид добавки «Nisoflok» при 140<sup>x</sup> увеличении



**О ПОВЫШЕНИИ ВОДОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ИЗ ГОРЯЧИХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ**

Таблица 1 – Показатели физико-механических свойств горячей плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа Б марки II с добавкой ПМК-N

Наименование показателей	Составы		Требования ГОСТ9128-2013	
	Контрольный (без добавки)	С добавкой ПМК-N		
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	2,39	2,39	-	
Водонасыщение по объёму, %	3,1	1,7	От 1,5 до 4,0	
Предел прочности при сжатии, МПа:				
	0°С	0,43	5,88	Не более 12,0
	20°С	2,74	2,76	Не менее 2,2
50°С	1,13	1,22	Не менее 1,0	
Водостойкость ускоренным методом	0,67(-)	0,8(+)	Не менее 0,75	
Длительная водостойкость	0,55(-)	0,77(+)	Не менее 0,75	
Сцепление при сдвиге, Мпа	0,26(-)	0,40(+)	Не менее 0,35	
Трещиностойкость, МПа	2,6(-)	3,3(+)	От 3,0 до 6,5	

*Примечание:* При этом учитывались дополнительные требования по ГОСТ9128-2013 [2].

Предел прочности на сжатие после водонасыщения при 50°С по ускоренной методике при введении добавки в количестве 10,15 и 20% от массы минерального порошка значительно выше (на 15-17%), чем в контрольном составе без добавки. Это говорит о повышении водостойкости асфальтобетона с добавкой ПМК-N.

Показатель длительной водостойкости (через 15 суток выдержки образцов в воде) при содержании полимерной добавки ПМК-N в количестве 10% от массы минерального порошка выше нормативных требований, что свидетельствует о положительном влиянии этой добавки на водостойкость асфальтобетона.

Предел прочности на растяжении при расколе при температуре -0°С при введении добавки ПМК-N соответствует нормативным требованиям, что свидетельствует о положительном влиянии этой добавки на трещиностойкость асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог.

Установлено, что оптимальное содержание полимерно-минеральной добавки ПМК-N от массы минерального порошка в составе горячей плотной мелкозернистой асфальтобетона типа Б марки II составляет 10%. Об этом свидетельствуют результаты, полученные при экспериментальных исследованиях.

Таким образом, полимерно-минеральная добавка ПМК-N оказывает положительное влияние на свойства вязкого битума БНД 90/130 и горячей плотной мелкозернистой

асфальтобетона типа Б марки II. При этом показатель длительной водостойкости превышает допустимое нормативное значение, что важно для автомобильных дорог регионов Российской Федерации в условиях паводков, так как этот показатель влияет на устойчивость к разрушению асфальтобетонных конструктивных слоёв.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний: межгосударственный стандарт: введен в действие с 1 января 1999 г. – Москва, 1999. – 67 с.
- ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог аэродромов. Технические условия. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные. – Москва : 2013. – 45 с.

**Меренцова Галина Степановна** – д.т.н., профессор, доцент кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [adio-06@mail.ru](mailto:adio-06@mail.ru);

**Кремлев Александр Николаевич** – студент группы 8Сад-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [aleks2000kre@mail.ru](mailto:aleks2000kre@mail.ru).

## ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ, ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ И СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ИЗ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Г. С. Меренцова, А. Б. Хасенов

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

*Приведены методические рекомендации по оценке прочностных, деформационных показателей свойств и степени уплотнения земляного полотна из скальных грунтов при строительстве автомобильных дорог. Оценку показатели этих свойств целесообразно осуществлять при помощи электронного динамического плотномера грунта ДПГ-1.2 TFT. Приведены конструктивные особенности этого прибора и принцип его работы, при оценке деформационных, прочностных показателей свойств и степени уплотнения земляного полотна из скальных грунтов при строительстве автомобильных дорог.*

**Ключевые слова:** оценка, показатели свойств, прочностные показатели, деформационные показатели, степень уплотнения, скальный грунт, земляное полотно, автомобильная дорога, плотномер грунта.

собой сложные и дорогостоящие инженерные сооружения, требующие тщательного технического обслуживания. Для продления срока службы дорог, одним из ключевых факторов на этапе строительства является качество подготовки земляного полотна и основания дороги. Поэтому, при выполнении работ важно проводить тестирование грунта на плотность, оценивая его прочность и способность к деформации. С этой целью рекомендуется использовать статический или динамический плотномер для грунта, который в свою очередь помогает сократить трудозатраты и оптимизировать объем выполняемых работ. При измерении деформационных и прочностных показателей свойств, хорошо коррелируемых с плотностью грунта. При контроле качества грунта земляного полотна из скальных грунтов целесообразно использовать динамические плотномеры грунта.

Принцип их работы заключается в определении динамического модуля деформации с использованием штампа, который подвергается динамической нагрузке. Главное условие – диаметр штампа должен быть в 4-5 раз больше, чем самая крупная фракция грунта.

Компания «Интерприбор» представляет электронный динамический плотномер грунта ДПГ-1.2, который имеет следующие преимущества:

- соответствует стандартам ASTM E2835-11 и СТ СЭВ 5497-86; по методикам работы полностью совместим с зарубежными приборами ZFG, LFG-SD;

- наличие проводного и беспроводного интерфейса связи;

- работа со смартфоном в качестве электронного блока по Bluetooth-соединению.

ДПГ-1.2 позволяет максимальной быстро и точно проводить измерения, он внесен в государственные реестры СИ России, Украины, Белоруссии и Казахстана. Данный прибор представлен на рисунке 1. Технические характеристики динамического плотномера грунтов ДПГ-1.2 приведены в таблице 1.



Рисунок 1 – Динамический плотномер грунтов ДПГ-1.2

**ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ, ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ И СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ИЗ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ**

Таблица 1 - Технические характеристики динамического плотномера грунта ДПГ-1.2 TFT

Диапазон измерения динамического модуля упругости, Мпа	от 10 до 250
Диапазон измерения перемещения, мм	от 0,1 до 2,0
Диапазон показаний силы, Н	от 100 до 20000
Диапазон измерения силы, Н	от 2000 до 20000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения динамического модуля упругости, %	$\pm (0,02E_{do} + \frac{50}{E_{do}} + 2)$ где $E_{do}$ – действительный модуль упругости, Мпа
Пределы допускаемой абсолютной погрешности перемещения, мм	$\pm(0,03S_o+0,01)$ где $S_o$ – действительное значение перемещения, мм
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения силы, %	$\pm 3,0$
Диаметр штампа, мм, не более	300
Потребляемая мощность, Вт, не более	0,7
Габаритные размеры (диаметр платформы × высота), мм, не более	Ø300 × 1475
Масса прибора, не более, кг	33,0
Питание от встроенного литиевого источника с напряжением, В	3,7 ± 0,5
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	20000
Полный средний срок службы, лет, не менее	10



Рисунок 2 – Общий вид прибора

Принцип работы устройства заключается в измерении амплитуды полной вибрации грунта под воздействием ударной нагрузки. Во время удара, электронный блок устройства автоматически регистрирует сигналы с датчиков усилия и сжатия штампа. В то же время, микропроцессор выполняет двойное интегрирование сигнала ускорения и вычисляет амплитуду сжатия грунта.

Прибор (рисунок 2) состоит из механического ударного устройства (1) и электронного блока (2), который закрепляется на кронштейне (3).

Механическое ударное устройство (рисунок 2-а) состоит из круглого штампа (4), на котором жестко закреплен блок (5) датчиков усадки и ударного усилия, направляющая штанга (6), пружинный демпфер (7) и груз (8). В верхней части ударного устройства расположен механизм фиксации и сброса груза. Он состоит из ручки сброса (9), крючка (10) и держателя (11). Корпус держателя оснащен поворотным фиксатором (12), который позволяет заблокировать падение поднятого груза во время транспортировки прибора [1].

Электронный блок (рисунок 2-б) имеет на лицевой панели 12-ти кнопочную клавиатуру (13) и графический дисплей (14). В верхней торцевой части корпуса расположен разъем (15) для подключения ударного устройства посредством соединительного кабеля и USB-разъем (16) для связи с компьютером и передачи данных в сервисную программу с целью более детальной обработки полученной информации, подготовки отчета и архивированию результатов [1].

USB-порт также используется для зарядки устройства во время длительных тестов и для подзарядки аккумулятора. Внутри электронного блока находится встроенная литиевая батарея. Левая боковая панель оснащена ручным ремнем [1].

**Подготовка объекта.**

Для достижения необходимого коэффициента уплотнения неструктивного слоя рекомендуется осуществлять распределение в начале мелкого щебня с последующим уплотнением его катком. При этом щебень загоняют в пустоты механическими щетками. После заполнения всех пустот рассыпают каменную мелочь, распределяя ее по поверхности. При россыпи каменной мелочи обязательно поливка водой. Расход воды на всё уплотнение составляет 20-50 л/м<sup>3</sup>. Затем уплотняют лёгким катком (не более 5 проходов по одному следу).

В нижних слоях насыпи размещается более крупный камень – размер крупных ча-

стиц которого не превышает 250 мм. в ребре. (до 250 мм.). После устройства верхнего слоя насыпи из более мелкого камня выполняют выравнивание поверхности земляного полотна до проектной отметки мелким рваным камнем, дробленным гравием или щебнем.

Откосы выполняют из крупных камней тычком к поверхности откоса.

#### **Проведение испытаний.**

При проведении испытаний производят не менее трех замеров на поперечнике, испытания проводят каждые 50 м (рисунок 3).

На объекте испытания выбирают ровную, горизонтальную поверхность. Допускается выравнивание небольших неровностей на испытуемой поверхности, для этого по поверхности тонким слоем распределяют песок, заполняющий полость только под штампом. Для получения фактических данных перед проведением контрольных испытаний обязательно необходимо провести осадку испытуемого грунта тремя предварительными ударами. Замеры производятся освобождением груза из нейтрального положения удерживаемого фиксатором. Груз при испытании должен свободно двигаться по стойке (смазывание стойки категорически запрещено, рекомендуется очищать стержень насухо, не допуская образования отложений). Освобождаем фиксатор, затем после отскока от плиты подхватываем груз, повторяем для получения трех значений при значительных отклонениях замеры необходимо произвести заново.

Крайне важно при проведении значительного количества испытаний следить за механическим состоянием прибора и его общим видом, не допуская изменения геометрии или же загрязнения основания штампа, что в свою очередь существенно влияет на качество получаемых данных.

Определение степени плотности, прочностных и деформационных показателей при возведении земляного полотна из скальных грунтов позволит качественно осуществлять контроль за строительством автомобильных дорог в горных условиях при применении скальных грунтов.

Применение предложенной методики целесообразно для качественной оценки контролируемых параметров при выполнении дорожных работ в особых условиях их выполнения.



Рисунок – 3 Участок автомобильной дороги «Северо-Западный обход города Кемерово»

#### **Заключение**

В ходе проведения оценочных испытаний динамический плотномер грунта ДПГ-1.2 TFT показал себя как достаточно точный прибор и при этом достаточно прост в использовании.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Динамические плотноммеры грунта ДПГ-1.2 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.interpribor.ru/dynamic-density-of-ground-dpg-1> (дата обращения: 21.12.2023).

*Меренцова Галина Степановна – д.т.н., профессор, доцент кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: adio-06@mail.ru;*

*Хасенов Аяз Болатбекович – студент группы 8Сад-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: a93xasehob@gmail.com.*

## ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВАРИЙНОСТИ НА ФЕДЕРАЛЬНЫХ ДОРОГАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

И. М. Михаилиди, А. В. Дойнеко

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

*В настоящей статье описана методика применения пространственного анализа, выполняемого в геоинформационной системе (ГИС) для выявления наиболее аварийно-опасных участков дорог и создания интерактивных карт аварийности. Методика применялась для определения участков повышенной аварийности на федеральных дорогах Алтайского края, являющихся главными транспортными и туристическими артериями региона, для которых повышение безопасности дорожного движения является насущной проблемой. На основании данных ГИБДД о дорожно-транспортных происшествиях за 2023 г. были выявлены участки высокой концентрации ДТП, созданы карты аварийности и база геоданных аварийности, которые можно использовать для ежегодного анализа ситуаций на дорогах.*

**Ключевые слова:** автомобильные дороги, Алтайский край, обеспечение безопасности дорожного движения, дорожно-транспортные происшествия (ДТП), участки концентрации ДТП, аварийность, показатели аварийности, геоинформационные системы (ГИС), линейная система координат, пространственный анализ, метод плотности ядер.

Алтайский край обладает уникальным местоположением, которое определяется примыкающими к нему крупными регионами с обширными запасами сырья и развитой добывающей и перерабатывающей промышленностью. Кроме того, по территории края проходят значимые маршруты для грузовых и пассажирских перевозок, включая федеральные трассы А321, А322 и Р256, которые связывают Россию с Монголией и Казахстаном. Благоприятное географическое положение Алтайского края и развитая дорожная инфраструктура способствуют укреплению экономических и торговых связей, как на региональном, так и на международном уровне. Однако это также приводит к увеличению транспортного потока и, следовательно, к росту аварийности на дорогах края [1].

Целью настоящей работы являлось исследование аварийности федеральных дорог Алтайского края для выявления наиболее аварийно-опасных участков и создания карт аварийности. При этом рассматривалась вся протяженность автомобильных дорог федерального значения, проходящих по территории края.

Необходимая информация для исследования ДТП, произошедших за предыдущий год (2023), была получена из базы статистических и технико-экономических данных, предоставляемых ГИБДД и ФДА [2, 3].

Далее в ГИС был создан проект для анализа этих данных и создания карт аварийности дорог федерального уровня

Предварительным этапом работы в ГИС была актуализация слоя дорог Алтайского края, включающая обновление пространственных и атрибутивных данных, так, чтобы они отражали современное состояние дорожной сети. В частности, была отредактирована геометрия и атрибутивные данные федеральных дорог Р-256, А-321 и А-322. В качестве материала для актуализации дорожной сети использовались доступные онлайн-карты из различных интернет-источников.

Для проведения анализа аварийности участков дороги и создания карты аварийности в ГИС ArcGIS использовалась следующая методика, состоящая из нескольких этапов:

1. Создание базы геоданных для хранения пространственных и атрибутивных о дорогах и базы атрибутивных данных о ДТП.

2. Создание системы маршрутов для исследуемых линейных объектов (в данном случае, для федеральных дорог). Для маршрутов задается линейная система координат, позволяющая использовать линейные измерения вдоль дорог для определения местоположения как точечных объектов-событий, таких как ДТП, так и линейных объектов, таких, как участки дороги.

3. Создание слоя точечных событий (ДТП). Выгруженные из базы ГИБДД данные о ДТП в формате MS Excel, содержащие линейные координаты ДТП и атрибутивную информацию о них, загружаются в ГИС-проект, и по ним создается слой точечных событий, который отображается на карте с использованием линейной координат дорог.

На рисунке 1 представлен пример созданной в ГИС карты ДТП на федеральных трассах Алтайского края за январь 2023 года. Также в ГИС была получена статистика по типам ДТП, по дорогам, где они происходили, по степени тяжести последствий ДТП.

4. Создание слоя линейных событий для определения участки дороги. Вдоль маршрута создается слой линейных событий, который разделяет дорогу на участки длиной 1 километр.

5. Определение количества ДТП. Для каждого участка дороги определяется фактическое количество ДТП.

6. Вычисление плотности ДТП. Для каждого участка дороги вычисляется фактическая плотность ДТП путем деления количества ДТП на участке на длину данного участка.

7. Определение участков высокой аварийности. Для определения участков с высоким уровнем аварийности производится сравнение вычисленной плотности ДТП со значениями минимально допустимой плотности ДТП при заданной среднегодовой суточной интенсивности движения.

Учитывая, что данные о местоположении ДТП, полученные из ГИБДД, имели точность до 10 метров, чтобы избежать дублирования ДТП на смежных участках, начало и конец каждого участка дороги были сдвинуты на 1 метр. В результате, была составлена карта, отражающая реальную концентрацию ДТП на каждом километровом участке (по данным о ДТП за 2023 год).

Для более наглядного обозначения участков с высокой аварийностью в атрибутивную таблицу слоя участков дороги было добавлено 4 поля:

– «Плотность ДТП» для вычисления фактической плотности ДТП за расчетный период;

– «Интенсивность движения» – для указания среднегодовой суточной интенсивности движения на участке;

– «Мин. плотность ДТП» – для указания порога минимальной допустимой при заданной среднесуточной интенсивности движения плотности ДТП, при превышении которого участок признается высоко-аварийным (местом высокой концентрации ДТП);

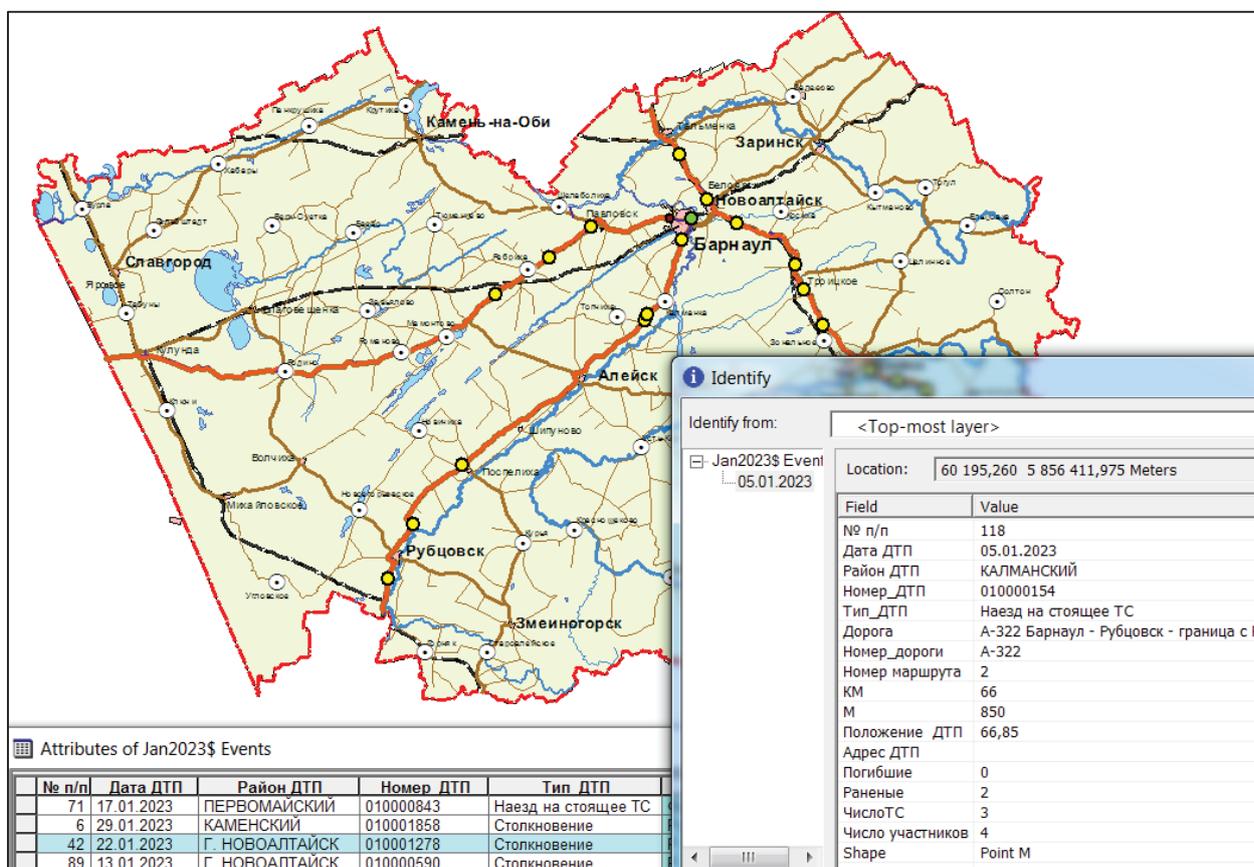


Рисунок 1 – Карта ДТП на федеральных дорогах Алтайского края за январь 2023 года

– «Аварийность» – индикатор высокой аварийности, равный 1, если участок признается участком высокой концентрации ДТП и равным 0, если на этом участке за расчетный год не было зафиксировано ни одного ДТП.

Фактическая плотность ДТП на  $i$ -ом участке вычислялась по формуле

$$\gamma_i = \frac{n_i}{3 \cdot l_i},$$

где  $n_i$  – число ДТП, совершенных на  $i$ -м рассматриваемом участке в течение расчетного периода;  $l_i$  – протяженность  $i$ -го рассматриваемого участка дороги в километрах.

Для каждого участка дороги (Р-256, А-321, А-322) был выполнен расчет показателя «Аварийность» путем сравнения фактической плотности ДТП с минимально допустимым уровнем. В результате, в ГИС была создана карта участков федеральных дорог, проходящих по территории Алтайского края с указанием их аварийности.

Дополнительно в ГИС был выполнен расчет мест высокой концентрации ДТП на федеральных дорогах с использованием метода ядерной оценки плотности (ЯОП, англ. KDE), который позволяет получить более наглядную картину распределения участков высокой концентрации ДТП, с применением методов картографической визуализации.

Использование ГИС-технологии в задаче анализа аварийности дорог позволяет автоматизировать вычисление участков с высокой концентрацией ДТП для создания аналитических карт аварийности дорог.

На основе данных ГИБДД о дорожно-транспортных происшествиях за 2023 год были выделены участки высокой концентрации ДТП на федеральных дорогах Р-256, А-321 и А-322 в границах Алтайского края. Также были созданы карты аварийности федеральных дорог края, собрана статистика ДТП по времени происшествия, по типу ДТП, количеству пострадавших и погибших, что дает широкие возможности для анализа ситуаций связанных с ДТП на различных дорогах края, а также сравнения дорог по уровню аварийности.

Создана база геоданных, содержащая информацию об аварийности дорог края. Эта база может постоянно обновляться и использоваться для периодического анализа ситуации на дорогах и, в конечном счете, для выявления причин аварийности и обоснования мероприятий по её снижению. Для этого необходимо комплексное исследование ситуации на каждом из выделенных участков с целью определения основных факторов и причин их формирования, а также и разработки мер по их устранению. Такими факторами могут быть неточности разметки дороги или неудачные схемы размещения средств организации дорожного движения, значительное изменение скоростного режима на участке, наличие пересечений дорог в одном уровне, проведение дорожных работ и др. [4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Алтайского края [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.altairegion22.ru/territory/info/> (дата обращения: 12.01.2024).
2. Сведения о показателях состояния безопасности на дорогах российской федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 12.01.2024).
3. Система контроля дорожных фондов [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://xn--d1aluo.xn--p1ai/> (дата обращения: 12.01.2024).
4. Печатнова, Е. В. Факторы формирования аварийно-опасных участков на автомобильных дорогах федерального значения / Е. В. Печатнова, К. С. Нечаев // Вестник СибАДИ. – 2023. – Т. 20. – № 1 (89). – С. 92-101.

**Михаилиди Ирина Михайловна** – к.т.н., доцент кафедры «Строительство автомобильных дорог и аэродромов ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [ingem@mail.ru](mailto:ingem@mail.ru);

**Дойнеко Андрей Владимирович** – студент группы 8САД-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [adoyneko@mail.ru](mailto:adoyneko@mail.ru).

## АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМЫХ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

И. В. Носков, О. Н. Хаблова

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

*В статье рассматриваются причины возникновения неравномерных деформаций грунтового основания, описываются способы защиты зданий от неравномерных деформаций. Рассмотрены методы подъема и выравнивания зданий с помощью регулируемых фундаментов, а также технология их устройства. Приведен практический пример применения регулируемых фундаментов в г. Белово, Кемеровская области. На основе выполненной работы произведен анализ актуальности применения регулируемых зданий и сооружений.*

**Ключевые слова:** грунтовое основание, здание, сооружение, неравномерные деформации, регулируемые фундаменты.

При возведении любых зданий и сооружений, будь то жилые, общественные или промышленные, их неотъемлемой частью является фундамент.

Фундамент – это конструктивный элемент, который обеспечивает передачу нагрузок от выше расположенных конструкций на грунтовое основание. Прочность и надежность основания определяет эксплуатационные качества здания и в первую очередь его долговечность.

### **Причины возникновения неравномерных деформаций**

Под действием нагрузок от здания или сооружения грунтовое основание испытывает деформации, которые внешне проявляются в виде осадки (равномерной и неравномерной), горизонтальных смещений и кренов. Равномерная осадка не вызывает в фундаментах и вышележащих конструкциях зданий и сооружений дополнительных усилий и не затрудняют их нормальную эксплуатацию, но чаще всего осадка неравномерна, вследствие чего возникают дополнительные усилия в конструкциях, которые могут вызвать образование трещин и даже разрушение.

Такие деформации в большинстве случаев прогнозируемы, так как происходят вследствие действия внешних сил на грунтовое основание, наиболее же непредсказуемыми являются деформации основания из-за изменения структуры грунта, вследствие гидрогеологических, химических или суффозионных процессов. Результатом таких процессов является снижение прочности, и как следствие провалы, оседание и просадку вышележащей толщи грунта.

К причинам неравномерных деформаций грунтового основания также можно отнести человеческий фактор – ошибки на стадии

проектирования, в ходе проведения инженерно-геологических изысканий или в технологии устройства фундаментов.

Все вышеописанные причины неравномерных деформаций оснований влекут за собой изменение геометрического положения здания или сооружения в пространстве, а также влияет на состояние их конструкций.

Согласно нормативным документам [1-3] расчет зданий и сооружений следует производить с учетом совместных деформаций конструкций и основания. Для этого введены нормативные значения для деформаций.

Неравномерные деформации оснований зданий и сооружений имеют распространение в районах со сложными инженерно-геологическими условиями, которые покрывают большие территории Российской Федерации и стран ближнего зарубежья.

Последствиями неравномерных деформаций грунтового основания являются: повреждение и разрушение конструкций из-за возникших дополнительных напряжений, ухудшение эксплуатационных качеств и надежности сооружения, обрушение здания или его части.

### **Защита зданий от неравномерных деформаций**

В настоящее время существует большое количество способов защиты зданий и сооружений от неравномерных деформаций. Их применяют на стадии проектирования, возведения или непосредственно во время эксплуатации объекта.

Можно укрепить само грунтовое основание, путем водозащитных и химзащитных мероприятий или создания искусственного основания, приспособить здание для восприятия неравномерных деформаций основания, либо (если неравномерные деформации про-

изошли во время эксплуатации) откорректировать его геометрическое положение.

Методы корректировки геометрического положения здания можно разделить на две группы:

### 1. Опускание здания или его части.

К этому методу относится: выбуривание грунта из-под подошвы фундамента, замачивание фундамента со стороны с меньшими деформациями. Основными недостатками такого метода являются: большой объем земляных работ, невозможность применения на свайных основаниях.

### 2. Подъем и выравнивание здания или его части.

Метод основан на подъеме надземных конструкций с помощью различных домкратных систем.

### **Метод подъема и выравнивания зданий с помощью домкратных систем**

В последние годы наиболее эффективным и безопасным показал себя метод подъема и выравнивания зданий с помощью домкратных систем [4, 5]. Его особенностью является устройство регулируемых фундаментов, позволяющих обеспечить сохранность и пространственную жесткость здания во время выравнивания.

В России метод подъема и выравнивания зданий и сооружений с использованием гидравлических домкратов применяется с 1960 г., именно тогда НИИОСПом и «Мосгражданпроектом» был разработан и реализован проект «гибкого» дома для строительства на просадочных грунтах. В его основе был заложен принцип подъема здания домкратами при проявлении недопустимых осадок основания. В конце 1990-х годов благодаря работам под руководством С.Н. Клепикова этот метод нашел отражение в СНиП. К достоинствам такого метода можно отнести:

- Возможность применения на объектах с любыми конструктивными схемами, грунтовыми условиями, а также фундаментами;
- Выполнение работ без прекращения эксплуатации здания;
- Высокая степень контроля над процессом выравнивания;
- Возможность выравнивания тяжелых многоэтажных зданий;

К недостаткам рассматриваемой технологии можно отнести небольшую величину шага подъема (12-15 см), в связи с чем, работы могут выполняться в несколько этапов.

Регулируемые фундаменты могут быть двух видов: фундаменты для проектируемых зданий и для зданий которые уже введены в

эксплуатацию [6].

Для проектируемых зданий конструкции и фундамент проектируются с учетом подъема и выравнивания, а для эксплуатируемых производится комплекс усиления и преобразований цокольно-подвальной части здания. Устройство на стадии строительства нового объекта менее затратное и трудоемкое, нежели на стадии эксплуатации.

Особенностью устройства регулируемых фундаментов для бескаркасных зданий является необходимость устройства распределительных поясов, а для каркасных устраиваются связи между колоннами.

При устройстве регулируемых фундаментов для монолитных зданий необходима отрезка от фундаментных конструкций, так как фундамент имеет жесткую связь с несущими стенами. Необходимо создать линию отрыва, прежде чем поднимать и выравнивать здание. Для этого в стенах устраиваются домкратные проемы, выполняется усиление, монтируются домкратные узлы и создаются начальные усилия, после этого поочередно перерезаются простенки между домкратами.

Рассматривая технологию работ по методу подъема и выравнивания зданий можно выделить следующие этапы.

Прежде всего, проводятся подготовительные работы, к ним относится визуальное и инструментальное обследование объекта и участка застройки, а так же проведение полной геодезической съемки и инженерно-геологических изысканий.

После выполнения подготовительных работ производится устройство распределительных поясов. С их помощью снижают уровень концентрации напряжений в конструкциях фундамента от домкратов, а также для обеспечения дополнительной пространственной жесткости фундамента.

После устройства усиления в цоколе вырезаются проемы, в которые монтируются домкраты с локальными распределительными устройствами. Домкраты передают усилия на несущие конструкции через вспомогательный пояс жесткости, который крепится к стенам системой анкеров.

На следующем этапе по мере увеличения давления в гидравлической системе увеличиваются усилия в домкратах, которые одновременно передаются на нижнюю и верхнюю части фундамента, что способствует образованию плоскости отрыва и в последствии преодолению сил адгезии между верхней и нижней частями фундамента. Именно за этот промежуток времени в работу включаются распределительные пояса. После этого осу-

ществляется постепенный подъем и выравнивание здания так, что высота подъема каждым домкратом соответствует значениям неравномерных деформаций.

Далее выполняется наружная тахеометрическая съемка, с помощью которой корректируются данные с датчиков перемещений при изменении абсолютных высотных отметок фундамента здания.

После окончания подъема выполняется восстановление связей между зданием и фундаментом, замоноличивание образовавшегося зазора, демонтаж домкратной системы и обратная засыпка пазух в цокольной части с последующим восстановлением отмостки и инженерных коммуникаций.

#### **Применение регулируемого фундамента при устранении сверхнормативных кренов**

Строительство девятиэтажного 162-квартирного жилого дома (рисунок 1) начали в мае 1983 года.

В 1984 году четыре блок-секции были сданы в эксплуатацию. Во время монтажа лифтовых шахт выяснилось, что здание осело и дало крен.

Застройщик в экстренном порядке усилил фундамент и в апреле 1986 года дом сдали в эксплуатацию, так как крен не про-

грессировал. Но уже в начале июня деформация здания пошла очень активно, и в конце месяца жильцов из 1,2,3-го подъездов выселили. Фундамент снова укрепили и в полном объеме провели ремонтно-строительные работы.

В апреле 1989 года институт «Кузбасгражданпроект» выдал разрешение на повторное заселение. Крен здания стал виден невооруженным глазом в 1999 году.

Управление градостроительства провели геодезическую съемку дома. Выяснилось, что прогиб здания достиг 69 см, что в пять раз превышало предельную норму; здание строилось на мягких грунтах, хотя в проекте об этом не было сказано; проектировщики приняли за основу геологические исследования по микрорайону в целом, специально для этого здания исследования не проводились.

У здания ликвидирован дефицит несущей способности свайного поля путем переопирация части несущих конструкций на задавленные трубобетонные сваи (рисунок 2).

Проведена работа по объединению свайных оголовков в единую монолитную ленту. Применено 3 вида домкратных узлов: первый – на задавленных сваях, второй – под наружными несущими стенами, третий – на специальных домкратных столиках.



Рисунок 1 – 9-этажный крупнопанельный жилой дом на ул. Октябрьское шоссе, 63 г. Белово, Кемеровская область



Рисунок 2 – Фрагмент размещения плоских гидродомкратов на задавленных трубобетонных сваях в подвале здания

### Заключение

Рассматривая данный метод применительно к городу Барнаулу, хочется отметить, что с каждым годом он становится все более актуальным, вследствие увеличения количества точечной застройки.

На территории нашего города более чем 2/3 части занимают лессовые грунты, соответственно при возведении точечных зданий имеет смысл заранее закладывать в проект проемы под домкратную систему.

В противном случае, если произойдет локальное замачивание фундамента, то вероятность что здание даст крен, вследствие неравномерных деформаций грунтового основания, очень высока.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений : актуализир. ред. СНиП 2.02.01 – 83 : дата введения 2016-12-16. – Москва : Минстрой России, 2016. – 220 с.
2. СП 24.13330.2021. Свайные фундаменты : актуализир. ред. СНиП 2.02.03 – 85 : дата введения 2021-12-14. – Москва : Минстрой России, 2021. – 113 с.
3. СП 14.13330.2018. Строительство в сей-

смических районах : актуализир. ред. СНиП II-7-81\* : дата введения 2018-05-24. – Москва : Минстрой России, 2018. – 117 с.

4. Зотов, В. Д. Подъем и выравнивание зданий с помощью плоских домкратов / В. Д. Зотов, М. В. Зотов // Реконструкция городов и геотехническое строительство. – 2005. – № 9. – С. 5-6.

5. Косаренко, Г. П. Крены зданий и методы их выпрямления в порядке обслуживания / Г. П. Косаренко, Н. А. Казначевский, Г. Д. Яроцкий. – Строительство и архитектура Узбекистана, 1980. – № 12. – С. 9-11.

6. Регулируемые фундаменты / М. Г. Скибин [и др.] // Вестник гражданских инженеров. – 2009. – № 2 (19). – С. 139-141.

**Носков Игорь Владиславович** – к.т.н., доцент, заведующий кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: noskov.56@mail.ru;

**Хаблова Оксана Николаевна** – студент группы 8Спец-31 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: limbo1702@mail.ru.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИИ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ РЕЗЕРВУАРОВ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

**И. В. Носков, Д. Н. Черепанов, А. В. Прохоров**

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

*В статье дается анализ методов и средств измерений для мониторинга деформаций оснований и фундаментов резервуаров при обустройстве месторождений углеводородного сырья. Выполнен обзор нормативно-технической и руководящей документации, регламентирующей выполнение геотехнического мониторинга, выявлены проблемы в законодательстве. Выполнен обзор современного оборудования для наземного лазерного сканирования.*

**Ключевые слова:** наземное лазерное сканирование, методика, методы измерения, резервуар, деформации, крен, осадка, безопасность, геодезические приборы, нивелир, сканер.

К опасным производственным объектам эксплуатируемых при обустройстве месторождений нефти и газа относятся резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов.

На месторождениях нашей страны эксплуатируется порядка 40000 резервуаров, являющихся объектами повышенной опасности и высокого техногенного риска.

Требования за безопасной эксплуатацией резервуаров установлены Федеральным законом от 30.12.2009 № 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Безопасная эксплуатация РВС должна обеспечиваться различными методами наблюдений и обслуживания, в нашем случае мы рассмотрим геотехнический (геодезический) метод мониторинга.

Методом геотехнического мониторинга за состоянием оснований и фундаментов резервуаров является метод геодезических наблюдений.

В нашем случае будет рассмотрен метод геодезических наблюдений за состоянием оснований и фундаментов резервуаров вертикальных стальных (РВС).

Метод наблюдений описан в СТО-СА-03-004-2009 «Трубчатые печи, резервуары, сосуды и аппараты нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Технический надзор, ревизия и отбраковка» (допущенный к применению письмом от 22.01.2010 № 08-01-05/209 Ростехнадзора) устанавливается следующий порядок мониторинга за деформациями РВС:

1. Наблюдения за осадкой резервуара выполняются ежегодно до стабилизации положения РВС, после 1 раз в 4 года при эксплуа-

тации РВС в пределах установленного срока и раз в 5 лет при его превышении.

Стандартным методом наблюдений за деформациями РВС является метод геометрического и тригонометрического нивелирования, который определяется ГОСТом 24846-2019 (Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений) так же возможна комбинация этих методов.

2. Геометрия резервуара и вертикальность его стенки проводится не реже 1 раза в 5 лет для РВС, находящихся в эксплуатации в пределах своего установленного срока (на сегодняшний день это составляет 20 лет), и не реже 1 раза в 4 года – для РВС, находящимися за пределами своего срока службы.

Контроль вертикального положения стенки резервуара для резервуаров объемом свыше 2 тыс. м<sup>3</sup> производят в период подготовки к ремонту, либо в случаях, когда деформации и отклонения от вертикальности наблюдаются визуально.

Традиционным способом наблюдений за вертикальностью стенок РВС является метод с применением безотражательного тахеометра (способы в виде нитяных отвесов и с использованием оптических теодолитов и т.д. в статье рассматриваться не будут, т.к. морально устарели).

Данные методы измерений соответствуют классу точности измерений в соответствии с требованиями ГОСТ 24846-2019: геометрическое нивелирование I-IV класс измерений; тригонометрическое нивелирование – II-IV класс измерений в соответствии с таблицей 1.

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИИ  
ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ РЕЗЕРВУАРОВ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

Таблица 1 – Класс точности при выполнении горизонтальных и вертикальных измерений

Класс точности измерений	Допускаемая погрешность измерения перемещений, мм	
	вертикальных	горизонтальных
I	1	2
II	2	5
III	5	10
IV	10	15

Таблица 2 – Погрешности измерения вертикальных и горизонтальных измерений

Объекты (здания, строения, сооружения)	Допустимая погрешность определения величин деформаций, не более (мм)	
	вертикальные	горизонтальные
Находящиеся в эксплуатации и (или) сооружаемые на скальных (полускальных) породах	1	2
Сооружаемые на песчаных, глинистых (сжимаемых) грунтах и породах	2	5
Сооружаемые на насыпных грунтах	5	10
Насыпи (насыпные сооружения)	10	15

Согласно таблице 1, в нашем случае измерения плановых и высотных деформаций РВС можно отнести к I II классу точности, т.к. большинство РВС, находящихся в эксплуатации, хоть и находятся за границами нормативного срока, но расположены не скальных грунтах.

Погрешности измерения вертикальных и горизонтальных измерений следует принимать в соответствии с таблицей 2 (ГОСТ 24846-2019. Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений).

Исходя из требуемой точности следует выбирать геодезическое оборудование, при этом ГОСТ 24846-2019 не указывает на выбор конкретного геодезического оборудования, это оборудование выбирается исходя из необходимой точности измерений.

Требования к точности и периодичности наблюдений для РВС так же устанавливаются Приказом Ростехнадзора от 19.05.2023 № 186 «Об утверждении Правил осуществ-

ления маркшейдерской деятельности» (зарегистрировано в Минюсте России 31.05.2023 № 73638). Данным приказом установлены следующие требования к точности измерений:

1. Нивелирные ходы между опорными реперами следует выполнять нивелированием II класса.

2. Мониторинги за деформациями РВС должны выполняться в соответствии с требованиями проекта производства маркшейдерских работ, который устанавливает периодичность выполнения наблюдений. Периодичность наблюдений устанавливается не реже 1 раз в пять лет и может быть принята иной по решению пользователя недр, в зависимости от сроков эксплуатации и скорости протекающих деформаций. Для резервуаров менее 20 м<sup>3</sup> наблюдения не требуются и могут быть установлены так же по решению пользователя недр. По сути, согласно законодательству, требуемая периодичность составляет не реже 1-го раза в 5 лет и ответственность за принятия решения об изменениях периодичности возложена на собственника объекта.

Для выполнения геодезического мониторинга за состоянием РВС применяются различные геодезические инструменты отечественного и зарубежного производства.

**1. Геометрическое нивелирование**

Современные нивелиры по конструкции делятся на три вида: оптические, цифровые и лазерные.

Согласно требованиям стандарта оптические нивелиры подразделяются на три группы: высокоточные, точные и технические. Технические требования ГОСТа 10528-90 (Межгосударственный стандарт. Нивелиры) для оптических нивелиров всех групп приведены в таблице 3. Данные требования распространяются на отечественные нивелиры, а по техническим характеристикам можно определить группу зарубежных нивелиров.

На рынке большое разнообразие нивелиров производства различных стран, оптические нивелиры представлены производителями Spectra Precision, Trimble, Nikon, ADA, VEGA, Sokkia, ИПЗ, УОМЗ, АМО, Bosch, Leica, RGK и другими производителями.

Отдельно стоит отметить наблюдения, выполняемые при помощи наземного лазерного сканирования (НЛС). Применение этой технологии показывает качественные результаты в сравнении с традиционными методами измерений, позволяет оценить деформации всего РВС в сравнении с идеальным цилиндром.

Таблица 3 – Технические требования для оптических нивелиров всех групп

Наименование параметра (показателя)	Высокоточные	Точные	Технические
Допустимая средняя квадратическая погрешность измерения превышения на 1 км двойного хода, мм			
для нивелиров с компенсатором	0,3	2,0	5,0
для нивелиров с уровнем	0,5	3,0	-
увеличение зрительной трубы, крат, не менее	40	30	20
диаметр входного зрачка зрительной трубы, мм не менее	48	37	24
Наименьшее расстояние визирования, м, не более:			
без насадки	4,0	1,5	1,0
с насадкой на объектив	1,0	0,8	0,5
Коэффициент нитяного дальнометра, %	100±1	100±1	100±1
Цена деления уровня при зрительной трубе, угловая секунда на 2 мм	10±1	15±1	-

Но при этом следует, в соответствии с требованиями статьи 9 Закона РФ «Об обеспечении единства измерений», проводить измерения в соответствии с аттестованными в установленном порядке методиками. В тоже время методика НЛС для наблюдений за деформациями РВС отсутствует, т.к. отсутствует российская методика к выполнению и требованиям к точности НЛС, в связи с тем, что измерения деформаций по технологии наземного в настоящее время выполняются лазерными сканерами, только зарубежного исполнения Leica, Trimble, Sokkia и др.

