ISSN 2079-1097

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ

№ 1 / 2021

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-76686.
Выдано 2 сентября 2019 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

Рдакционный 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: 29-09-48

© Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, 2021

В НОМЕРЕ:

Б. Ф. Азаров, И. В. Карелина, О. С. Орлова
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКАНЕРА STONEX X300 ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ 5

Б. Ф. Азаров, В. Л. Свиридов
МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ИЗНОСА ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ..... 8

Б. Ф. Азаров, И. А. Филипченко
ПРИМЕНЕНИЕ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТНОЙ И ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СТОЯЩЕГОСЯ ЗДАНИЯ..... 11

Л. Н. Амосова, С. В. Краморенко
АНАЛИЗ РЕСУРСНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ И ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО КЛАСТЕРА НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ 14

С. А. Ананьев
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО МАСШТАБА ЦЕНТРОБЕЖНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 17

С. А. Ананьев, Е. В. Хатина
ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО ГРАДИЕНТА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СЖАТИЯ ГРУНТОВ 20

О. С. Анненкова, С. А. Ананьев
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ В ПОЗДНЕПЛИОЦЕН-РАННЕЧЕТВЕРТИЧНОЕ ВРЕМЯ 23

О. С. Анненкова, Е. В. Овсянникова
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ 26

М. А. Асеева, К. А. Красулина, Ю. С. Юрина, М. Н. Корницкая
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ В REVIT ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «АРХИТЕКТУРА» 29

Ю. С. Батракова, Б. М. Черепанов
АНАЛИЗ УСТРОЙСТВА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДОСКОЙ ЗАСТРОЙКИ 32

М. А. Ботабаев, В. Н. Лютов
СПОСОБЫ УСТРОЙСТВА ГЛУБОКИХ КОТЛОВАНОВ ПОД ПОДЗЕМНЫЕ МНОГОУРОВНЕВЫЕ ПАРКОВКИ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ 35

М. В. Букова, Ю. В. Халтурин
ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЯ С ПРМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ 38

А. В. Викторов, А. И. Зверев, В. А. Швец, Г. И. Овчаренко
ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ БЕЗУСАДОЧНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА 41

К. Е. Воронина, А. Е. Макуха, Г. И. Овчаренко
ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ БЕТОН НА ОСНОВЕ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВОЙ ЗОЛЫ ТЭЦ И ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРА 44

Ю. В. Гильмиярова, А. А. Малясова, С. Ю. Кириллов
РАЗРАБОТКА СУХИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ШТУКАТУРНЫХ ФАСАДНЫХ ПОРИЗОВАННЫХ РАСТВОРОВ 47

Е. С. Гончаров, Ю. В. Халтурин, Л. В. Халтурина
ПРОБЛЕМЫ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА 50

Н. В. Жданова, Т. В. Щербаченко
СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ГИПЕРПРЕССОВАННОГО КИРПИЧА 53

И. К. Калько, Д. И. Остапова
ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ НАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ СТЕНЫ ИЛОУПЛОТНИТЕЛЕЙ 1 И 2 56

И. К. Калько, Д. И. Остапова, Н. В. Медведев
ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ НАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ СТЕНЫ ИЛОУПЛОТНИТЕЛЕЙ 1 И 2 59

А. А. Кикоть, К. А. Красулина
ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПАРЕННЫХ С- И СИГМА-ОБРАЗНЫХ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ В ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТЫХ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ 62

А. Е. Кириллова, И. А. Бахтина
ПОДБОР НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ 65

Л. В. Куликова
СПОСОБЫ РАСЧЕТА МИНИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ВЗНОСА НА КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ ОБЩЕГО ИМУЩЕСТВА НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ 68

В. К. Козлова, А. В. Вольф, А. М. Маноха, А. В. Кастюрин
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МОСТОВЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ИХ КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ 71

В. К. Козлова, А. В. Вольф, А. М. Маноха, А. А. Кишицкий
РОЛЬ КАРБОНАТНЫХ ДОБАВОК В ПРОЦЕССАХ ГИДРАТАЦИИ И ТВЕРДЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОВ 74

А. А. Кунц, Е. Р. Кирколуп
РАЗРАБОТКА ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ ПО ОБЛАКУ ТОЧЕК 77

Т. В. Кучина, Я. Г. Мозговая
ПРИМЕНЕНИЕ BIM ТЕХНОЛОГИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ 80

В. А. Ларичкин, К. К. Февралева, И. А. Бахтина, Е. Р. Кирколуп
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ BAUTODESK REVIT 83