**Вывод:** В целом на рынке представлено большое разнообразие по выбору геодезического оборудования для мониторинга оснований и фундаментов РВС, выполняемого тра-

диционными способами и оборудованием и современными приборами с использованием передовых технологий.

Но при этом стоит отметить, что отсутствует методика наблюдений, применяемая к выполнению мониторинга современным оборудованием.

#### 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>.
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.

**Носков Игорь Владиславович** – к.т.н., доцент, заведующей кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [noskov.56@mail.ru](mailto:noskov.56@mail.ru);

**Черепанов Денис Николаевич** – аспирант кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [cherepanovden@mail.ru](mailto:cherepanovden@mail.ru);

**Прохоров Алексей Васильевич** – аспирант кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [Aleck.prohorov2013@yandex.ru](mailto:Aleck.prohorov2013@yandex.ru).

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПЫТНОГО УЧАСТКА НА ОБЪЕКТЕ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ «ОБХОД Г. СЛАВГОРОДА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ ТЭЦ МУП «ЯТЭК»

Г. И. Овчаренко, В. Л. Свиридов, А. В. Викторов

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

*В статье приведены результаты лабораторных исследований золошлаковых смесей теплоэлектроцентрали муниципального унитарного предприятия «Яровской теплоэлектротрокомплекс» для разработки технических условий на эту продукцию. Полученные результаты позволили предложить несколько конструктивных решений для возведения земляного полотна на объекте строительства автомобильной дороги «Обход г. Славгорода». Приведено сравнение стоимости предложенных проектных решений.*

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, безопасность, земляное полотно, золошлаковая смесь, откос, строительство, теплоэлектроцентраль, устойчивость, цемент.

**Актуальность исследования.** В последние годы из-за роста внутреннего туризма Алтайский край официально признан одной из главных туристическо-рекреационных зон России. Озеро Большое Яровое является специфическим туристическим объектом с выраженным бальнеологическим эффектом. Оно ежегодно привлекает более 100 тысяч туристов в летний сезон. В последние годы эта цифра кратно увеличилась. 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 в её золошлаках накоплено более 600 тыс. тонн золошлаков, которые требуют утилизации. Ситуация обострена тем фактом, что действующая система гидрозолоудаления ТЭЦ забирает воду из озера, а после использования сбрасывает ее снова в озеро. Поэтому в данном случае экологическая проблема выходит на первый план по сравнению с технологической.

**Материалы и методы исследований.** Для изучения возможности использования золошлаковых смесей (ЗШС) ТЭЦ МУП «ЯТЭК» при строительстве автомобильной дороги «Обход г. Славгорода» в 2022 и 2023 годах было отобрано несколько представительных проб этого материала на действующем гидрозолоотвале. Кроме этого, отобраны с различных горизонтов (от одного до пяти метров) технологи-

ческие пробы со всех четырех местных грунтовых карьеров, которые планируются к использованию при реализации данного объекта.

Гранулометрический (зерновой) состав золошлаковых смесей и грунтов определяли с использованием ситового анализа по ГОСТ 8735, ГОСТ 12536, ГОСТ 25592, ГОСТ 26644, потери при прокаливании (п.п.п.) зол и ЗШС – по ГОСТ 25818. Истинную плотность материалов находили пикнометрическим методом по ГОСТ 5180, максимальную плотность смесей при оптимальной влажности – в соответствии с ГОСТ 22733. Число пластичности грунтов (представляет собой разность влажностей, в процентах, на границе текучести и раскатывания) определяли по ГОСТ 30416. Определение степени пучинистости ЗШС проводилось по ГОСТ 28622, а коэффициента фильтрации – по ГОСТ 25584. Остальные характеристики используемых материалов определялись на соответствие требованиям ГОСТ 25100 по стандартным методикам.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Проведенные исследования химического состава ЗШС Яровской ТЭЦ показали, что они представлены низкокальциевым кислым алюмосиликатным материалом от сжигания каменного угля Кузбасса с большим содержанием несгоревших частиц (п.п.п. варьируются в пределах 23-27%).

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 ЗШС, рассчитанный с учетом

доли каждой фракции, находится в пределах 1,0 мм. При этом наибольший частный остаток (более 45% от масс исследуемых навесок) оказался размером менее 0,1 мм. Удельная поверхность варьируется от 180 до 250 м<sup>2</sup>/кг.

По данным лабораторных испытаний, среднее значение истинной плотности золошлаков равна 2,1 г/см<sup>3</sup> (1,99-2,12 г/см<sup>3</sup>), насыпной плотности – 650 кг/м<sup>3</sup> (625-720 кг/м<sup>3</sup>)

Значение максимальной плотности ЗШС составляет 1,43-1,61 г/см<sup>3</sup> при влажности 25-35% в зависимости от гранулометрического состава. Влажность на границе раскатывания в лабораторных условиях определить не представляется возможным, т.к. золошлак ведет себя как мокрый не пластичный песок. Влажность на границе текучести варьируется в пределах 30-39%, среднее значение составило 34%. По величине относительной деформации морозного пучения все исследуемые пробы ЗШС относятся к сильнопучинистым грунтам (степень пучинистости  $\varepsilon_{fn}$  колеблется в пределах 10-12%). Коэффициент фильтрации  $K_f$  характеризует золошлаки как слабоводопроницаемый грунт ( $K_f = 0,10-0,15$  м/сут.).

Таким образом, золошлаковые смеси из гидрозолоотвалов Яровской ТЭЦ по ГОСТ 25100 являются техногенным дисперсным несвязанным антропогенным грунтом.

Основным критерием применимости золошлаков в рабочих слоях земляного полотна без их дополнительного укрепления цементом служит величина относительного морозного пучения. Отраслевой дорожный документ допускает величину, не превышающую 0,07, характеризующую умеренно пучинистые грунты [1]. Наш материал превышает нижнюю границу чрезмерно пучинистых грунтов с величиной  $\varepsilon_{fn} = 0,12$ . Его также нельзя использовать в качестве дренирующей прослойки, так как коэффициент фильтрации менее допустимых 0,2 м/сут, и составляет 0,1-0,15 м/сутки в зависимости от зернового состава (фильтрация лучше при большей доли шлаковой составляющей). Таким образом, многочисленными комплексными лабораторными исследованиями установлено, что ЗШС ТЭЦ МУП «ЯТЭК» ведут себя подобно глинам, медленно отдающим воду, но при этом являются чрезмерно пучинистыми, поэтому их нельзя использовать даже в верхних слоях земляного полотна.

Тем не менее, мы заложили эксперимент по укреплению грунтово-золошлаковых смесей 6% цемента в надежде на их совместное использование в нижних слоях земляного по-

лотна будущей дороги. В работе использованы грунты всех четырех карьеров. Свойства грунтов представлены в таблице 1.

Как видно из номограммы (рисунок 1), все составы соответствуют марке М20 (более 2,0 МПа) по ГОСТ Р 70452. Причем образцы на суглинке (карьер 3/5) показали большую начальную прочность, чем на песке. Но по мере добавления ЗШС к суглинку (25 и 50%) потеря прочности составила 42 и 63% соответственно. При замене 25 и 50% песка на ЗШС потери прочности составили 21 и 30%.

При испытании на морозостойкость, как и следовало ожидать, образцы на песке внешне выглядели более презентабельно, нежели на суглинках, но ни один состав не показал нужной прочности даже после 15 циклов испытания на морозостойкость.

Несмотря на полученные результаты лабораторных испытаний, с прицелом на дальнейшую процедуру прохождения экспертизы проектной документации на строительство автомобильной дороги «Обход г. Славгорода» и использование ЗШС при реализации проектных решений, необходимо было юридически узаконить свойства применяемых материалов. Поэтому, в соответствии с ФЗ-184 от 27.12.2002 г. «О техническом регулировании», мы разработали проект ТУ на смеси золошлаковые ТЭЦ МУП «ЯТЭК» для строительства земляного полотна. Производителем (Поставщиком) продукции является МУП «ЯТЭК», Заказчиком и держателем подлинника – КГКУ «Алтайавтодор», разработчиком – ФГБОУ ВО «АлтГТУ» поэтому на титульном листе ТУ имеются подписи и печати руководителей всех заинтересованных сторон. Что касается самого текста ТУ, то он полностью соответствует требованиям ГОСТ Р 1.3. Содержит 7 разделов, а также три приложения: Форма документа о качестве ЗШС, Перечень нормативных документов, на которые сделаны ссылки в настоящих ТУ и Лист регистрации изменений.

В разделы «Технические требования» и «Безопасность продукции» внесены только те минимально допустимые показатели, которые обеспечат соответствие любой отгруженной партии нормативным требованиям. Так как этот материал характеризуется низким коэффициентом фильтрации и высоким значением морозного пучения, то его допустимая область применения – нижние слои земляного полотна, не подвергающиеся замораживанию в водонасыщенном состоянии. Поэтому ограничили отпускаемую влажность (не более 25%), но даже при этом допустили

Таблица 1 – Свойства грунтов из притрассовых карьеров дороги «Обход г. Славгорода»

№	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	I, %	$\phi$ , град	$K_{упл.}$	Вид грунта
1/2	1810	24,37-16,04 =8,33	23	1,11	суглинок легкий
2/2	1750	20,38-14,56 =5,82	25	1,15	супесь песчанистая
3/3	1640	17,96 - ? = *	32	1,26	песок мелкий
3/5	1790	28,77-20,97 =7,80	21	1,11	суглинок легкий
4/2	1760	20,94-14,32 =6,62	27	1,15	супесь песчанистая

*Примечание:* В столбце 1 таблицы в числителе приведены номера карьеров, в знаменателе – глубина отбора проб, в м; во 2-ом – значения средней плотности, в 3-ем – число пластичности, в 4-ом – угол внутреннего трения, в 5-ом – коэффициент уплотнения.

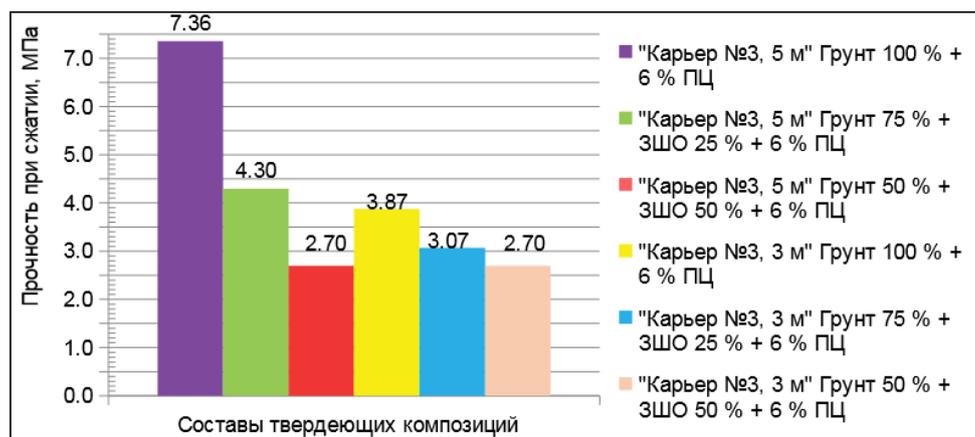


Рисунок 1 – Прочность образцов из ЗШС с грунтами и 6 % цемента в возрасте 28 суток

возможность по согласованию с Потребителем отпускать материал и с большей влажностью. Что касается безопасности, то ЗШС относятся к 1 классу по содержанию радионуклидов (не более 270 Бк/кг), мы же допускаем 2 класс – до 740 Бк/кг. Класс воздействия этого материала на окружающую среду – 5 практически не опасные отходы, поэтому никаких дополнительных требований к правилам перевозки, хранения и применения не предъявляется.

В разделе «Технические требования» внесены только те показатели, которые могут повлиять на несущую способность нижней части земляного полотна будущей автомобильной дороги: насыпная плотность, влажность, потери при прокаливании, отсутствие посторонних примесей, в первую очередь – черного растительного грунта.

В «Правилах приемки» дано определение «отгруженная партия продукции», ее объем, а также способы отбора, подготовки и испытания. Описан объем и сроки проведения приемосдаточных и периодических испытаний.

В пятом разделе даны ссылки на стандартные методы испытаний всех показателей ЗШС, упомянутых в разделе «Технические требования». В разделе «Указания по применению» приведен полный перечень организа-

ционно-распорядительной документации, на основании которой осуществляются строительномонтажные работы по сооружению земляного полотна, рабочих слоев дорожной одежды и покрытия автомобильной дороги.

В разделе «Гарантии изготовителя» установлены сроки годности и гарантийный срок хранения ЗШС в течение 1 года с момента отгрузки при условии соблюдения требований транспортирования и правил ее применения.

Несмотря на тот факт, что ТУ разработаны на отход промышленного производства, после их утверждения они прошли государственную регистрацию в территориальном органе Госстандарта.

Полученные результаты лабораторного определения эксплуатационных характеристик ЗШС ТЭЦ МУП «ЯТЭК», как техногенного дисперсного несвязанного антропогенного грунта позволили использовать их только в нижних слоях земляного полотна автомобильной дороги «Обход г. Славгорода». С целью облегчения процесса проектирования поперечных профилей будущей дорожной одежды нами были предложены варианты использования ЗШС в нижних слоях земляного полотна. Разработанные варианты были

оформлены в виде Альбома проектных решений.

Как любой отраслевой методический документ, Альбом имеет определенную структуру. Кроме обязательных титульного листа, области применения, нормативных ссылок, терминов и определений, он имеет такие разделы, как: основные характеристики применяемых материалов, типы конструктивных решений земляного полотна с результатами расчетов устойчивости откосов насыпи, конструктивные решения дорожной одежды с нормами расходов материалов, особенности технологии производства работ, требования техники безопасности и охраны окружающей среды, а также библиография.

Расчет устойчивости откосов насыпи для данного Альбома был выполнен в официальной подпрограмме GeoStab версии 8.1 программы GEO-5. Стандартная методика расчета кругло цилиндрической поверхности скольжения сводится к определению фактического коэффициента устойчивости различными методами с последующим сравнением с нормативным. Нормативный коэффициент запаса принят равным 1,30. Наименьшие значения фактического коэффициента устойчивости из всех пяти использованных вариантов показывает метод Шахунянца.

Для всех пяти предложенных типов поперечных профилей земляного полотна и использованием ЗШС ТЭЦ МУП «ЯТЭК» в нижней его части расчеты показали, что откосы устойчивы. Фактические коэффициенты устойчивости варьируются в пределах от 1,34 до 2,69 в зависимости от высоты насыпи от двух до метров и толщины золошлаковых слоев. Единственным, но обязательным условием применения золошлаковых смесей является недопустимость возможности их замораживания в водонасыщенном состоянии. Поэтому наиболее практичными вариантами для реализации считаются или взаимное переслаивание золошлаковых смесей качественными местными грунтами (песками, супесями, суглинками), или замена земляного полотна в глубоко сформированном корыте.

К сожалению, стоимость 1 п.м. варианта использования золошлаковых смесей в нижней части земляного полотна автомобильной дороги «Обход г. Славгорода» почти в два раза больше базового варианта (4554 руб. по сравнению с 2267 руб.) за счет увеличения дальности транспортировки ЗШС и объема земляных работ. Однако, если решать экологическую проблему региона кардинально, путем полной ликвидации золоотвала с переводом ТЭЦ на природный газ, то в качестве базового варианта стоит рассматривать цену,

складывающуюся из транспортных расходов и затрат на размещение этого материала на полигоне твердых коммунальных отходов. В этом случае экономический эффект будет положительным (12038 - 4554 = 7484 руб.).

**Выводы и заключение.** В результате выполненных работ установлено, что практически по всем показателям золошлаковые смеси ТЭЦ МУП «ЯТЭК» не удовлетворяют требованиям нормативного документа [1] для использования их в рабочих слоях дорожной одежды. Областью их применения могут служить только нижние слои земляного полотна автомобильной дороги.

Тем не менее, разработаны, согласованы, утверждены и прошли государственную регистрацию технические условия на смеси золошлаковые для строительства земляного полотна автомобильной дороги «Обход г. Славгорода». Разработан альбом проектных решений применения ЗШС ТЭЦ МУП «ЯТЭК» при возведении земляного полотна автомобильной дороги «Обход г. Славгорода» с расчетами устойчивости откосов насыпи методом круглой цилиндрической поверхности скольжения. Выполнены расчеты стоимости возведения одного погонного метра земляного полотна по базовому и предложенному вариантами. Остается только выбрать базовый вариант для сравнения.

#### 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. Взамен ВСН 185-75. – Москва : ФГУП "ИНФОРМАВТОДОР", 2014. – 31 с.

**Овчаренко Геннадий Иванович** – д.т.н., заведующий кафедрой «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: egogo1980@mail.ru;

**Свиридов Василий Лаврентьевич** – д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: unks-ts2@mail.ru;

**Викторов Артем Владимирович** – старший преподаватель кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: artem.viktorov2011@yandex.ru.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

**М. А. Подъяпольская, Е. В. Вербицкая, И. О. Вербицкий**

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

*В статье приведен обзор способов обеспечения долговечности железобетонных конструкций при реставрации. Коррозия является одним из факторов, непосредственно влияющих на долговечность конструкции и способствующих ее повреждению в процессе эксплуатации, в связи с этим при реализации проекта реставрации особое внимание уделяется методам антикоррозионной защиты. В статье описаны виды защиты железобетонных конструкций от коррозии, область их применения и основные методы защиты.*

**Ключевые слова:** реставрация, железобетонные конструкции, коррозия, методы антикоррозионной защиты.

Под реконструкцией зданий и сооружений понимается изменение их структуры и функционального назначения, установка нового оборудования, улучшение застройки территорий и приведение в соответствие с современными нормативными требованиями.

По статистике, качество и долговечность железобетонных конструкций, гидроизоляции и антикоррозионной защиты при реконструкции ниже, чем при новом строительстве.

Для того чтобы обеспечить надежность и долговечность железобетонных конструкций, включая старые и новые части после их усиления или восстановления, крайне важно устранить повреждения в старом бетоне, свести к минимуму повреждения в сохраняемом бетоне при разрушении удаляемого бетона, предотвратить образование трещин недопустимого размера, обеспечить контакт между старым и новым бетоном, а также правильно выбрать способ антикоррозионной защиты элементов.

Перед разработкой проекта реконструкции проводится обследование конструкций и оценка их коррозионного состояния [1].

Целью обследования является определение всех исходных данных, необходимых для разработки проекта восстановления, усиления и антикоррозионной защиты. Полученные данные передаются заказчиком проектной организации вместе с заданием на проектирование.

Обследования в соответствии с методическим материалом по стандартизации делятся на общие (предварительные) и детальные (инструментальные). Оценка коррозионного состояния железобетонных элементов проводится в ходе общих и детальных обследований и является их важной частью.

Один из основных аспектов проектирования работ по реконструкции и восстановлению строительных конструкций заключается в необходимости учета их реального состояния, включая степень износа. Для определения этого проводятся специальные обследования, направленные на выявление остаточной несущей способности и пригодности конструкций для дальнейшей эксплуатации.

Газовая коррозия, вызываемая выбросами окиси азота, серы и других газов в атмосферу, приводит к серьезным повреждениям железобетонных конструкций. На промышленных предприятиях конструкции также могут быть существенно повреждены в результате воздействия агрессивных растворов солей и кислот.

Окружающая среда оказывает значительное влияние на состояние конструкций. Особый вид коррозии – биологическая, связанная с поражением железобетона биологическими объектами – микроорганизмами, плесневелыми грибами, отдельными растениями и животными.

Коррозионное состояние конструкций оценивается путем проведения натуральных обследований, лабораторных исследований образцов материалов, и вероятностно-статистического анализа ранее полученных данных.

Инструментальные обследования проводятся для уточнения исходных данных и определения состояния антикоррозионной защиты, толщины защитного слоя бетона, вида, степени и глубины коррозии бетона, величины прогибов элементов, фактических нагрузок и эксплуатационных воздействий. Эти обследования включают в себя проверку

антикоррозионной защиты, стальных элементов и соединений, а также железобетонных элементов.

При обеспечении безопасной эксплуатации конструкций при коррозионных воздействиях необходимо стремиться к выполнению следующих условий защиты:

- Сохранение проектных требований по прочностным и деформативным свойствам бетона и арматуры на весь период эксплуатации;
- Выбор специальных мер защиты бетона и арматуры;
- Разработка методов расчета железобетонных конструкций и определение расчетного срока службы при эксплуатации в агрессивных средах.

Первые два условия обеспечиваются применением двух видов защиты:

- первичная (определяется выбором оптимальных составов бетонов и технологий бетонирования конструкций, обеспечивающих стойкость их эксплуатации в соответствующих агрессивных средах);
- вторичная (поверхностная защита конструкций специальными покрытиями от проникновения коррозионных сред).

#### **Первичная защита конструкций**

В ходе реконструкции, изготовления новых элементов и возведения заменяющих компонентов, а также в процессе восстановления и усиления использованных элементов с использованием наращивания и добавления дополнительных деталей, применяется первичная защита.

Конструкции, способные обойтись без усиления, проходят проверку на соответствие первичной защите в условиях эксплуатации после реконструкции. Этот процесс включает выбор конструктивных решений, способных снизить воздействие агрессивных факторов, и выбор материалов, устойчивых к условиям эксплуатации.

При выборе параметров и методов реализации первичной защиты учитываются сроки службы конструкций между реконструкциями, сроки выполнения общестроительных и антикоррозионных работ, воздействие строительных работ на основное производство, а также стоимость, трудозатраты и степень механизации.

Одним из ключевых критериев при восстановлении и усилении железобетонных конструкций являются требования к обеспечению совместной работы нового и старого бетона, отсутствию пустот и других дефектов между опалубкой и усиливаемой конструкцией. Сцепление нового бетона со старым до-

стигается подготовкой поверхности старого бетона; в случае замасливания рекомендуется термохимическая обработка.

Выбор вида бетона для восстановления, усиления и замены железобетонных конструкций производится на основе технико-экономического анализа, учитывая факторы, которые рассматриваются при выборе первичной защиты. В основном используются цементные, полимерцементные, кислотоустойкие и полимерные бетоны и растворы. Для конструкций в условиях слабой и средней агрессивности, а также для замоноличивания стыков сборных железобетонных элементов применяются расширяющиеся безусадочные растворы и бетоны на обычном цементе [2].

Для устранения дефектов, таких как стыки, раковины, выбоины, поверхностные разрушения бетона, обнажение арматуры, пустоты в стыках сборных элементов, а также для создания защитного слоя конструкции, используются полимерные растворы различных составов.

Таким образом, меры первичной защиты включают в себя:

- использование бетонов, устойчивых к агрессивной среде и негативным температурам;
- герметизация швов бетонирования в процессе укладки бетонной смеси;
- Выбор и применение арматуры, соответствующей коррозионным характеристикам условий эксплуатации;
- защита от коррозии закладных деталей и связей, а также предварительно напряженной арматуры в каналах конструкций;
- соблюдение дополнительных расчетных и конструктивных требований при проектировании, включая проектную толщину защитного слоя бетона, ограничение ширины раскрытия трещин и другие аспекты.

#### **Вторичная защита конструкций**

Применение вторичной защиты охватывает использование защитных покрытий, пропитки и различных методов изоляции. Рекомендуемыми методами защиты являются гидроизоляция, предотвращение проникновения воды внутрь помещений, а также защита стальных элементов и соединений железобетонных конструкций.

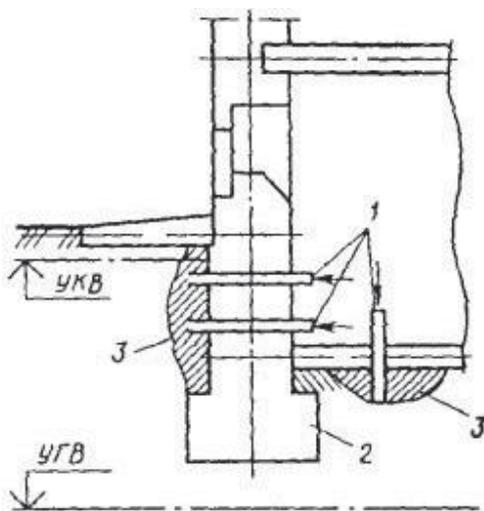
Для предотвращения проникновения воды в помещения второй и третьей категорий, с учетом допустимой степени влажности, может быть применена гидроизоляция с внутренней стороны помещений.

Гидроизоляция достигается с использованием временного водопонижения, затыка-

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

ния фильтрующих трещин, установки закладных деталей с выпусками в сторону помещения для крепления металлической сетки, создания водонепроницаемого слоя, крепления металлической сетки и оштукатуривания. Рекомендуется использование состава из битума и петролатума в качестве гидроизоляционного слоя, хотя также допускается применение других составов.

При просачивании капиллярной воды могут быть использованы методы локального кольматирования грунтов в зоне контакта со стенами и днищем (рисунок 1), такие как цементация, двухрастворная силикатизация, битумизация, смолизация и глинизация.



1 – инъекционная трубка, 2 – фундамент, 3 – зона кольматации

Рисунок 22 – Схема кольматирования грунта

Кольматирование осуществляется через специальные инъекционные трубки, пропускаемые через стены или днище помещения в местах просачивания. При интенсивной инфильтрации воды в изолированное помещение, во время проведения гидроизоляционных работ, может быть использовано искусственное водопонижение с использованием открытых водоотливов, открытых водопонижительных скважин, дренажа, иглофильтрации, вакуумных и электроосмотических методов [1].

Для защиты от коррозии стальных элементов (за исключением конструкций, защищенных на линиях окраски и профилирования) рекомендуются системы металлических (металлизационные или горячие цинковые), комбинированных (металлические в сочетании с лакокрасочными) и лакокрасочных покрытий, выбор которых зависит от степени агрессивного воздействия эксплуатационной

среды.

Дополнительная поверхностная защита назначается в случаях, когда резерв прочности бетона не достаточен для обеспечения надежной эксплуатации железобетонного элемента на заданный срок.

Работы по вторичной защите включают подготовку поверхности старого и нового бетона, а также проведение соответствующих защитных мероприятий. Дополнительная защита может включать поверхностную пропитку бетона, антикоррозионную защиту и усиление конструкций стеклопластиком.

В общем, к мерам вторичной защиты конструкций относятся следующие виды защиты поверхности:

- лакокрасочные покрытия;
- облицовка изоляцией из листовых и пленочных материалов;
- обмазочные, футеровочные и штукатурные покрытия;
- облицовка штучными или блочными изделиями;
- уплотняющая пропитка поверхностного слоя химически стойкими материалами;
- обработка поверхности бетона проникающими составами с уплотнением пористой структуры бетона кристаллизующимися новообразованиями;
- обработка гидрофобизирующими составами;
- обработка препаратами – биоцидами, антисептиками.

Антикоррозионная обработка поверхности представляет собой важный процесс в ходе реконструкции здания, продлевая срок службы материалов и защищая его от коррозии.

Выбор сочетания методов защиты зависит от степени агрессивности окружающей среды: в слабоагрессивной среде – первичная защита (при необходимости в сочетании с вторичной), в среднеагрессивной и сильноагрессивной – как первичная, так и вторичная [3].

Помимо первичной и вторичной защиты от коррозии, существует ряд других процессов и материалов, которые могут быть использованы для предотвращения коррозии материала, включая различные специальные методы. К таким методам защиты относятся действия, направленные на уменьшение агрессивного воздействия окружающей среды, перенос производственных процессов с выделением агрессивных веществ в изолированные помещения, а также применение различных физических и физико-химических методов.

В целом обеспечение долговечности железобетонных конструкций в ходе реконструкции промышленных зданий требует комплексного подхода. Этот подход включает в себя оценку текущего состояния, проектирование, использование современных материалов и технологий, высококачественное выполнение работ и регулярное техническое обслуживание. Такой подход способствует сохранению прочности и надежности конструкций на протяжении длительного времени.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпенко, Н. И. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций / Н. И. Карпенко [и др.] // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – № 1. – С. 93-10.
2. Рекомендации по обеспечению надежности и долговечности железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении / Харьковский

Промстройиниипроект. – М. : Стройиздат, 1990.

3. Защита строительных конструкций от коррозии [Электронный ресурс]. – URL: <https://gsk-servis.ru/blog/tehnologii/zashchita-stroitelnykh-konstruktsiy/> (дата обращения: 14.01.2024).

**Подъяпольская Мария Александровна** – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [mariapodyapolskaya@mail.ru](mailto:mariapodyapolskaya@mail.ru);

**Вербицкая Елена Васильевна** – старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [alenapantushina@mail.ru](mailto:alenapantushina@mail.ru);

**Вербицкий Иван Олегович** – старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [vanek\\_007-89@list.ru](mailto:vanek_007-89@list.ru).

УДК 681.586.629.78

## СПОСОБЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**М. А. Подъяпольская, Е. С. Степанова, Е. В. Вербицкая**

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

*С целью обеспечения безопасной эксплуатации зданий и сооружений, а также выявления природы различных деформации, в статье приведен обзор способов, с помощью которых может осуществляться мониторинг за текущим состоянием различных строительных конструкций. Как пример одного из самых доступных и распространенных способов контроля рассмотрены маяки, приведено сравнение их видов на основании ключевых параметров, сделан вывод о наиболее применимом, в текущих условиях, виде маяков.*

**Ключевые слова:** маяк, щелемер, пластинчатые маяки, гипсовые маяки, обследование зданий.

В ходе эксплуатации здания и сооружения подвержены разного рода деформациям, в связи с этим необходимо обеспечить мониторинг состояний строительных конструкций. На это указывает статья 36 от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Безопасность здания или сооружения в процессе эксплуатации должна обеспечиваться посредством технического обслуживания, периодических осмотров и контрольных проверок и (или) мониторинга состояния основания, строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения, а также посредством текущих ремонтов здания или сооружения».

Методов определения деформаций зданий и сооружений достаточно множество, в статье рассмотрим применение маяков. Соответственно, введем такое понятие как маяки наблюдения или щелемеры. Это специальные приборы, используемые для отслеживания изменений, дефектов и повреждений в состоянии строительных конструкций зданий и сооружений. С помощью маяков определяют скорость развития трещин в стенах.

В первую очередь необходимо четко разграничить область применения маяков и щелемеров, определить их основные функции. На данный момент, однозначного определения тому или иному понятию в норма-

## СПОСОБЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

тивных документах нет, однако, основываясь на различной специализированной литературе, можно привести следующие определения.

Щелемер – устройство, применяемое для измерения величин изменения параметров трещин, швов, стыков.

Маяк – устройство для наблюдения за развитием трещин.

Таким образом, главное функционально отличие маяка от щелемера заключается именно в области применения. Маяк – сигнальный инструмент, не предназначенный по своей природе для осуществления непосредственных измерений. Щелемер – измерительный инструмент, позволяющий определить параметры трещины или измеряемого дефекта.

Измерительный щелемер способен заменить маяк, однако во многих случаях это нецелесообразно, в связи с высокой стоимостью щелемера. Следовательно, суммируя функциональные назначения обоих приборов, можно получить их синтез – маяк-щелемер, сочетающий в себе и сигнальную, и измерительную функцию. В статье будем рассматривать преимущественно маяки, часть из которых является маяками-щелемерами.

За маяками ведется мониторинг, по результатам каждого осмотра составляются акты с информацией о наличии новых трещин, замене разрушившихся маяков. Сроки мониторинга определяются индивидуально для каждого случая и зависят от конструктивных особенностей здания, цели наблюдения, местоположения и других характеристик трещины.

Маяки обобщенно можно разделить на следующие виды: гипсовые, пластинчатые и точечные, маяки часового типа.

Гипсовые маяки изготавливают из строительного раствора, алебастра в виде плитки длиной 150-250 мм, толщиной 6-15 мм и шириной 40-80 мм (рисунок 1). Предупреждающим сигналом является «срабатывание» маяка – появление трещины в нём самом. Поэтому под обобщенным названием «гипсовые маяки» подразумеваются все устройства для наблюдения за появлением трещин, работающие на этом принципе (кроме стеклянных маяков, которые, несмотря на идентичность принципа работы, изготавливаются из другого материала).

Необходимо устанавливать не менее двух маяков непосредственно на трещине, предварительно очистив стену, на которой она располагается, от верхнего облицовочного слоя – один в наибольшем месте раскры-

тия, второй в ее конце. Правильное положение маяка – поперек трещины с надежным



Рисунок 1 – Маяк из алебастра

закреплением на несущей части стен с двух сторон.

При мониторинге трещин в зданиях и сооружениях рекомендуется проводить измерения ширины раскрытия трещин с точностью до 0,1 мм. Измерения можно проводить при помощи штангенциркуля сначала в одном месте, а затем повторив через несколько сантиметров.

Большинство методик рекомендует отмечать места замеров ширины трещины штрихом, сделанным поперек трещины. Это позволит проводить измерения каждый раз в одном и том же месте. Однако даже такой метод не отличается высокой точностью, так как неверная установка самого маяка или снятие результатов измерений порождает неверный результат.

В случаях, если помещение, в котором необходимо провести осмотр деформаций, сырое, то применение гипсовых маяков недопустимо – в этом случае альтернативой могут стать маяки из цементного раствора [1].

Недостатком гипсовых маяков служит то, что с помощью них можно установить лишь сам факт наличия деформаций или продолжения их развития и замерить размеры раскрытия трещины.

Также стоит отметить, что работа гипсовых маяков на ограждающих конструкциях не будет приносить особых результатов, так как трещина, имеющая значительную протяженность, может работать как температурный шов. К очевидным недостаткам таких маяков относятся низкая точность результатов раскрытия трещины и невозможность многократного использования. К преимуществам гипсовых маяков относится их низкая стоимость и высокая доступность.

Пластинчатые маяки (рисунок 2) дают возможность вести наблюдение с точностью

1 мм (визуально) и до 0,01 мм (инструментально). Крепятся к конструкции с помощью

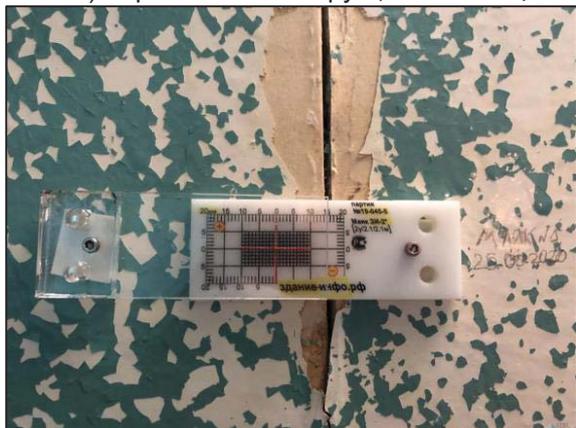


Рисунок 2 – Пластинчатый маяк



Рисунок 3 – Маяк часового типа



Рисунок 4 – Пример использования точечных маяков

клея, дюбелей. Они оснащены измерительной шкалой для регистрации изменений ширины и, в зависимости от модели, могут измерять в одном или нескольких направлениях одновременно – по двум осям. Преимуществами пластинчатых маяков является простота использования, установки, высокая стойкость к плохим погодным условиям, высокая точность (при работе совместно с высокоточными измерительными инструмента-

ми). Также можно отметить возможность нанесения дополнительной информации на маяк.

«Механические» маяки, или маяки часового типа (рисунок 3), имеют различные конструкции и используются для измерения изменений раскрытия трещин.

Некоторые из них представлены элементами, установленными по обеим сторонам от трещины и оснащенными шкалой и стрелкой для определения изменения ширины трещины без применения дополнительных инструментов [2].

Наиболее точные из таких устройств – это маяки, основанные на часовом индикаторе. Для расширения функциональности и повышения точности «механических» маяков возможно применение современных высокоточных инструментов, таких как электронные штангенциркули.

Следующий тип маяков – точечные маяки, которые позволяют наблюдать в двух, трёх или четырёх заранее определенных точках на поверхности конструкции (рисунок 4). Варианты конструкций таких устройств варьируются от простых до сложных: от дюбель-гвоздей до специализированных установочных приспособлений. Эти приспособления могут быть малозаметными на фоне стены или прозрачными. Применение специализированных методов расчета позволяет отслеживать изменения, как в вертикальной плоскости, так и в горизонтальной. Однако точность измерения данных маяков зависит лишь от использованного измерительного прибора [3].

Одним из главных преимуществ большинства представителей данного типа конструкций является их достаточная вандалоустойчивость, которая достигается за счет жесткого крепления к конструкции. При этом размеры приспособления остаются незначительными.

Самые современные маяки создаются на основе электронных компонентов, таких как тензодатчики или оптические технологии. Они также имеют различные конструкции и возможности. Помимо непосредственного измерения изменения ширины трещин, они могут собирать данные о температуре, влажности и других параметрах. Имеется возможность их оснащения модулями для удаленного сбора данных и мониторинга состояния конструкций в режиме реального времени (рисунок 5). Достаточно часто эти маяки используют только для краткосрочных наблюдений в тех случаях, когда необходимо оперативное принятие решений. Однако про-

блемы их использования связаны с высокой стоимостью и сложностью предотвращения несанкционированного доступа [4].



Рисунок 5 – Система мониторинга

В некоторых случаях применение традиционных методов отслеживания трещин (таких как пластинчатые маяки или электронные маркеры) может быть нецелесообразным. Это касается тех ситуаций, когда присутствует высокая вероятность повреждения указанных устройств или же их размещение может вызвать нежелательные эстетические последствия.

Как альтернатива, можно использовать методику, основанную на применении стационарных контрольных точек (КТ). Каждая пара таких точек размещается на противоположных краях трещины и фиксируется при помощи дюбелей или аналогичных приспособлений, что обеспечивает надежное крепление без ущерба для визуальной незаметности.

Для проведения измерений используются высокоточные инструменты, такие как цифровые штангенциркули (ДШЦ). Они позволяют выполнять замеры расстояний между контрольными точками, после чего результаты записываются в виде электронных таблиц.

На основе полученных данных можно провести анализ и определить величину относительного смещения между элементами конструкции по вертикальной и горизонтальной оси. Указанный метод мониторинга предполагает отказ от визуального контроля и по-

лучение итоговых данных только путем вычислений.

Одним из наиболее распространенных инструментов в области обследования деформаций строительных конструкций являются пластинчатые маяки, в связи с их низкой стоимостью, доступностью и относительной точностью.

Помимо вышеназванных преимуществ, пластинчатые маяки имеют право называться маяками-щелемерами. Это означает, что такой маяк помимо сигнальной функции (основная функция маяка) способен осуществлять и измерительную (функция щелемера), являясь при этом самостоятельным измерительным устройством.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы контроля трещин в зданиях [Электронный ресурс]. – <https://melwood.ru/ekspertiza-treshhin-zdaniy-i-sooruzheniy/metody-kontrolya-treshhin-v-zdaniyah.html> (дата обращения: 19.12.2023).
2. Маяки наблюдения за трещинами в зданиях [Электронный ресурс] – <https://здание-инфо.рф/маяки/> (дата обращения: 19.12.2023).
3. Методы контроля трещин в зданиях [Электронный ресурс] – [https://ectrl.ru/steny/mayaki-iz-rotbanda.html?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F](https://ectrl.ru/steny/mayaki-iz-rotbanda.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F) (дата обращения 20.12.2023).
4. Трещины в здании [Электронный ресурс] - <https://www.project.bulgaria-burgas.ru/crack.htm> (дата обращения: 20.12.2023).

**Подъяпольская Мария Александровна** – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [mariapodyapolskaya@mail.ru](mailto:mariapodyapolskaya@mail.ru);

**Степанова Екатерина Сергеевна** – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [stkateriin@gmail.com](mailto:stkateriin@gmail.com);

**Вербицкая Елена Васильевна** – старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [alenapantushina@mail.ru](mailto:alenapantushina@mail.ru).

## ЭФФЕКТИВНОЕ СЖИГАНИЕ ТОПЛИВА КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ НА ТЭЦ

Д. Н. Прошкина, И. А. Бахтина

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

*Рассмотрены виды сжигания топлива в топках ТЭЦ, их преимущества, недостатки и влияние на количество выбросов.*

**Ключевые слова:** факельное сжигание, кипящий слой, способ сжигания топлива, снижение выбросов.

Одним из основных источников загрязнения воздуха как в крупных городах, так и в небольших селах являются выбросы ТЭЦ и котельных, которые включают в себя разнообразные вредные вещества. Наиболее распространённые и опасные вещества – это диоксид серы ( $SO_2$ ), азотные оксиды ( $NO_x$ ), зола, оксид углерода (CO), бенз(а)пирен ( $C_{10}H_{12}$ ).

Для твердого топлива в зависимости от месторождения различаются состав, свойства, низшая теплота сгорания, поэтому разработчики котельных установок вынуждены проектировать их в различных видах и модификациях для каждого месторождения. При наличии в стране огромных месторождений твердого топлива, недостаточное использование в промышленных масштабах является неоправданным.

Для выполнения требований к работе оборудования разработан и внедрен в практику целый ряд режимных и конструктивных мероприятий, которые все равно не могут решить проблему в полной мере. Поэтому актуальным является совершенствование технологий сжигания твердого топлива и способов совместного сжигания твердого топлива низкого качества и биомассы при совместном сжигании. Одной из такой экологической технологий является технология сжигания твердых видов топлива в циркулирующем кипящем слое при атмосферном давлении.

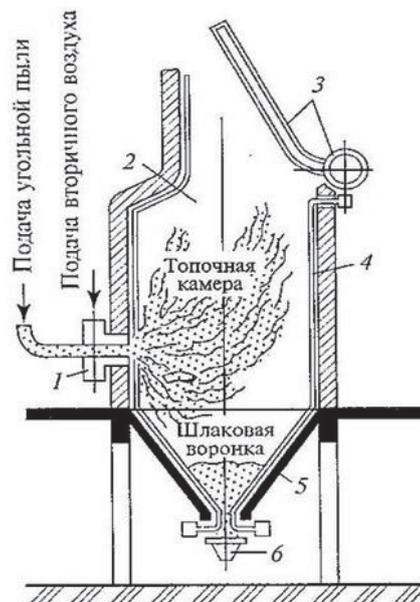
В данный момент в России используется в большинстве случаев факельное сжигание [1]. Наиболее эффективно применять факельный способ сжигания твердого топлива в мощных энергетических котлах. Схема топki и организация факельного сжигания твердого топлива приведена на рисунке 1.

При сжигании в факеле с частью воздуха подают размолотое до пылевидного состояния и предварительно подсушенное твердое топливо через горелки в топку. Оставшаяся

часть воздуха вводят в зону горения либо через горелки, либо через специальные сопла.

Таким образом, обеспечивается сжигание в топке пылевидного топлива во взвешенном состоянии в системе взаимодействующих газозвудушных потоков, перемещающихся в ее объеме. При большем измельчении топлива значительно возрастает площадь реагирующей поверхности, а следовательно, и химических реакций горения. Это позволяет более полно использовать энергию топлива и увеличить эффективность сжигания.

Также, использование пылевидного топлива позволяет легко регулировать его подачу и обеспечивает равномерное распределение топлива в зоне горения.



1 – горелка, 2 – топочная камера, 3 – кипятильные трубы и нижний барабан, 4 – трубы заднего экрана, 5 – шлаковая воронка, 6 – устройство для удаления шлака и золы

Рисунок 1 – Камерная топка с факельным сжиганием пылевидного топлива

## ЭФФЕКТИВНОЕ СЖИГАНИЕ ТОПЛИВА КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ НА ТЭЦ

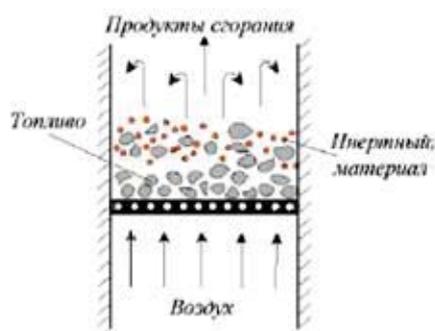


Рисунок 2 – Схема сжигания в кипящем слое

Однако при сжигании пылевидного топлива возможно образование большого количества пыли, которая может быть опасной для окружающей среды. Поэтому, для безопасности, используются специальные системы очистки газов.

По условиям смесеобразования в горячей факеле топочная камера может быть разделена на две зоны. Такое разделение может быть полезно для оптимизации работы топочной камеры и повышения эффективности сгорания топлива. В первой зоне, где скорости газов являются неравномерными из-за несмешивания факелов отдельных горелок, происходит интенсивное горение топлива и образование большого количества продуктов сгорания.

Во второй зоне, где неравномерности скоростей незначительны из-за накладки факелов отдельных горелок, происходит более полное смешивание газов и дополнительное горение, что позволяет улучшить процесс сгорания и снизить выбросы вредных веществ.

Преимущества факельного способа сжигания таковы:

- возможность сжигания различных видов топлива, включая отходы углей, что позволяет эффективно использовать имеющиеся ресурсы;
- возможность создания топков любой мощности, что позволяет адаптировать их под нужды различных предприятий;
- надежная эксплуатация при низких коэффициентах избытка воздуха, что позволяет сократить затраты на топливо, даже при сжигании угольной пыли.

К недостаткам факельного сжигания можно отнести:

- ограничение нижний предел производительности (при сжигании угольной пыли тепловая мощность не ниже 20 МВт), т.е. невозможность сжигания угольной пыли в маленьких топках и при переменных режимах работы.

- повышение энергозатрат на собственные нужды, связанные с затратами на измельчение и сушку топлива при его предварительной подготовке (системы пылеприготовления – СПП);

- повышение в дымовых выбросах содержания оксидов азота и серы, что приводит к необходимости дополнительных мер по очистке выбрасываемых газов.

Сжигание твердого топлива в кипящем слое является высокотехнологичным способом. Схема сжигания приведена на рисунке 2. В нижней части топки располагаются воздухо-распределительные решетки с форсунками, к которым подводится воздух под давлением. Над форсунками находится слой инертного материала (шлак, песок, доломит или известняк). Истечение воздуха из форсунок вызывает движение частиц инертного материала в виде «кипения». Сжигание топлива происходит в ванне раскаленного инертного материала. В результате активного перемешивания частиц топлива с раскаленным инертным материалом и дутьевым воздухом процессы теплообмена и массообмена в кипящем слое протекают чрезвычайно интенсивно, происходит быстрая и эффективная подготовка частиц топлива (испарение влаги, выход летучих) и их сгорание.

Главным недостатком установок с кипящим слоем является их высокая чувствительность к изменению параметров и состава топлива [2]. Любое отклонение от оптимальных значений может привести к нестабильной работе и снижению эффективности процесса сгорания. Кроме того, такие установки требуют более сложной системы регулирования и контроля, что может добавить дополнительные затраты на оборудование и обслуживание.

Более крупная фракция угля, чем требуется, ведет к оседанию крупных кусков породы или топлива на газораспределительную решетку. Также в топливе не должно быть металлов и других включений. Они могут привести к зашлакованию нижней части слоя и нарушению работы системы золоудаления.

Большую заинтересованность предполагает применение оборудования, предназначенного для сжигания твердого топлива в циркулирующем кипящем слое (ЦКС).

Данный метод сжигания топлива обладает рядом положительных характеристик по сравнению с факельным сжиганием:

- возможность эффективного сжигания низкокалорийных, высокозольных топлив, и топлив с малым выходом летучих веществ;

- возможность сжигания топлив различного качества в одном и том же котле;
- возможность эффективного связывания оксидов серы путем подачи известняка в топку, что является простым, недорогим и эффективным способом;
- низкие выбросы оксидов азота без использования специальных средств азотоочистки;
- высокое заводское качество и безопасность.

Сжигание в циркулирующем кипящем слое аналогично со сжиганием в стационарном кипящем слое. Главным отличием котлов с циркулирующим кипящим слоем является наличие устройств для улавливания золы и систем возврата материала в топку. Именно эти факторы определяют множество показателей котла, таких как стабилизация температуры, уровень выбросов и др. Важно, чтобы циркулирующие частицы могли быть улавливаемыми и возвращаемыми в слой. Эффективность золоуловителя (обычно циклоны) определяет кратность циркуляции и размер частиц. Даже небольшое изменение в эффективности золоуловителя может значительно повлиять на циркуляцию. Например, увеличение эффективности улавливания на 0,1% может привести к увеличению циркуляции в 1,2 раза. [3].

Технология циркулирующего кипящего слоя может использоваться для сжигания высокосольных каменных и бурых углей. Возможно также использование растительных отходов, которые являются практически безсольными. Однако, сжигание такого разнообразного топлива может создавать определенные трудности.

Одна из основных проблем заключается в значительном различии характеристик различных видов топлива. Теплота сгорания топлива является важной характеристикой, которая может значительно варьироваться в зависимости от вида топлива. Использование топлива с низкой теплотой сгорания может привести к недостаточной эффективности сжигания и низкой выработке энергии.

Относительное различие между минимальным и максимальным объемами продуктов сгорания составляет до 18%. Это означает, что при использовании различных видов топлива в технологии ЦКС необходимо учитывать возможность такого большого разли-

чия и разрабатывать соответствующие меры для компенсации этой разницы [3, 4].

Однако, у этой технологии также есть некоторые недостатки. Во-первых, она требует высоких эксплуатационных требований и автоматизации, что может повысить стоимость установки и обслуживания котлов. Во-вторых, для работы котлов с циркулирующим кипящим слоем требуется значительное количество электроэнергии, что повышает расходы на собственные нужды котла. Из-за этих факторов котлы с циркулирующим кипящим слоем не получили широкого распространения в России и странах СНГ.

Несмотря на это, за рубежом эта технология нашла свое применение и уже функционируют множество котлов с циркулирующим кипящим слоем. Главное преимущество этой технологии - сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рей, Д. Тепловые насосы / Д. Рей, Д. Макмайкл. – М. : Энергоиздат, 1982. – 224 с.
2. Лейкин, В. З. Создание оборудования и отработка технологии подготовки топлива для сжигания и газификации в циркулирующем и стационарном кипящем слое / В. З. Лейкин // Теплоэнергетика. – 2008. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unilib.ru/articles/journals/teploenergetika/> (дата обращения: 22.01.2024).
3. Перспективы использования технологии ЦКС при техническом перевооружении ТЭС России / Г. А. Рябов [и др.] // Теплоэнергетика. – 2009. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unilib.ru/articles/journals/teploenergetika/> (дата обращения: 22.01.2024).
4. Прошкина, Д. Н. Паровая турбина как способ снижения выбросов на ТЭЦ / Д. Н. Прошкина, И. А. Бахтина, Н. А. Фок // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2023. – С. 186 – 192.

**Прошкина Дина Николаевна** – студент группы 8С(з)-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [dina.kremzuk@yandex.ru](mailto:dina.kremzuk@yandex.ru);

**Бахтина Ирина Алексеевна** – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [bia-altai@mail.ru](mailto:bia-altai@mail.ru).

## К ВЫБОРУ КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ НАРУЖНЫХ СТЕН МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Н. О. Саурин, Т. И. Саурина, И. В. Харламов

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

*В статье проанализированы четыре варианта конструктивных стен малоэтажных зданий для условий Алтайского края.*

**Ключевые слова:** стены из кирпича, стены из газобетона, деревянные каркасные стены, стены из легких стальных профилей.

Основными конструктивными элементами дома являются фундаменты, стены, перекрытия, кровли, заполнение оконных и дверных проемов. Очень важно принять правильную конструкцию наружных стен, т.к. они должны обеспечить надежную защиту здания от атмосферных воздействий. Стены придают приятный внешний вид постройке. Кроме этого стены должны быть долговечны и экономичны.

Проанализируем три самые распространенные на сегодняшний день на территории Алтайского края конструкции стен, выполняемых на основе: кирпича, газобетона, деревянного каркаса с заполнением минераловатной теплоизоляцией, а также перспективное техническое решение из легких стальных холодногнутых профилей, условно называемых легкими стальными тонкостенными конструкциями (ЛСТК) с теплоизоляцией из минераловатных материалов [1]. Последнее конструктивное решение получило широкое распространение в США и Канаде. Все больший интерес к зданиям из ЛСТК проявляют в странах ЕС [3, 4]. В России строительство из ЛСТК продвигается очень медленно.

Сравнение стен произведено при соблюдении одинаковых факторов:

- отделка фасада штукатуркой по системе «мокрый фасад»;

- готовность внутренних поверхностей стен под чистовую отделку;

- сопротивление теплопередаче – не ниже  $3,53 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , что соответствует требованиям для города Барнаула [2].

Конструкции стен были проанализированы по 19 параметрам. Каждый параметр имеет пятибалльную оценку. Параметры условно разделены на 5 групп:

- физические параметры;
- условия строительства;
- дополнительные работы и возможность реконструкции;
- экономические;

- вероятностные.

Для анализа подобраны следующие составы стен:

Кирпичная стена:

1) штукатурка – 10 мм;

2) кирпичная кладка - 250 мм;

3) утепление фасада плитами из каменной ваты – 120 мм;

4) штукатурка по системе «мокрый фасад» – 10 мм.

Общая толщина стены – 390 мм.

Стена из газобетона:

1) штукатурка – 10 мм;

2) газобетон D600 – 400 мм;

3) утепление фасада плитами из каменной ваты – 50 мм;

4) штукатурка по системе «мокрый фасад» – 10 мм.

Общая толщина стены – 470 мм.

Деревянный каркас:

1) обшивка с внутренней стороны ГКЛ – 25 мм;

2) пароизоляция – 0,1 мм;

3) деревянный каркас с заполнением минеральной ватой – 150 мм;

4) обшивка ГВЛ – 10 мм;

5) воздушный вентилируемый зазор – 20 мм;

6) цементная панель Аквапанель – 12,5 мм;

7) штукатурка по системе «мокрый фасад» – 10 мм.

Общая толщина стены – 227,5 мм.

ЛСТК:

1) обшивка с внутренней стороны ГКЛ – 25 мм;

2) стальной каркас с заполнением минеральной ватой – 150 мм;

3) обшивка ГВЛ – 10 мм;

4) воздушный вентилируемый зазор – 20 мм;

5) цементная панель Аквапанель – 12,5 мм;

б) штукатурка по системе «мокрый фасад» – 10 мм

Общая толщина стены – 227,5 мм.

Результаты проведенного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ конструкций стен

Конструкция стены	Кирпич	балл	Газобетон	балл	Деревянный каркас	балл	ЛСТК	балл
Сопrotивление теплопередаче, м2·°C/Вт	3,53	3	3,77	4	4,32	5	4,32	5
Полезная площадь при наружных размерах дома 8 × 10 м	63,75	4	60,65	3	70,3	5	70,3	5
Доп. работы перед внутренней чистовой отделкой	Требуется оштукатуривание стен, грунтование	3	Требуется оштукатуривание стен, грунтование	3	Не требуется, т.к. ГКЛ имеет ровную поверхность	5	Не требуется, т.к. ГКЛ имеет ровную поверхность	5
Изменение фасадной отделки	Невозможно без существенных затрат	3	Невозможно без существенных затрат	3	Возможна замена на любой вид фасадной отделки без значительных затрат	5	Возможна замена на любой вид фасадной отделки без значительных затрат	5
Прокладка инженерных сетей	Открытая прокладка – портит интерьер и необходимо штробить – большая трудоёмкость;	3	Открытая прокладка – портит интерьер и необходимо штробить – большая трудоёмкость; открытая	3	Требуется производство отверстий в каркасе, открытая прокладка - портит интерьер	4	Не требует дополнительных работ (прокладка в полости стен, перекрытий производится через специальные коммуникационные отверстия)	5
Изменение геометрии, свойств несущего конструктива здания под воздействием внешних факторов и времени	Возможна усадка	3	Возможная незначительная усадка	4	Возможна усадка, изменение прямолинейности, сколы	3	Отсутствует	5
Возможность реконструкции и надстройки	В очень редких случаях из-за значительной нагрузки на фундамент, большие материальные затраты при реконструкции	1	В очень редких случаях из-за значительной нагрузки на фундамент, большие материальные затраты при реконструкции	2	Не вызывает сложности, благодаря небольшой массе конструкций и, следовательно, незначительной нагрузке на фундамент. Сложность разработки узлов.	4	Не вызывает сложности, благодаря небольшой массе конструкций и, следовательно, незначительной нагрузке на фундамент.	5
Специальные требования к несущему конструктиву здания, дополнительные работы	Отсутствует	5	В некоторых случаях необходимо устройство армопояса	4	Обработка антисептиками, антипиренами, определённая влажность пиломатериала	4	Отсутствуют	5
Вероятность ошибки как следствие «человеческого фактора»	Большая. Требуется опыт ведения работ.	3	Большая. Требуется опыт ведения работ.	3	Маленькая, т.к. проработка рабочей документации детальна, но требуется опыт работы с пиломатериалами	4	Практически исключена, т.к. проработка рабочей документации детальная, а точность изготовления деталей - высока	5

## К ВЫБОРУ КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ НАРУЖНЫХ СТЕН МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Продолжение таблицы 1

Конструкция стены	Кирпич	балл	Газобетон	балл	Деревянный каркас	балл	ЛСТК	балл
Параметр								
Огнестойкость	III степень	5	III степень	5	III степень	5	III степень	5
Экологичность	Все материалы экологически чистые	5	Все материалы экологически чистые	5	Все материалы экологически чистые за исключением средств деревообработки (антисептики, антипирены)	4	Все материалы экологически чистые	5
Шумоизоляция	Соответствует	5	Соответствует	5	Соответствует	5	Соответствует	5
Наличие горючих материалов	Нет	5	Нет	5	Деревянный каркас требует обработки антипиренами - увеличение затрат, большая трудоёмкость	4	Нет	5
Строительство на сложных рельефах и нестабильных грунтах	Удорожание фундамента вследствие значительной массы конструкций, сложность ведения работ	3	Удорожание фундамента вследствие значительной массы конструкций, сложность ведения работ	3	Возможно, без ограничений благодаря лёгкости конструкций и простой сборки. Экономия временных и материальных затрат на возведении фундамента	5	Возможно, без ограничений благодаря лёгкости конструкций и простой сборки. Экономия временных и материальных затрат на возведении	5
Сезонность строительства (не включая фундамент)	При положительных температурах (возможно при незначительных минусовых, но с удорожанием)	3	При положительных температурах (возможно при незначительных минусовых, но с удорожанием)	3	Всесезонно	5	Всесезонно	5
Возможность строительства в районах с повышенной сейсмической опасностью	Возможно, с проведением ряда конструктивных мер, влекущих увеличение стоимости	4	Возможно, с проведением ряда конструктивных мер, влекущих увеличение стоимости	4	Возможно, в районах с сейсмоопасностью до 9 баллов без существенных конструктивных мер и увеличений стоимости	5	Возможно, в районах с сейсмичностью до 9 баллов без существенных конструктивных мер и увеличения стоимости	5
Влияние погодных условий	Последовательное выполнение многих работ влечёт зависимость от погодных условий	4	Последовательное выполнение многих работ влечёт зависимость от погодных условий	4	Высокая скорость возведения коробки под кровлю, с возможностью вести дальнейшие работы в любых погодных условиях	5	Высокая скорость возведения коробки под кровлю, с возможностью вести дальнейшие работы в любых погодных условиях	5
Транспортные расходы	Высокие транспортные затраты, из-за значительной массы и объёма материалов	4	Высокие транспортные затраты, из-за значительной массы и объёма материалов	4	Невысокие затраты на транспорт, благодаря небольшой массе и объёму материалов	5	Невысокие затраты на транспорт, благодаря небольшой массе и объёму материалов	5

Продолжение таблицы 1

Конструкция стены	Кирпич	балл	Газобетон	балл	Деревянный каркас	балл	ЛСТК	балл
Параметр								
Доставка в труднодоступные районы	Затруднительно из-за значительной массы и объёма материалов	4	Затруднительно из-за значительной массы и объёма материалов	4	Не вызывает сложности, благодаря небольшой массе и объёму материалов	5	Не вызывает сложности, благодаря небольшой массе и объёму материалов	5
Итого баллов		68		71		87		95

В результате сравнительного анализа можно сделать следующие выводы.

Фактическое сопротивление теплопередаче всех рассматриваемых конструкций не ниже нормативного и вошло в диапазон от 3,53 до 4,32 м<sup>2</sup>·°С/Вт. Все анализируемые конструкции соответствуют огнестойкости III-ей степени, однако в конструкции с деревянным каркасом требуется обработка антипиренами, применение которых влияет на экологичность.

Шумоизоляция соответствует требованиям нормативных документов во всех типах стен.

Транспортные расходы и доставка в труднодоступные районы обременительны при возведении зданий из кирпича и газобетона в силу их веса.

Строительство на сложных рельефах и нестабильных грунтах дополнительно к стоимости строительства надземной части здания добавит стоимость фундаментов, которые в случае каменных стен будут дороже и требуют больших трудозатрат по сравнению с фундаментами каркасных зданий.

Сезонность строительства (не включая фундамент) и погодные условия в первую очередь важны при возведении стен из кирпича и газобетона, что связано с рабочей температурой для цементно-песчаного раствора.

Возможностью строительства в районах с повышенной сейсмической опасностью обладают все рассмотренные технологии строительства, однако для стен из кирпичной и газобетонной кладки это возможно только с проведением ряда конструктивных мер, влекущих увеличение стоимости.

Следующий параметр отнесён к экономическим, так как этот показатель отвечает за количество квадратных метров при заданных внешних габаритах дома 8 на 10 метров. По данному параметру победителями вышли технологии каркасного строительства, а последнее место заняла технология строительства из газобетона. Разница в показателях составила около 10 м<sup>2</sup> полезной площади,

что позволит создать дополнительную маленькую комнату или подсобное помещение.

Дополнительные работы перед внутренней чистовой отделкой после возведения коробки оказались необходимы в бескаркасных технологиях. В этот же блок входит и параметр «Специальные требования к несущему конструктиву здания, дополнительные работы». Без особых требований возможно возведение кирпичных стен и стен по технологии ЛСТК. Создание армопоясов при кладке из газобетона в случае устройства тяжёлых перекрытий, обработка антисептиками и антипиренами деревянных конструкций, определённая влажность пиломатериала – все это следует учесть в оставшихся конструкциях.

Изменение фасадной отделки по прошествии какого-либо срока эксплуатации приводит к существенным дополнительным вложениям для всех вариантов конструкции, которые сравнительно меньше только в случае каркасного строительства.

При прокладке инженерных систем качественным фактором является наличие возможности спрятать их в стене при небольшой трудоёмкости выполнения работ. В случае с кирпичной кладкой и кладкой из газобетонных блоков приходится прибегать к штроблению.

При оценке конструкций по вероятностным параметрам можно сделать следующий вывод. Изменению геометрии, свойств несущего конструктива здания под воздействием внешних факторов и времени не подвержена только конструкция стены на основе ЛСТК. Кирпичная кладка и кладка из газобетона дают усадку, хоть и менее значительную, чем в случае использования деревянного каркаса. Для конструкции стены на основе деревянного каркаса характерно появление такого дефекта как изменение прямолинейности.

Вероятность ошибки при возведении стеновых конструкций зависит от опыта ведения работ и профессионализма строителей, что в современных реалиях немаловажно. Работа, связанная с кладкой кирпича и газобетона, имеет максимальную вероятность ошибки, в то время как детальная проработка

рабочей документации и точность изготовления элементов в каркасных технологиях снижает такую вероятность. Проект дома из ЛСТК максимально индустриализует строительный процесс, делает его легко управляемым и поэтому привлекательным для заказчика.

Единственный параметр, который не включен в таблицу, но носит зачастую ключевой характер при выборе конструкции стен, является вес квадратного метра стены.

Принимая во внимание средние значения удельной плотности применяемых материалов, были получены следующие результаты. Вес кирпичной стены составил 511 кг/м<sup>2</sup>. Вес 1 м<sup>2</sup> стены из газобетона снижается до 293,5 кг. Каркасные технологии, представленные деревянным каркасом и ЛСТК, по своему весу на квадратный метр стены оказались почти в 5 раз легче кирпичной стены, а именно 88 и 85 кг соответственно.

Хотелось бы отметить ещё одно преимущество технологии ЛСТК, достаточное веское в наше время стремительных перемен. Это – возможность эффективного ремонта и реконструкции домов из ЛСТК. Стены из металлоконструкций гораздо легче заменить или перенести, чем кирпичные или газобетонные.

Затраты и неудобства, вызываемые реконструкцией, несопоставимо меньше, чем при перестройке домов из традиционных материалов. Этот показатель чрезвычайно важен при отнесении объекта к реестру «Зеленое строительство».

В результате сравнительной оценки хуже всего выглядят кирпичные стены, они набрали 68 баллов. Комплексный рейтинг в размере 71 балла набрали стены из газобетона. Стены с деревянным каркасом набрали 87 баллов и расположились на втором месте. Наибольшая сумма баллов (95) оказалась у

стен с легким стальным каркасом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мониторинг объемов жилищного строительства. – Сайт Минстроя России [Электронный ресурс]. – <https://minstroyrf.gov.ru/> (дата обращения: 19.01.2024).

2. Ватин, Н. И. Сравнительный анализ ограждающих конструкций для малоэтажного строительства / Н. И. Ватин [и др.] // Лучшие фасады. – № 1 (35). – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.baltprofile.ru/images/%D0%9F%D1%83%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8/2013\\_01\\_Luchshie\\_fasady\\_35\\_Sravnienie.pdf](https://www.baltprofile.ru/images/%D0%9F%D1%83%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8/2013_01_Luchshie_fasady_35_Sravnienie.pdf) (дата обращения: 19.01.2024).

3. Аналитическая записка «О жилищном строительстве в Российской Федерации в 2022 году»: Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 22.01.2024).

4. Аналитика СБЕРА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.sberbank.ru/ru/sberpress/analitika\\_issledovaniya/article?newsID=fe107a59-b109-4bfa-a350-2f36a28c53c9&blockID=8395751fc0a8-4eaf-9b4c-edb74c4ff38d&regionID=77&lang=ru&type=NEWS/](https://www.sberbank.ru/ru/sberpress/analitika_issledovaniya/article?newsID=fe107a59-b109-4bfa-a350-2f36a28c53c9&blockID=8395751fc0a8-4eaf-9b4c-edb74c4ff38d&regionID=77&lang=ru&type=NEWS/) (дата обращения: 23.01.2024).

**Саурин Никита Олегович** – студент группы СУЗ-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: saurin-nikita@mail.ru;

**Саурин Татьяна Ивановна** – магистр ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: kharlamovat@mail.ru;

**Харламов Иван Викентьевич** – к.т.н., заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: kharlamov-1948@mail.ru.

## СОВМЕЩЕННОЕ ПОКРЫТИЕ МАЛОЭТАЖНОГО ДОМА С НЕСУЩИМ ПРОФЛИСТОМ

Н. О. Саурин, И. В. Харламов

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова

*В последнее время все чаще появляются предложения в малоэтажных домах использовать вместо традиционных чердачных крыш совмещенные покрытия. Данным исследованием сделана попытка предложить новый вариант совмещенного покрытия с улучшенными теплофизическими и эксплуатационными характеристиками. Несущим элементом покрытия является стальной профилированный настил, а теплозащита выполняется из монолитного пенобетона различной объемной плотности. Покрытие при небольшой собственной массе обладает высокими показателями сопротивления теплопередаче и высоким пределом огнестойкости.*

**Ключевые слова:** покрытие, профилированный настил, пенобетон, теплозащита, огнезащита.

Важным конструктивным элементом в каждом доме является крыша. Наиболее распространены крыши чердачного типа с холодным чердаком. По верху стен укладывается чердачное перекрытие. На перекрытии устраивается слой пароизоляции, укладывается слой утеплителя, затем выполняется стяжка. Над чердачным перекрытием устраивается кровельная стропильная система. Такую конструкцию отличают большая материалоемкость и трудоемкость изготовления.

Примером решения подобной крыши является конструкция одноэтажного здания, выполненного итальянской фирмой Cogit и АлтГТУ (рисунок 1) [1]. Для снижения стоимости покрытия здания в последнее время всё чаще применяют совмещенную скатную конструкцию покрытия, в состав которой входят несущие конструкции, пароизоляция, утеплитель, вентилируемый зазор и кровля (рисунок 2) [2].

Совмещенная конструкция покрытия в два раза дешевле чердачного покрытия и в 38 раз легче, чем перекрытие с использованием железобетонной плиты перекрытия. Вместе с тем совмещенному покрытию (рисунок 2) присущи следующие недостатки.

1. Сложность обеспечения огнезащиты. Профилированный лист со стороны помещения требует проведения мероприятий по огнезащите, а это увеличивает трудоемкость и стоимость конструкции.

2. Из-за малого уклона покрытия увеличивается вероятность возникновения протечек кровли. Из-за этого предъявляются особые требования к качеству работ при устройстве мембранного кровельного покрытия.

3. В качестве утеплителя используются минераловатные утеплители. Этот вид утеплителей имеет долговечность ниже планируемой долговечности здания. При устройстве теплоизоляционного слоя из минеральной ваты из-за неплотной укладки практически невозможно избежать возникновения мостиков холода. Еще одним недостатком минераловатных изделий является их «биозаселяемость», что также ухудшает теплоизоляционные свойства.

4. Выпадение конденсата под кровельной мембраной. Это, как правило, происходит при нарушении в слое пароизоляции. Влаге, которая будет проникать в толщу покрытия некуда уходить. Это приводит к порче не только слоя утеплителя, но и самого кровельного материала из-за замерзания конденсированной воды под слоем кровли.

Предлагаем инновационное конструктивное решение покрытия (рисунок 3) отличительные свойства, которого заключаются в: использовании монолитного пенобетона объемной плотностью 150-200 кг/м<sup>3</sup>; монолитности теплоизоляционного слоя; высокой огнестойкости, создающейся слоями гипсокартона и пенобетона с нижней стороны покрытия; использовании кровли из стального профилированного листа (рисунок 3).

Несущим элементом покрытия является стальной оцинкованный профилированный настил. В зависимости от перекрываемого пролета, толщины слоя утеплителя и снеговой нагрузки предлагаем использовать профилированные листы Н750750-(0.8-1.2), Н114-660-(0,8-1.0) или Н153-850-(0.8-1.5). Теплоизоляция из монолитного пенобетона располагается с обеих сторон профлиста.

## СОВМЕЩЕННОЕ ПОКРЫТИЕ МАЛОЭТАЖНОГО ДОМА С НЕСУЩИМ ПРОФЛИСТОМ

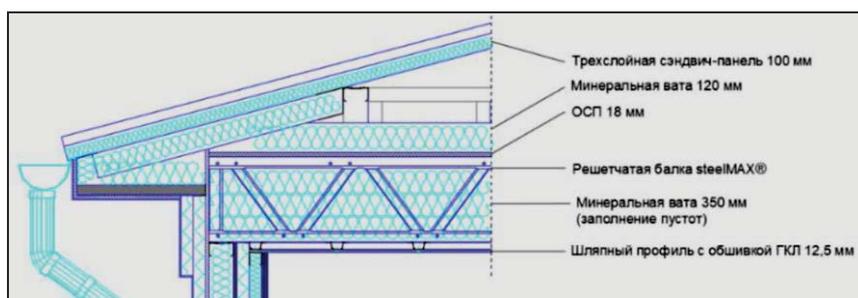


Рисунок 1 – Конструкция чердачного перекрытия экспериментального жилого дома



Рисунок 2 – Совмещенное покрытие с применением профлиста Н114-660-0.8

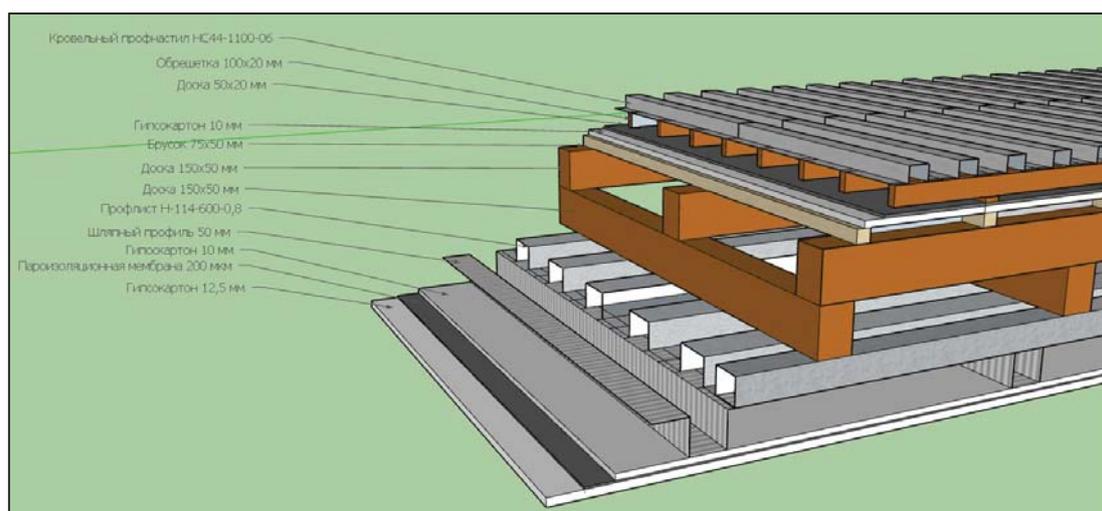


Рисунок 3 – Предлагаемая конструкция с применением кровельного профлиста НС-44-1100-0.8

Общая толщина пенобетона определяется теплотехническим расчетом в зависимости от требуемого класса энергоэффективности покрытия. Для создания необходимой толщины слоя пенобетона по несущему профлисту укладывается перекрестная система из деревянных досок и брусков.

Компоновка систем деревянных элементов зависит от расположения профлиста поперек или вдоль ската кровли. В качестве кровли предлагается использовать кровельный профнастил НС44-1100-0.8 или НС21-1100-0.8. Возможно, кровлю выполнить из металлочерепицы или другого кровельного материала, способного обеспечить вентиляцию подкровельного пространства. Предел

огнестойкости покрытия можно регулировать, изменяя высоту шляпного профиля или суммарную толщину гипсокартонных листов. Конструктивная схема покрытия сформирована с учетом удобства заливки пенобетона. Очень важно для обеспечения сплошности пенобетоном избежать образование пустот.

Предварительные расчеты покрытия по несущей способности, показали, что величина перекрываемого пролета в условиях снеговых нагрузок г. Барнаула может достигать семи метров. Это позволит оптимизировать шаг несущих поперечных или продольных стен, уменьшит расходы на фундаменты, улучшит возможность организации планировочных решений пространства внутри дома.

Для предлагаемого варианта покрытия выполнены теплотехнические исследования – расчеты выполнены в программном комплексе Смарткальк [3], на рисунке (рисунок 4) приведены результаты теплотехнического

расчета покрытия, у которого сопротивление теплопередаче равно 5,72 м<sup>2</sup>·К/Вт. Данное значение соответствует базовому значению, регламентируемому нормами.

Слои конструкции (изнутри наружу)						
№	Тип	Толщина	Материал	A	R	Tmax Tmin
Сопротивление тепловосприятию					0.11	20.0 19.4
1	□	12	Гипсокартон (ГКЛ)	0.19	0.06	19.4 19.1
2	□	0.1	Пароизоляционная мембрана		0.00	19.1 19.1
3	□	100	Полистиролбетон 200 кг/м <sup>3</sup>	0.065	1.54	19.1 10.9
4	□	1	Сталь	58	0.00	10.9 10.9
5	□	250	Полистиролбетон 200 кг/м <sup>3</sup>	0.065	3.85	10.9 -9.4
6	□	12	Гипсокартон (ГКЛ)	0.19	0.06	-9.4 -9.8
7	□	0.1	Влаго-ветрозащитная мембрана		0.00	-9.8 -9.8
Сопротивление теплоотдаче					0.09	-10.0 -10.0
8	□	30	Вентилируемая воздушная прослойка		0.00	-9.8 -10.0
9	□	0.8	Сталь	58	0.00	-10.0 -10.0
Термическое сопротивление ограждающей конструкции					5.51	
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]					5.72	
Требуемое сопротивление теплопередаче						
Санитарно-гигиенические требования [Rc]					2.18	
Нормируемое значение поэлементных требований [Rэ]					4.20	
Базовое значение поэлементных требований [Rт]					5.25	

Рисунок 4 – Результаты теплотехнического расчета покрытия

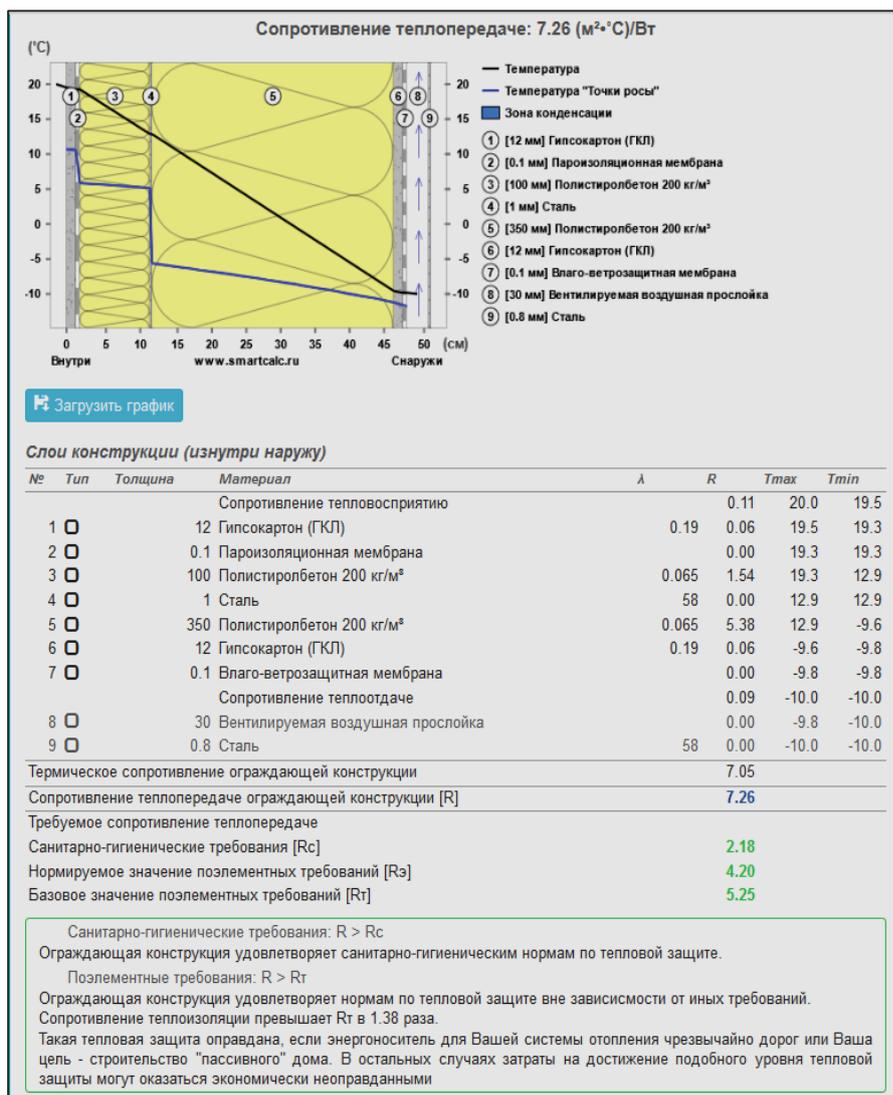


Рисунок 5 – Результаты теплотехнического расчета покрытия, из пенобетона объёмной плотностью 200 кг/м<sup>3</sup> при толщине слоя 450 мм

## СОВМЕЩЕННОЕ ПОКРЫТИЕ МАЛОЭТАЖНОГО ДОМА С НЕСУЩИМ ПРОФЛИСТОМ

№	Тип	Толщина	Материал	$\lambda$	$R$	$T_{max}$	$T_{min}$	
Сопротивление тепловосприятию						0.11	20.0	19.5
1	□	12	Гипсокартон (ГКЛ)	0.19	0.06	19.5	19.2	
2	□	0.1	Пароизоляционная мембрана		0.00	19.2	19.2	
3	□	100	Полистиролбетон 200 кг/м³	0.055	1.82	19.2	11.0	
4	□	1	Сталь	58	0.00	11.0	11.0	
5	□	250	Полистиролбетон 200 кг/м³	0.055	4.55	11.0	-9.5	
6	□	12	Гипсокартон (ГКЛ)	0.19	0.06	-9.5	-9.8	
7	□	0.1	Влаго-ветрозащитная мембрана		0.00	-9.8	-9.8	
Сопротивление теплоотдаче						0.09	-10.0	-10.0
8	□	30	Вентилируемая воздушная прослойка		0.00	-9.8	-10.0	
9	□	0.8	Сталь	58	0.00	-10.0	-10.0	
Термическое сопротивление ограждающей конструкции				6.49				
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]				6.70				
Требуемое сопротивление теплопередаче								
Санитарно-гигиенические требования [Rc]				2.18				
Нормируемое значение поэлементных требований [Rз]				4.20				
Базовое значение поэлементных требований [Rт]				5.25				

Рисунок 6 – Результаты теплотехнического расчета покрытия, из пенобетона объёмной плотностью 200 кг/м³ с коэффициента теплопроводности  $\lambda = 0,055$  Вт/(м·°C)

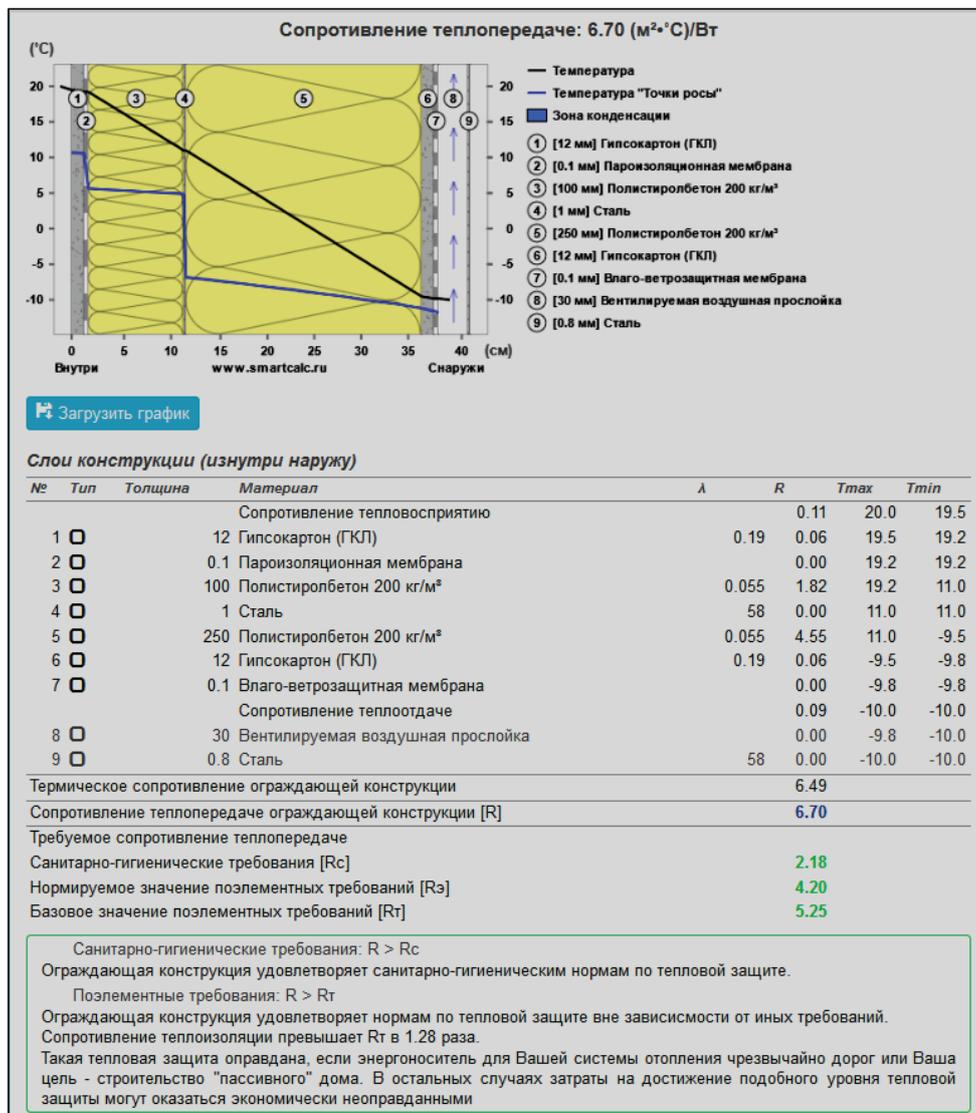


Рисунок 7 – Результаты теплотехнического расчета покрытия, соответствующего классу энергоэффективности А+

За счет изменения толщины слоя пенобетона, обеспечиваемой перекрестными деревянными балками, приведенное сопротивление теплопередачи  $R$  может варьироваться в большом диапазоне, от  $R = 5.25 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  до  $R$  соответствующее классу А+ и, даже, А++ (рисунок 5).