В. В. Логвиненко, С. М. Гордиенко
РАЗРАБОТКА СЕМЕЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ «УМНЫЙ ДОМ» В REVIT 86

В. В. Логвиненко, А. В. Журавлев
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАВМАТИЗМА И АВАРИЙНОСТИ НА ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ Г. БАРНАУЛА 89

В. В. Логвиненко, А. Г. Марикуц
РАССЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАФИКОВ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООМЕННИКОВ ГВС ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ЛЕТОМ В СЕТИ 92

В. В. Логвиненко, В. В. Соколова
ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ГВС ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ СЕТЕВОЙ ВОДЫ 95

Т. Е. Лютова
АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ И ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ В РАБОТЕ ИХ ЭЛЕМЕНТОВ …… 98

В. Н. Лютов, С. А. Ананьев
ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ …….. 101

Г. С. Меренцова, А. А. Добрынина
О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНО-МИНЕРАЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ «NICOFLOK» ПРИ УСТРОЙСТВЕ ОСНОВАНИЯ ИЗ АСФАЛЬТОГРАНУЛЯТА МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ …….. 104

Г. С. Меренцова, Н. В. Медведев, И. В. Дронов
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГЛАДКОСТЕННЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ …… 107

Г. С. Меренцова, Н. В. Медведев, Д. С. Павлюченко
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ПО БОРЬБЕ С НАЛЕДЯМИ ПРИ СОДЕРЖАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ПРЕДГОРНЫХ РАЙОНАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ С ИХ ОЦЕНКОЙ ……..… 110

Г. С. Меренцова, Н. В. Медведев, И. А. Таратынов
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПО БОРЬБЕ С НАЛЕДЯМИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА ФЕДЕРАЛЬНЫХ ТРАССАХ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ С ОЦЕНКОЙ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ … 113

Г. С. Меренцова, А. Н. Минин, А. С. Кваша
ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО И АДГЕЗИОННЫХ ДОБАВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ……..… 116

Г. С. Меренцова, А. А. Мхитарян
ПРИМЕНЕНИЕ СЛОЕВ ИЗНОСА ИЗ САМОЗАЛЕЧИВАЮЩИХСЯ ХОЛОДНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ …….. 119

Г. С. Меренцова, А. О. Хребто, М. В. Рассохина
О ПЛАНИРОВАНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ И ПРИМЕНЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ …….. 122

И. М. Михаилиди, И. С. Козлов
АНАЛИЗ РАЗМЕЩЕНИЯ И ВМЕСТИМОСТИ ПАРКОВОК В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА БАРНАУЛА ……..…..… 125

И. В. Носков, А. А. Н. АбедРабу
АНАЛИЗ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ИЕРИХОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ АЭРОЗОНДИРОВАНИЯ …… 128

И. В. Носков, Б. Ф. Азаров, К. И. Носков
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ГЕОТЕХНИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В Г. БАРНАУЛЕ …. 131

И. В. Носков, Б. Ф. Азаров, К. И. Носков
ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АНТИКОРРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ ВИНТОВЫХ СВАЙ ООО «БАУ ГРУПП» ПРИ ИХ ПОГРУЖЕНИИ В АГРЕССИВНЫЕ ГРУНТОВЫЕ УСЛОВИЯ ……. 134

И. В. Носков, С. А. Ананьев, А. Э. Магомадов
ХАРАКТЕРИСТИКА ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ……... 137

И. В. Носков, А. В. Прохоров
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОМОНИТОРИНГА ЗА ОБЪЕКТАМИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ……. 140

И. П. Панков, Г. М. Бусыгина
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ ……. 143

М. В. Пантелеев, Н. Е. Еськов, И. А. Бахтина
СОЗДАНИЕ ТРУБ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ В REVIT ……..…. 146

В. В. Перфильев, Д. Д. Шершнева
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕДОВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ В Г. БАРНАУЛЕ ……... 149

П. В. Петреков, В. В. Логвиненко, Е. А. Панченко
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ В ГОРОДЕ БИЙСКЕ …… 152

М. А. Подъяпольская, Е. В. Вербицкая
СТРАТЕГИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕМОНТА ЗДАНИЯ. К ЧЕМУ ПРИВОДИТ НАРУШЕНИЕ ГРАФИКА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТОВ ……... 155

П. Д. Поморцев, И. Е. Рыбалко, А. В. Викторов, Г. И. Овчаренко
ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ РАСТВОРОВ ДЛЯ МОНТАЖА ПАНЕЛЕЙ ЗДАНИЙ КПД …….. 158