При суммарной толщине пенобетона 450 мм  $R = 7,26 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ . Увеличивая слой пенобетона, можно легко достичь повышения приведенного сопротивления теплопередачи необходимого уровня.

За счет уменьшения удельной плотности пенобетона ( $\rho$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ) и его коэффициента теплопроводности  $\lambda$ ,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$  (рисунки 6, 7), возможно добиться снижения толщины слоя пенобетона и значительно облегчить конструкцию покрытия, что положительно отразится на массе нагрузок на стеновые конструкции и на фундаменты.

Масса одного квадратного метра кровельного покрытия при требуемом базовом значении сопротивления теплопередаче  $5,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  и объемной плотности пенобетона  $200 \text{ кг}/\text{м}^3$  для климатических условий г. Барнаула составит  $131 \text{ кг}/\text{м}^2$ . Исследуемый вариант конструкции покрытия позволяет уменьшить массу конструкции покрытия более чем в 5 раз по сравнению с чердачным вариантом.

Еще одним достоинством замены утеплителя из минеральной ваты на монолитный пенобетон является повышение тепловой инерции, что должно снизить перегрев покрытия в жаркое время года.

Этот вопрос предполагается изучить на следующем этапе исследований.

#### **Основные выводы**

Предложенный вариант замены чердачной крыши на совмещенное покрытие с вентилируемой кровлей имеет следующие достоинства:

- в несколько раз снижается собственная масса;
- увеличивается предел огнестойкости;
- увеличивается долговечность за счет использования легкого пенобетона;
- теплоизоляционный слой монолитен и не имеет мостов холода

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Passive design strategies for the improvement of summer indoor comfort conditions in lightweight steel-framed buildings / Nicola Callegaro, Max Wieser, Giovanni Manzini, Ivan Kharlamov, Rossano Albatici. – BSA Building Simulation Applications, 2022.
2. PROF TOOLS [Электронный ресурс]. – URL: <https://prof-tools.net/> (дата обращения: 1.02.2024).
3. Теплотехнический калькулятор ограждающих конструкций: [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.smartcalc.ru/> (дата обращения: 2.02.2024).

**Саурин Никита Олегович** – студент группы СУЗ-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: saurin-nikita@mail.ru;

**Харламов Иван Викентьевич** – к.т.н., заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: kharlamov-1948@mail.ru.

## АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНЫХ ЗАТОПЛЕНИЙ КВАРТИР В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

**А. А. Соболев, Д. Е. Родиков**

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

*В статье анализируются случаи и причины аварийных утечек и заливов квартир в многоквартирных жилых зданиях. Было проанализировано 64 случая аварийных заливов квартир в жилых домах г. Барнаула. По результатам анализа сделан вывод о том, что основной причиной заливов квартир является физический износ кровли в результате несвоевременного или некачественного проведение текущих и капитального ремонтов крыш.*

**Ключевые слова:** *залив, аварийные утечки воды, трубопроводы, повреждения, многоквартирный жилой дом, физический износ, текущий ремонт, оценка ущерба, экспертиза, суд.*

В настоящее время аварийные утечки воды из водопроводящих коммуникаций в многоквартирных жилых домах являются частым явлением. Заливы квартир наносят ущерб гражданам и являются причиной длительных судебных тяжб между соседями, между жильцами и управляющими компаниями. Не всегда виновники заливов добровольно возмещают нанесенный ущерб, что является причиной обращения в суд. Для подачи искового заявления в суд необходимо произвести оценку ущерба в специализированной независимой экспертной организации.

Стоимость ущерба может находиться в большом интервале от нескольких десятков до нескольких сот тыс. руб., зависит от качества внутренней отделки и материалов, объемов утечки. В среднем ущерб составляет от 100 до 120 тыс. руб.

В рамках судебного разбирательства существенно важным является не только вопрос достоверности оценки стоимости причиненного ущерба, но и определение причин залива. От этого во многом зависит правильное определение ответчика, с которого будет взыскиваться возмещение ущерба. Под ущербом в данном случае подразумевается стоимость восстановительного ремонта внутренней отделки и конструкций, необходимого для устранения повреждений причиненного заливом.

Наиболее распространенные повреждения от залива:

- пятна коричневого цвета на потолке и стенах (рисунок 1),
- коробление обоев стен от воздействия воды,
- разбухание облицовки потолка и стен из гипсокартона,
- отставание керамических плиток от стен,

- разбухание конструкций дверных блоков (коробок, дверных полотен, наличников),
- вздутие линолеума и коробление досок пола из ламината (рисунок 2),

- повреждение электропроводки и светильников, мебели и бытовой техники.

Определение величины ущерба внутренней отделки и конструкциям, а так же определение причин залива, производится в рамках строительно-технической экспертизы или оценки. Ущерб мебели и бытовой технике оценивается в рамках товароведческой экспертизы [3].

Заливы, особенно систематические, могут привести к образованию грибка в квартире. Чаще всего это относится к верхним этажам, где причиной залива являются ветхая кровля (рисунок 3). Отсутствие или плохая вентиляция способствует и значительно ускоряет процесс появления грибка.

Часто причины заливов и их виновники очевидны и сомнений не вызывают, но в некоторых случаях достоверно определить причину сразу не представляется возможным и



Рисунок 1 – Повреждения потолка в квартире жилого дома по ул. Матросова, 15-14 в г. Барнауле

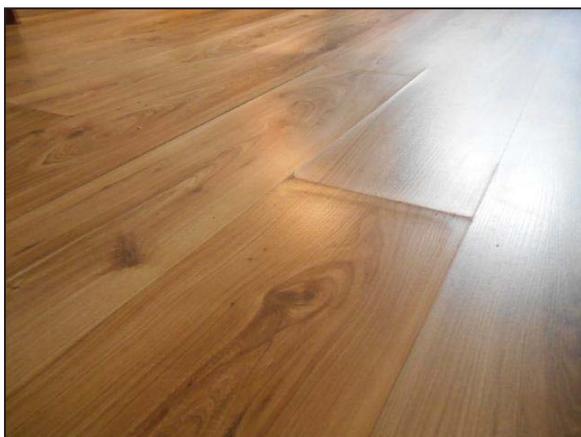


Рисунок 2 – Повреждения пола из ламината в квартире жилого дома по ул. Чеглецова, 9а-61 в г. Барнауле



Рисунок 3 – Образование грибка в квартире жилого дома по ул. Островского, 31-45 в г. Барнауле в результате систематических протечек кровли

эксперту-строителю приходится выявлять истинные причины утечки воды путем изучения проекта здания, технического паспорта и документов, относящихся к заливу, опросом жильцов.

Наиболее распространены следующие причины заливов квартир в многоквартирных жилых домах:

1) Утечки из водопроводящих коммуникаций. Их в свою очередь можно разделить в зависимости от видов коммуникаций на следующие – из системы холодного водоснабжения, из системы горячего водоснабжения, из системы канализации, из системы отопления.

Утечки из водопроводящих коммуникаций в большинстве случаев вызваны значительным физическим износом трубопроводов и радиаторов отопления. Чаще всего утечки возникают в уровне перекрытий, что ослож-

няет их быстрое выявление. Как правило, это общедомовые стояки, относящиеся к общедомовому имуществу и находящиеся на обслуживании управляющих компаний.

Нормативный срок эксплуатации стальных трубопроводов водоснабжения составляет 10 лет, чугунных трубопроводов канализации 40 лет [1, 2]. Тем не менее, довольно часто можно встретить трубы советского времени, смонтированные еще при строительстве здания, которые в 2-3 раза исчерпали свой временной ресурс – срок нормативной эксплуатации. Многие управляющие компании несвоевременно проводят текущий и капитальный ремонт водопроводящих коммуникаций, что в итоге приводит к порче частного имущества и большим искам к управляющим компаниям.

Следует отметить, что не всегда удается быстро перекрыть стояки отопления вследствие неисправности запорной арматуры или поздним прибытием на место аварии работников коммунальных служб (особенно в праздничные или выходные дни).

2) В результате неисправности санитарно бытовых приборов (кранов раковин, подводящих шлангов).

Такие случаи случаются вследствие установки кранов и шлангов, имеющих заводской брак (как правило, это изделия китайского производства) или вследствие их некачественного монтажа (подключения). Здесь учтены случаи, когда само изделие относительно новое, но раньше срока вышло из строя и стало причиной аварийной утечки.

3) От протечек кровли. Данный вид заливов характерен для квартир, расположенных на верхних этажах. Чаще всего это значительный физический износ кровли, реже засорение системы внутреннего водостока в плоских крышах в зданиях девять и более этажей. Так же, имеют место случаи протечек крыши в районе карнизов скатных крыш в результате скопления воды при таянии снега в марте-месяце.

Данный тип протечек больше характерен для периода 2014-2018 гг. В настоящее время имеет место тенденция к снижению заливов квартир по причине протечек кровли.

4) Утечки в результате тушения пожара в вышерасположенной квартире. Данный тип залива встречается не так часто, но характерен наиболее значительными повреждениями и ущербом вследствие большого объема воды поступающей в квартиру при тушении пожара.

5) Халатность жильцов, неправильная эксплуатация исправных приборов. Напри-

## АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНЫХ ЗАТОПЛЕНИЙ КВАРТИР В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

мер, имеют место случаи перемерзания радиаторов отопления вследствие открытых окон и балконных дверей в осенне-зимний период.

Так осенью 2023 года в квартире жилого дома по ул. Папанинцев дом 188 владелец квартиры не закрыл балкон и надолго уехал из квартиры (он постоянно проживал по другому адресу). С наступлением постоянных отрицательных температур произошло перемерзания стояка и радиатора отопления вблизи дверного проема балкона. В результате затопило две нижерасположенные квартиры.

Другой случай. В июне 2020 года в квартире по ул. Попова дом 102 жильцы отмечали день рождения. В какой-то момент было отключено водоснабжение для проведения ремонта соседней квартиры по стояку. В результате в раковине накопилось большое количество немытой посуды. Когда подали воду, кран был открыт и произошел перелив воды из переполненной (или перекрытой) посудой раковины. Жильцы не сразу обнаружили утечку на пол. В результате залило квартиру, расположенную этажом ниже, потолок которой были облицованы гипсокартоном, который быстро разрушается при контакте с водой.

Срыв плохо закрепленных шлангов стиральных машин так же является причиной заливов.

б) Намеренная порча имущества в результате нахождения граждан в состоянии аффекта, психической неуравновешенности или алкогольного опьянения, ведущих асоциальный образ жизни путем, физического повреждения исправного санитарно-технического оборудования или трубопроводов.

Так, например, в зимний период времени в квартире жилого дома по ул. 40 лет Октября дом 23 мужчина находясь в состоянии сильного алкогольного опьянения на почве непризнанных отношений с женой вырвал радиатор отопления и затопил три нижерасположенные квартиры.

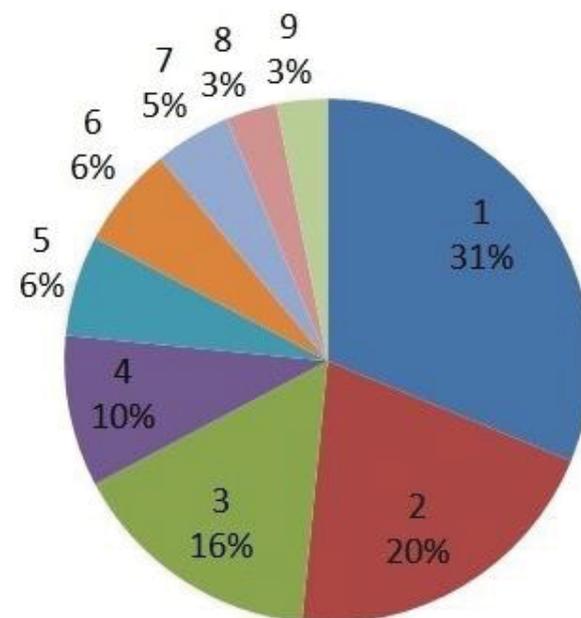
Другой пример. В новогоднюю ночь на 1 января 2022 года в квартире по ул. Советской Армии дом 121а арендатор поссорившись с соседями по квартире намеренно нанес физический удар по пластиковой трубе холодного водоснабжения в туалете. В результате разрушения трубы и утечки воды пострадали три нижерасположенные квартиры. Ситуацию усугубило позднее прибытие слесарей-сантехников и отключением общедомового стояка (был праздничный день). Ущерб ниже-

расположенной квартиры был оценен в размере 380762 руб. В отличие от вышеуказанных случаев, где причины заливов лежат в технической и организационных сферах, в данном случае имеют место социально-психологические причины, т.е., так называемый, человеческий фактор.

На основании анализа 64 случаев затоплений квартир в г. Барнауле в период с 2014 по 2023 гг. (за 10 лет) можно сделать следующие выводы.

Наиболее частой причиной аварийных заливов является протечки кровли – 31%. Остальные случаи расположились в следующей последовательности (рисунок 4):

- утечки из системы отопления 20%;
- утечки по причине некачественного санитарно-технического оборудования (заводской брак) или некачественного монтажа; из системы канализации 16%;
- утечки из системы канализации 10%;
- утечки из системы горячего водоснабжения 6%;
- утечки воды по причине халатности жильцов 6%;



1 – протечки кровли; 2 – утечки из системы отопления; 3 – утечки по причине некачественного санитарно-технического оборудования (заводской брак) или некачественного монтажа; 4 – утечки из системы канализации; 5 – утечки из системы горячего водоснабжения; 6 – утечки воды по причине халатности жильцов; 7 – утечки из системы холодного водоснабжения; 8 – утечки в результате тушения пожаров; 9 – утечки в результате намеренной порчи имущества самими жильцами

Рисунок 4 – Диаграмма причин аварийных заливов квартир в многоквартирных жилых домах г. Барнаула с 2014 по 2023 гг.

- утечки из системы холодного водоснабжения 5%;

утечки в результате тушения пожаров 3%;

- утечки в результате физической порчи имущества 3%.

Проанализированные случаи утечек охватывают примерно десятую часть всех затоплений, произошедших в этот период времени в г. Барнауле, и являются случайной выборкой.

Кроме того, часть жильцов не обращается в экспертные учреждения и судебные инстанции, решая вопросы возмещения ущерба между собой в частном порядке. Поэтому реальных случаев аварийных затоплений еще больше.

Таким образом, аварийные утечки в многоквартирных жилых домах являются распространенными случаями повреждения внутренней отделки и имущества квартир.

Наибольшему риску подвержены квартиры верхних этажей вследствие ветхого состояния кровли.

На втором месте утечки из системы отопления не зависимо от этажа расположения квартиры, на третьем утечки по причине использования некачественного санитарно-технического оборудования или некачественного его монтажа.

Зная статистику можно заливов можно более обоснованно производить профилактику аварийных утечек.

Большинство причин аварийных утечек и заливов квартир (около 75%) обусловлено техническими и организационными причинами: естественный физический износ матери-

алов и конструкций при несвоевременном проведении текущих и капитальных ремонтов.

Использование некачественных санитарно-технических приборов (запорной арматуры) или их некачественный монтаж составляет 16% случаев аварийных утечек.

Халатность жильцов и другие человеческие факторы являются причинами залива в 6-10% случаев.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВСН 53-86 (р). Правила оценки физического износа жилых зданий / Госстрой России. – М. : ФГУП ЦПН, 2007. – 80 с.

2. ВСН 58-88 (р). Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения / Госкомархитектуры. М. : ОАО «ЦПН», 2008. – 42 с.

3. Бутырин, А. Ю. Строительно-техническая экспертиза в современном судопроизводстве: учебник / А. Ю. Бутырин, Ю.К. Орлов. – М. : ГУ Российский федеральный центр судебной экспертизы при Минюсте России, 2011. – 368 с.

**Соболев Андрей Андреевич** – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: asoblv@mail.ru;

**Родиков Денис Евгеньевич** – студент группы 8Спгс-31 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: danrodikov@mail.ru.

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СРЕДСТВ СОПРЯЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СО СМЕТНЫМИ ПРОГРАММАМИ

**В. В. Соколова**

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

*В статье рассматривается анализ возможностей средств сопряжения информационной модели, созданной различными программами информационного моделирования, со сметными программами. Рассмотрены инструменты автоматизации, предоставляемые средствами сопряжения, для создания структуры сметной программы. Описаны способы передачи сметной структуры в сметные программы для расчета сметной стоимости.*

**Ключевые слова:** информационная модель, Renga, сметная программа, формат АРПС 1.10, 5D Смета, BIM Wizard, BIM-смета ABC, «1С: Смета 3 на основе модели Renga».

Согласно СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» [1] одной из задач применения информационного моделирования при архитектурно-строительном проектировании является задача подсчета объема работ и оценка сметной стоимости. Для решения этой задачи необходимо использование из информационной модели геометрических и атрибутивных данных для определения сметной стоимости строительства, что связано с интеграцией программных средств для информационного моделирования, используемого в процессе проектирования, с программными средствами для сметных расчетов.

Для создания информационной модели в России при проектировании используются различные программные комплексы. Наиболее распространенными являются: 5D Смета, BIM Wizard, BIM-смета ABC, «1С: Смета 3 на основе модели Renga».

Спектр программных средств для определения сметной стоимости разнообразен: Гранд-смета, РИК, Smeta.ru, Госстройсмета, Турбо-сметчик (Строительный эксперт), SmetaWizard, Смета-Багира, Арос, Гектор, А0, Сметный калькулятор, Адепт. Все они не предназначены для использования данных из информационной модели. Для составления сметы сметчик получает исходные данные: проект, ведомость объемов работ, спецификацию оборудования и материалов и другие данные в формате Word, Excel, PDF, на основании которых, используя сметную программу, формирует структуру локальной сметы.

Для каждой работы сметчик выбирает из нормативной базы нормы или расценки, заносит объем работ, назначает начисления,

рассчитывает сметную стоимость. При этом примерно 80% времени тратится на выбор норм (расценок) и формирование строк будущей сметы.

При использовании системы информационного моделирования также необходимо выполнить формирование структуры сметы и произвести расчет сметной стоимости. При этом формирование сметной структуры выполняется программными средствами, обеспечивающими связь с данными информационной модели, на основании которых осуществляется привязка сметных норм к элементам информационной структуры и формирование структуры сметы. Сформированная структура сметы передается в сметную программу для определения сметной стоимости.

На рисунке 1 представлена схема работы программы 5D Смета как одного средств сопряжения системы информационного моделирования и сметной программы.

Программа содержит модуль «Надстройка. Сметная информация» для извлечения информации о конструктивных элементах цифровой информационной модели. Этот модуль является плагином для программы создания информационной модели. Элементы цифровой модели с физическими характеристиками передаются в «Модуль привязки сметных норм», где формируется сметная структура. Сформированная структура передается в сметную программу, где выполняется расчет сметной стоимости.

Рассмотренный принцип взаимодействия реализован во всех разработанных в настоящее время программных средствах сопряжения информационной модели со сметными программами. Разработчиками этих программных средств являются разработчики сметных программ, первые версии

которых



Рисунок 1 – Схема работы программы 5D смета

первоначально обеспечивали связь с собственными сметными программами. Это, прежде всего, НТЦ «Гектор» (программа 5D Смета) [2], фирма НПП «АВС-Н» (программа BIM-смета АВС) [3], Визардсофт (программа BIM Wizard) [4], ООО «1С», «Эрикос-ЦСП» («1С:Смета 3 на основе модели Renga») [5].

В настоящее время передача информации в сметную программу производится либо в формате сметной программы, либо в универсальном формате АРПС 1.10. Все сметные программы корректно воспринимают структуру в этом формате, т.к. в нем нет стоимостной информации. Выгрузка сметы в формате АРПС 1.10 при использовании информационной модели позволяет для расчета сметной стоимости использовать ранее установленные в организации сметные программы. Нами была успешно проведена загрузка смет, выгруженных из 5D Смета в формате АРПС 1.10, в сметные программы РИК и Гранд Смета.

Другие разработчики сметных программ также интересуются использованием информационной модели для определения сметной стоимости на основе уже разработанных программных средств. Например, фирмы Стройсофт (программа Smeta.ru) и Инфострой (программа А0) занимаются продвижением программы 5D Смета, которая позволяет связать с BIM-проектом любую сметную программу. Некоторые разработки обеспечивают выгрузку сметной структуры в форматах других сметных программ. Намечается совместное продвижение BIM-сметы АВС со сметной программой Smeta.ru, обеспечивая «родной» формат Smeta.ru. Также BIM Wizard может выгружать сметную структуру в соб-

ственном формате xml сметной программы Гранд Смета.

Таким образом, при использовании информационной модели для расчета сметной стоимости можно использовать любую сметную программу, обеспечивающую работу с универсальным форматом АРПС 1.10.

Выбор программного средства для интеграции смет с информационной моделью, определяется, прежде всего, программой, используемой для создания информационной модели. Первые разработки базировались на использовании информационной модели Revit. С переходом на отечественное программное обеспечение появилась возможность выполнять интеграцию сметных программ с системой Renga, nanoCAD и другими BIM-системами. Эти программные средства формируют сметную структуру на основании формата файлов используемой BIM-системы или универсального формата IFC. Предпочтение отдается работе с исходной моделью BIM-системы. Формат IFC разрабатывался для передачи геометрии и некоторой атрибутивной информации и не содержит множества параметров, необходимых для выполнения сметных расчетов.

Задача с использованием IFC-формата решается менее эффективно. Так для сопряжения с Renga разработчики 5D Смета от первоначальной реализации на основе формата IFC перешли к реализации на основе собственного формата Renga, что, конечно, потребовало разработки нового плагина «Надстройка Сметная информация», но позволило использовать практически весь ранее разработанный функционал для Revit.

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СРЕДСТВ СОПРЯЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СО СМЕТНЫМИ ПРОГРАММАМИ

Важной характеристикой программ сопряжения информационной модели со сметными программами является разделение рабочих мест проектировщика и сметчика. В этом случае на рабочем месте сметчика не устанавливается BIM-система, что уменьшает затраты на приобретение программных средств и не требует умения сметчика работать в BIM-системе. К таким системам относятся 5D Смета и BIM Wizard. При использовании BIM-сметы ABC для сметчика необходимо отдельное рабочее место с наличием BIM-системы и программными компонентами BIM-сметы ABC. Аналогично, работа с «1С: Смета 3 на основе модели Renga» осуществляется в постоянном взаимодействии с Renga.

Основной функцией всех средств сопряжения является назначение элементам модели сметных свойств и создание структуры сметы. Формирование производится, как обычно, на основе сметных нормативов. При использовании информационной модели нормативные базы входят в состав средств сопряжения. Количество и состав нормативных баз во всех приведенных средствах сопряжения не ограничен.

Но подходы к автоматизации назначения сметных норм элементам модели различаются существенно.

Следует отметить высокий уровень автоматизации назначения сметных норм в программе 5D Смета. Полученные из информационной модели данные передаются в модуль привязки сметных норм, где сметчик производит привязку сметных норм к элементам модели. Важная часть модуля – сметно-нормативная база с дополнительными характеристиками. Эта дополнительная информация к сметным нормам (высота, толщина, масса и т.д.) обеспечивает автоматическое назначение сметных норм с учетом физических параметров элементов конструкций, подбор норм к однотипным конструкциям с разными физическими параметрами. Модуль также имеет средства для автоматического расчета объемов работ и для работы со спецификациями.

Назначенные сметчиком наборы из одной или нескольких норм с привязанными ресурсами и поправками могут быть сохранены как типовые наборы норм и доступны для применения в последующих проектах. Можно создавать шаблоны типовых проектов для их применения к новым проектам. Шаблоны – это файлы с информацией по привязке сметных норм с указанием параметров, важных для выбора норм. Возможно также автоматическое

назначение норм на основе заложенных в библиотеку элементов BIM-модели кодов сметных норм, марок и артикулов оборудования.

В программе BIM WIZARD используется справочник функций и база конструктивных элементов для подбора в автоматическом режиме подходящих под параметры элемента сметных нормы и материальных ресурсов. Сметчик также может добавлять шаблоны расчетов.

В BIM-смете ABC работа со сметными свойствами производится в плагине. Для назначения сметных свойств элементам модели используется база знаний ABC, которая обеспечивает прямой переход от элемента модели к сметной норме. Сметное свойство (сметное решение) представляется в виде ссылки на фрагмент базы знаний ABC (ссылка на таблицу сметно-нормативной базы). Сметное свойство преобразуется в конкретную сметную норму (расценку) в момент экспорта данных из BIM-системы. Назначение сметных норм идет в диалоговом режиме между сметчиком и базой знаний для уточнения подходящих норм базы знаний для элементов модели. Созданные сметные свойства преобразуются в ABC-рекомпозиторе в сметно-экономическое представление (структуру сметы) и импортируются в сметную программу. ABC-рекомпозитор также может объединять данные из разных BIM-систем в единую структуру.

«1С: Смета 3 на основе модели Renga» является в настоящее время узкоспециализированным программным продуктом. Сметные свойства назначаются интерактивно непосредственным выбором элементов модели на 3D сцене. Сметчик после выбора элементов модели сам должен выбрать норму (расценку) из нормативной базы и указать свойство с объемом работы, используя окно с параметрами модели. Назначенные элементу сметные нормы передаются непосредственно в сметную программу 1С:Смета 3. Продукт находится в стадии постоянной доработки. Разработанный функционал входит как сметный модуль в конфигурацию «1С: ERP Управление строительной организацией 2».

Все средства интеграции сметных программ с информационной моделью обеспечивают: выполнение контроля элементов информационной модели, которым назначены и не назначены сметные свойства; передачу данных в сметную программу без потери точности и влияния человеческого фактора; назначение элементам модели нескольких сметных свойств; визуализацию элементов

проекта для сметчиков; уменьшение времени для определения сметной стоимости за счет автоматизации процесса при назначении норм и формировании сметной структуры, в том числе и при внесении изменений в информационную модель.

При выборе средств интеграции сметных программ с информационной моделью немаловажным является удобство и дружелюбность интерфейса программы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла: дата введения 2021-07-01. – М. : Минстрой России, 2021. – 219 с.

2. CSD: официальный сайт компании CSD / 5D Смета. Интеграция сметных расчетов в BIM-

проекты. [сайт] – URL: <https://5dsmeta.ru/> (дата обращения: 23.01.2024).

3. ABC. Сметные решения. Официальный сайт компании ABC / BIM-смета ABC. [сайт] – URL: <https://abccenter.ru/bim-smeta/> (дата обращения: 23.01.2024).

4. ЗАО «ВИЗАРДСОФТ»: официальный сайт компании «ВИЗАРДСОФТ» / BIM WIZARD – формирование сметной документации из BIM-моделей: [сайт] – URL: <https://www.wizardsoft.ru/product/bimwizard> (дата обращения: 23.01.2024).

5. 1С: Отраслевые и специализированные решения: официальный сайт компании 1С / 1С: Смета 3: [сайт] – URL: <https://solutions.1c.ru/catalog/sm3> (дата обращения: 23.01.2024).

**Соколова Валентина Васильевна** – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [vvsok@rambler.ru](mailto:vvsok@rambler.ru).

УДК 621.7.08:528.089.5

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАПЫЛЯЕМОЙ ПОЛИУРЕТАНОВОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

**Е. С. Степанова, Е. В. Вербицкая**

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

*В статье рассматриваются вопросы эффективности использования напыляемой теплоизоляции на основании полиуретана. Освещен способ и особенности получения ППУ, предложены области применения. Представлены характеристики ППУ, преимущества и недостатки напыляемой теплоизоляции.*

**Ключевые слова:** напыляемая полиуретановая теплоизоляция, преимущества ППУ, недостатки ППУ, особенности работы с ППУ.

Одна из наиболее актуальных проблем любого утепления и любого утеплителя – мостики холода. Это металлические перемычки каркаса и стыки между листами утеплителя, куда происходит утечка драгоценного тепла. Согласно логике, решить такую проблему можно, придумав материал, который однородность конструкции утепления, именно такой утеплитель и начал набирать популярность в самых разных отраслях строительства. Напыляемый утеплитель составляет достойную конкуренцию традиционным плитным и рулонным термоизоляторам. Многие специалисты считают такую технологию наиболее эффективной и перспективной.

Методом напыления наносится несколько типов утеплителей. Несмотря на одинаковый принцип обработки поверхностей, теплоизоляторы отличаются по составу, характе-

ристикам, а для их распыления используют разное оборудование.

На данный момент существуют следующие типы напыляемых утеплителей.

Пенополиуретан (ППУ) – является разновидностью пенопласта. Теплоизолятор выпускают в двух вариантах – с открытой ячеистой структурой и закрытыми пустотами. Первый тип отличается высокой прочностью и теплоэффективностью, второй – лучше проводит водяной пар.

Пеноизол – карбамидоформальдегидный пенопласт жидкого типа, материал затвердевает при невысокой температуре – от +15°C. Преимущества: паропроницаемость, пожаробезопасность. В отличие от пенополиуретана, пеноизол надо заливать.

Жидкий керамический утеплитель. Взвесь керамики и силикона с добавлением

полимерных связующих и пигментов. Внутри образующихся полостей – вакуум. При внешнем утеплении покрытие сохраняет характеристики до 10 лет, при использовании внутри помещения – до 25 лет. Дополнительное действие теплоизолятора – защита от влаги.

Эковата. Измельченная целлюлоза при увлажнении становится клейкой. Это качество позволяет использовать ее при утеплении влажных поверхностей, распыляя состав на стены. Применение эковаты недопустимо вблизи каминных труб, дымоходов, источников огня.

Довольно часто для решения проблемы утепления здания в труднодоступных местах используется вариант с применением напыляемого утеплителя. Напыляемая теплоизоляция представляет собой полимерный материал, находящийся в баллонах для монтажной пены, который является двухкомпонентным самоклеющимся материалом на основе полиуретана.

Первым компонентом утеплителей на основе полиуретана является гидроксилосодержащее вещество, необходимое для получения реакции со вторым компонентом. Другими словами, это раствор насыщенного желтого или темно-коричневого цвета, состоящий из пенных регуляторов, антипиренов, вспенивающих веществ. Вторым компонентом является изоцианат, который представляет собой вещество темно-коричневого цвета. Изоцианат при взаимодействии с воздухом, способен образовать твердый полиуретан, абсолютно непригодный для применения, поэтому его поставляют в герметично закрытых емкостях. При соединении гидроксилосодержащего вещества с изоцианатом происходит активное взаимодействие, в ходе которого выделяется большое количество углекислого газа. Он способствует качественному вспениванию материала [1].

Самым часто применяемым является пенополиуретан, разновидность пенопласта. Для лучшей проводимости пара применяют тип с закрытыми порами, однако для ситуаций, в которых необходима более высокая прочность и теплоэффективность, следует выбрать второй тип – ППУ с открытой ячеистой структурой. В большинстве случаев такие утеплители применяют на объектах промышленного строительства, так как скорость работы с этим видом теплоизоляции позволяет сократить сроки, что важно при строительстве в больших объемах. Однако еще чаще напыляемую теплоизоляцию используют при строительстве магистралей. Из-за того, что трубы располагаются под землей, а

также их цилиндрической формы, этот способ утепления наиболее рационален. Также этот материал позволяет быстрее локализовать и устранить аварийные ситуации на тепловых магистралях. Малоэтажные дома – еще один направления активного применения напыляемого ППУ, а также хозяйской, оборудование холодильного профиля, разного рода технологические резервуары.

Главным преимуществом напыляемого утеплителя является возможность утеплять многие поверхности, на которых иногда практически невозможно использовать утеплители в рулонах или плитах, за счет способа нанесения материала, а также высоких показателей адгезии, сцепления с другими материалами (бетон, дерево, кирпич, металл и другие поверхности) (рисунок 1) [3]. При этом утеплитель наносится монолитно, т.е. материал укладывается на основу без швов.

Стоит отметить увеличенную скорость работы, которая объясняется простотой нанесения материала. Для утепления 100-120 квадратных метров бывает достаточно всего 9-10 часов с минимальными трудозатратами на этот процесс. Теплопроводность таких материалов достигает от 0,020 до 0,045 Вт/м<sup>2</sup>С, что является наименьшей теплопроводностью среди всех видов утеплителей на данный момент.

Следующей характеристикой напыляемого полиуретанового утеплителя является теплоизоляция. Она имеет достаточно высокие показатели за счет полимерной сетки и закрытых пустот при плотности ППУ 30-40 кг/м<sup>3</sup>.

Паропроницаемость напыляемых утеплителей обладает низкими показателями (в частности это касается пенополиуретана), чем ППУ вновь доказывает свое превосходство над другими видами утеплителей. Благодаря структуре и составу материала, количество конденсата не сможет образовываться в больших объемах. Отметим, что полиуретан, имеющий плотность, начиная от 70 кг/м<sup>3</sup>, не дает влаге проникнуть внутрь конструкций, поэтому в некоторой степени этот материал может выполнять роль гидроизоляции.

За счет пористой структуры напыляемая теплоизоляция достигает высоких звукоизоляционных свойств. В результате исследований звукоизоляционных свойств напыляемого пенополиуретанового утеплителя в лаборатории строительной и архитектурной акустики НИИ строительных конструкций было определено, что при использовании ППУ плотностью 40 кг/м<sup>3</sup> и цементной стяжки толщиной

40 мм индекс снижения шума был равен всего 21 Дб.



Рисунок 1 – Нанесение напыляемой теплоизоляции



Рисунок 2 – Нанесение напыляемой теплоизоляции на чердачное перекрытие

Также к преимуществу напыляемой теплоизоляции можно отнести его относительно небольшой вес, что дает возможность применять его на чердачных перекрытиях, легких конструкциях (рисунок 2) [2].

Данный вид материалов не считается негорючим, его не относят к классу НГ. Однако из-за компонента в его составе – антипирена он получил специальный сертификат противопожарного типа Г2. ам по себе материал плохо горит, а его состав способствует быстрому самозатуханию огня благодаря своевременному выделению углекислого газа из ячеек.

К тому же, данный утеплитель обладает высокой устойчивостью к воздействию различных внешних факторов, в отличие от других материалов. Исключением может стать только ультрафиолетовое излучение.

Также ППУ обладает значительной прочностью. После того, как пена проходит процесс полимеризации, она способна выдерживать серьезные механические воздействия извне. Ее широко применяют для теплоизоляции фундаментов различных строений, включая углубленные в землю части, и

их цокольных этажей. В ходе обратной засыпки и эксплуатации с повышенной нагрузкой нанесенное методом напыления теплоизоляционное покрытие не получает повреждений.

Однако данный материал имеет несколько существенных недостатков. Так, например, напыляемая теплоизоляция не является бюджетным материалом, в особенности его цена складывается за счет его сложного технологического процесса. Также материал является достаточно токсичным для человека, попадание на кожу и вовнутрь дыхательных путей может нести неприятные последствия.

Главный недостаток заключается в том, что смесь подается под давлением, которое в свою очередь, при наличии сколов, трещин, не заделанных швов, может привести к образованию неровностей поверхности.

Рассмотрим технологию производства пенополиуретана. Чтобы изготовить ППУ, необходимо смешать два химических вещества – изоцианат и полиол – в определенных пропорциях. При их взаимодействии происходит химическая реакция, в результате которой смесь пенится, увеличивается в объеме и становится твердой. Для успешной реакции между компонентами необходимо соблюсти следующие условия: первое – температура поверхности должна быть не ниже +15 градусов Цельсия, второе – равномерное перемешивание смеси – чем интенсивнее происходит перемешивание, тем более однородной получается смесь и тем меньше в ней пузырьков воздуха. После нанесения ППУ мгновенно застывает. Данный способ нанесения позволяет наслаивать смесь до нужной толщины.

Процесс нанесения пенополиуретана требует использования специального защитного оборудования. Человеку, работающему с ППУ, следует работать на расстоянии от 0,5 до 1 метра от поверхности. Поток пены должен быть направлен перпендикулярно поверхности, чтобы обеспечить равномерное покрытие. Излишки пены должны быть удалены. Рекомендуемая толщина слоя за один проход составляет от 10 до 50 миллиметров, в зависимости от желаемой плотности ППУ [4].

Таким образом, утепление пенополиуретаном наиболее эффективно по сравнению с другими видами теплоизоляций. Так как помимо вышеперечисленных характеристик ППУ, срок его эксплуатации достаточно длителен, который достигает до 50 лет, что значительно выше минеральной ваты и многих других видов утеплителей.

На сегодняшний день утепление пенополиуретаном считается одним из самых технологичных и эффективных методов теплоизоляции. Этим методом утепляют не только стены, полы и чердачные перекрытия, но также утепляют кровлю, трубы водопровода и канализации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов, А. А. Напыляемая теплоизоляция: реферат / А. А. Кузнецов. – Барнаул, 2022.
2. Напыляемый пенополиуретан: теплопроводность, теплоизоляция, горючесть и адгезия. – URL: <https://spb.himtrust.ru/company/articles/napylyaemyu-penopoliiuretan-teploprovodnost-teploizolyatsiya-goryuchest-i-adgeziya> (дата обращения: 15.10.2023).
3. Напыляемая теплоизоляция // РПК. – URL: <https://rpkpu.ru/info/articles/napylyaemaya->

[teploizolyatsiya/](#) (дата обращения: 15.10.2023).

4. Напыляемый утеплитель: что это такое и где применяется? // Стройподсказка. – URL: [https://stroy-podskazka.ru/uteplenie/materialy/pennaya-teploizolyaciya/#h2\\_268569](https://stroy-podskazka.ru/uteplenie/materialy/pennaya-teploizolyaciya/#h2_268569) (дата обращения: 11.10.2023).

**Степанова Екатерина Сергеевна** – студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [stkateriin@gmail.com](mailto:stkateriin@gmail.com);

**Вербицкая Елена Васильевна** – старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [alenapantushina@mail.ru](mailto:alenapantushina@mail.ru).

УДК 69

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРОЕКТНОГО ОТДЕЛА (НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТНОЙ КОМПАНИИ «АРХИ ГРУПП»)

**Н. Л. Суржиков, Я. Г. Мозговая**

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

*В статье рассматриваются различные структуры управления, исследование процесса и результатов работы проектного отдела, который является одним из самых важных звеньев в реализации инвестиционных проектов в строительстве, от него зависит разработка и подготовка проектной документации, планирование ресурсов, координация работ и обеспечение качества строительства. Для выполнения работ связанных с проектированием строительных проектов, применяют различные методики анализа и повышения эффективности. Данная статья направлена на исследование эффективности работы проектного отдела и оценку результатов выполненной работы. В целом, статья имеет практическую ценность для специалистов в области строительства, директоров и руководителей компаний, а также студентов и исследователей, которые интересуются этой отраслью.*

**Ключевые слова:** организационная структура управления, особенности проектной деятельности, эффективность работы, создание проектно-сметной документации.

Проектная деятельность в строительстве охватывает широкий спектр задач, связанных с разработкой и реализацией строительных проектов. Эффективность работы строительного проектного отдела подразумевает достижение поставленных целей с наименьшими затратами ресурсов. Для достижения оптимизации и эффективности в работе проектных отделов, применяют разные структуры управления [1, 2].

Самая простая организаторская структура это линейная, согласно которой все распоряжения спускаются строго сверху вниз по четко обозначенной цепочке. Основные недостатки линейных организационных структур это, большое количество ступеней управления между высшим звеном и работником, так же

большое количество управленцев верхнего уровня (рисунок 1).

В целом, линейные организационные структуры применяются в случаях, когда точность выполнения инструкций и иерархический контроль имеют особое значение, но они часто неэффективны в условиях быстро меняющейся среды или в случаях, требующих большой гибкости и принятия решений на более низких уровнях.

Функциональная структура, стимулирует профессиональную специализацию работников, обеспечивает рост их квалификации. В крупных организациях, отличающихся длинной цепью команд, данный фактор может оказать критическим в условиях быстро меняющейся ситуации на рынке [1, 2].



Рисунок 1 – Схема линейной структуры

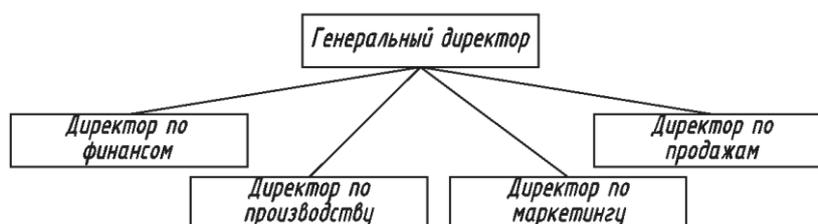


Рисунок 2 – Схема функциональной структуры



Рисунок 3 – Схема линейно-функциональной структуры

Функциональная структура оказывает положительный эффект на профессиональную специализацию сотрудников и способствует их профессиональному росту. В крупных организациях, где существует длинная цепь команд, этот фактор становится особенно важным в условиях быстро меняющегося рынка. В таких ситуациях специализация работников позволяет им более четко и эффективно выполнять свои задачи, а рост квалификации обеспечивает адаптацию к новым требованиям и изменениям, позволяя организации справиться с вызовами рынка (рисунок 2).

Линейно-функциональная структура управления сочетает в себе преимущества двух предыдущих. В такой структуре возникают сложности с взаимодействием между подразделениями, в следствии чего возникает долгая процедура согласования важных решений, из-за чего организация лишается

гибкости и не своевременно реагирует на изменения (рисунок 3).

Кроме того, в линейно-функциональной структуре управления часто возникает неэффективное использование ресурсов, так как каждое подразделение стремится оптимизировать свою деятельность в отрыве от общих целей организации. Это приводит к дублированию функций и затратам на одинаковые задачи.

Для дивизиональной структуры характерно разделение на множество структурных единиц. Это структура управления организацией, в которой четко разделены управление отдельными продуктами и отдельными функциями. Ключевыми фигурами в управлении организациями с дивизионной структурой становятся ведущие специалисты. Появление таких структур обусловлено резким увеличением размеров предприятий, диверсификацией их деятельности (многопрофильно-

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРОЕКТНОГО ОТДЕЛА (НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТНОЙ КОМПАНИИ «АРХИ ГРУПП»)

стью), усложнением технологических процессов в условиях динамически меняющегося окружения. Простое добавление в структуру организации еще одного уровня иерархии приведет в таких условиях тому, что первое лицо организации будет уже не в состоянии принимать стратегических решений по отдельным направлениям деятельности (рисунок 4). Однако этот тип структуры может также создать проблемы в области общей стратегии и координации между различными дивизионами. Возникают риски дублирования ресурсов и конфликтов между различными функциональными областями организации [3].

Самая сложная из практикуемых моделей, которая сочетает в себе преимущества функциональной и дивизиональной схем, это матричная структура. Характерна для крупных организаций. Данная структура имеет возможность быстро реагировать и адаптироваться к изменяющимся внутренним и внешним условиям организации. Она является наиболее гибкой формой управления. Матричная структура имеет, сложную структуру соподчинения, в результате чего возникают проблемы, связанные с установлением

приоритетов заданий и распределением времени на их выполнение. Трудность приобретения навыков, необходимых для работы по новой программе. Трудности установления четкой ответственности за работу подразделения.

Одна из теорий, объясняющих матричную структуру, это теория соподчинения, которая утверждает, что в матричной структуре существует два и более управленческих руководителя, рассматривающих все аспекты проекта. Это позволяет достичь более полного и всестороннего анализа и принятия решений. Другая теория, применимая к матричной структуре, это теория баланса власти, которая утверждает, что в этой структуре существует баланс между функциональными и дивизиональными подразделениями, что обеспечивает эффективное управление и достижение целей организации (рисунок 5).

Главная цель любой структуры и схемы управления – повышение эффективности организации за счет отладки процессов взаимодействия, распределения полномочий и ответственности между различными уровнями управления, а также конкретизации обязанностей сотрудников.

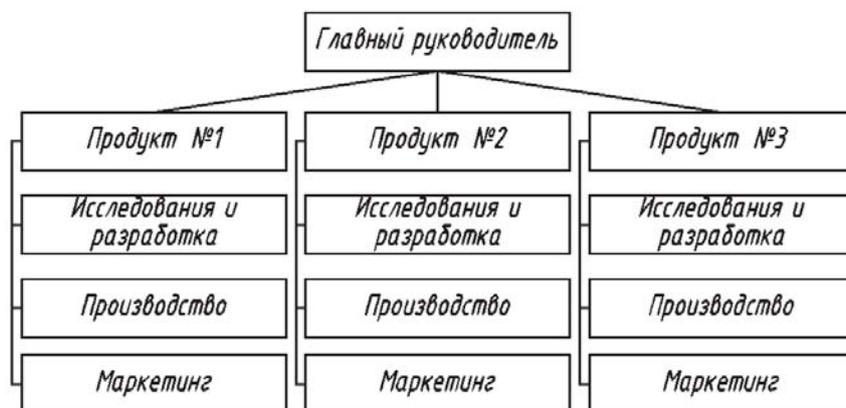


Рисунок 4 – Схема дивизиональной структуры

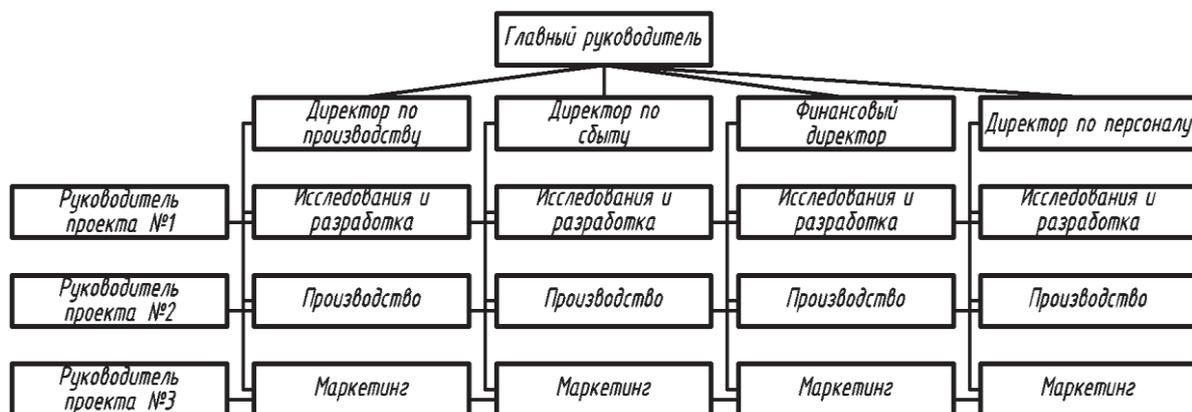


Рисунок 5 – Схема матричной структуры

Изучая организационную структуру управления проектной компании «Архи Групп», можно сделать вывод, что данная организация использует матричную структуру управления. Во главе стоит директор, далее ГИПы и ГАПы, которые формируют из сотрудников рабочие группы и назначают самого опытного работника из данной группы руководителем отдельного проекта. Данная структура удобна для ГИПов и ГАПов, ввиду того, что при возникновении вопросов по реализации проекта, информацию спрашивают у руководителя рабочей группы, что позволяет им сконцентрироваться на своей работе, то есть работает принцип делегирования полномочий.

Главные проблемы при использовании матричной структуры в строительном проектом отделе, это взаимосвязь работников, работающих над одним проектом, так же присутствует простой времени между выполнением задач. Решение вопросов взаимодействия и взаимосвязи можно решить, применив плановые собрания, что бы все работники знали, на каком этапе находится сейчас проект, какие задачи и кто их будет выполнять. Также, если возникнут срочные вопросы сотрудники будут знать к кому можно будет обратиться.

Одним из инструментов повышения эффективности работы может быть введение онлайн-таблиц, что облегчит выполнение работы. Благодаря этим таблицам, можно будет отслеживать выполнение работы и понимать, на каком этапе находится проект, справляется ли сотрудник с объемом работы.

Онлайн-таблицы на примере «Google Таблицы» – это онлайн-инструмент для создания и ведения электронных таблиц. В нём можно работать совместно с другими пользователями в режиме реального времени. Например, вносить изменения в один рабочий файл одновременно со всеми коллегами из отдела. Благодаря введению таких организационных изменений, можно будет сократить простой рабочего времени и оптимизировать взаимосвязь между работниками и увеличить время выполнения проекта.

Для оценки эффективности работы персонала проектного отдела могут использоваться: коэффициент загрузки; коэффициент выработки норм (количество нормо-часов, выработываемое сотрудником за один человеко-час при работе в проектах); годовая выработка сотрудника (сумма долей выручки проектов, приходящихся на данного сотрудника в год). Коэффициент загрузки необходим для планирования численности персонала. Прежде всего, он указывает на недогрузку и позволяет анализировать ее причины. Ко-

эффициент выработки норм показывает, насколько эффективно используется сотрудником его рабочее время, а также насколько правильными были оценки трудоемкости проекта на стадии его запуска. Коэффициент выработки норм помогает связать прибыльность отдельных проектов с прибыльностью организации в целом.

#### **Заключение**

Анализ эффективности работы проектного отдела позволил выявить, что матричная структура управления является наиболее подходящей для строительного проектного отдела. Она обеспечивает гибкость и эффективность в выполнении проектов, позволяет сосредоточить ресурсы на основной цели проектной деятельности. Доработка данной структуры управления может быть осуществлена путем применения конкретных мероприятий для повышения эффективности работы в строительном проектом отделе. Например, улучшение коммуникации и взаимодействия между участниками проекта, оптимизация распределения ресурсов и задач, установление четких ролей и ответственностей для каждого сотрудника. Такие доработки позволят более эффективно управлять проектами, минимизировать риски и снизить время выполнения задач. В результате, в строительном проектом отделе будет достигнут высокий уровень результативности и достижения поставленных целей.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства: учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. М. : Изд-во АСВ, 2019. – 588 с.
2. Мазур, И. И. Управление проектами : учеб. пособие / И. И. Мазур [и др.] ; под общ. ред. И. И. Мазура и В. Д. Шапиро. – 6-е изд., стер. М. : Изд-во «ОмегаЛ», 2010. – 960 с.
3. Францен, Г. Е. Организационная модель реализации инвестиционного проекта в строительстве [Электронный ресурс] / Г. Е. Францен, Я. Г. Мозговая // Ползуновский альманах. – 2016. – № 1. – С.207-211.

**Суржиков Никита Львович** – студент группы 8Спс-32 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: ybrybr2017@yandex.ru;

**Мозговая Яна Григорьевна** – к.т.н., доцент, кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: yanagm@mail.ru.

## ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

**А. В. Тукоев, И. А. Бахтина**

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

*Рассмотрены виды и особенности тепловых насосов, а также области и особенности применения в низкотемпературных системах отопления.*

**Ключевые слова:** тепловые насосы, системы отопления, альтернативные источники тепла, окружающая среда, низкотемпературное отопление

В настоящее время тема возобновляемой энергетики является актуальной как никогда ранее. В связи с постоянным ростом цен на электричество, древесину и прочие энергоносители, возникновением трудностей при их добыче и транспортировке, потребитель начинает задумываться о поиске альтернативных источников энергии. Одним из наиболее энергоэффективных и экологически чистых способов отопления и снабжения горячей водой зданий и сооружений является применение тепловых насосов.

Тепловые насосы – это набор определенного оборудования, которое обеспечивает транспортировку тепловой энергии от источника тепла к тепловому резервуару. В окружающей среде всегда имеется накопленная тепловая энергия от главного источника тепла – Солнца. Тепловой насос позволяет преобразовывать и использовать энергию среды, которая обладает температурой более +1°C.

Тепловые насосы классифицируют по принципу работы. Они могут быть водяными, грунтовыми, воздушными. Воздушные насосы принимают тепло из воздуха, грунтовые – из земли, а водяные – из подземной воды или водных резервуаров [1].

Принципы работы различных видов тепловых насосов (рисунок 1):

1. Принцип работы теплового насоса типа «вода-вода» основан на обмене теплом воды охлаждающего контура (грунтовая вода, водоемы) и водой системы отопления или горячего водоснабжения (рисунок 2).

Процесс работы теплового насоса типа «вода-вода» включает несколько основных этапов:

- Из водоема или скважины набирается охлажденная вода, которая поступает в испарительный конденсатор теплового насоса. Здесь она подвергается испарению при низком давлении за счет тепла, полученного от охлаждающего контура.

- Пар от охлажденной воды подается в компрессор, где происходит его сжатие и по-

вышение температуры. Это происходит благодаря энергии, которая потребляется от электрической сети.

- Нагретый и сжатый пар поступает в конденсатор, где он отдает накопленную энергию теплу системы отопления или горячего водоснабжения. В этот момент пар конденсируется и переходит в жидкое состояние.

- Полученная жидкость поступает в расширительный клапан, где из-за пониженного давления происходит ее расширение, что приводит к снижению ее температуры.

- Сниженная температура жидкости позволяет ей вновь принять тепло из охлаждающего контура, обеспечивая возобновление цикла.

2. Тепловой насос типа грунт-вода работает на основе принципа извлечения тепла из грунта и передачи его в систему отопления или горячего водоснабжения (рисунки 3, 4).

Процесс работы теплового насоса типа «грунт-вода» включает следующие основные этапы:

- Грунтовый коллектор, который представляет собой систему трубок, заложенных в землю на определенной глубине или водоносном слое, выполняет функцию обеспечения обмена теплом между землей и теплоносителем (солевой раствор или пропиленгликоль).

- Теплообменник, размещенный в отдельном модуле теплового насоса, служит для передачи тепла от коллектора к холодильному циклу теплового насоса. Солевой раствор или пропиленгликоль, проходящий через трубки коллектора, нагревается в результате теплообмена с землей.

- Холодильный цикл, который работает на основе компрессора, испарителя, конденсатора и дроссельного устройства, позволяет извлекать тепло из грунта и повышать его температуру до необходимого уровня. Холодильный цикл работает на основе принципа испарения и конденсации рабочего фреона (хладагента).

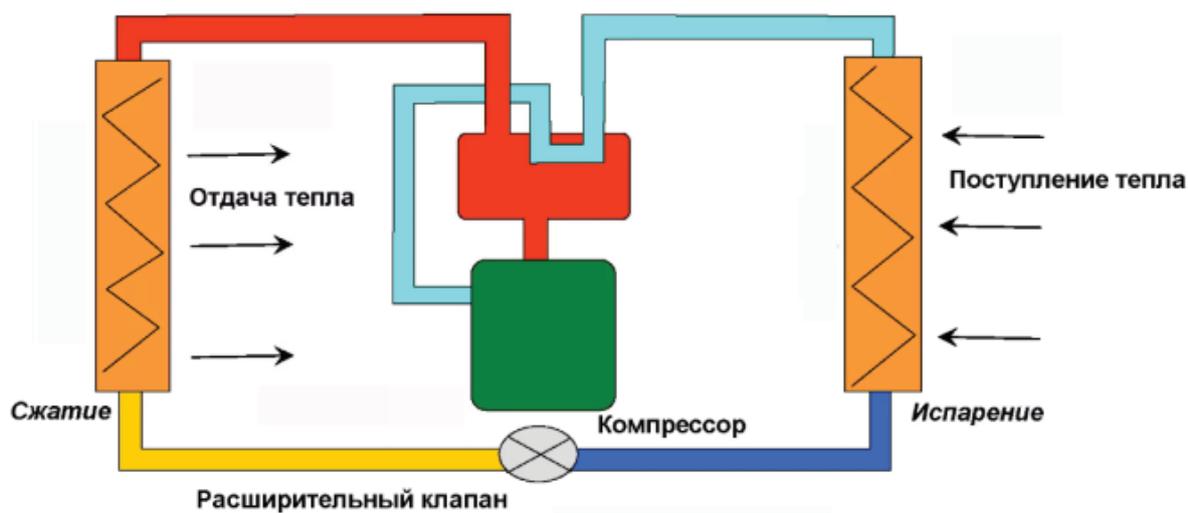


Рисунок 1 – Схема работы теплового насоса



Рисунок 2 – Тепловой насос типа «вода-вода»

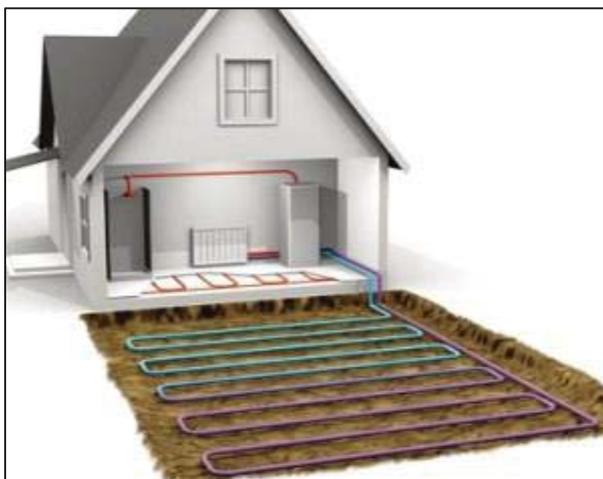


Рисунок 3 – Тепловой насос типа «грунт-вода (горизонтальный)»

## ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

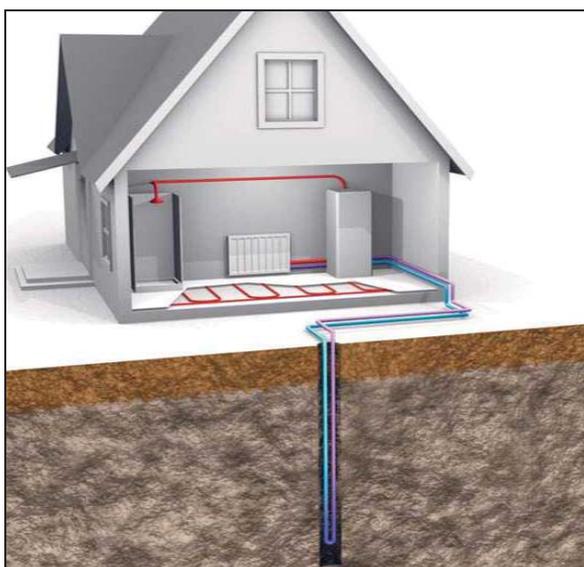


Рисунок 4 – Тепловой насос типа «грунт-вода (вертикальный)»



Рисунок 5 – Тепловой насос типа «воздух-вода»

- После повышения температуры теплоносителя в холодильном цикле, он используется для отопления системы или обогрева горячей воды. Теплоноситель циркулирует по системе отопления внутри здания, передавая тепло в радиаторы или тепловые насосы.

3. Тепловой насос типа воздух-вода работает по принципу обратного холодильника (рисунок 5). Он использует тепловую энергию из окружающего воздуха, чтобы нагревать воду для отопления или использования в бытовых целях.

Процесс работы теплового насоса типа «воздух-вода» включает в себя следующие этапы:

- Внешний вентилятор притягивает воздух из окружающей среды и его через систему обработки, где осуществляется извлечение теплоты из воздуха с использованием хладагента.

- Извлеченная теплота передается в хладагент, который находится внутри компрессора. Компрессор поднимает давление хладагента, что приводит к повышению его температуры.

- Горячий хладагент поступает в конденсатор, где он передает тепло воде, которая циркулирует через систему отопления или использования в бытовых целях. При этом хладагент охлаждается и переходит в жидкостную фазу.

- Охлажденный хладагент проходит через устройство расширения, где его давление снижается. Это приводит к его охлаждению и переходу в газообразную фазу.

- Газообразный хладагент проходит через испаритель, где он поглощает тепло из воздуха, проходящего через него. Охлажденный воздух поступает обратно в окружающую среду, а хладагент возвращается в компрессор для повторения этого цикла.

Основные преимущества тепловых насосов над другими способами получения энергии заключаются в том, что:

- отсутствует необходимость в топливе - использование является экологически чистым, что позволяет избежать загрязнения окружающей среды, так как при эксплуатации не имеются выбросы вредных веществ в атмосферу;

- являются универсальными в использовании – тепловые насосы могут использоваться как для отопления помещений, так и для охлаждения воздуха;

- экономичнее и эффективнее при эксплуатации в сравнении с традиционными методами получения энергии.

К недостаткам тепловых насосов можно отнести такие аспекты как:

- высокая стоимость установки – первоначальные вложения могут оказаться больше, чем монтаж традиционных систем отопления;

- работа установки зависит от температуры источника тепла – при низких температурах снижается эффективность, а при отрицательных температурах перестают работать;

- зависимость от электроэнергии.

Некоторые недостатки тепловых насосов нивелируются возможностью комбинировать источники энергии, то есть использовать альтернативные источники тепла при низкой температуре или отсутствии электроэнергии [2].

Тепловые насосы наиболее целесообразно применять в низкотемпературных системах отопления [3, 4]. Низкотемпературное отопление – это система отопления, в которой температура теплоносителя намного ниже, чем в типовых системах отопления.

Сравнение высокотемпературных и низкотемпературных систем, как показала практика, именно низкотемпературные системы позволяют создать более комфортные условия для человека. Это обеспечивается за счёт того, что низкотемпературный прибор отопления создаёт не большой перепад температур в помещении и не вызывает неприятных ощущений. Верхняя граница низких температур, находится в районе 40°C. Низкотемпературные системы отопления, использующие теплоноситель, работают с температурами 40÷60°C – на входе в теплопроизводящий прибор и на его выходе. А системы воздушного, электрического и лучистого обогрева используют и более низкие температуры, сравнимые с температурой тела человека.

Низкотемпературная система отопления в процессе эксплуатации использует небольшое количество теплоносителя, по сравнению с традиционной системой, за счёт чего

происходит значительная экономия, а также снижается объем вредных выбросов в атмосферу.

Низкотемпературные системы отопления сегодня по-прежнему еще не получили в России широкого распространения. Сфера их применения ограничена не только климатическими особенностями во многих ее регионах, но и нормативами. В частности, этот фактор действует при массовой застройке, на объектах типа многоквартирных домов, для которых нормативы разработаны под другие режимы теплоснабжения зданий. Поэтому низкотемпературные системы отопления, если и применяются, то в таких учреждениях социального назначения, как поликлиники и детские сады, а также в частном коттеджном секторе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 34346.1-2017. Тепловые насосы с водой в качестве источника тепла. Испытания и оценка рабочих характеристик. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200160613> (дата обращения: 19.01.2024).

2. СП 525.1325800.2023. Теплонасосные системы теплохладоснабжения. Правила проектирования. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1301830383> (дата обращения: 19.01.2024).

3. Безруких, П. П. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П. П. Безруких [и др.]. – СПб. : Наука, 2002 – 314 с.

4. Загорская, Е. А. Оценка основных решений при организации низкотемпературных систем отопления / Е. А. Загорская, И. А. Бахтина // Ползуновский альманах. – 2020. – т. 1, № 2. – С. 64-67.

**Тукоев Анатолий Владимирович** – студент группы 8С(э)-31 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [atukoev68@gmail.com](mailto:atukoev68@gmail.com);

**Бахтина Ирина Алексеевна** – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [bia-altai@mail.ru](mailto:bia-altai@mail.ru).

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМОУСТОЙЧИВОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ С ПЕРЕКРЫТИЯМИ ИЗ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ

Н. С. Унжаков, И. В. Харламов

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

*В статье проведен анализ конструктивных решений жилого крупнопанельного здания с перекрытиями из многопустотных плит с точки зрения сейсмоустойчивости, а также представлено описание расчетной модели исследуемого крупнопанельного здания. В связи с тем, что сейсмическая активность на Алтае, согласно картам ОСП-2015, весьма высокая, а многопустотные плиты позволяют снизить сейсмическую нагрузку на здание, то полученные результаты исследования могут быть использованы в качестве обоснования принятых конструктивных решений как здания, рассматриваемого в рамках исследования, так и иных подобных крупнопанельных зданий.*

**Ключевые слова:** сейсмоустойчивость, крупнопанельные здания, конструктивные решения, многопустотные плиты, расчетная модель, строительство в сейсмоактивной зоне.

Основными отличительными особенностями возведения зданий из крупных панелей являются сокращение сроков возведения здания, снижение стоимости строительства, повышение производительности труда и степени индустриализации строительства. Строительство в сейсмоактивной зоне приводит к снижению эффекта перечисленных преимуществ. В связи с этим ставится задача поиска сейсмоустойчивой конструктивной системы крупнопанельных зданий.

Согласно картам ОСП-2015-А [1], в сейсмоактивной зоне (7 и более баллов) располагается около 20% территории Российской Федерации, куда входит юго-восточная часть территории Алтайского края, а также вся территория Республики Алтай. Именно поэтому для Алтая вопрос сейсмостойкости зданий весьма актуален.

Объектом исследования был принят проект крупнопанельного 5-этажного здания в центральной части г. Горно-Алтайска. Расчетная сейсмичность площадки строительства – 8 баллов. Форма здания в плане – прямоугольная с габаритными размерами в осях 13,20×39,00 м. Здание имеет перекрестно-стенную конструктивную систему с продольными несущими стенами в уровне технического подполья и несущими поперечными стенами надземной части. План типового этажа исследуемого объекта представлен на рисунке 1.

### 1. Описание основных конструктивных решений исследуемого объекта

Наружные стены выполнены из однослойных железобетонных панелей толщиной

120 и 160 мм, стены внутренние и стены лоджий – из однослойных железобетонных панелей 160 мм из тяжелого бетона. Междуетажные перекрытия и покрытие приняты из сборных многопустотных плит по серии ИЖ 822, объединенных в жесткие горизонтальные диски перекрытий при помощи монолитных антисейсмических поясов из тяжелого бетона.

Пространственная жесткость и устойчивость здания обеспечивается совместной работой геометрически неизменяемых жестких дисков перекрытий с перекрестной системой несущих и самонесущих стен.

Перекрытия этажей и подвала предусмотрены из многопустотных плит, выполненных по технологии непрерывного формирования, а продольные стыки плит заполняются мелкозернистым бетоном (п. 6.3.2, [1]). По всему периметру стен подвала и этажей выполнены антисейсмические монолитные железобетонные пояса, объединяющие многопустотные плиты в жесткие горизонтальные диски и соединяющие их с продольными и поперечными стенами, обеспечивая их совместную работу при сейсмических воздействиях (п. 6.3.1, 6.3.2, 6.10.1, [1]).

Плиты связаны с монолитными поясами при помощи арматурных каркасов, устанавливаемых в овальные пустоты плит и связанных с армированием поясов (рисунок 2), и анкеров, замоноличенных в антисейсмические пояса и крайние пустоты плит перекрытий (рисунок 3). Минимальная длина участка опирания плит перекрытия и покрытия составляет 70 мм (п. 6.3.4, [1]).

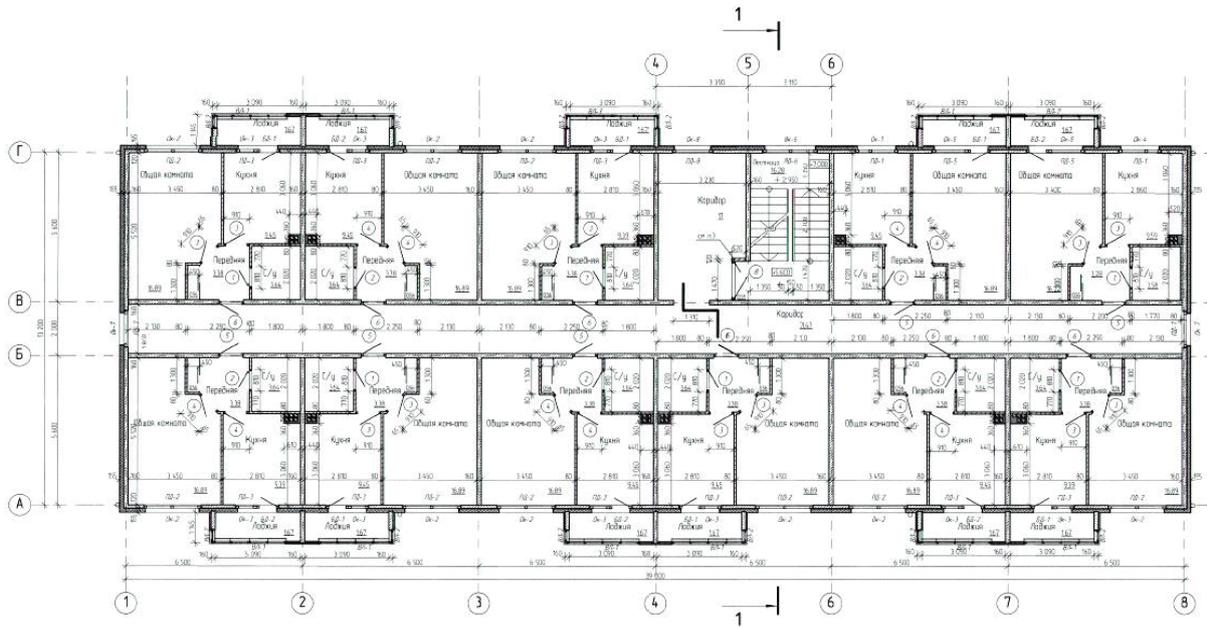


Рисунок 1 – План типового этажа исследуемого объекта

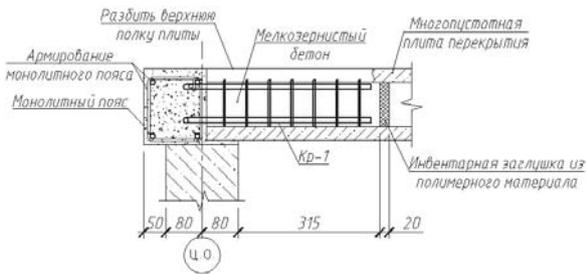


Рисунок 2 – Узел анкерки многопустотной плиты со стороны торца

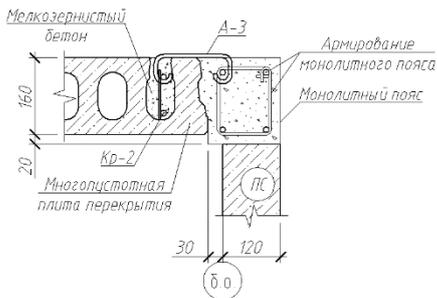


Рисунок 3 – Узел анкерки многопустотной плиты по боковой поверхности

Соединение наружных стеновых панелей между собой и с внутренними стеновыми панелями предусмотрено при помощи соединительных элементов из горячекатаных уголков и пластин, привариваемых к закладным деталям стеновых панелей, закрепленным за рабочую арматуру панелей (п. 6.10.2, 6.10.3, [1]). В вертикальных стыках стеновых панелей предусмотрены вертикальные арматурные стержни, непрерывно соединенные по

всей высоте здания, начиная с железобетонного монолитного пояса в уровне перекрытия технического подполья (п. 6.10.3, [1]). Соединение вертикальных арматурных стержней предусмотрено на сварке, а заполнение вертикальных стыков выполняется мелкозернистым бетоном (рисунок 4). В глухих стеновых панелях с шагом 1,5 м и по граням дверных и оконных проемов также предусмотрена установка вертикальных арматурных стержней, выходящих за верхнюю грань панелей для соединения панелей различных этажей и для связи панелей с антисейсмическими швами (6.10.3, [1]).

## 2. Описание расчетной модели исследуемого объекта

Бетонные и железобетонные конструкции исследуемого объекта предусмотрены из

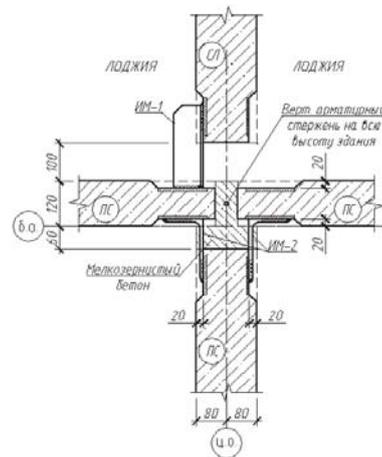


Рисунок 4 – Узел крепления стеновых панелей

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМОУСТОЙЧИВОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ С ПЕРЕКРЫТИЯМИ ИЗ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ

материалов со следующими физико-механическими характеристиками:

1. Стеновые панели надземной части выполняются из железобетона класса В15, подвергнутого автоклавной обработке. Начальный модуль упругости  $E_b = 2\,400\,000$  т/м<sup>2</sup> (табл. 6.11, [3]). Толщина продольных наружных стеновых панелей – 120 мм, внутренних и поперечных наружных стеновых панелей – 160 мм.

2. Стены подвала выполняются из бетонных блоков ФБС по ГОСТ 13579-2018 из бетона класса В7,5 на растворе М100. Начальный модуль упругости  $E_b = 1\,600\,000$  т/м<sup>2</sup> (табл. 6.11, [3]). Бетон монолитных заделок класса В7,5. Толщина продольных стен подвала – 400 мм, внутренних и поперечных наружных стен подвала – 300 мм.

3. Многopустотные плиты перекрытия выполнены из железобетона класса В40, подвергнутого автоклавной обработке. Начальный модуль упругости  $E_b = 3\,600\,000$  т/м<sup>2</sup> (табл. 6.11, [3]). Бетон замоноличивания и монолитных участков класса В40. Толщина многopустотных плит – 160 мм.

4. Монолитные антисейсмические пояса выполняются из железобетона класса В40. Начальный модуль упругости  $E_b = 3\,600\,000$  т/м<sup>2</sup> (табл. 6.11, [3]). Толщина монолитных антисейсмических поясов – 180 мм.

5. Монолитный железобетонный фундамент выполняется из железобетона класса

В15. Начальный модуль упругости  $E_b = 2\,400\,000$  т/м<sup>2</sup> (табл. 6.11, [3]). Толщина фундамента – 300 мм.

6. Рабочая арматура принята класса А500С, В500, распределительная арматура класса А240.

Внешний вид расчетной модели исследуемого объекта представлен на рисунке 5.

Разработка расчетной модели здания ведется при помощи ПК ЛИРА-САПР. Расчетная схема исследуемого крупнопанельного здания представлена в виде конечно-элементной модели, при составлении которой используются следующие элементы модели:

- Универсальный четырехугольный и трехугольный конечный элемент оболочки (КЭ № 44, № 42, соответственно) для моделирования стеновых панелей, стен подвала, перекрытий и фундамента;

- Упругая связь между узлами (КЭ № 55) конечной жесткости для моделирования соединительных элементов между панелями;

- Универсальный пространственный стержень (КЭ № 10) для моделирования соединительных элементов между панелями и монолитных антисейсмических поясов.

Определение значения ветровых воздействий на исследуемое здание планируется при помощи программы ВеСТ, входящей в программный комплекс SCAD Office.

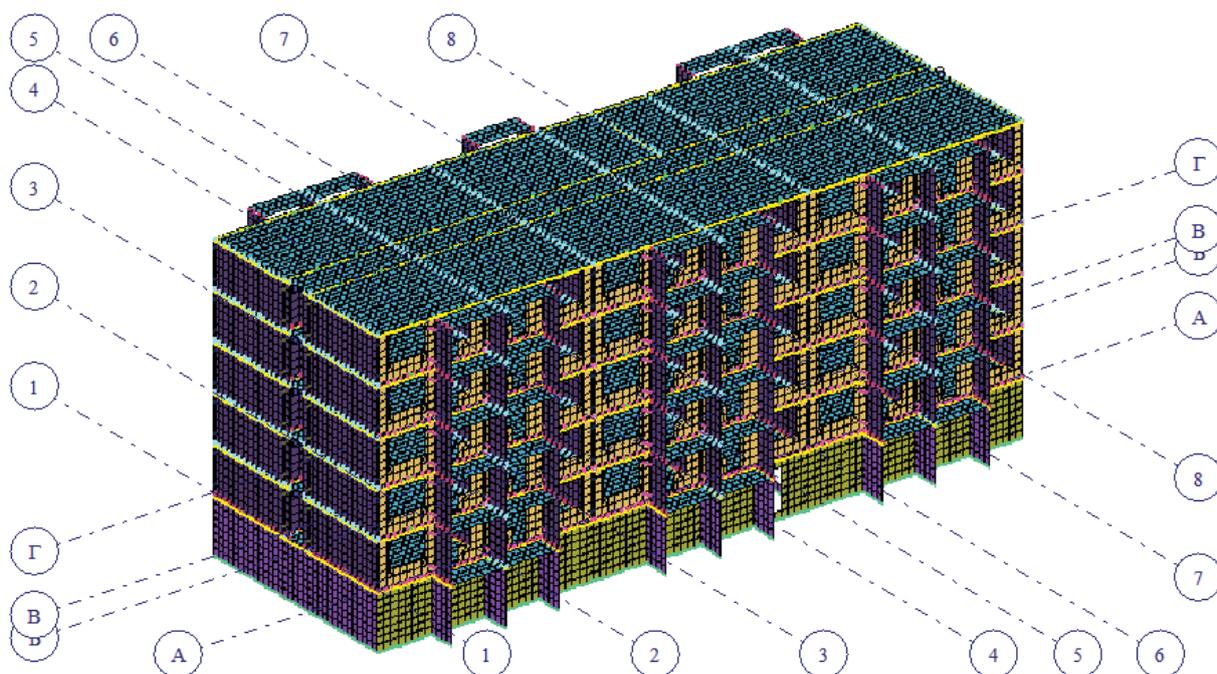


Рисунок 5 – Внешний вид расчетной модели исследуемого крупнопанельного здания

Таблица 1 – Сбор нагрузок

№	Наименование нагрузки	Нормативная нагрузка, т/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности	Расчетная нагрузка, т/м <sup>2</sup>
1. Постоянные нагрузки				
1.1	Вес фасадной системы	0,050	1,3	0,065
1.2	Вес стяжки $\delta = 50$ мм	0,090	1,3	0,117
2. Длительные нагрузки				
2.1	Вес перегородок	0,050	1,3	0,065
3. Кратковременные нагрузки				
3.1	Полезная в помещениях квартир [7]	0,150	1,3	0,195
3.2	Полезная в помещениях общего пользования [7]	0,300	1,2	0,360
3.3	Полезная на лоджиях [7]	0,200	1,2	0,240
3.4	Снеговая нагрузка	0,150	1,4	0,210

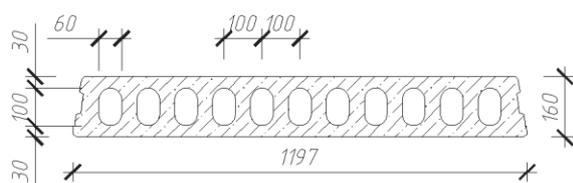


Рисунок 6 – Поперечное сечение многопустотной плиты ПБ1.6-66-12 по серии ИЖ-822

Нагрузка от собственного веса стропильной крыши будет принята в соответствии с проектом исследуемого объекта. Приложенные снеговой нагрузки и нагрузки от собственного веса стропильной крыши планируются приложением опорных реакций в загрузке «Собственный вес».

Нормативное значение снеговой нагрузки принято в соответствии с проектом исследуемого объекта на основе данных метеостанции с. Кызыл-Озек.

Нагрузки, которые приложены к несущим конструкциям здания, представлены в таблице 1.

Одной из важнейших задач при формировании расчетной модели исследуемого крупнопанельного здания является корректное моделирование многопустотных плит перекрытия.

По принципу работы многопустотные плиты перекрытия являются плитами, шарнирно опертыми по двум сторонам, поэтому их рекомендуется моделировать при помощи пластинчатых конечных элементов, таких как КЭ № 44. В ЛИРА-САПР пластинчатые конечные элементы, а точнее их тип жесткости, подразумевает, что сечение моделируемой конструкции будет сплошным.

Для определения эквивалентной толщины многопустотной плиты перекрытия использовалась конструкция многопустотной

плиты ПБ1.6-66-12 длиной 6580 мм по серии ИЖ-822. Поперечное сечение данной многопустотной плиты представлено на рисунке 6.

ЛИРА-САПР позволяет привести значение жесткости смоделированной сплошной плиты к фактическому значению жесткости многопустотной плиты при помощи коэффициента к изгибной жесткости.

Путем вычислений нами были определены эквивалентная толщина сплошной плиты (10,7 см) и требуемый коэффициент к изгибной жесткости (1,84).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*. С Изменениями № 2, № 3 : дата введения 2022-06-30. – М. : Минстрой России, 2022. – 106 с.
- СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах: дата введения 2014-06-01. – М. : Минстрой России, 2014. – 131 с.
- СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. С Изменениями № 1, № 2: дата введения 2022-01-22. – М. : Минстрой России, 2022. – 159 с.

**Унжаков Никита Сергеевич** – студент группы 8Спгс-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: unzhakov.n@mail.ru;

**Харламов Иван Викентьевич** – к.т.н., заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: kharlamov-1948@mail.ru.

## МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С КОРРОЗИОННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА СОСУДЫ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

**Д. Е. Ханченков, И. А. Бахтина**

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

*Рассмотрены методы и мероприятия по борьбе с коррозионным воздействием на сосуды под давлением с целью продления срока эксплуатации.*

**Ключевые слова:** *сосуды под давлением, коррозия, контроль, методы борьбы, поверхность металла.*

Принимая во внимание, что коррозия является процессом разрушения материалов и конструкций под влиянием окружающей среды, и это может привести к катастрофическим последствиям, включая аварии на производстве, важно предпринимать меры для предотвращения возникновения и распространения этого разрушающего фактора [4]. Особенно это актуально для сосудов, работающих под давлением. Рассмотрим основные методы борьбы с коррозией, используемые для таких сосудов.

### 1. Материал.

Важнейшим шагом в борьбе с возникновением и распространением коррозии является правильный выбор материала. Он должен быть устойчивым к коррозии в условиях предполагаемого использования. Например, при работе с водяным паром часто применяются стали, содержащие в составе высокий процент хрома (такие как стали марки 12Х18Н10Т – рисунок 1)

### 2. Антикоррозионные покрытия.

Для предотвращения воздействия агрессивных факторов окружающей среды следует использовать антикоррозионные покрытия, такие как лакокрасочные (рисунок 2). Эмали, грунтовки, лаки на основе полиуретановых и эпоксидных смол с добавлением цинка, нанесенные сплошным слоем и исключения контакта с кислородом и влагой, значительно замедляют процесс ржавления металлических поверхностей.