Д. О. Синицын, Е. Р. Кирколуп
ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА ЗДАНИЙ УЧЕБНЫХ ТЕПЛИЦ …… 161

А. А. Скопинцева, Б. М. Черепанов
ВЫБОР ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ НА ЛЕССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ …. 164

В. В. Соколова, Н. М. Герман
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА РИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИМ-ТЕХНОЛОГИЙ ……. 167

А. М. Старовойтова, И. В. Харламов
АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ ПРОЕКТА ДЕСЯТИЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА В Г. НОВОАЛТАЙСКЕ СП 14.13330.2018 …….. 170

Д. К. Темешева, Д. Г. Плотникова
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВЫСОКОПОДВИЖНЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА …… 173

В. В. Шварцкопф, Л. Н. Пантюшина, Е. В. Вербицкая
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ …….. 176

Е. Д. Яровая, И. А. Бахтина
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В REVIT …… 179

Дата выхода в свет 05.04.2021 г. Цена 480 руб.

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

УДК 528.486.4+528.88:625.723

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКАНЕРА STONEX X300 ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Б. Ф. Азаров, И. В. Карелина, О. С. Орлова
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье дано описание реализации технологии наземного лазерного сканирования для участка автомобильной дороги протяженностью 200 м. Отмечено, что целью выполнения работ было обследование и оценка технического состояния зоны взвешивания стационарного пункта весового контроля перед установкой на нем специального оборудования. Приведены основные технические характеристики сканера Stonex X300, с помощью которого было выполнено сканирование объекта, и программного продукта Stonex Reconstructor Survey, в котором выполнялась первичная обработка данных наземного лазерного сканирования. Указаны задачи, которые решались при использовании технологии наземного лазерного сканирования для определения геометрических параметров (продольных и поперечных уклонов) исследуемого участка автомобильной дороги.

Ключевые слова: *наземное лазерное сканирование, точки лазерных отражений, лазерный сканер Stonex X300, съемочное обоснование, программа Stonex Reconstructor Survey, цифровая модель, автомобильная дорога.*

В сентябре – октябре 2019 г. сотрудниками кафедры ОФИГиГ были выполнены работы по определению геометрических параметров участка автомобильной дороги Бийск – Мартыново – Ельцовка – граница Кемеровской области км 98+220, на котором планировалось установить стационарный пункт весового контроля (СПВК). Целью выполнения работ было обследование и оценка технического состояния зоны взвешивания СПВК перед установкой на нем специального оборудования. Для выполнения данной работы использовалась технология наземного лазерного сканирования (НЛС). Для реализации технологии НЛС участка автомобильной дороги необходимо было решить следующие задачи:

- создать планово-высотное съемочное обоснование в виде двух закрепленных на местности долговременных геодезических знаков (реперов);
- определить координаты и отметки 2 долговременных геодезических знаков в условной системе координат и высот;
- выполнить наземное лазерное сканирование заданного участка зоны весового контроля СПВК протяженностью 200 м;
- провести обработку данных сканирования;
- выполнить построение 3D-моделей для отдельных участков зоны весового контроля СПВК в цифровом виде с заданной плотностью точек.

Фактически в рамках обследования и оценки технического состояния зоны взвешивания СПВК на данной автомобильной дороге было выполнено определение ее геометрических параметров (продольных и поперечных уклонов) в пределах следующих участков:

1) площадки для взвешивания (участок 8×8 м, где планировалась установка датчиков грузоприемного устройства, обеспечивающих взвешивание транспортных средств в движении);
2) подъездных путей (участки протяженностью 100 м и шириной 8 м, расположенные с обеих сторон от грузоприемного устройства).

При этом для получения более полного представления о геометрии дорожного полотна требовалось обеспечить следующую плотность контрольных точек: площадка для взвешивания – через 40 см; подъездные пути – через 1 м.

Для определения геометрических параметров участка автомобильной дороги, на котором планировалась установка оборудования СПВК, использовался сканер Stonex X300 и программное обеспечение (ПО) для обработки данных НЛС Reconstructor.