### 3. Неразрушающий контроль состояния поверхности.

Контроль состояния поверхности сосудов, работающих под давлением, играет критически важную роль в предотвращении коррозии. Благодаря периодическому контролю, можно своевременно выявить коррозионные процессы и принять меры по их устранению. Существуют различные методы контроля, в том числе визуальный и измерительный, ультразвуковая толщинометрия, контроль твер-

дости металла, магнитопорошковая и цветная дефектоскопия. В случае истекшего срока службы технического устройства, под определение которого попадают сосуды под давлением – проводится экспертиза промышленной безопасности [1], согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 №116-ФЗ, которая включает в себя техническое диагностирование с вышеуказанными методами неразрушающего контроля. По результатам анализа результатов технического диагностирования, на основании расчетных и аналитических процедур



Рисунок 1 – Сталь марки 12Х18Н10Т



Рисунок 2 – Процесс нанесения защитного покрытия на один из вертикальных резервуаров на нефтебазе

оценки и прогнозирования технического состояния технического устройства, включающие анализ режимов работы и исследование напряженно-деформированного состояния, устанавливается фактическое техническое состояние.

#### 4. Применение ингибиторов коррозии.

Ещё один важный аспект в борьбе с коррозионными поражениями, а также, в перспективе, более рентабельный (рисунок 3). Ингибиторы представляют собой специализированные вещества, способные замедлить коррозионный процесс. Этот способ отличается высокой эффективностью, низкими затратами и простотой исполнения – не нужно наносить на металлические поверхности каких-либо защитных покрытий. Достаточно просто добавить в агрессивную среду химическое вещество для нейтрализации или замедления процессов коррозии. В зависимости от критериев классификации выделяют следующие виды ингибиторов [3]:

- анодные, катодные и смешанные (отличаются механизмом действия);
- органические, неорганические и летучие ингибиторы коррозии (реагенты различаются химическим составом);
- щелочные, нейтральные и кислые (отличаются сферой влияния).

Реагенты определенного типа используют исходя из материала, с которым взаимодействует агрессивная среда, конструктивных особенностей и условий эксплуатации.

Наиболее популярными добавочными веществами в использовании считаются натрия нитрат, натрия бензоат, среди катодных – аммония и натрия гидроксида.

#### 5. Контроль параметров рабочей среды.

Контроль параметров рабочей среды (температура, давление, влажность, химический состав) позволяет предотвратить возникновение коррозионных процессов и снизить их интенсивность [2].

- Повышение температуры может ускорить коррозию из-за увеличения скорости химических реакций. Для избежания негативного последствия этого фактора можно использовать системы охлаждения, которые снижают температуру рабочей среды (рисунок 4).

- Высокое давление способствует увеличению скорости диффузии агрессивных веществ. Для контроля этого параметра можно использовать регуляторы давления (рисунок 5).

- Высокая влажность также вызывает коррозию, так как вода является хорошим

проводником электричества и может активировать коррозионные процессы (рисунок 6). Для предотвращения этого можно использовать осушители воздуха или другие системы, которые могут удалить влагу из рабочей среды.

- Если в рабочей среде присутствуют агрессивные вещества, такие как кислоты, щелочи или соли, они могут значительно ускорить негативное влияние на поверхность металла. Чтобы предотвратить такой сценарий, можно контролировать концентрацию

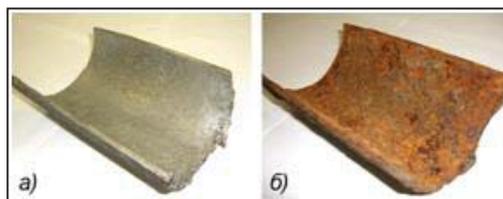


Рисунок 3 – Внешний вид внутренней поверхности стальных труб после трехлетней эксплуатации в контакте с технической водой, содержащей (а) и не содержащей (б) ингибитор



Рисунок 4 – Прогар коллектора, подверженного эксплуатации при высоких температурах



Рисунок 5 – Последствия воздействия избыточного давления на сосуд



Рисунок 6 – Последствия высокой влажности

## МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С КОРРОЗИОННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА СОСУДЫ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Таблица 1 – Результаты расчета на прочность

Элемент сосуда	D	[σ]	S <sub>ф</sub>	S <sub>р</sub>	c	S	p	[p]	Условия прочности	
									S <sub>ф</sub> ≥ S	[p] ≥ p
Корпус	1600	177	7,3	3,6	1,0	4,6	0,8	1,39	7,3 > 4,6	1,39 > 0,8
Днище верхнее	1600	177	9,3	3,1	1,0	4,1	0,8	2,11	9,3 > 4,1	2,11 > 0,8
Днище нижнее	1600	177	9,4	3,1	1,0	4,1	0,8	2,13	9,4 > 4,1	2,13 > 0,8

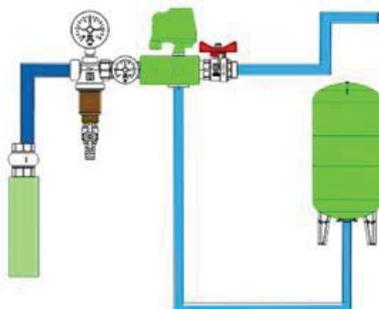


Рисунок 7– Установка фильтра механической очистки до автоматики

этих веществ с помощью систем очистки и фильтрации (рисунок 7).

Борьбы с коррозией является одной из ключевых задач в обеспечении безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Для достижения этой цели требуется комплекс мер, включая правильный выбор материала, защиту от влияния окружающей среды, регулярный контроль состояния поверхностей и грамотное использование ингибиторов.

Для анализа динамики распространения коррозии на оборудовании, работающем под избыточным давлением, производится расчёт сосудов на прочность [5]. В данных расчётах определяются следующие параметры: минимальная фактическая толщина стенки корпуса, минимальная фактическая толщина стенки днищ, радиус кривизны в вершине днища, допустимое и максимально допустимое рабочее давление, действующее на корпус. Пример расчета для стального сварного цилиндрического вертикального сосуда с эллиптическими днищами, предназначенный для накопления сжатого воздуха в одном из цехов ФКП «Завод имени Я. М. Свердлова» приведен в таблице 1.

По результатам анализа расчетов сделаны следующие выводы: фактические толщины стенок корпуса и днищ больше расчетных толщин (с учетом прибавки на коррозию 1 мм), условие прочности выполняется; рабо-

чее внутреннее давление, действующее на корпус и днища, меньше допустимого расчетного внутреннего давления, условие прочности выполняется.

После положительных результатов расчета на прочность определяется остаточный ресурс и продление срока эксплуатации сосуда.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21 июня 1997 г. № 1116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями и дополнениями). – КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_15234/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/) (дата обращения: 28.01.2024).
2. Городец870.рф [Электронный ресурс]: Что такое окислительное изнашивание. – URL: <https://gorodec870.pf/faq/cto-takoe-okislitelnoe-iznasivanie> (дата обращения: 25.01.2024).
3. НЕФТЕГАЗ 2024 [Электронный ресурс]: Ингибиторы коррозии. – URL: <https://www.neftegaz-expo.ru/ru/articles/2016/ingibitory-korrozii/> (дата обращения: 25.01.2024).
4. AlfaCasting [Электронный ресурс]: Что такое коррозионная стойкость. – URL: <https://alfacasting.ru/faq/cto-takoe-korroziinaya-stoikost> (дата обращения: 25.01.2024).
5. Ханченков, Д. Е. Исследование коррозионного состояния сосудов под давлением в процессе эксплуатации / Д. Е. Ханченков, И. А. Бахтина, А. Н. Корнеев // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2023. – С. 133 – 138.

**Ханченков Дмитрий Евгеньевич** – студент группы 8Спгс-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [dmitrii1234567@bk.ru](mailto:dmitrii1234567@bk.ru);

**Бахтина Ирина Алексеевна** – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [bia-altai@mail.ru](mailto:bia-altai@mail.ru).

## АНАЛИЗ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ПО КРИТЕРИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

И. В. Харламов, Н. С. Максимов

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

*В статье рассматривается актуальность строительства индивидуальных жилых домов, которые должны быть правильно ориентированы на стороны света. Проанализированы планировочные решения индивидуальных жилых домов города Барнаула и выявлены их недостатки.*

**Ключевые слова:** ориентация по сторонам света, индивидуальные жилые дома, планировочные решения, энергоэффективность.

### ВВЕДЕНИЕ

В 2022 году с января по июль, по данным Росстата, было введено 32,9 миллиона квадратных метров индивидуальных жилых домов, что на 62 процента больше, чем за тот же период 2021-го. Частное строительство заметно превзошло возведение многоквартирных домов (19,7 миллиона квадратных метров) [1].

Опыт показывает, что часто размещение помещений в домах не соответствует принципам проектирования энергоэффективных зданий. Проведем анализ, соблюдается ли расположение комнат одноэтажных жилых домов в городе Барнауле, рекомендуемой ориентации относительно сторон света (рисунк 1) [2].

Естественное световое освещение – один из основных факторов, делающих дом привлекательным, удобным для жизни. Максимальное количество естественных свето-

вых лучей в помещении создает особое атмосферное и зрительное притягательное ощущение. Яркий естественный свет делают интерьер более оживленным и естественным [3].

Расположение комнат в частном доме относительно сторон света может иметь различные варианты и зависит от многих факторов, включая личные предпочтения владельца дома, климатические условия региона и специфические требования каждой комнаты. Однако существует несколько общих рекомендаций по расположению комнат относительно сторон света:

1. Гостиная и столовая: Часто рекомендуется располагать гостиную и столовые комнаты на южной стороне дома, чтобы максимально использовать естественное освещение и получить солнечный свет в течение большей части дня;

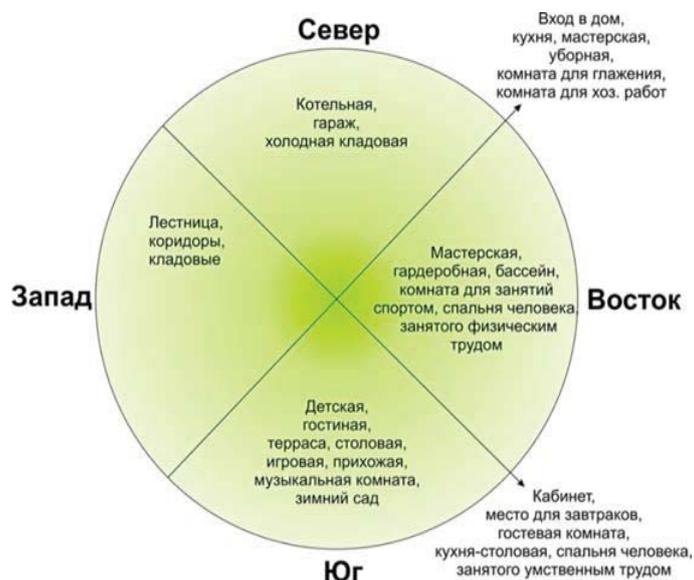


Рисунок 1 – Требования по расположению помещений по сторонам света

## АНАЛИЗ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ПО КРИТЕРИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ



Рисунок 2 – Планировочное решение № 1

2. Спальни: Комнаты для сна лучше располагать на восточной стороне дома, чтобы заходящее солнце не мешало ложиться спать в летнее время. Это позволит вам наслаждаться утренним солнцем в спальне и избежать попадания жаркого западного солнца в спальню вечером;

3. Кухня: Кухню также удобно расположить на востоке или на юге, чтобы получить максимальное количество естественного света во время приготовления пищи и дневных активностей;

4. Ванная комната: Оптимальным вариантом будет расположение ванной комнаты с остеклением на северной или северо-восточной стороне, так как это позволит избежать непосредственного попадания солнечных лучей и сохранить прохладу и интимность внутри;

5. Кабинет и рабочая зона: Если вы планируете иметь в доме рабочую комнату, кабинет или рабочую зону, то желательно выбрать помещение с доступом к естественному свету. Расположение на южной или восточной стороне будет наиболее предпочтительным для обеспечения комфорта и хорошей освещенности.

Основываясь на данных рекомендациях по расположению комнат для их естественного освещения, отобрали и исследовали во-

семь планов одноэтажных домов города Барнаула.

### ПЛАН 1

Рассмотрим первое планировочное решение индивидуального жилого дома (рисунок 2).

На север ориентированы следующие комнаты: санузел, котельная, вход и спальня. В южной части здания расположены: кухня-гостиная и вторая спальня. Кухня-гостиная – это самая большая и самая востребованная комната в доме, которая должна быть максимально освещена естественным светом, поэтому она расположена на южной стороне здания. Но двух окон не достаточно, хорошее решение – это сделать третье окно над кухонным гарнитуром на западной стороне дома. Расположение спален подходит под рекомендации. Они удачно размещены вдоль восточной стены, но окно одной спальни выходит на юг, а у другой спальни на север. Необходимо поменять расположение окон, разместив их на восточной стене. Менее выгодную северную сторону занимают санузел, вход в дом и котельная, что является удачным планировочным решением. Это связано с тем, что северная сторона обеспечивает мало света, поэтому в её направлении необходимо располагать вспомогательные комнаты.



Рисунок 3 – Планировочное решение № 2

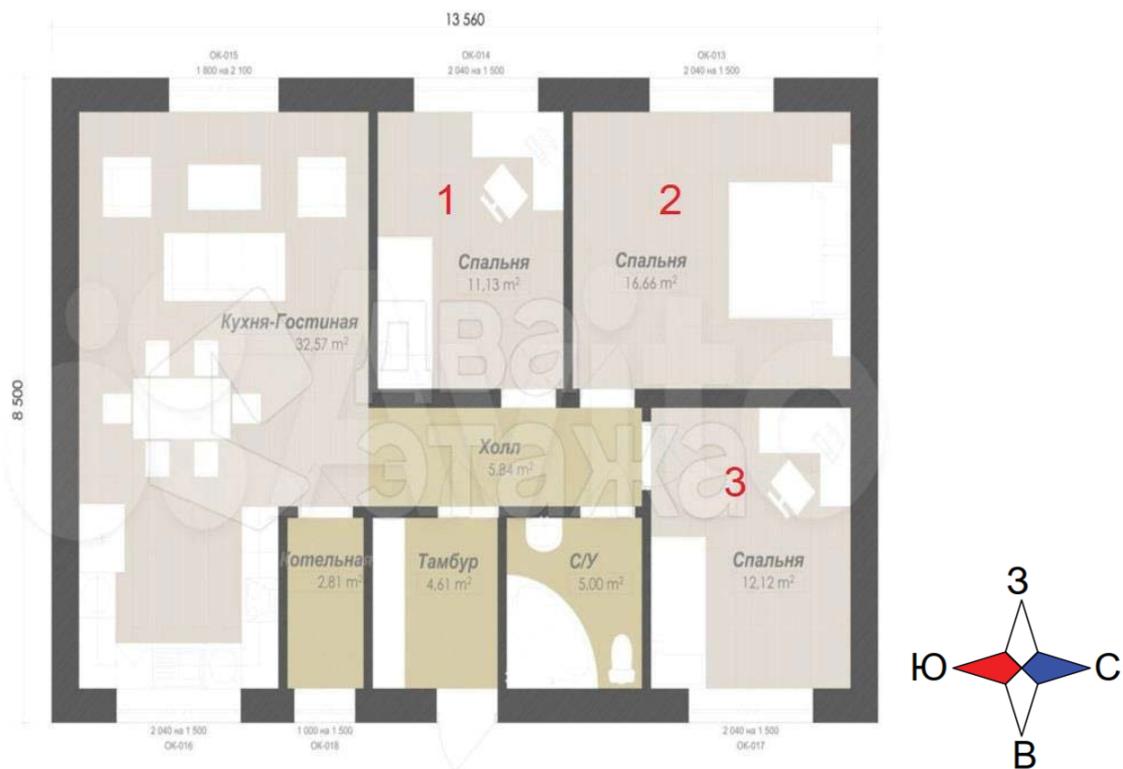


Рисунок 4 – Планировочное решение № 3

## АНАЛИЗ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ПО КРИТЕРИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

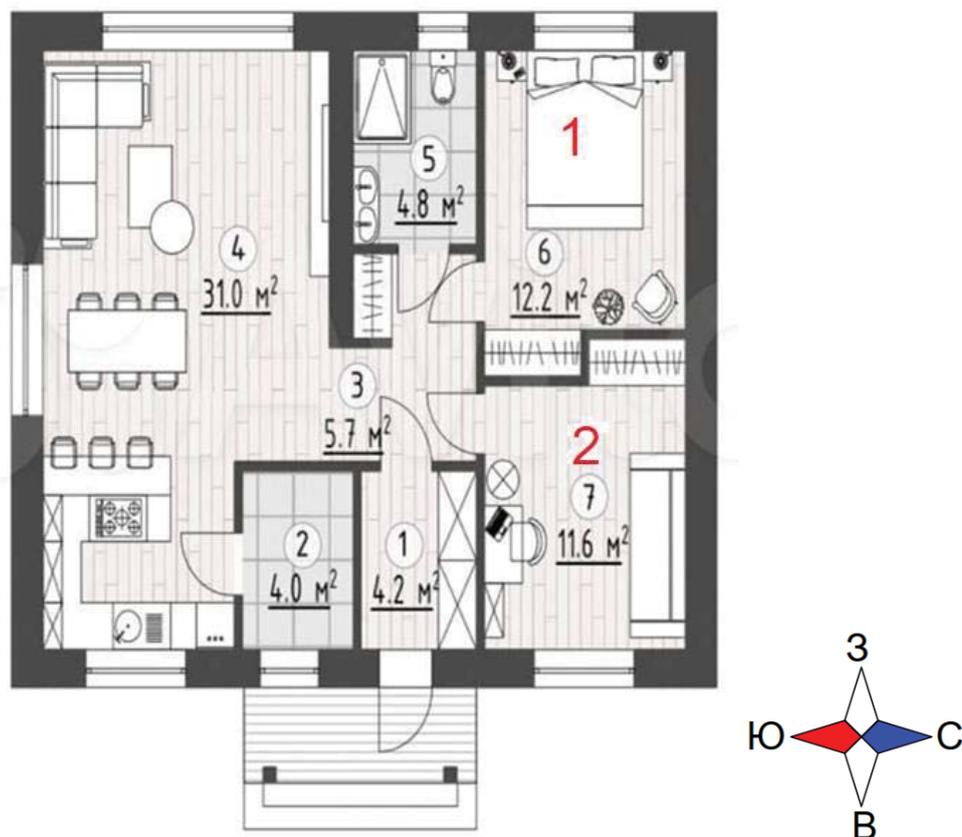


Рисунок 5 – Планировочное решение № 4

Таблица 1 – Соответствие помещений с критерием энергоэффективности

	План 1	План 2	План 3	План 4
Кухня-Гостиная	Совпадает	Не совпадает	Совпадает	Совпадает
Спальня 1	Не совпадает	Не совпадает	Не совпадает	Не совпадает
Спальня 2	Не совпадает	Совпадает	Не совпадает	Совпадает
Спальня 3	-	Не совпадает	Совпадает	-
Санузел	Совпадает	Совпадает	Не совпадает	Совпадает
Котельная	Совпадает	Не совпадает	Не совпадает	Не совпадает
Вход в дом	Совпадает	Не совпадает	Не совпадает	Не совпадает

### ПЛАН 2

Рассмотрим второе планировочное решение индивидуального жилого дома (рисунок 3).

Видно, что кухня-гостиная и санузел ориентированы на запад, первая спальня на север, вторая на восток, а третья на юг. Вход в дом и котельная расположены в южной части здания. Все помещения кроме второй спальни находятся в неправильном положении относительно сторон света. Но можно решить эту проблему, если кухню-гостиную перенести в нижний левый угол здания, а тамбур, санузел и котельную расположить на прежнем месте кухни-гостиной. Для комфортных условий проживания необходимо перенести окна первой и третьей спален на восточную сторону дома. В санузле тоже

необходимо окно. В результате получится неплохое планировочное решение, которое отвечает условию ориентации помещений на стороны света.

### ПЛАН 3

Рассмотрим третье планировочное решение индивидуального жилого дома (рисунок 4).

Опишем помещения с учетом их ориентации на стороны света. Кухня-гостиная ориентирована на восток и запад, но она должна быть освещена естественным светом большую часть дня. Расположим окна в кухне-гостиной, которые будут выходить на юг. Вход в дом, котельная и санузел находятся в восточной части дома. Их расположение не соответствует критерию энергоэффективности. Первая и вторая спальни также непра-

вильно ориентированы на запад. Окно третьей спальни выходит на восток. Для комфортного и энергоэффективного дома необходимо переместить первую и вторую спальню в восточную часть дома, а санузел, котельную и вход в дом в западную или северную часть дома.

#### ПЛАН 4

Рассмотрим четвертое планировочное решение индивидуального жилого дома (рис. 5).

Опишем помещения с учетом их ориентации на стороны света. Кухня-гостиная расположена в южной части дома. Ее окна выходят на запад, юг и восток. Кухня-гостиная правильно расположена в доме относительно сторон света. Первая спальня расположена неправильно. Она ориентирована на запад. Вторая спальня соответствует требованиям и направлена на восток. Вход в дом и котельную лучше располагать в западной или северной части дома, но они расположены в восточной части дома. Поменяв местами первую спальню с входом в дом и котельной, мы получим правильно ориентированные помещения.

#### Заключение

Таким образом, проанализировав четыре плана, выбранных в городе Барнауле, можно сказать, что ни одно из рассмотренных планировочных решений одноэтажных жилых домов не учитывает такой критерий, как ориентация по сторонам света.

Следовательно, планировочные реше-

ния домов не отвечают требованиям энергоэффективности и комфорта проживающих (таблица 1).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационный справочник «Состояние и перспективы развития малоэтажного строительства». [Электронный ресурс]. – URL: <http://sgd22.ru/informazionnyi-spravochnik-sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-maloetazhnogo-stroitelstva> (дата обращения: 30.01.2024).

2. Как расположить дом на участке по сторонам света [Электронный ресурс]. – URL: [https://tsk-service.ru/design\\_and\\_construction/raspolozhenie-komnat-v-dome-po-storonam-sveta.html](https://tsk-service.ru/design_and_construction/raspolozhenie-komnat-v-dome-po-storonam-sveta.html) (дата обращения: 30.01.2024).

3. Комфорт и свет в доме: Максимизация естественного освещения и важность хорошей вентиляции [Электронный ресурс]. – URL: <https://оценка-брянск.рф/article/komfort-i-svet-v-dome-maksimizaciya-estestvennogo-osvescheniya-i-vajnost-horoshey-ventilyacii-280> (дата обращения: 30.01.2024).

**Харламов Иван Викентьевич** – к.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [kharlamov-1948@mail.ru](mailto:kharlamov-1948@mail.ru);

**Максимов Никита Сергеевич** – студент группы С-22 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [nikita.ma2017@mail.ru](mailto:nikita.ma2017@mail.ru).

УДК 728.37

## О ВЫБОРЕ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ДОМОВ

**И. В. Харламов, А. А. Медведев**

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

*В статье представлена оценка эффективности планировочных решений одноэтажных домов в городе Барнауле. Найдены и рассмотрены критерии, использованные для оценки планировочных решений.*

**Ключевые слова:** малоэтажный дом, планировочные решения, критерии оценки, эффективность.

В период с 2019 по 2021 годы отмечался неуклонный рост индивидуального жилищного строительства (ИЖС), соответственно на 13,5%, на 3,4% и на 23,4%. В первой половине 2022 года в России, по сведениям Росстата, было введено 32,9 миллиона квадрат-

ных метров индивидуального жилищного строительства – больше на 62%, чем за тот же период 2021 года. ИЖС превзошло возведение многоэтажных домов, на которое приходится 19,7 миллиона квадратных метров. На подобную тенденцию повлияли пандемия

## О ВЫБОРЕ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ДОМОВ

и рост цен в многоквартирных домах. Аналогичная ситуация наблюдается как в Алтайском крае, так и в Барнауле.

Возникает вопрос, насколько рационально принимаются планировочные решения в ИЖС. Нами проведены исследования по оценке планировочных решений одноэтажных домов.

Для оценки эффективности решений были использованы следующие критерии.

1. Процент транзитной площади от общей площади дома. Транзитная площадь дома – это общая площадь всех внутренних проходов, коридоров, через которые осуществляется движение людей внутри здания. Хорошее процентное содержание транзитной площади позволяет создать удобный и функциональный дом, где перемещение внутри будет легким и естественным. Это также способствует сохранению пространственной эффективности и оптимальному использованию всей площади дома, пример представлен на рисунке 1.

2. Плоскостной планировочный коэффициент  $K_1$ , характеризующий рациональность использования площадей, определяется как отношение жилой площади ( $S_{\text{жил.}}$ ) к общей площади ( $S_{\text{общ.}}$ ). К жилым комнатам относятся: кухня-гостиная, гостиная, спальня, детская. На рисунке 2 отмечены жилые комнаты (рисунок 2).  $K_1 = S_{\text{жил.}} / S_{\text{общ.}}$ , варьируется в пределах 0,5-0,7.

3. Пропорция золотого сечения видна во многих всемирно известных сооружениях. Отношение внешних сторон дома по правилу золотого сечения равняется 1,618 к 1. Значение соотношения площади гостиной к общей площади дома следует принимать 38/100, как

показано на рисунке 3. Это создаст эффект равновесия и гармонии между помещениями.

4. Все «мокрые» зоны лучше размещать близко друг к другу. За счет этого можно уменьшить затраты на проведение инженерных коммуникаций.

Хороший вариант расположения мокрых зон представлен на рисунке 4.

5. Форма дома в плане должна обладать наибольшим отношением площади к периметру. Это означает, что можно использовать максимальное количество площади при минимальной длине стен.

Рациональная форма облегчает планировку и организацию помещений. Прямые и параллельные стены позволяют оптимально разместить комнаты и минимизировать потери пространства (рисунок 5).



Рисунок 1 – Транзитная площадь в плане дома

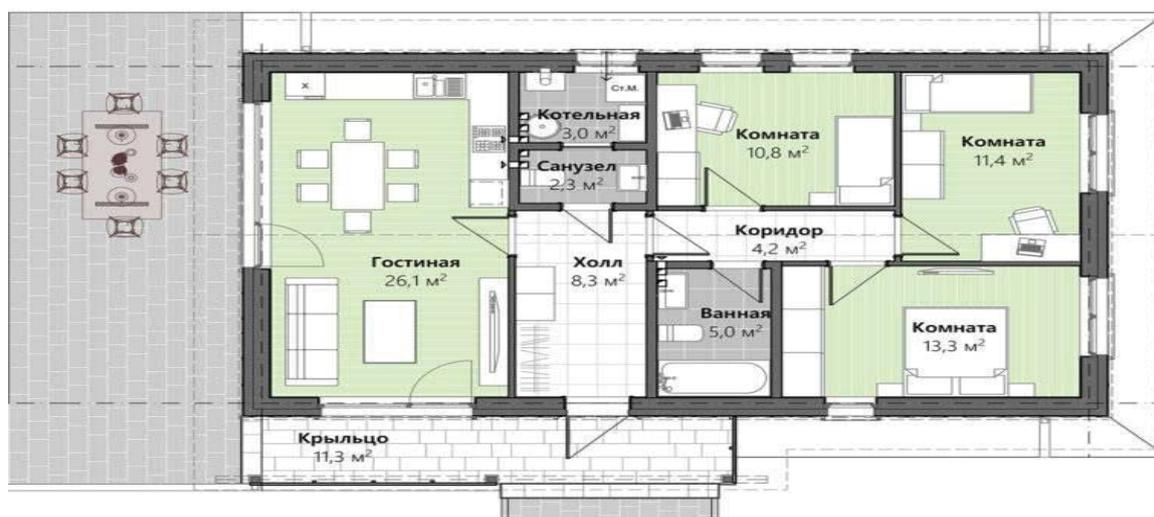


Рисунок 2 – Жилые комнаты

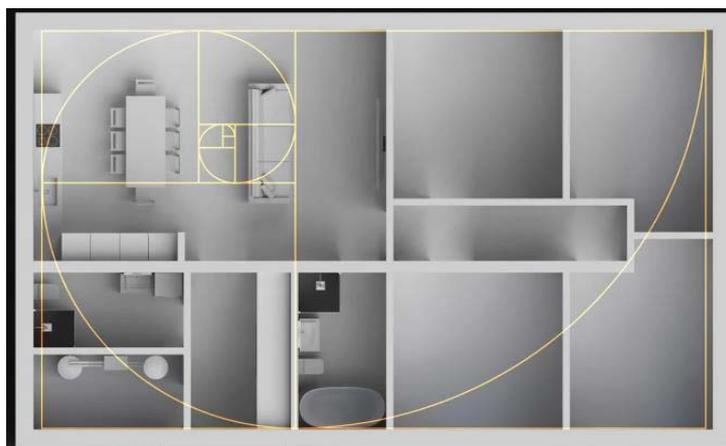


Рисунок 3 – Пропорция золотого сечения в ИЖС

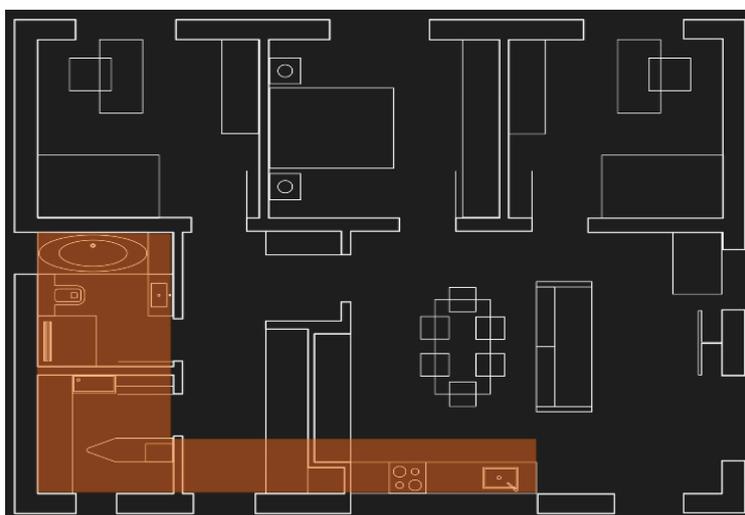


Рисунок 4 – Компактное расположение «мокрых» зон

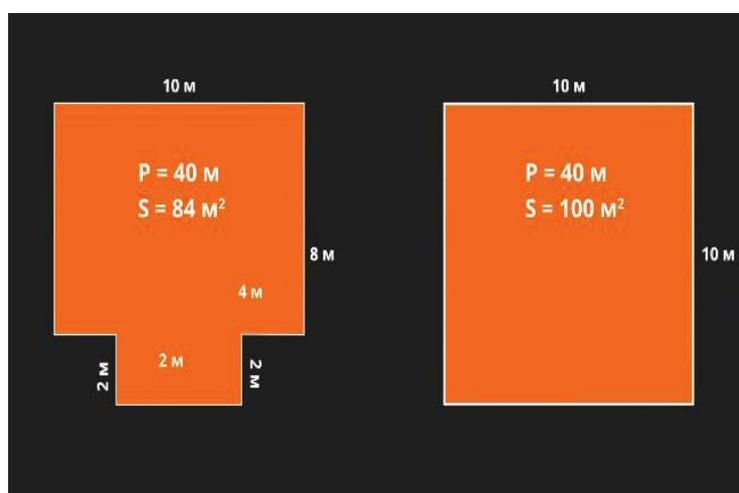


Рисунок 5 – Сравнение форм домов в плане



Рисунок 6 – Первый план дома

Рассмотрим пять планов одноэтажных домов и оценим их по указанным ранее критериям.

**Первый вариант** (рисунок 6). Процент транзитной площади равняется 10%. Плоскостной планировочный коэффициент (0,76) не соответствует норме. Отношение сторон дома – 1,29, соотношение площади гостиной к общей площади дома – 28/100, что не соответствует оптимальным значениям. «Мок-

рые» зоны расположены компактно. Дом в плане представляет собой простую форму.

Для улучшения планировочных параметров сделаем следующие изменения. Изменим размеры дома, ширину уменьшим на 1 метр, длину увеличим на 1,5 метра для соответствия пропорции золотого сечения. Вследствие уменьшения ширины здания, уменьшим площадь спален 1 и 2 (рисунок 6). Увеличив длину дома на 1,5 метра, мы сможем расположить рядом с 3 спальней кладовую, приняв расстановку мебели и установив окно в этой спальне, как во 2. В левой части здания между санузлом и кухней установим гостевой санузел шириной 1 метр. Оставшиеся 0,5 метра можно отдать в пользу кухни-гостиной, увеличив её площадь.

**Второй вариант** (рисунок 7). Содержание транзитной площади в доме составляет 23%, что сильно превышает норму (8-12%). Плоскостной планировочный коэффициент  $K_1$  находится в рамках оптимальных значений и равен 0,56. Отношение сторон дома – 1,24 и соотношение площади гостиной к общей площади – 23/100 не соответствует золотому сечению. «Мокрые» зоны располагаются рядом друг с другом. Форма дома соответствует критерию.

Для улучшения планировочных решений сделаем следующие изменения. Уменьшив транзитную зону, путём увеличения площади гостиной, можно добиться сокращения процента транзитной площади, увеличения коэффициента  $K_1$  и отношения площади гостиной к общей площади дома.



Рисунок 7 – Второй план дома



Рисунок 8 – Третий план дома



Рисунок 9 – Четвертый план дома



Рисунок 10 – Пятый план дома

## О ВЫБОРЕ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ДОМОВ

Таблица 1 – Результаты исследования пяти планов

№ плана	Транзитная площадь, %	Коэффициент K1	Золотое сечение		Расположение мокрых зон	Форма дома
			Отношение сторон дома	Площадь гостиной к общей площади		
Норма	8-12	0,5-0,7	1,618	38/100	«С»	«С»
1	10 «С»	0,76 «Н»	1,29 «Н»	28/100 «Н»	«С»	«С»
2	23 «Н»	0,56 «С»	1,24 «Н»	23/100 «Н»	«С»	«С»
3	14 «Н»	0,73 «Н»	1,44 «Н»	30/100 «Н»	«С»	«С»
4	10 «С»	0,77 «Н»	- «Н»	39/100 «Н»	«Н»	«Н»
5	12 «Н»	0,78 «Н»	1,52 «Н»	34/100 «Н»	«С»	«С»

*Примечание:* \* «С» – соответствует критерию, «Н» – не соответствует.

**Третий вариант** (рисунок 8). Процент транзитной площади от общей площади составляет 14%. Коэффициент K1 равен 0,73. Значения отношения сторон дома – 1,44 и соотношения площади гостиной к общей площади, равное 30/100, не подходят по правилу золотого сечения. «Мокрые» зоны расположены компактно. Форма дома в плане является простой.

Проведем следующие изменения для улучшения планировочных параметров. Поменяем местами детскую и спальню, расположенные сверху плана, с кухней-гостиной, за счёт чего уменьшится транзитная площадь и увеличится площадь гостиной, так как часть коридора перейдёт в состав кухни-гостиной.

**Четвертый вариант** (рисунок 9). Транзитная площадь от всей площади дома составляет 10%. Плоскостной планировочный коэффициент (0,77) превышает норму критерия. Форма дома в плане является сложной, вследствие чего стороны дома не соотносятся по правилу золотого сечения. Отношение площади гостиной к общей площади дома равняется 39/100. «Мокрые» зоны находятся далеко друг от друга.

**Пятый вариант** (рисунок 10). Процент транзитной площади от общей площади дома – 12%. Плоскостной планировочный коэффициент K1 равен 0,78. Отношение сторон дома составляет 1,52 и соотношение площади гостиной к общей площади дома (34/100) не отвечает требованию критерия. «Мокрые» зоны расположены компактно. Простая форма дома в плане (рисунок 10).

Для улучшения планировочных параметров сделаем следующие изменения. Увеличим площади гостиной путём уменьшения площади спален и транзитной зоны, что приведет к увеличению соотношения площади

гостиной к общей площади. Результаты исследования пяти планов представлены в виде таблицы 1

### Заключение

Проведенный анализ данных таблицы, позволяет сделать вывод, что ни один из рассмотренных домов не соответствует всем критериям, это привело: к неэффективному использованию пространства в доме, к уменьшению эргономичности дома и к увеличению стоимости постройки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курбатов, М. В. России строительство частных домов становится популярнее покупки квартир / 2022 [Электронный ресурс]. – URL: <https://rg.ru/2022/08/11/ne-smotri-naverh.html> (дата обращения: 25.01.2024).
2. Строим с Эдом / [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.youtube.com/channel/UCBn0JadwAifgsjK5pzDquGA> (дата обращения: 25.01.2024).
3. Здания и сооружения городского хозяйства / Екатеринбург : АНО ДПО «Уууэип», 2007 [Электронный ресурс]. – URL: <https://studfile.net/preview/8864844/page:19/> (дата обращения: 25.01.2024).
4. Золотое сечение в архитектуре: что означает и как используется [Электронный ресурс]. – URL: <https://m-strana.ru/articles/zolotoe-sechenie-v-arkhitekture/> (дата обращения: 25.01.2024).

**Харламов Иван Викентьевич** – к.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [hiv@mail.altstu.ru](mailto:hiv@mail.altstu.ru);

**Медведев Андрей Андреевич** – студент группы С-22 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРИ РАБОТЕ С АРМАТУРОЙ И ОБОРУДОВАНИЕМ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В REVIT

А. И. Христенко, И. А. Бахтина

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

*Рассмотрены принципы работы с семействами арматуры и оборудования для систем отопления в программном комплексе AUTODESK REVIT.*

**Ключевые слова:** система отопления, моделирование, арматура, оборудование, модель, семейства.

В первую очередь стоит помнить, что при разработке раздела ОВ в Revit, следует подгрузить (создать), необходимые семейства, так как в шаблоне вероятнее всего необходимых семейств не будет.

В диспетчере проекта есть из выпадающего списка семейств есть возможность выбрать необходимую нам арматуру, либо оборудование. Также стоит учитывать, что многие семейства несут в себе множество типоразмеров (рисунок 1).

Как правило при расстановке арматуры она без проблем вставляется в трубу. (рисунок 2). Также существуют семейства, которые способны адаптировать свой типоразмер в зависимости от трубы, на которую они устанавливаются.

У семейств арматуры присутствуют коннекторы, от которых можно построить трубу. (рисунок 3).

Арматуру трубопровода можно вращать относительно плоскости, для более удобного расположения в модели.

Как правило к оборудованию раздела ОВ1 относятся отопительные приборы. Принцип работы с ними практически аналогичен инженерным семействам в Revit.

Изначально нужно выбрать необходимый типоразмер радиатора (рисунок 4). Настроить привязку к урону, и указать смещение от уровня.

Не следует забывать, что всегда есть возможность изменить уже установленный типоразмер любого семейства. Для этого необходимо выбрать нужный элемент. Перейти на вкладку свойства, и из выпадающего списка выбрать другой типоразмер. Пример представлен на рисунке 5.

Далее необходимо подключить радиатор к системе. Существует несколько вариаций подключения радиатора к системе отопления.

1) При подключении существующих труб разводки отопления, необходимо выровнять уже существующие трубы по коннек-

торам расставленных радиаторов. И соединить существующие трубы с радиатором. Данное подключение представлено на рисунке 6.

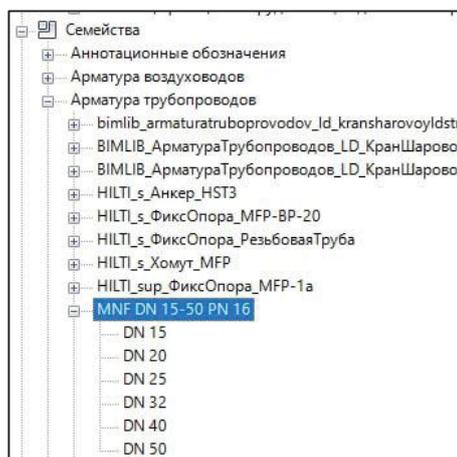


Рисунок 1 – Типоразмеры семейств арматуры

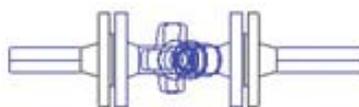


Рисунок 2 – Размещение арматуры на трубе

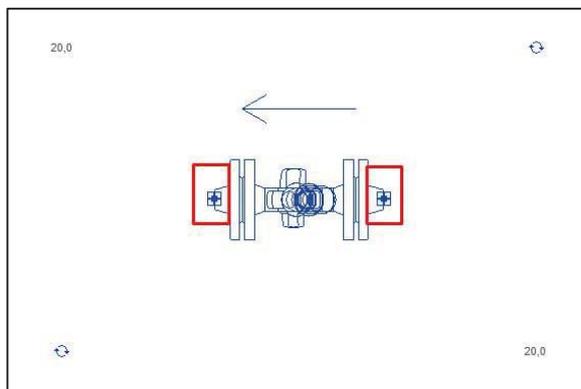


Рисунок 3 – Коннекторы на арматуре трубопровода

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРИ РАБОТЕ С АРМАТУРОЙ И ОБОРУДОВАНИЕМ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В REVIT



Рисунок 4 – Типоразмеры семейств оборудования

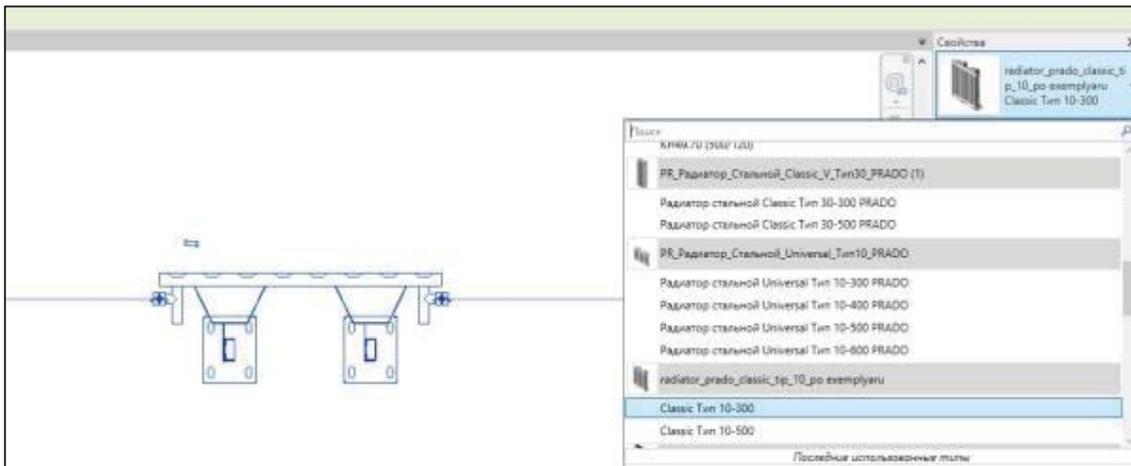


Рисунок 5 – Изменение типоразмера

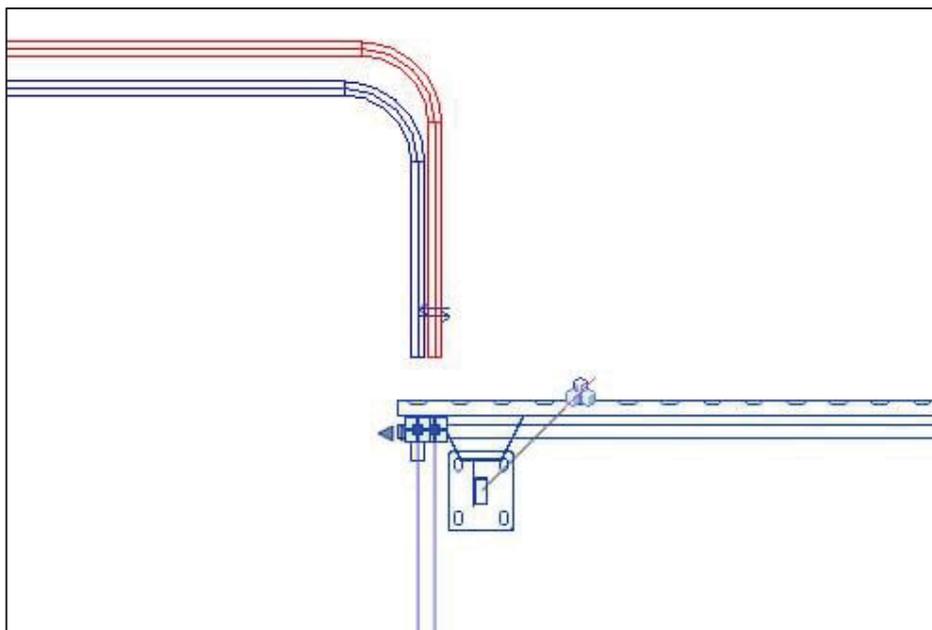


Рисунок 6 – Подключение радиатора к существующим трубам

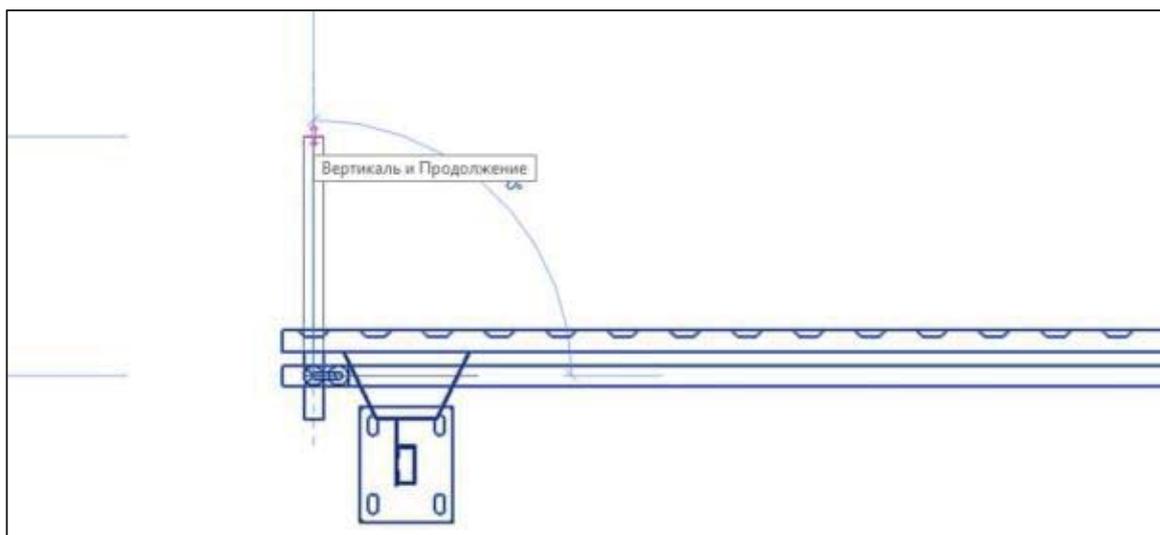


Рисунок 7 – Моделирование труб от радиатора

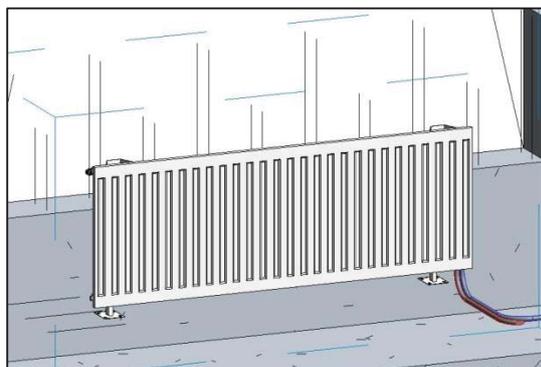


Рисунок 8 – Подключение радиатора

2) При разводке системы отопления от расставленных радиаторов, необходимо выбрать радиатора, и от коннекторов начать моделирование труб. Однако стоит учитывать, что перед началом построения, необходимо выбрать нужный тип труб, а также размер сечения. Данная вариация моделирования представлена на рисунке 7.

На рисунке 8 представлен результат подключения радиатора.

Следует обратить внимание, что оборудование может иметь несколько имен систем. Наименование зависит от количества и типов подключений к категории.

Основное назначение арматуры – регулирование систем отопления. При регулировании систем отопления необходимо поддерживать оптимальную температуру в помещении независимо от внешних условий. То есть, вне зависимости от температуры наружного воздуха, силы ветра и других условий, в доме (квартире) должен поддерживаться заданный температурный комфорт.

В настоящее время существует много способов для регулирования систем отопления. Самый простой и доступный способ регулировки системы – ручной настройкой [3].

Для ручной регулировки используют специальные регулировочные вентили с прямым или угловым подключением.

Вентиль с ручным управлением – самый простой и распространенный метод. С помощью штока в вентиле уменьшается проходное сечение трубы, таким образом, снижается расход теплоносителя, поступающей в радиатор, а, следовательно, уменьшается теплоотдача. Однако, при однотрубном соединении нагревательных приборов (последовательном их подключении) уменьшение потока в первом радиаторе автоматически вызывает охлаждение остальных.

Для регулировки нагревательных приборов отопления устанавливают либо вентиль и шаровый кран на подводящей и отводящей трубах соответственно, либо термостат на нагревательном приборе.

В ручных вентилях может быть встроен термоклапан, который можно легко превратить из устройства для ручной регулировки в автоматическое, если дополнить его термоголовой.

Кроме ручных вентилях, есть уже более усовершенствованные, автоматические устройства. Они состоят из термоклапана и термоголовой. Клапан меняет сечение в подводящей трубе, термоголова на основании датчиков температуры и дополнительных контроллеров, дает команду на изменение положения штока в клапане. В простом варианте устройства содержится капсула с газом или жидкостью, которая при изменении тем-

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРИ РАБОТЕ С АРМАТУРОЙ И ОБОРУДОВАНИЕМ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В REVIT

пературы расширяется или сжимается. Вследствие этого, происходит смещение штока поршня в сторону уменьшения или увеличения проходного сечения трубы. У более сложных приборов в качестве источников питания применяются батарейки или аккумуляторы, передающие усилие на шток с помощью электротока. Некоторые варианты подключаются к домовой электросети, например, термостаты, встроенные в общую систему «умный дом»

Наиболее сложным системам регулирования являются автоматические контуры. Существуют два вида таких контуров: замкнутый и открытый регулировочный контуры.

Простейший замкнутый регулировочный контур состоит из отопительного прибора, комнатного термостата (выполняет функции измерительного устройства и контроллера), и сервопривода с термостатическим клапаном (исполнительное устройство).

В этом контуре регулируемый параметр – температура воздуха в помещении. По температура воздуха контролируется измерительным устройством. Результат передается на контроллер (как правило, он встроен в термостат). Контроллер, сравнивая измеренное значение с заданным, определяет, есть ли рассогласование, и, если оно есть, подаёт сигнал на сервопривод на открытие или закрытие клапана термостата. Исполнительное устройство производит нужное действие, тем самым повышается или понижается температура в помещении. Получается, в замкнутом контуре, температура в помещении – это и регулируемый и контролируемый параметр.

Отличительная черта открытого контура заключается в том, что контролируются и регулируются разные параметры. Здесь контролируется температура наружного воздуха, а регулируется – температура теплоносителя, подаваемая в контур теплого пола.

Температура наружного воздуха регистрируется датчиком, далее формируется

сигнал (его уровень зависит от измеренной температуры). Сигнал идет на измерительный модуль контроллера. Одновременно с помощью датчика определяется температура теплоносителя в контуре теплого пола (регулируемая величина), сигнал от него также передается в измерительное устройство.

Контроллер оценивает, насколько температуры (уровни сигналов) соответствуют настройкам. Обычно соответствие этих температур задается при помощи диаграмм и графиков. Если выявилось несоответствие, подается управляющий сигнал на сервопривод трехходового клапана, после этого изменяются пропорции смешения горячего и остывшего теплоносителя и изменяется температура в контуре теплого пола.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование: актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 : дата введения 2021-07-01. – Москва, 2016.

2. Проектирование сложных инженерных систем. – URL: <https://www.autodesk.ru/products/revit/mer> (дата обращения: 20.01.2024)

3. Христенко, А. И. Основные принципы построения системы отопления в REVIT / Д. Е. Ханченков, И. А. Бахтина, А. Н. Корнеев // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2023. – С. 138 – 141.

**Христенко Артем Игоревич** – студент группы 8Соим-21 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [tema.0000@mail.ru](mailto:tema.0000@mail.ru);

**Бахтина Ирина Алексеевна** – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [bia-altai@mail.ru](mailto:bia-altai@mail.ru).

## ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОГО КЛАССА МБОУ СОШ № 113 ГОРОДА БАРНАУЛА НА БАЗЕ АЛТГТУ

К. П. Черных

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

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с освоением нового вида дополнительного образования для учащихся в средней общеобразовательной школы 10-го и 11-го инженерных классов. Основной целью которого является раскрытие и популяризация инженерного образования для направленного профориентационного выбора школьников по строительному профилю. Стимулом создания дополнительного образования стал большой дефицит кадров и повышенный уровень требований к ним на рынке труда в сфере строительного производства. Для решения задачи организации сотрудничества в образовательных системах – средней общеобразовательной школы и ВУЗа был разработан учебный курс «Дом моей мечты» для учащихся в 10-ого инженерного класса СОШ №113 на базе АлтГТУ.*

**Ключевые слова:** *общеобразовательная школа, инженерный класс, дом моей мечты, учебный курс, облик дома, инженерные изыскания, строительный материалы, машины, сметное дело, умный дом, рынок труда.*

В связи с развитием и увеличением темпов строительства в стране в целом и в Алтайском крае в частности, на рынке труда образовался дефицит квалифицированных работников практически для всех видов деятельности строительной индустрии. То есть нехватка специалистов в сфере инженерной деятельности таких областей, как: инженерно-геодезические и геологические изыскания; проектирование строительных конструкций; производство материалов и изделий; строительство зданий и сооружений, а также проектирование и эксплуатация умных инженерных систем. Подтверждением тому стала инициатива строительной компании застройщика ГК «Союз», заключающаяся в организации создания инженерного класса строительного-технологического направления для школьников, уже имеющих намерения, после окончания школы, продолжить обучение в АлтГТУ на строительном-технологическом факультете по целевому набору для ГК «Союз». «Союз» имеет полный комплекс предприятий для обеспечения всех этапов строительства, требующий много высококвалифицированных специалистов. Таким образом, был отобран 10-ый инженерный класс в СОШ №113 г. Барнаула для дополнительного образования по строительному-технологическому направлению в течении 2-х лет (т.е. 10 и 11 класс). Данная инициатива должна была совмещать деятельность образовательных организаций среднего (СОШ №113) и высшего (АлтГТУ) образования, а также предприятий ГК «Союз» для практического знакомства обучающихся

212

со структурой предприятий и производственными процессами. Со стороны СОШ №113, таким основанием, послужило положение о проектной деятельности обучающихся, а со стороны АлтГТУ представленным «Строительно-технологическим факультетом» – образовательная программа «Раздай науку».

Так как опыта организации такой совместной учебной деятельности не было, то на первом этапе все стороны обсудили планы процесса обучения класса. В результате утвердили концепцию учебного курса с названием «Дом моей мечты», по освоению основ технологии строительства и производства материалов, а также согласовали место и время проведения занятий для первого года обучения. А итогом освоения указанного курса должен являться выполненный индивидуальный проект в виде завершеного учебного исследования, по свободно выбранной теме обучающимся, в рамках учебного курса «Дом моей мечты». Для создания данного учебного курса от каждой из кафедр факультета был разработан учебный материал, позволяющий учащимся составить цельное всестороннее представление обо всех этапах строительства и эксплуатации зданий и сооружений. В дальнейшем на основании этих данных был разработан учебный план и расписание проведения занятий на первый год обучения.

Таким образом учебный курс «Дом моей мечты» в 10-ом классе рассчитан на 34 часа в год, то есть по одной паре в две недели. Изучение учебного курса предусматривает

чение лекций и проведение практических занятий преподавателями строительного факультета на базе АлтГТУ. Форма и методика построения учебного процесса определяются преподавателем исходя из технических возможностей использования активных методов обучения, в том числе демонстрации и применения лабораторного оборудования с привлечением обучающихся. Вместе с тем, на основании опыта преподавания дисциплин, преподавателям рекомендуется проведение консультаций (в очной или дистанционной форме) для обучающихся, выполняющих учебные проекты, акцентируя внимание на основных моментах. Индивидуальные или групповые (до 3-х человек) проекты выполняются обучающимися самостоятельно под руководством тьютора. Выбор тем проектов производится обучающимися в рамках строительного факультета. После выбора темы проекта обучающийся согласует её с тьютором и преподавателями ВУЗа по совместной деятельности. Проекты выполняются обучающимися в течение учебного года в рамках урочной и внеурочной деятельности. Тьюторы в процессе выполнения проектов организуют для обучающихся очно или дистанционно индивидуальные, или групповые консультации с преподавателями ВУЗа. Тьюторы также осуществляют контроль деятельности обучающихся и должны нести ответственность за качество представляемых на защиту проектов.

Целью учебного курса «Дом моей мечты» является создание информационно-организационной среды обучающимся для освоения основ технологии строительства зданий, сооружений и производства строительных материалов, в том числе применения полученных знаний в проектной деятельности. Также создание такой среды конечно будет способствовать развитию личности обучающегося по следующим направлениям: адаптироваться в условиях изменчивого мира; проявлять социальную ответственность; самостоятельно добывать новые знания и работать над развитием интеллекта; конструктивно сотрудничать с окружающими людьми; генерировать новые идеи, творчески мыслить. Для реализации поставленных целей должны решаться следующие задачи: обучение навыкам проблематизации (формулирования ведущей проблемы и под проблемы с постановкой задач, вытекающих из этих проблем); развитие исследовательских навыков, т.е. способности к анализу, синтезу, выдвижению гипотез, детализации и обобще-

нию; развитие навыков целеполагания и планирования деятельности; обучение выбору, освоению и использованию адекватной технологии изготовления продукта проектирования; обучение поиску нужной информации, вычленению и усвоению необходимого знания из информационного поля; развитие навыков самоанализа и рефлексии (самоанализа успешности и результативности решения проблемы проекта); обучение умению презентовать ход своей деятельности и ее результаты; развитие навыков конструктивного сотрудничества; развитие навыков публичного выступления.

Безусловно, формирование вышеописанных навыков сыграют свою положительную роль при адаптации и вовлечении будущих абитуриентов и далее студентов в студенческие будни, а также и облегчит подготовку инженерных специалистов в процессе обучения.

Весь учебный курс «Дом моей мечты» можно разбить на пять разделов.

**Первый** – это введение в строительство рассчитанный на 8 часов. Где раскрываются: история строительства жилья; анализ исторически сложившихся культурно-социальных аспектов развития строительной деятельности; формирование облика дома. Тут же в рассудительной форме даются ответы на часто встречающиеся вопросы. В каком доме жить лучше – многоквартирном или одноквартирном? Одноквартирный дом должен быть одноэтажным или многоэтажным? Подробно излагаются особенности создания планировки дома с точки зрения уюта, комфорта и экономичности, не только при эксплуатации, но и во время строительства дома; зонирование общей площади на хозяйственную и жилую; жилую зону делят на вечернюю и дневную, которые разделяют на помещения для гостей, детей и взрослых; минимизация в доме коридоров и холлов для удобства передвижений и снижения стоимости жилой площади; правила размещения дома на земельном участке; принципы ландшафтного проектирования подъездных автомобильных дорог с учетом места расположения населенного пункта, особенностей рельефа и возможности обеспечения водоотвода.

**Второй** – инженерные изыскания, основания и фундаменты в строительстве рассчитанный на 6 часов. В данном разделе преподаются теоретические и практические основы инженерно-геодезических, инженерно-геологических и экологических изысканий для строительства и реконструкции объектов

строительства и жилищно-коммунального хозяйства.

Объектом изучения геологических изысканий следует выделить горные породы, которые формируют такие строительные материалы как щебень, гравий, песок и почвенные грунты (супеси, суглинки, глина, дресва, лесосовый грунт и т.д.). Горные породы, слагающие земную кору, в большинстве своем представляют агрегаты многих минералов, а условия их образования, определяют формы залегания, строение, минеральный состав и свойства горных пород.

В этом разделе также рассматриваются основы проектирования фундаментов, анализ воздействия фундаментов на разные типы грунтов и распределения нагрузок, способы укрепления оснований.

**Третий** – строительные материалы, рассчитанный на 6 часов. Здесь заложены основы выбора материалов в строительстве. Термическое сопротивление стены из разных строительных материалов. Силикатный кирпич: технологии производства, свойства кирпича, применение в строительстве. Керамический кирпич: технологии производства, свойства кирпича, применение в строительстве. Разновидности ячеистых бетонов. Основы технологии автоклавных газобетонных блоков. Их свойства и применение в строительстве. Основы технологии неавтоклавных газобетонных блоков. Их свойства и применение в строительстве. Основы технологии пенобетонных блоков и заливного пенобетона. Свойства и применение в строительстве. Роль теплоизоляционных материалов в современном строительстве. Теплоизоляционные материалы из вспененных пластмасс (ППС, ППУ, Пеноизол). Минераловатные теплоизоляционные материалы. Разновидности, свойства, применение в строительстве.

Практические работы: Определение плотности и прочности кирпичей и ячеистых бетонов в лаборатории. Определение плотности теплоизоляционных материалов в лаборатории.

**Четвёртый** – Строительство зданий и сооружений, рассчитанный на 6 часов. Здесь обучающиеся знакомятся с современными строительными машинами: землеройными машинами (бульдозеры, экскаваторы, скреперы, автогрейдеры); автомобильными тягачами, подъемными кранами, а также с экс-

клюдивной строительной техникой. Преподаются механизация возведения зданий и исполнительная документация. Основы сметного дела, то есть из чего складывается стоимость любого здания.

В этом же разделе рассматриваются варианты устройства стен из различных материалов, а также конструкции покрытий дома из различных материалов. Технологии строительства автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием в населенных пунктах с учетом обеспечения подъезда строительной техники и особенностей производства работ.

**Пятый** – Система «Умный дом» рассчитанный на 6 часов, где раскрываются понятие и состав «Умного дома», расстановка основных элементов системы «Умного дома» (базового модуля, адаптера сетевого питания, видеокамеры, светозвуковой сигнализации, извещателя утечки газа, дымового и охранного извещателей, датчика протечки, блока розеток, датчиков температуры и влажности воздуха, датчика открытия дверей, контроллера переменного тока и микрофона с усилителем). Автоматизация общедомовых инженерных систем здания. Протоколы передач данных. Интеграция в единую систему управления подсистем.

После освоения данного учебного курса с итогом в виде индивидуальных проектов и окончания 10-го инженерного класса, школьники уже в 11-ом инженерном классе продолжат дополнительное обучение на базе строительного факультета АлтГТУ по новому учебному плану 2024-25 гг. в более расширенной предметной области, такой как «Организация выполнения строительных работ, контроль качества и материально-техническое обеспечение строительства», рассчитанным на 68 часов в год.

Безусловно развитие такого сотрудничества в образовательных системах средних общеобразовательных школ и ВУЗов должен способствовать решению вопроса дефицита квалифицированных кадров на рынке труда.

**Черных Константин Павлович** – к.т.н., преподаватель кафедры «Строительные материалы и автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: unkc-ts2@mail.ru.

## О НЕОБХОДИМОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ ИЗ КЛЕЕНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ю. С. Юрина, Ю. В. Халтурин

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

*В статье рассматриваются возможности более широкого применения клееных деревянных конструкций в строительстве жилых и общественных зданий. Показано каким образом у потребителей формируется мнение о небезопасности, недолговечности и низком качестве деревянных домов. Рассмотрен конкретный строительный объект, запроектированный и построенный с использованием дощатоклееных конструкций с огромным количеством нарушений нормативных требований. Проанализированы несоответствия дощатоклееных ферм покрытия параметрам, установленным нормативными документами, а также повреждения, полученные фермами при эксплуатации здания. Приведены условия, при которых можно было бы избежать изготовления и монтажа конструкций, не отвечающих требованиям норм.*

**Ключевые слова:** клееные деревянные конструкции, нормативная база проектирования, общественные здания, соблюдение строительных норм и правил, дефекты деревянных конструкций, квалифицированные кадры, технологическая и нормативная документация на конструкции, неустраняемый дефект, контроль при проектировании и строительстве.

Мировой опыт показывает, что клееные деревянные конструкции обладают множеством достоинств, благодаря которым они нашли широкое применение во многих странах. По сравнению с другими строительными материалами древесина обладает более высокими экологическими и эстетическими свойствами, в частности выразительной текстурой. Такие свойства особенно важны в общественных зданиях спортивного и зрелищного назначения, где их оставляют открытыми в интерьере, что к тому же повышает экономическую эффективность. В России клееные деревянные конструкции применяются в основном при строительстве малоэтажных жилых, а также таких общественных зданий, как бассейны, аквапарки, выставочные залы, теннисные корты, рынки. Высокая химическая стойкость клееных деревянных конструкций определяет их достаточно широкое применение в производственных зданиях и сооружениях с химически агрессивной средой.

Расширение применения клееных деревянных конструкций обусловлено не только такими достоинствами древесины как малая плотность при достаточно высокой прочности, низкая энергоемкость получения продукции, высокие эстетические свойства и др., но и прежде всего возобновляемостью данного строительного материала.

Как известно в СССР производство клееных деревянных конструкций в промышлен-

ных масштабах началось в 1970-х годах. В конце 1980-х годов в стране на более чем двадцати заводах в год выпускалось около 100 тыс. м<sup>3</sup> конструкций. В годы перестройки нашему «бизнесу» было выгоднее поставлять кругляк за рубеж, а не производить из него пиломатериалы, а тем более клееные конструкции. Сырья для работы заводов просто не хватало. В результате после перестройки 1990-х годов остался только один работающий завод, изготавливавший клееные деревянные конструкции.

С середины 2010-х годов стали активно развиваться не только производственная, но и нормативная база проектирования деревянных конструкций в том числе и клееных, прежде всего в деревянном домостроении. Были разработаны и утверждены своды правил СП 451.1325800.2019 «Здания общественные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования», а также СП 452.1325800.2019 «Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций.

Правила проектирования», которые дают возможность проектировать жилые многоквартирные и общественные здания с применением деревянных конструкций высотой до 28 метров. В 2022 году были разработаны и утверждены СП 515.1325800.2022 «Здания из клееного деревянного бруса. Правила проектирования и строительства», с применением в них стен из клееного деревянного стенового

бруса и СП 516.1325800.2022 «Здания из деревянных срубных конструкций. Правила проектирования и строительства».

В 2015 году введен в действие ГОСТ 20850–2014 «Конструкции деревянные клееные несущие. Общие технические условия», который теперь устанавливает «единые требования к несущим клееным деревянным конструкциям, а также к их производству, методам испытаний, приемке, хранению, транспортированию и условиям эксплуатации».

В последние годы деревянные конструкции в значительно большем объеме используются в жилищном строительстве, при этом главным образом при строительстве индивидуального жилья.

По итогам 2022 года, по данным Росстата, общая площадь введенного в эксплуатацию индивидуального жилья с деревянными стенами составила 14,2 млн м<sup>2</sup>, или 24,8% от общего объема площади индивидуальных жилых домов, что на 31% больше, чем в 2021 году. Большая часть – это частные жилые дома, построенные наемными бригадами или хозяйственным способом. С использованием деревянных конструкций возведено 132 многоквартирных дома общей площадью 23,2 тыс. м<sup>2</sup>, что составляет около 1% от всех построенных многоквартирных домов.

Стратегией развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года планируется к 2030 году увеличение объемов деревянного домостроения до 20% всего жилищного строительства.

Существенный урон имиджу отрасли деревянного домостроения наносит «серый» рынок, доля которого, по разным оценкам, составляет от 40 до 60% в общем объеме жилищного малоэтажного строительства. Засилье в деревянном домостроении частных и кустарей обусловлено разницей в цене, достигающей 50% между кустарным и индустриальным способами производства. Обращение клиентов к непроверенным строителям не гарантирует качественного результата. Нередко здания строятся без соблюдения строительных норм и правил и не отвечают требованиям Федерального закона N 384-ФЗ от 30 декабря 2009 года «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Из-за низкого качества деревянных домов, возведенных наемными бригадами или хозяйственным способом, у потребителей формируется мнение о небезопасности, недолговечности, и низком качестве деревянных домов.

К сожалению, имеются случаи, когда без соблюдения строительных норм и правил строят и общественные здания. Примером подобного строительства может служить спортивный корпус, сданный в эксплуатацию в конце 2000 г. в одном из областных центров России (рисунок 1).

Конструктивная схема здания – каркасная, с жестким сопряжением колонн с фундаментами в плоскости рамы. Колонны дощато-клееные сплошного сечения, фермы покрытия – дощатоклееные с нагельными соединениями в узлах (рисунки 2-4).

В результате низкого уровня профессионализма специалистов проектной организации, отсутствия систем качества в проектной организации и производстве конструкций, дощатоклееные фермы покрытия были изготовлены с дефектами, которые делали невозможным их использование при строительстве, тем не менее здание с такими фермами было возведено. Сразу после возведения здания его покрытие находилось в аварийном состоянии. Аварийное состояние ферм покрытия характеризуется наличием нижеприведенных дефектов изготовления и повреждений, свидетельствующих об исчерпании несущей способности и опасности обрушения:



Рисунок 1 – Общий вид спортивного корпуса

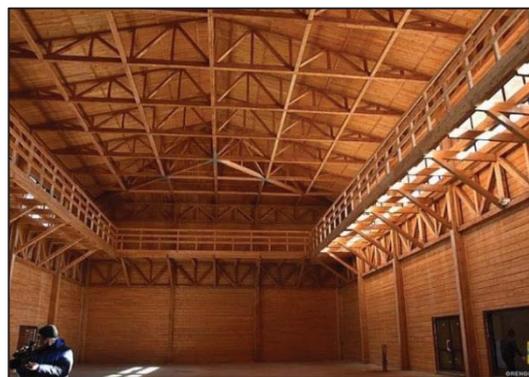


Рисунок 2 – Спортивный зал, перекрытый дощато-клееными фермами

## О НЕОБХОДИМОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ ИЗ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ



Рисунок 3 – Опорный узел фермы после усиления. В двух нижних досках вместо соединений на зубчатый шип – отверстия



Рисунок 4 – Промежуточные узлы фермы верхнего и нижнего пояса. В трех нижних досках вместо соединений на зубчатый шип – отверстия

1. Расслоение по клеявым швам клееных деревянных элементов фермы (рисунки 3, 4).

Усиление расслоившихся нижних поясов было выполнено постановкой стянутых

*ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ № 1 2024*

шпильками накладок из стальных пластин. Данное усиление также свидетельствует о некомпетентности специалистов как его запроектировавших, так и выполнявших работы по усилению, поскольку кроме расслоения клееных пакетов, соединения досок по длине на зубчатый шип были выполнены с нарушением технологических требований в результате между торцами стыкуемых досок имеются зазоры (рисунки 3-6). В период эксплуатации эти зазоры попытались скрыть, вставив в них вкладыши на клею (рисунки 3-6).

Изготовление деревянных клееных несущих конструкций, как устанавливает ГОСТ 20850-2014 [1], возможно только на специализированных предприятиях по производству клееных деревянных конструкций при наличии соответствующего оборудования, производственных помещений и т.д. В перечне условий указаны также: «д) квалифицированных кадров, обладающих профессиональной подготовкой; е) проектной, технологической и нормативной документации на конструкции и процесс их изготовления».

Очевидно, что на предприятии, изготовившем фермы, квалифицированные кадры отсутствовали в принципе, как и проектная, технологическая и нормативная документация на конструкции.

2. При изготовлении растянутых деревянных элементов ферм применялись доски, часть из которых была из древесины 3-го сорта. Например, на рисунке 3 верхняя доска нижнего пояса – с загнившим сучком, выходящим на кромку, и с размером сучка более  $\frac{1}{2}$  толщины доски; на этом же рисунке верхняя доска верхнего пояса с размером сросшегося здорового сучка более  $\frac{2}{3}$  толщины доски. Согласно нормам ограничения пороков в пиломатериалах для сортов, приведенных в ГОСТ 8486–88 [2] – это доски 3-го сорта. Древесина 3-го сорта не может применяться в элементах, работающих на растяжение. Для таких элементов третьего сорта в таблице 3 СП 64.13330.2017 [3] нет расчетных сопротивлений древесины.

Даже сжатые элементы металлодеревянных ферм в типовых конструкциях, например, в серии 1.063.9–3 «Фермы металлодеревянные треугольные пролетом 18 и 21 м для покрытий одноэтажных зданий межвидового назначения. Указания по применению. Технические условия. Рабочие чертежи» должны выполняться клееными из слоев древесины сосны или ели 2-го сорта.

3. При изготовлении деревянных элементов ферм нарушено требование п. 8.5,6 СП 64.13330.2017: «Для конструкций 1 и 2а



Рисунок 5 – Нижний пояс фермы. В четырех досках из шести вместо соединений на зубчатый шип – отверстия

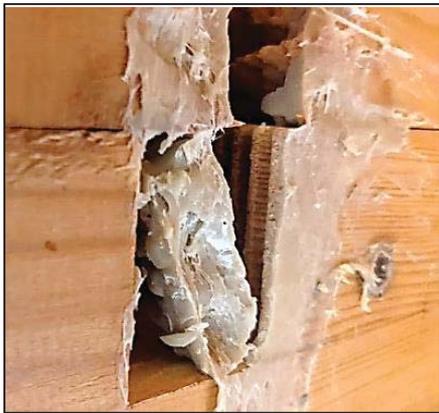


Рисунок 6 – «Соединение» досок на зубчатый шип. В нижней доске виден вкладыш, с помощью которого пытались скрыть отсутствие соединения профилированных поверхностей стыкуемых досок

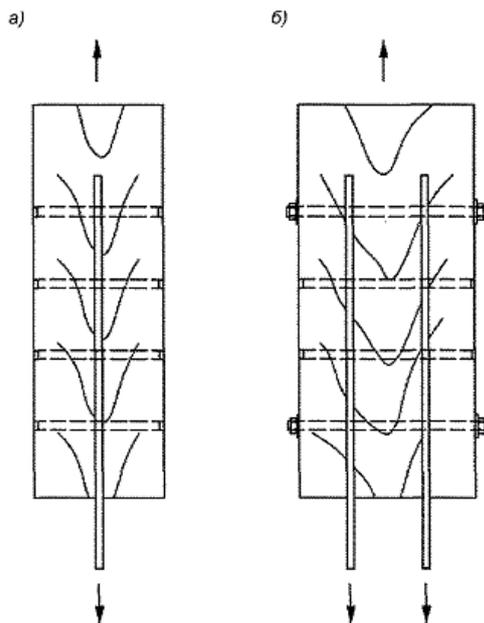


Рисунок 7 – Нагельные соединения с прокладками: а – на нагелях; б – на нагелях и шпильках (рисунок 3 из ГОСТ Р 56711–2015)

классов функционального назначения (приложение А) зубчатые шипы не должны совпадать более чем в 25% слоев в одном сечении пакета, а для изгибаемых, растянуто-изогнутых и сжато-изогнутых элементов не более чем в 25% слоев в растянутой зоне сечения, при этом за одно сечение принимается участок длиной 10 толщин слоя». Толщина клеенных слоев всех элементов ферм – 33 мм. При высоте сечения пакета в 6 досок в одном сечении клееного пакета может быть только один стык. Стыки в каждом слое должны смещаться относительно друг друга не менее чем на 330 мм. На рисунке 5 видно, что в одном сечении растянутого пояса зубчатые шипы совпадают в четырех слоях из шести. Поскольку доски на зубчатый шип фактически не состыкованы, то в данном сечении растягивающее усилие воспринимают только две доски из шести. Нарушение требований п. 8.5,б СП 64.13330.2017 – неустраняемый дефект – дефект, устранение которого технически невозможно.

Пояснение: согласно указаниям таблицы А.1. из СП 64.13330.2017 клеенные несущие конструкции пролетом более 7,5 м и менее 60 м, а пролет ферм на рассматриваемом объекте находится в этом диапазоне, относятся к классу 2а.

4. Для соединения поясов между собой и с элементами решетки использованы нагельные соединения с прокладками на саморезах. В пункте 6.5 ГОСТ Р 56711–2015 [4] сказано: «Для крепления накладок из различных материалов используют болты, шпильки, винты различных типов и гвозди (рисунок 2), для крепления прокладок – нагели, болты и шпильки (рисунок 3)». То есть стандарт устанавливает, что в нагельных соединениях с прокладками (рисунок 7) нельзя использовать саморезы.

Это очевидно, поскольку тонкие стальные прокладки, собственно, как и накладки, не должны передавать усилия через шлицы нарезанной части саморезов в виду малой площади шлицев, контактирующей с прокладками (накладками) малой толщины. В результате при эксплуатационных нагрузках возникли значительные деформации сдвига и трещины в деревянных элементах решетки (рисунки 3, 4, 8), многие соединения исчерпали несущую способность, фермы с такими соединениями находятся в аварийном состоянии.

Вышеуказанные дефекты и повреждения дощатоклеенных ферм покрытия свидетельствуют:

## О НЕОБХОДИМОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ ИЗ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ



Рисунок 8 – Раскалывание древесины вдоль волокон по оси продольного ряда саморезов

- о низком уровне квалификации специалистов проектной организации, которые при проектировании ферм проигнорировали требования нормативных документов;
- о неэффективности экспертизы проектной документации, которая не соответствовала требованиям технического регламента «О безопасности зданий и сооружений», но получила положительное заключение;
- о несоблюдении технологической и нормативной документации при производстве дощатоклееных конструкций;
- об отсутствии систем обеспечения качества и сертификации конструкций;
- об отсутствии контрольных испытаний дощатоклееных конструкций;
- об отсутствии входного контроля рабочей документации, предоставленной застройщиком, со стороны лица, осуществляющего строительство;
- о неэффективности государственного строительного надзора;
- о некомпетентности специалистов эксплуатирующей организации.

В заключение следует сказать, что при строительстве объектов спортивного назначения в большинстве случаев целесообразно

и экономически оправдано применение деревянных клееных конструкций в качестве несущих конструкций покрытий.

Накопленный опыт проектирования и эксплуатации зданий и сооружений с использованием деревянных клееных конструкций подтверждает их высокую надежность и долговечность.

Однако негативный опыт строительства зданий, подобных выше рассмотренному, ведёт к очередной волне разочарования и снижения интереса к дощатоклееным конструкциям.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 20850–2014. «Конструкции деревянные клееные несущие. Общие технические условия» : дата введения 2015-07-01. – Москва, 2015. – 19 с.
2. ГОСТ 8486-88. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия: дата введения 1988-01-01. – Москва, 2007. – 9 с.
3. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Несущие и ограждающие конструкции : актуализир. ред. СНиП II-25-80 : дата введения 2017-08-28. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 96 с.
4. ГОСТ Р 56711-2015. Соединения нагельного типа для деревянных конструкции. Технические условия : дата введения 2016-05-01. – Москва, 2016. – 19 с.

**Юрина Юлия Сергеевна** – студент группы СУЗ-81 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: silkeleds@gmail.com;

**Халтурин Юрий Васильевич** – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: khalt.yuriy@mail.ru.

## ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ С. КРАСНОЩЕКОВО АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Ю. С. Юрина, Б. М. Черепанов

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

*В статье затронута тема актуальности инженерной защиты территорий от затопления. Приведены наиболее распространенные защитные мероприятия. В качестве объекта рассмотрена инженерная защита с. Краснощеково Алтайского края. Систематизирована информация о паводковой ситуации на данной территории, приведены проектные решения касательно инженерной защиты.*

**Ключевые слова:** инженерная защита, затопление, защита от затопления, сплошная подсыпка, дамбы обвалования, половодье, паводок.

Проблема затопления территорий является актуальной как для больших городов нашей страны, так и для малых населенных пунктов. С учетом тенденции климатических изменений, а также природных факторов, влияющих на русла и водосбор рек, возникает необходимость выбора и оптимизации мероприятий по инженерной защите территорий от затопления для обеспечения требуемого уровня безопасности.

Инженерная защита затопляемых территорий должна обеспечивать их бесперебойное функционирование, охрану окружающей среды, а также устранять отрицательные воздействия затопления [2].

Выделяют следующие мероприятия для защиты территорий от затопления:

- сплошная подсыпка территории до незатопляемых отметок;
- устройство дамб обвалования;
- уменьшение расходов рек;
- увеличение пропускной способности русла;
- применение нагорных канав для организации отвода стока;
- использование насосных станций и дренажных систем.

Сплошная подсыпка обычно осуществляется путем вертикальной планировки и ограничивается земляными работами. Отвод поверхностных и, по необходимости, грунтовых вод выполняется стандартными способами. Обычно сплошную подсыпку используют на небольших территориях с наличием запасов грунта. Она требует больших объемов работы по сравнению с другими способами, но при этом учитывает архитектурные и планировочные требования, обеспечивая свободный доступ к водной поверхности. Однако ее нельзя выполнять на уже застроенных

территориях и в местах с ценными зелеными насаждениями.

Создание дамб обвалования на затопляемых территориях более преимущественно, потому что требует значительно меньших объемов земляных работ. Однако необходимо предпринимать специальные меры для обеспечения стока поверхностных вод из-за наличия дамб. Дамбы обвалования чаще применяют на больших территориях и на местах с капитальной застройкой и ценными архитектурно-историческими объектами.

Для увеличения пропускной способности русла реки и обеспечения более низких уровней можно провести углубление, расчистку и расширение русла, а также увеличить его продольный уклон. Это позволит снизить уровень воды в реке и, следовательно, расчетную отметку поверхности или верха дамбы. Такой метод требует больших объемов земляных работ и обычно используется на малых реках.

Размещение и использование водохранилищ на верхнем течении реки перед населенным пунктом позволяют сократить максимальные расходы воды, задерживая часть стока. Строительство и обслуживание таких водохранилищ, которые регулируют уровень воды в реках, требует значительных объемов работ, особенно для рек с большими стоками. Наиболее эффективным данный метод является в случае комплексного использования водохранилищ для энергетики, судоходства и прочих целей.

Нагорные канавы обычно используются для обслуживания малых водосборов и отвода воды из низинных участков, а также при строительстве автомобильных дорог.

Данные мероприятия допускаются выполнять как по отдельности, так и комплексно. Сочетание различных методов инженер-

## ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ С. КРАСНОЩЕКОВО АЛТАЙСКОГО КРАЯ

ной защиты гарантирует большую эффективность, но принятие данного решения всегда зависит от технико-экономического обоснования для того или иного объекта.

В результате паводков, случившихся на территории с. Краснощеково в 2014 и 2018 годах, было размыто 39 м существующих дамб, 1140 м автомобильной дороги. Негативному воздействию рек Чарыш и Землянка подверглись 314 усадеб населением 1308 человек в 2014 году (рисунок 1) и 1425 приусадебных участков с 419 домами, в которых проживали 3416 жителей в 2018 году (рисунок 2) [1].

Краснощёковский район расположен в южной части Алтайского края, граничит с Усть-Калманским, Шипуновским, Чарышским, Курьинским районами. Административным центром является село Краснощёково, расположенное в 316 км от г. Барнаула.

Село Краснощеково расположено на левом берегу реки Чарыш. Через все село, разделяя его на две части, протекает река Землянка. Русло реки Землянка частично обваловано ограждающими дамбами. Дамбы построены хозспособом, полуразрушены, заросшие травой, без крепления.