Наземный лазерный сканер Stonex X300 – это импульсный лазерный сканер со скоростью сканирования до 40000 точек в секунду. Диапазон измеряемых расстояний 50-300 м при точности 6 мм на 50 м. Размер лазерного пятна 0,37 мрад, поле зрения от

-25° до +65° по вертикали и 360° по горизонтали. Плотность сканирования – до 4 мм между точками на 100 м. Класс лазера – невидимый, 1-го класса (безопасный). Сканер имеет две встроенные цифровые камеры и внутреннюю память 32 Гб. Размеры сканера 430 × 170 × 215 мм. Вес прибора вместе с батареей питания 7 кг.

Прибором можно управлять по Wi-Fi со смартфона (iOs, Android, Windows Mobile). Сканер имеет защищённый непроницаемый корпус (класс защиты IP65). Рабочий диапазон температур от -10 °С до +50 °С.

Для первичной обработки данных наземного лазерного сканирования (НЛС), выполненных прибором Stonex X300, использовалась программа Stonex Reconstructor Survey. Данное ПО позволяет получать 3D-данные, обрабатывать их и анализировать. По данным НЛС могут быть извлечены облака точек лазерных отражений (ТЛО) и сечения. В данном ПО возможно создание цветных цифровых моделей.

Выбор методики производства наземного лазерного сканирования определяется в зависимости от характеристик объекта [1]. Для протяженных объектов, у которых длина значительно превосходит ширину, при сканировании требуется создавать геодезическую основу. Практически это значит, что на объекте следует создать и закрепить планово-высотное обоснование, с точек которого будет определяться положение прибора, следовательно, и данных, получаемых в ходе сканирования объекта. Кроме того, при обработке данных сканирования, полученных с разных точек стояния прибора (станций), должна быть проведена «геодезическая привязка» результатов сканирования: задана единая система координат, в которой будут в конечном итоге представлены результаты обработки материалов сканирования.

Методика геодезической привязки результатов сканирования определяется исходя из условий района производства работ и его параметров [2].

Для объединения данных сканирования в общую систему координат следует при обработке измерений осуществить «регистрацию» – пространственную привязку каждого скана. При работе со сканером Stonex X300 возможны варианты регистрации данных сканирования как по маркам, так и по измерениям, выполненным при помощи тахеометра или GNSS-приемников. Во втором случае положение центра скана, полученного с точки стояния прибора (сканерной станции), получают путем координирования места установки сканера, либо с помощью установленной на приборе призмы-отражателя, либо с помощью GNSS-приемника.

У сканера Stonex X300 плотность сканирования зависит от режима съемки. В свою очередь, каждый режим съемки характеризуется количеством точек по горизонту (горизонтальное разрешение) и по высоте (вертикальное разрешение). Очевидно, что время сканирования зависит от задаваемого режима (точности) сканирования. Прибор Stonex X300 имеет следующие режимы сканирования [3]:

- «Превью» (предварительный просмотр);
- «Быстрый»;
- «Стандарт»;
- «Хороший».

Плотность данных сканирования для разных режимов представлена в таблице 1. Соответственно, чем больше плотность сканирования, тем дольше выполняются измерения.

В таблице 2 приведены данные о времени сканирования в разных режимах на полный (круговой) скан. Таким образом, оптимальным по времени и точности режимом сканирования является режим «Быстрый» для сканов с охватом по горизонту 180°. При этом время сканирования составит $02^{m}05^{s}$, а плотность точек лазерных отражений (ТЛО) на удалении от прибора на расстоянии от 10 до 20 м лежит в интервале от 16 до 32 мм.

При выполнении работ по наземному лазерному сканированию данного объекта была реализована следующая методика измерений.

Сканирование проводилось с 26 стоянок прибора (станций), расположенных на противоположных сторонах автомобильной дороги друг напротив друга с интервалом около 15 м.

Таблица 1 – Плотность данных сканирования для разных режимов прибором Stonex X300

Расстояние (м) / шаг сетки (см)	10	30	50	100	200
Хороший	0,39	1,18	1,96	3,93	7,85
Стандарт	0,78	2,35	3,93	7,85	15,71
Быстрый	1,57	4,71	7,85	15,71	31,41
Превью	3,14	9,42	15,71	31,42	62,83

Таблица 2 – Время сканирования для разных режимов

Режим сканирования	Время сканирования на круговой скан (360° по горизонту)
Превью	$0^h\ 01^m\ 02^s$
Быстрый	$0^h\ 04^m\ 10^s$
Стандарт	$0^h\ 16^m\ 40^s$
Хороший	$1^h\ 06^m\ 40^s$

Такая схема обеспечивала покрытие участков автомобильной дороги ТЛО без «мертвых» зон при сканировании. Для объединения данных сканирования, полученных на разных станциях, положение прибора на станциях 1-14 определялось полярной засечкой с долговременного знака Рп-1 в условной системе координат. На станциях 15-26 положение сканера определялось полярной засечкой с точки съемочного обоснования Д-3 также в условной системе координат.

Последовательность действий на каждой сканерной станции была следующей. После установки сканера на штатив и его включения автоматически выполнялся прогрев прибора. Затем по Wi-Fi с планшета осуществлялся вход в ПО прибора. После ввода названия станции задавались параметры, относящиеся к сеансу сканирования: режим сканирования и угол обзора. В качестве режима сканирования выбирался режим «Быстрый», угол обзора задавался равным 180°. Время сканирования на каждой станции составляло 2^m05^s. После завершения сканирования на планшете выполнялось сохранение соответствующих файлов.

При сканировании проезжей части автомобильной дороги расстояние между станциями составляло около 15 м, что обеспечивало для заданного режима сканирования плотность облака ТЛО 32 мм.

Первичная обработка результатов сканирования состояла в том, что выполнялась геодезическая привязка сканов, полученных на станциях сканирования, удаление шумов из них, создание по сканам облака точек и получение новых облаков с приемлемой для дальнейшей обработки плотностью. Окончательная обработка заключалась в создании 3D-моделей отдельных участков зоны взвешивания СПВК в виде файлов, содержащих координаты и отметки точек дорожного полотна с заданным интервалом, по которым могут быть построены продольные и поперечные профили, характеризующие геометрию данного участка.

В ПО Reconstructor предусмотрена возможность экспорта геопривязанных данных сканирования в форматах TXT и LAS. После удаления из сканов «шумов» облака ТЛО, полученные на каждой станции сканирования, экспортировались из программы Reconstructor в виде TXT-файлов в программу Credo 3D SCAN, в которой осуществлялось построение 3D-модели объекта с заданной плотностью.

На участке длиной 8 м, где предполагается смонтировать датчики грузоприемного устройства, обеспечивающие взвешивание транспортных средств в движении, по отметкам массива из 420 точек были построены продольные и поперечные профили с шагом 0,4 м. Профили строились в программе EXEL. На участке, включающем подъездные пути к зоне весового контроля (длиной 200 м), было построено четыре продольных профиля с интервалом 1 м.

В результате выполнения работ продемонстрирована возможность применения технологии наземного лазерного сканирования для контроля геометрии участка автодороги, на котором смонтировано оборудование СПВК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаров, Б. Ф. Использование лазерного сканера GLS 1500 Topcon для проведения инженерно-геодезических изысканий / Б. Ф. Азаров // Ползуновский вестник. – 2014. – № 1. – С. 6-9.

2. Азаров, Б. Ф. Методика оценки объемов выполненных работ при ремонте автодорог с применением технологии наземного лазерного сканирования / Б. Ф. Азаров // Ползуновский вестник. – 2017. – № 1. – С. 51-55.

3. Лазерный сканер Stonex X300 с ПО. – URL: http://alfascaner.ru/catalog/nazemnyie-lazernyie-skaneryi/proizvoditel-4/stonex-x300.html/ (дата обращения 20.01.2021).

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

Карелина Ирина Владимировна *– к. т. н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: karelina7@mail.ru.*

Орлова Ольга Сергеевна *– магистрант группы 8Соим-91 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: olgaorlova1997 @mail.ru.*

УДК 625.85

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ИЗНОСА ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Б. Ф. Азаров, В. Л. Свиридов
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье подробно описана методика применения современных геодезических и геофизических приборов для определения фактической степени износа покрытий автомобильных дорог в Алтайском крае. В основе исследований лежит созданная постоянно действующая геодезическая основа из пары высотных реперов и металлических листов-отражателей на каждом участке наблюдений. В качестве высотных реперов использованы винтовые сваи конструкции BAU-Grupp, завинченные ниже глубины промерзания. Определение степени износа асфальтобетонных покрытий осуществлялось многолетними циклами измерений расстояния от поверхности покрытия до листов-отражателей из алюминиевой фольги с помощью прибора Strato Test 4100. Листы из алюминиевой фольги были заложены под рабочие слои асфальтобетонных покрытий в процессе производства дорожных работ. Показано, что винтовые сваи, использованные в качестве высотных реперов, стабильны во времени. В статье оценена точность выполняемых измерений.