Во время половодья река Землянка находится в подпоре от высоких уровней воды в реке Чарыш. В многоводные годы территория села Краснощеково затапливается высокими уровнями реки Чарыш. Так как существующие ограждающие дамбы полуразрушены и расположены не на всем протяжении участка затопления, при подпоре рекой Чарыш часть села затапливается водами реки Землянка.

Годы с многоводными половодьями наблюдаются раз в 5-10 лет. Выдающиеся по высоте половодья отмечены в 1956, 1969, 1971, 1983, 1993, 2014, 2018 годах. Однако в последние 10-12 лет случаи возникновения чрезвычайных ситуаций в с. Краснощеково, вызванные затоплениями речной водой, резко участились и достигли своего апогея в 2014 году. Связано это, по всей видимости, с глобальными изменениями климатических условий.

В результате паводка берег в некоторых местах был смыт на 5 метров (рисунок 3).

В результате сложившейся паводковой ситуации было принято решение об инженерной защите села. В качестве защиты был выбран комплексный метод, включающий в себя отсыпку дамб обвалования, дноуглубление рек для дополнительного водопонижения и спрямление русла р. Чарыш.

Защитные дамбы (рисунок 4) предназначены для предотвращения затопления территории села Краснощеково паводковыми водами.

Проектом предусматривается отсыпка защитных дамб привозным суглинистым грунтом, с последующей планировкой гребня и откосов до проектных параметров, крепле-



Рисунок 1 – Затопление с. Краснощеково, 2014 г.



Рисунок 2 – Затопление с. Краснощеково, 2018 г.



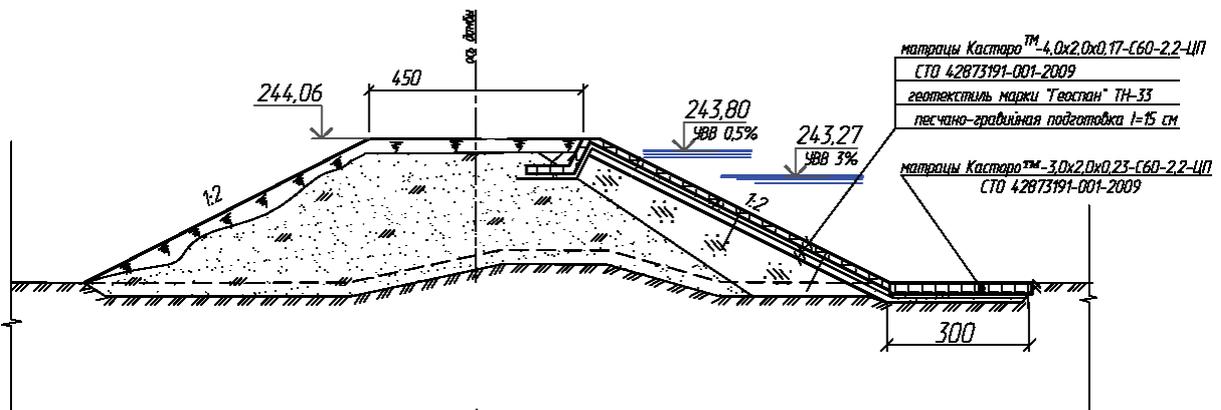
Рисунок 3 – Береговая линия вдоль р. Чарыш после затопления в 2014 г.



Рисунок 4 – Схема расположения защитных дамб для инженерной защиты с. Краснощеково



Рисунок 5 – Крепление откосов р. Землянка габионными конструкциями и стальным шпунтом



## ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ С. КРАСНОЩЕКОВО АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Рисунок 6 – Конструкция участка дамбы

ние откосов камнем, габионными конструкциями и шпунтовой стенкой, дноуглубление русла р. Землянка, дноуглубление и спрямление русла р. Чарыш (рисунок 5). Общая протяженность защитных дамб составляет 62006 м.

В соответствии с Общим сейсмическим районированием территории Российской Федерации сейсмичность с. Краснощеково 7 баллов при уровне сейсмической опасности «А». Категория грунтов по сейсмическим свойствам II.

Для восприятия конструкциями сейсмической нагрузки предусмотрены следующие антисейсмические мероприятия:

- предусмотрен уширенный поперечный профиль в нижней части дамб;
- крепление откосов каменной наброской, габионными конструкциями и стальным шпунтом.

Ширина по гребню от 3 до 6,0 м, минимальная ширина принята из-за стесненных условий.

Верховой откос на некоторых участках дамбы крепится каменной наброской толщиной 1,20 м по слою геотекстиля с песчано-гравийной подготовкой толщиной 0,15 м. Также предусмотрено крепление верхового откоса матраснотюфячными и коробчатыми габионными конструкциями (рисунок 6). Матрицы также укладываются по слою геотекстиля с песчано-гравийной подготовкой.

В дамбе № 4 на участке со стороны реки Землянка погружается стальной шпунт вследствие стесненных условий (рисунок 5). Общая протяженность участка, закрепляемого стальным шпунтом составляет 70 м. Стальной шпунт должен быть полностью защищен от коррозии в заводских условиях, на строительной площадке производится восстановление покрытия, поврежденного в процессе транспортирования, хранения и монтажа.

Протяженность участка дноуглубления р. Чарыш составляет 195 м, для реки Землянка – 1199 м. Средняя глубина разработки составляет 0,5 м, ширина по дну – 22 м с заложением откосов 1:3. Весь разработанный грунт используется для отсыпки защитных дамб в виде верховой призмы на суглинистое тело дамбы.

Дноуглубление русла производится для дополнительного понижения уровня воды на данном участке инженерной защиты. Понижение уровня достигается за счет увеличения

пропускной способности русла и снижения коэффициента шероховатости при удалении перекатов и отмелей.

Спрявление русла р. Чарыш предусмотрено на трех участках.

Для пропуска ливневых вод через тело дамб в пониженных местах укладываются водопроводящие стальные трубы, диаметр которых определен расчетом пропускной способности. Водопроводящие трубы оборудуются задвижками, которые должны закрываться при высоких уровнях в рек Чарыш и Землянка.

Таким образом, реализация проекта должна решить проблему инженерной защиты села от затопления прибрежных территорий, а также способствовать дальнейшему восстановлению и развитию сельскохозяйственных земель и земель поселения.

Постепенно была начата работа по строительству инженерной защиты, на данный момент дамба находится на завершающей фазе строительства. За время возведения инженерная защита показала себя наилучшим образом – все напоры стихии были успешно отражены. В дальнейшем защитные дамбы будут озеленены и благоприятным образом впишутся в концепцию благоустройства села Краснощеково.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Министерство природных ресурсов и экологии Алтайского края (Минприроды Алтайского края): Официальный сайт. – Режим доступа: <https://minprirody.alregn.ru/>.
2. СП 104.13330.2016. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85. – М. : НИЦ Строительство, 2017. – 36 с.
3. Швецов, Г. И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты: учебник для вузов по специальности «Строительство» / Г. И. Швецов. – М. : Высшая школа, 1987. – 296 с.

**Юрина Юлия Сергеевна** – студент группы СУЗ-81 ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [silkeleds@gmail.com](mailto:silkeleds@gmail.com);

**Черепанов Борис Михайлович** – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [bmcher@mail.ru](mailto:bmcher@mail.ru).

## CONTENTS, ABSTRACTS AND KEYWORDS OF PAPERS

### ON THE ACCURACY OF WORKING DOCUMENTATION AND OPTIMIZATION OF LABOR COSTS FOR THE DEVICE THE FOUNDATION PLATE OF A MONOLITHIC BUILDING WITH THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY MODELING

**B. F. Azarov, O. V. Gryaznova**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article discusses the accuracy of obtaining high-quality working documentation at minimal cost using the example of evaluating the accuracy of specifications of foundation plate elements obtained as a result of manual calculation and from the Autodesk Revit automated design system. In this regard, an information model of an apartment building was developed based on the design documentation in this software package. A comparative analysis of these specifications was also performed. The article discusses the main reasons for the introduction of information modeling technology in construction. The method of transition from two-dimensional design to three-dimensional modeling is described, as well as the advantages of using the latter. Based on the results of the study, conclusions were drawn both about the accuracy of obtaining working documentation, depending on the choice of calculation tools, and about optimizing labor costs.*

**Keywords:** information model, working documentation, reinforcement, foundation plate, AutoDesk Revit, AutoCad.

### DEVELOPMENT OF INFORMATION MODEL RECONSTRUCTION OF SEWER TREATMENT FACILITIES IN THE CITY OF KAMEN-NA-OBI

**B. F. Azarov, A. E. Savitsky**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article discusses the issue of reconstruction of sewage treatment facilities in the city of Kamen-na-Obi using information modeling. The described treatment facilities were designed and built based on the volumes of wastewater in 1969 and without taking into account the increase in the city's population. As of 2024, the city's population has increased significantly, as has the volume of wastewater produced by the city, despite a decrease in the city's industrial sector. Based on the results of an examination of engineering structures and a study of materials from the organization of the municipal unitary enterprise «Kamenskie Teplovie Seti», conclusions were drawn about the possibility of reconstructing sewerage structures and a corresponding design model was developed. The article describes the possibilities of using information modeling in reconstruction, namely the Autodesk Autocad and Autodesk Revit software package.*

**Keywords:** reconstruction, sewerage, sewage treatment plants, information modeling, 3D model, survey, Revit, Autocad.

### STUDY OF MODERN METHODS OF STRENGTHENING FOUNDATIONS OF BUILDINGS AND STRUCTURES OF ARCHITECTURAL MONUMENTS AND THEIR ADAPTATION TO MODERN USE

**L. N. Amosova, V. V. Doronina**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*Strengthening the foundations of buildings and structures of architectural monuments is a unique direction in modern construction, since such objects require special attention to the preservation of their historical and architectural value. Modern methods include: injection strengthening, reinforcement with composite materials, reinforcement using high-strength reinforcement, the use of new technologies to create stronger and longer-lasting foundations. Each has its own advantages and disadvantages, but they are united by the use of innovative materials and technologies that allow you to strengthen existing structures.*

**Keywords:** strengthening of foundations, modern methods, architectural monuments, reconstruction, foundations, adaptation to modern conditions.

### STUDY OF MODERN METHODS OF STRENGTHENING THE FOUNDATIONS OF BUILDINGS AND STRUCTURES

**L. N. Amosova, G. V. Legalova**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article discusses the methods of strengthening and fixing the foundations of buildings and associations. In this regard, the factors affecting the bearing capacity of the foundation soils were analyzed. Modern methods of strengthening and fixing the foundations of buildings and structures are described. It is indicated that the choice of the method depends on the type of existing foundation, the degree of physical wear, the features of engineering and geological bedding, the level of groundwater and the structural scheme of the building.*

**Keywords:** soil base, negative factors, soil reinforcement, foundation fixation, bearing capacity, silicatization, thermal fixation, electrochemical fixation, transfer of part of load to lower soil, sheet metal walls.

### ANALYSIS OF BUILDING REINFORCEMENT METHODS IN SEISMIC HAZARDOUS AREAS OF CHINA, JAPAN, SOUTH KOREA, PERU, RUSSIA

**L. N. Amosova, I. V. Legalova**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article discusses the methods of erecting buildings in seismic areas of countries. Use of seismic building structures, design methods and materials capable of withstanding earthquake forces. Structures often include reinforced concrete, steel framing structures, or a combination thereof. Taking into account the requirements of the provisions of construction technologies in seismic hazardous areas and similar regulatory documents, each country uses its own nec-*

## CONTENTS, ABSTRACTS AND KEYWORDS OF PAPERS

essary methods of erecting and protecting buildings. In this regard, various ways of strengthening structures and protecting buildings from the influence of the dynamics of this-smic processes were analyzed.

**Keywords:** seismic, seismic hazardous areas, seismic insulation, protection of buildings and structures, construction technology, building reinforcement, foundation deepening, building components, parametric methods, pendulum bearings, geomembranes.

### ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF STRUCTURAL SOLUTIONS OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS ON THE TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION OF LARGE-PANEL BUILDINGS

**O. S. Annenkova, V. A. Karpova**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses the types of non-existent reinforced concrete structures used in large-panel housing construction. During the study, the main types of reinforced concrete elements, their properties and features of application in construction were studied. Frequently used solutions for vertical panel joints are considered. The article provides an idea of how the adopted design decisions affect the installation process and the quality of buildings..

**Keywords:** large-panel housing construction, structural scheme, frameless scheme, single-layer wall panel, multi-layer wall panel, solid-section floor slab, hollow floor slab, welded joint, welded joint.

### APPLICATION OF REVIT PC TO OPTIMIZE THE WORK OF PRODUCTION AND TECHNICAL DEPARTMENT IN CONSTRUCTION BY THE EXAMPLE OF CALCULATING THE VOLUME OF BRICK MASONRY

**O. S. Annenkova, A. E. Mironenko**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses the issues of drawing up specifications in Revit and the possibility of using it to optimize the work of the production and technical department.

**Keywords:** Revit, 3D model, specification, production and technical department.

### ANALYSIS AND INCREASING THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTION OF FELDsher-MIDWIFE STATIONS IN RURAL AREAS OF THE ALTAI REGION

**O. S. Annenkova, M. R. Khudyakova**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article analyzes the increase in the efficiency of the construction of paramedic-obstetric stations in rural areas of the Altai region.

**Keywords:** paramedic and obstetric center, medical institution, block module, frame.

### ANALYSIS OF DESIGN AND TECHNICAL FEATURES AND POSSIBILITY OF USING MODERN LEVEL FLOORING FOR PUBLIC PREMISES

**K. S. Antropova, V. N. Lyutov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

A review and analysis of the design and technical features, possibilities and prospects of using modern self-leveling floors in public premises in relation to the conditions of Barnaul is provided; types of self-leveling floors, their technical and operational parameters, features of the technology for constructing self-leveling floors are considered.

**Keywords:** design and technical features of self-leveling floors, construction of self-leveling floors, types and characteristics of self-leveling floors, public premises.

### VENTILATION SYSTEM DESIGN IN AUTODESK REVIT

**V. A. Berezhnova, I. A. Bakhtina**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The features of designing ventilation systems in the AUTODESK REVIT software package are considered.

**Keywords:** ventilation system, design, Revit software, model, families.

### THE INFLUENCE OF THE DIMENSIONS OF THE RETAINING WALL ON THE STABILITY WHEN DESIGNING ON SUBSIDENT CLAY SOILS

**A. V. Bochkareva, B. M. Cherepanov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses the influence of the dimensions of the retaining wall on its stability during the construction of this type of retaining structure on clay soils with subsidence properties. This type of soil is characterized by low stability and a tendency to collapse, subsidence soils are ubiquitous in the territory of the city of Barnaul. The purpose of the study was to identify the most rational solution by selecting the dimensions of the retaining wall to protect against landslides and landslides of the construction site. Stability calculations were performed for retaining walls at different sizes, Based on the results obtained, we come to the general conclusion that it is irrational to increase the depth of the foundation of the substructure on subsident clay soils. A retaining structure with an increased depth of laying will be less stable, unlike a structure with an increased width of the sole. When creating the slope of the back face of the retaining wall, a component of vertical forces arises.

**Keywords:** massive retaining walls, subsident loess soils, stability of retaining walls, active pressure, holding force, angle of friction of the soil, engineering protection, economic benefit.

**EVOLUTION OF THE SOCIAL SYSTEM AND PROBLEMS IN THE TECHNOLOGICAL INDUSTRY OF BUILDING MATERIALS PRODUCTION**

**Ya.Yu. Verigina, E. S. Musalitina, A. A. Verigin**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article analyzes the demographic situation of the planet's regions and social problems in energy consumption. The construction industry stands out in terms of technology for the production of finely dispersed media and the need to optimize the parameters of grinding equipment. The high energy intensity of obtaining finely dispersed products is noted and a method is proposed for optimizing the operation of grinding equipment in order to reduce energy consumption when obtaining materials with specified technology requirements.*

**Keywords:** social systems, demography, regions, materials, microparticles, empirical dependencies, grinding, defectiveness, structural lattice, energy, parameters, optimization, work processes.

**FEATURES OF EXPORTING THE ANALYTICAL MODEL OF A METAL TRUSS FROM AUTODESK REVIT TO DESIGN SOFTWARE SYSTEMS**

**N. A. Vostryakov, A. A. Kikot**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The calculation and verification of sections of a steel truss, the model of which was created in Autodesk Revit, is considered. The methodology and sequence of transferring the analytical model to the design software: LIRA 10, LIRA CAD, SCAD Office are described. The analysis and comparison of the obtained calculation results are performed. The problems that arise in the process of transferring the model are studied. Recommendations are given on the choice of a tool for calculating metal structures.*

**Keywords:** steel truss, design of steel structures, analytical model, export, import, Autodesk Revit, LIRA 10, LIRA SAPR, SCAD Office.

**DESIGNING LONGITUDINAL PROFILES OF OUTDOOR WATER SUPPLY NETWORKS IN NANOCAD GEONICS**

**M. Yu. Vyatkina, I. A. Bakhtina**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The basics of modeling outdoor water supply networks and the method of constructing longitudinal profiles in the nanoCAD Geonics program are considered.*

**Keywords:** outdoor water supply network, nanoCAD Geonics, information model, construction of a longitudinal profile.

**ANALYSIS AND JUSTIFICATION OF THE APPLICATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR REPAIRING CRACKS IN BRICK MASONRY USING SCREW RODS AND SPIRAL ANCHORS**

**V. M. Galchin, V. N. Lyutov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*An analysis and justification of an innovative technology for strengthening the structure and repairing cracks in brickwork of buildings using spiral anchors and screw rods made of stainless steel is provided; The features of the technology of reinforcement and repair, both traditional and innovative, are considered, the advantages and disadvantages of each method are identified, which should be relied upon when choosing solutions for repairing cracks in brick walls of buildings.*

**Keywords:** traditional and innovative technologies, strengthening of structures, brickwork, repair of cracks in brickwork, spiral anchors, screw rods.

**AN OVERVIEW OF SOIL MODELING METHODS IN THE MIDAS GTS NX AND LIRA 10.10 SOFTWARE PACKAGES.**

**T. M. Zakharova, B. M. Cherepanov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article discusses the software complexes «Midas GTS NX» and «LIRA 10.10», each of which can be used to create soil models. Special attention is paid to the modeling methodology used in these programs, as well as the methods of calculating the bases. The analysis and evaluation of each of the methods has been carried out. Based on the results, a conclusion was made about choosing the most suitable complex for creating a model of a soil foundation.*

**Keywords:** modeling, Midas GTS NX, PC LIRA 10.10, soil model, isotropic materials, orthotropic materials.

**APPLICATION OF AUTOMATED SYSTEMS MONITORING DURING THE CONSTRUCTION AND OPERATION OF BUILDINGS AND STRUCTURES**

**E. V. Kairova, A. V. Volf**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*This article provides an overview of the service systems currently used in the construction and operation of buildings and structures: principles of operation, properties, installation.*

**Keywords:** automated systems, monitoring of buildings and structures, accelerometer, strain gauges, inclinometer, piezometer.

**DIFFERENT METHODS FOR CALCULATING SHELLS**

**I. K. Kalko, M. A. Podyapolskaya, E. S. Stepanova**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article provides a comprehensive overview of the ways in which a hollow shell can be calculated using various methods and programs. An example of calculating a shell in the MathCAD program is given, as well as calculating the*

## CONTENTS, ABSTRACTS AND KEYWORDS OF PAPERS

problem using the SCAD and Lira CAD software systems. Diagrams of some active forces, displacements, as well as their values in characteristic sections of the shell are given. A conclusion is drawn about the discrepancies in the results obtained, and an assessment of the suitability of various methods for calculating shallow shells is given.

**Keywords:** calculation of a shallow shell, MathCAD, SCAD, Lyra CAD, FEM, stress isofields, Gaussian curvature, differential equations, middle surface, model.

### SELECTION OF THE MOST RATIONAL STRENGTHENING OF A METAL BEAM BY INCREASING THE SECTION

**D. A. Koshkarev, E. V. Verbitskaya, I. O. Verbitsky**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses the question of how the cross-section of a metal beam should be increased so that it can withstand a bending moment that it cannot initially withstand, and so that the area (and, as a consequence, material costs) increases minimally.

**Keywords:** metal beam, I-beam, increasing the cross-section, rationalization, strengthening the beam.

### APPLICATION OF NON-LINEARITY IN THE CALCULATION OF CANOPIES IN THE LIRA SOFT

**K. A. Krasulina, G. M. Busygina**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The design of structures is considered taking into account geometric and constructive nonlinearity. The features of the formation of the calculation scheme in the Lira Soft PC using nonlinear finite elements are presented. The calculation results are considered and a comparison with the linear model is given.

**Keywords:** Lira Software, calculation scheme, nonlinearity, finite element, calculation of structures.

### A COMPLEX OF MEASURES FOR THE PRESERVATION OF THE CULTURAL HERITAGE SITE «POWER PLANT»

**K. A. Krasulina, Yu. S. Yurina, L. N. Pantyushina, E. V. Verbitskaya**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article touches on the topic of the relevance of preserving cultural heritage sites. A historical background on the facility has been compiled and the historical appearance of the building has been presented. The stages of inspection of the object's structures are presented, the detected defects are documented, and an assessment of the condition of the structures is given. The article provides recommendations for restoring the condition of a cultural heritage site and preserving its historical appearance.

**Keywords:** cultural heritage site, preservation of cultural heritage sites, survey, architecture.

### OVERVIEW OF EXISTING SEISMIC PROTECTION METHODS BUILDINGS AND STRUCTURES

**R. A. Kulikov, E. I. Vyatkina**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article is devoted to the review of methods of seismic protection of foundations of buildings and structures. The following systems are considered in detail: systems with a flexible lower part of the supporting structure of the building, systems with suspended supports, systems with kinematic supports, rubber-metal supports, systems with increased damping, systems with seismic insulating sliding supports and sliding belts, dynamic vibration dampers, combined seismic protection systems.

**Keywords:** supports, dampers, dampers, seismic protection of foundations, sliding belts, dynamic dampers.

### JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE MINI-CHP OF THE KONTI ENTERPRISE

**V. V. Logvinenko, D. A. Vyazigin**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The issues of substantiating the parameters of the mini-CHP of the Konti enterprise are considered, the gas piston units AG-100S-T400-R YaMZ and AG-200S-T400-R YaMZ are selected according to the load, tariffs for electric and thermal energy of the mini-CHP are calculated.

**Keywords:** boiler house «Konti», gas piston mini-CHP, units AG-100S-T400-R YaMZ, AG-200S-T400-R YaMZ, characteristics of electrical and thermal units, loads for electricity and heat generation, tariffs for electric and thermal energy of mini-CHP.

### ANALYSIS OF HANDLING DEVICES FOR PIPELINE LAYING

**T. E. Lyutova**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article provides a structured analysis and theoretical information about the features and capabilities of lifting devices during installation and laying of pipelines using assembly cranes and pipe-laying cranes, and provides characteristics and recommendations for the use of lifting devices and devices when laying pipelines.

**Keywords:** pipeline, pipeline laying, load-handling devices and devices, pipe-laying crane.

### ANALYSIS OF POSSIBLE VARIABILITY OF DEVELOPMENT OF A SITE TO ACHIEVE THE GREATEST ECONOMIC BENEFITS

**D. S. Marfich, Ya. G. Mozgovaya**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

This article thoroughly examines issues related to the pre-design analysis of a building site, which in our time is becoming very important in the process of designing buildings and structures. This important stage of pre-project analysis of the development site is determined by the desire for competent development, which in turn allows the customer to maximize their benefits during the construction process. It is emphasized that this approach provides an opportunity to

## CONTENTS, ABSTRACTS AND KEYWORDS OF PAPERS

*carefully consider various scenarios for placing a building on a site, and analytical work or design analysis involves a comprehensive and «volumetric» identification of the «environmental situation». Carrying out a detailed consideration of the various options for the location of the building allows us to gain a deeper understanding: how the building will be integrated on the site, what is the largest area that can be effectively used, whether the planned building affects security zones, and also estimate the approximate cost of construction.*

**Keywords:** site development, economic benefit, design, urban architecture.

### ON THE ORGANIZATION AND TECHNOLOGY OF WORK TO COMBAT WINTER SLIPPERINESS ON THE ROADS OF THE ALTAI TERRITORY

**G. S. Merentsova, O. V. Agafonov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The main provisions on the organization and technology of work with winter slipperiness on the roads of the Altai Territory are given. The technology of preparation and storage of sand-salt mixtures is described, indicating the bases for the preparation and storage of these mixtures. The features of the distribution of sand-salt mixtures on a highway are noted, taking into account the norm of their distribution and the NaCl salt content at different ambient temperatures. Recommendations for optimizing the compositions of sand-salt mixtures are given.*

**Keywords:** sand-salt mixture, winter slipperiness, de-icing material, percentage of salt, combined road vehicles, cost of the sand-salt mixture.

### FEATURES OF CONSTRUCTION OF HIGHWAYS ON SALT SOILS

**G. S. Merentsova, D. Yu. Barakov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The basic provisions and technology of work on the construction of highways on saline soils are presented. The presence of saline soils in the Altai Territory and other regions of Russia, as well as in neighboring countries, is indicated. The main provisions and features of the technology for constructing roadbeds on saline soils are described. Recommendations are given for the use of rational transverse profiles of highway subgrades.*

**Keywords:** saline soil, roadbed, highway, construction technology, cross-section, embankment, slope, degree of salinity.

### IMPROVING THE OPERATIONAL RELIABILITY OF ASPHALT CONCRETE ROAD COVERINGS WHEN MODIFIED WITH AN ADHESIVE ADDITIVE OF HOT ASPHALTIC CONCRETE MIXTURE

**G. S. Merentsova, I. O. Doroshenko**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*Information is given on the effect of the binder modified with the adhesive additive AMDOR-12 on the physical and mechanical properties of asphalt concrete. The effectiveness of modification with an adhesive additive of an oil binder has been revealed, which made it possible to obtain modified asphalt concrete with improved physical and mechanical characteristics compared with traditional asphalt concrete.*

**Keywords:** adhesive additive, AMDOR-12, asphalt concrete, modification, highway, adhesion, hot asphalt concrete mix.

### THE USE OF CRACK-BREAKING LAYERS DURING MAJOR REPAIRS OF HIGHWAYS IN THE ALTAI REGION

**G. S. Merentsova, A. S. Klimenko**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article discusses one of the methods for delaying the development of cracks in asphalt concrete pavement – reinforcement. This technology allows you to prevent major deformations and destruction of asphalt concrete pavements. The article describes the experience of using crack-breaking layers during major repairs of highways in the Altai region.*

**Keywords:** highways, asphalt concrete pavement, reinforcement, geogrid, crack resistance, deformation, coating defects.

### ON INCREASING THE WATER RESISTANCE OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENTS OF HIGHWAYS MADE FROM HOT ASPHALT CONCRETE MIXTURES IN CONDITIONS OF HIGH HUMIDITY

**G. S. Merentsova, A. N. Kremlev**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The results of experimental studies on increasing the water resistance of asphalt concrete pavements of highways by introducing the polymer-mineral additive PKM-N into the hot asphalt-concrete mixture are presented. It has been established that this additive helps to reduce the water saturation of asphalt concrete by 1,8 times and significantly increase water resistance. The optimal content of the polymer-mineral additive PKM-N in the asphalt concrete mixture is recommended.*

**Keywords:** asphalt concrete pavement, hot mix asphalt concrete, polymer-mineral additive PKM-N, water saturation, water resistance, strength.

### ASSESSMENT OF STRENGTH, DEFORMATION CHARACTERISTICS OF PROPERTIES AND DEGREE OF COMPACTION OF THE ROADBED FROM ROCKY SOILS DURING THE CONSTRUCTION OF AUTOMOBILE ROADS IN MOUNTAINOUS CONDITIONS

**G. S. Merentsova, A. B. Khasenov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The methodological recommendations on the assessment of strength, deformation properties and degree of compaction of the roadbed from rocky soils in the construction of highways are given. It is advisable to evaluate the indica-*

## CONTENTS, ABSTRACTS AND KEYWORDS OF PAPERS

tors of these properties using an electronic dynamic soil density meter DPG-1.2 TFT. The design features of this device and the principle of its operation are given, when evaluating the deformation, strength properties and degree of compaction of the roadbed from rocky soils during the construction of highways.

**Keywords:** assessment, property indicators, strength indicators, deformation indicators, degree of compaction, rocky soil, roadbed, automobile road, soil density meter.

### SPATIAL ANALYSIS OF ACCIDENT RATES ON FEDERAL ROADS OF THE ALTAI TERRITORY

**I. M. Mikhailidi, A. V. Doineko**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article describes a method for using spatial analysis in GIS to identify the most accident-dangerous road sections and create interactive accident rate maps. The methodology was used to identify the most accident-prone road sections and create interactive accident rate maps. The methodology was used to identify areas of high accident rate on federal roads of the Altai Territory, which are the main transport and tourist arteries of the region, for which improving road safety is an urgent problem. Based on traffic police data on road accidents for 2022-2023, areas with a high concentration of road accidents were identified, and a geodatabase of accident rates was created, which can be used for annual analysis of situations on the roads.

**Keywords:** highways, Altai Territory, road safety, road traffic accidents, accident concentration areas, accident rates, accident rates, geographic information systems (GIS), linear coordinate system, spatial analysis, method for kernel density estimation for road accidents analysis.

### ANALYSIS OF THE APPLICATION OF ADJUSTABLE FOUNDATIONS BUILDINGS AND STRUCTURES

**I. V. Noskov, O. N. Khablova**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article discusses the causes of uneven deformations of the soil base, describes ways to protect buildings from uneven deformations. The methods of lifting and leveling buildings using adjustable foundations, as well as the technology of their construction, are considered. A practical example of the use of regulated foundations in Belovo, Kemerovo region is given. Based on the work performed, an analysis of the relevance of the use of regulated buildings and structures was carried out.

**Keywords:** ground foundation, building, structure, uneven deformations, adjustable foundations.

### FOR MONITORING DEFORMATION OF TANK BASES AND FOUNDATIONS DURING HYDROCARBON FIELD DEVELOPMENT

**I. V. Noskov, D. N. Cherepanov, A. V. Prokhorov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article provides an analysis of methods and measuring tools for monitoring the deformations of tank bases and foundations during hydrocarbon field development. A review of the regulatory, technical and guiding documentation regulating the implementation of geotechnical monitoring was carried out, problems in the legislation were identified. An overview of modern equipment for ground-based laser scanning has been performed.

**Keywords:** ground laser scanning, methodology, measurement methods, reservoir, deformations, roll, draft, safety, geodetic instruments, level, scanner.

### DEVELOPMENT OF DESIGN SOLUTIONS FOR THE PILOT SITE AT THE CONSTRUCTION SITE OF THE HIGHWAY «BYPASS OF SLAVGOROD» USING ASH AND SLAG MIXTURES OF CHP MUNICIPAL UNITARY ENTERPRISE «YATEK»

**G. I. Ovcharenko, V. L. Sviridov, A. V. Viktorov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article presents the results of laboratory studies of ash and slag mixtures of the combined heat and power plant of the municipal unitary enterprise Yarovskaya thermoelectric complex for the development of technical specifications for this product. The results obtained made it possible to propose several design solutions for the construction of an earthen track at the construction site of the highway «Bypass of the city of Slavgorod». A comparison of the cost of the proposed design solutions is given.

**Keywords:** highway, safety, roadbed, ash-slag mixture, slope, construction, combined heat and power plant, stability, cement.

### ENSURING THE DURABILITY OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES DURING THE RECONSTRUCTION OF INDUSTRIAL BUILDINGS

**M. A. Podyapolskaya, E. V. Verbitskaya, I. O. Verbitsky**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

The article provides an overview of ways to ensure the durability of reinforced concrete structures during restoration. Corrosion is one of the factors that directly affects the durability of the structure and contributes to its damage during operation, in this regard, special attention is paid to anti-corrosion protection methods during the implementation of the restoration project. The article describes the types of protection of reinforced concrete structures from corrosion, their scope of application and key protection methods.

**Keywords:** restoration, reinforced concrete structures, corrosion, anti-corrosion protection methods.

**METHODS OF MONITORING DEFORMATIONS OF BUILDING STRUCTURES**

**M. A. Podyapol'skaya, E. S. Stepanova, E. V. Verbitskaya**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*In order to ensure the safe operation of buildings and structures, as well as to identify the causes of various deformations, the article provides an overview of the ways in which the current state of various building structures can be monitored. As an example of one of the most accessible and common methods of control, the models are considered, their types are compared based on key parameters, and a conclusion is made about the most applicable type of beams in current conditions.*

**Keywords:** lighthouse, slit gauge, plate lighthouses, gypsum lighthouses, survey of buildings.

**EFFICIENT FUEL COMBUSTION AS A WAY TO REDUCE EMISSIONS AT CHP PLANTS**

**D. N. Proshkina, I. A. Bakhtina**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The types of fuel combustion in CHP furnaces, their advantages, disadvantages and impact on the amount of emissions are considered.*

**Keywords:** flare combustion, fluidized bed, fuel combustion method, emission reduction.

**ABOUT THE CAUSES OF THE COLLAPSE OF A HANGAR MADE OF COLD-BENT STEEL ARCHES**

**N. O. Saurin, T. I. Saurina, I. V. Kharlamov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article analyzes the main causes of the collapse of the hangar. Recommendations are given to prevent possible collapses of buildings of such a structural system*

**Keywords:** metal structures, cold-bent thin-walled arches, structural solutions of nodal joints.

**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:** Covering, profiled flooring, foam concrete, thermal protection, fire protection.

**ANALYSIS OF THE CAUSES OF EMERGENCY FLOODING OF APARTMENTS IN MULTI-APARTMENT RESIDENTIAL BUILDINGS**

**A. A. Sobolev, D. E. Rodikov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article analyzes the cases and causes of emergency leaks and bays of apartments in multi-apartment residential buildings. 64 cases of emergency bays of apartments in residential buildings in Barnaul were analyzed. Based on the results of the analysis, it was concluded that the main cause of apartment bays is the physical deterioration of the roof as a result of untimely or poor-quality ongoing and major repairs of roofs.*

**Keywords:** bay, emergency water leaks, pipelines, damage, multi-apartment apartment building, physical wear, maintenance, damage assessment, expertise, court.

**ANALYSIS OF THE CAPABILITIES OF CONNECTIVITY MEANS INFORMATION MODEL WITH ESTIMATE PROGRAMS**

**V. V. Sokolova**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article discusses the analysis of the capabilities of means of connecting the information model created by various information modeling programs with estimate programs. Automation tools provided by interface tools are considered to create the structure of the estimate program. Methods for transferring the estimate structure to estimate programs for calculating the estimated cost are described.*

**Keywords:** information model, Renga, estimate program, ARPS 1.10 format, 5D Estimate, BIM Wizard, ABC BIM estimate, «1C: Estimate 3 based on the Renga model».

**FEATURES OF THE USE OF SPRAYED POLYURETHANE INSULATION**

**E. S. Stepanova, E. V. Verbitskaya**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article discusses the effectiveness of the application of sprayed insulation based on polyurethane. The method and features of obtaining polyurethane foam are highlighted, the fields of application are proposed. The characteristics of polyurethane foam, advantages and disadvantages of sprayed thermal insulation are presented.*

**Keywords:** sprayed polyurethane thermal insulation, advantages of polyurethane foam, disadvantages of polyurethane foam, features of working with polyurethane foam.

**ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE WORK OF THE DESIGN DEPARTMENT (BASED ON THE EXAMPLE OF ARCHI GROUP LLC)**

**N. L. Surzhikov, Ya. G. Mozgovaya**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article discusses various management structures, a study of the process and results of the work of the design department, which is one of the most important links in the implementation of investment projects in construction, the development and preparation of project documentation, resource planning, coordination of work and quality assurance depend on it construction. To perform work related to the design of construction projects, various methods of analysis and efficiency improvement are used. This article is aimed at studying the efficiency of the design department and assessing the results of the work performed. In general, the article is of practical value for specialists in the field of construction, directors and executives of companies, as well as students and researchers who are interested in this industry.*

**Keywords:** organizational structure of management, features of project activities, work efficiency, creation of design and estimate documentation.

**HEAT PUMPS AND THEIR APPLICATIONS**

**A. V. Tukoev, I. A. Bakhtina**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The types and features of heat pumps are considered, as well as the areas and features of application in low-temperature heating systems.*

**Keywords:** heat pumps, heating systems, alternative heat sources, environment, low-temperature heating.

**INVESTIGATION OF EARTHQUAKE-RESISTANT STRUCTURAL SYSTEMS OF LARGE-PANEL BUILDINGS WITH MULTI-CAVITY SLABS**

**N. S. Unzhakov, I. V. Kharlamov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article analyzes the design solutions of a residential large-panel building with ceilings made of multi-hollow slabs from the point of view of seismic resistance, and also provides a description of the computational model of the large-panel building under study. Due to the fact that seismic activity in Altai, according to the maps of the GSZ-2015, is very high, and multi-hollow slabs allow reducing the seismic load on the building, the obtained research results can be used as justification for the adopted design decisions of both the building considered in the framework of the study and other similar large-panel buildings.*

**Keywords:** seismic resistance, large-panel buildings, structural solutions, multi-hollow slabs, design model, construction in a seismically active zone.

**MEASURES TO COMBAT CORROSION EFFECTS ON PRESSURE VESSELS**

**D. E. Khanchenkov, I. A. Bakhtina**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*Methods and measures to combat corrosion effects on pressure vessels in order to extend the service life are considered.*

**Keywords:** pressure vessels, corrosion, control, control methods, metal surface.

**ANALYSIS OF PLANNING SOLUTIONS FOR SINGLE-STOREY RESIDENTIAL BUILDINGS ACCORDING TO THE CRITERION OF ENERGY EFFICIENCY**

**I. V. Kharlamov, N. S. Maksimov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article examines the relevance of the construction of individual residential buildings that are correctly oriented to the cardinal directions. The planning solutions of individual residential buildings in the city of Barnaul are analyzed.*

**Keywords:** orientation to the cardinal directions, individual residential buildings, planning solutions, energy efficiency.

**ON THE CHOICE OF PLANNING SOLUTIONS FOR SINGLE-STOREY HOUSES**

**I. V. Kharlamov, A. A. Medvedev**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article presents an assessment of the effectiveness of planning solutions for single-storey houses in the city of Barnaul. The criteria used to evaluate planning solutions are found and considered.*

**Keywords:** low-rise building, planning solutions, evaluation criteria, efficiency.

**BASIC PRINCIPLES WHEN WORKING WITH FITTINGS AND EQUIPMENT FOR HEATING SYSTEMS IN REVIT**

**A. I. Khristenko, I. A. Bakhtina**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The principles of working with families of fittings and equipment for heating systems in the AUTODESK REVIT software package are considered.*

**Keywords:** heating system, modeling, fittings, equipment, model, families.

**EXPERIENCE IN ORGANIZING AN EDUCATIONAL ENVIRONMENT FOR AN ENGINEERING CLASS AT MBOU SECONDARY SCHOOL NO. 113 IN THE CITY OF BARNAUL ON THE BASIS OF ALTAI STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**K. P. Chernykh**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article discusses issues related to the development of a new type of additional education for students in secondary schools of the 10th and 11th engineering grades. The main purpose of which is the disclosure and popularization of engineering education for the targeted career guidance of schoolchildren in the construction profile. The incentive for the creation of additional education was a large shortage of personnel and an increased level of requirements for them in the labor market in the field of construction production. To solve the problem of organizing cooperation in educational systems - secondary schools and universities, a training course «My dream House» was developed for students in the 10th engineering class of Secondary school No. 113 on the basis of AltSTU.*

**Keywords:** general education school, engineering class, my dream house, training course, appearance of the house, engineering surveys, building materials, machines, estimate business, smart home, labor market.

**ON THE NEED TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF CONTROL SYSTEMS IN DESIGN AND CONSTRUCTION OF BUILDINGS MADE OF GLULAM STRUCTURES**

**Yu. S. Yurina, Yu. V. Khalturin**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*This article examines the possibilities of wider application of glulam (glued laminated timber) structures in the construction of residential and public buildings. It is shown how consumers form an opinion on the insecurity, fragility, and low quality of wooden houses. A specific construction object designed and built using glulam structures with a huge number of violations of regulatory requirements is reviewed. The non-compliances of the glulam roof trusses with the parameters established by regulatory documents, as well as the damage received by the trusses during the operation of the building, are analyzed. The conditions under which it would be possible to avoid the manufacture and installation of structures that do not meet the requirements of the norms are given.*

**Keywords:** glulam structures, regulatory framework for building design, public buildings, compliance with building codes and regulations, defects in wooden structures, qualified personnel, technological and regulatory documentation for structures, unrepairable defect, control during design and construction.

**ENGINEERING PROTECTION OF TERRITORIES FROM FLOODING BY THE EXAMPLE OF KRASNOSHCHKOVO IN THE ALTAI REGION**

**Yu. S. Yurina, B. M. Cherepanov**

Altai state technical university of I. I. Polzunov, Barnaul

*The article touches on the topic of the relevance of engineering protection of territories from flooding. The most common protective measures are given. The engineering protection of the village is considered as an object. Krasnoshchekovo, Altai territory. Information about the flood situation in this area has been systematized, and design solutions regarding engineering protection have been presented.*

**Keywords:** engineering protection, flooding, protection against flooding, continuous filling, embankment dams, flood.

## 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 (объемом 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 и экспертного заключения!

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, экспертное заключение о возможности открытого публикации и одна внешняя рецензия.

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

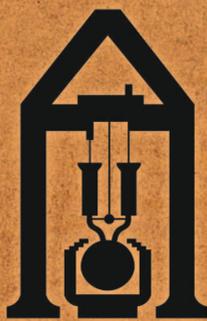
ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ

*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](mailto:altgtu@mail.ru)  
Дизайн обложки: Р.С. Жуковский, доц. каф. ТИАрх

**НА ОБЛОЖКЕ:**  
Главный корпус АлтГТУ, памятник И. И. Ползунову, г. Барнаул