Ключевые слова: *автомобильная дорога, асфальтобетонная смесь (АБС), измерение, износ, нивелир, покрытие, репер, сканер, теодолит, фольга, Strato Test 4100.*

Выявление истинных причин малого срока службы асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог стоит перед дорожниками достаточно остро с момента изобретения и применения асфальтобетона. Причин полного разрушения или образования глубокой колеи в полосе наката может быть достаточно много. Даже если исключить вероятность нарушения технологии устройства дорожного покрытия (некачественное уплотнение, отсутствие требуемой ровности, плохой водоотвод и т. д.), колея может образовываться из-за слабого основания (просадка всех слоев дорожной одежды под большими осевыми нагрузками) или из-за многократно повторяющихся циклов механического разрушения верхнего слоя покрытия шипованными колесами (так называемого слоя износа) в зимний период эксплуатации автодорог.

Впервые возможность количественно оценивать степень износа отдельных слоев дорожного покрытия без его разрушения (без отбора кернов) появилась у дорожников Алтая после приобретения прибора Strato Test 4100, работающего по принципу эхолота до отражающей металлической поверхности с помощью вихревых токов Фуко. В качестве отражателей используются тонкослойные листы – алюминиевая фольга размером 1000×300×0,07 мм.

Суть эксперимента заключается в том, что в процессе устройства рабочих слоев асфальтобетонных оснований или покрытий под них (под покрытия) закладываются листы алюминиевой фольги, служащие впоследствии отражателями для прибора в процессе измерения. Причем количество таких листов должно быть достаточным для измерения толщин отдельных слоев покрытий. К примеру, один-два листа укладываются под выравнивающий слой, один-два листа – под основной, нижний слой покрытия. Также один или несколько листов фольги укладываются под верхний слой износа (ЩМА, «Новачип», ОМС и др.) на некотором расстоянии друг от друга с таким расчетом, что наиболее изнашиваемая полоса наката будет находиться над заложенной фольгой. Замеряя расстояние с помощью прибора Strato Test 4100 от верха покрытия до фольги через определенные периоды эксплуатации (например, каждые полгода), можно наблюдать либо износ отдельного слоя, либо просадку всех слоев.

Проводя анализ полученных результатов, можно выявить причины появления колейности (только износ покрытия, либо просадка основания, или одновременное проявление обеих причин). Кроме этого, имея результаты абсолютных высотных отметок одних и тех же точек на поверхности дорожного покрытия в течение многолетних циклов измерений, можно будет судить об устойчивости сформированного земляного полотна или об отсутствии такой устойчивости.

При постановке эксперимента сформировались 2 параллельно решаемые задачи:

а) заложить в местах производства дорожных работ под рабочие слои автомобильных дорог листы алюминиевой фольги для последующего нахождения расстояния от поверхности покрытия до фольги с помощью прибора Strato Test 4100;

б) создать долгосрочную геодезическую основу с глубиной заложения реперов больше глубины промерзания грунтов в данной местности для наблюдения за вертикальными сезонными колебаниями поверхности дорожного покрытия (возможное зимнее пучение, период весенней распутицы и летняя эксплуатация дорог в стабильных условиях).

При этом точность измерения должна быть не более 1-2 мм от поверхности дороги до отражателя и не более 3-5 мм высотных отметок дорожного покрытия.

Входящие в комплект прибора Strato Test 4100 листы алюминиевой фольги имеют очень малую толщину – 0,07 мм. Они должны быть заложены под слои асфальтобетонного покрытия без разрыва сплошностности, плотно прилегать и к нижнему, и к верхнему перекрывающему слою. Поэтому пришлось отрабатывать методику закладки тонких листов фольги в зависимости от вида АБС и от толщины укладываемого слоя.

Так, под выравнивающий слой из пористой АБС толщиной 5-7 см выбиралось место будущей закладки с тщательно подгрунтованным участком без камешков щебня или смеси. Лист фольги укладывался на основание в будущей полосе наката дороги с таким условием, чтобы не попал под гусеницы асфальтоукладчика, присыпался несколькими лопатами горячей АБС из бункера укладчика. Проходящий над листом укладчик асфальтобетона распределял смесь, не сминая и не смещая фольгу. Если рабочий слой покрытия имел толщину порядка 4 см или температура укладываемой смеси была более 140 ˚С, то лист сминался проходящим укладчиком асфальтобетона. Поэтому фольгу предварительно крепили к подгрунтованной поверхности дюбелями с широкими шляпками (рисунок 1, а). Если листы укладывались под тонкий слой износа типа «Новачип», то даже крепление дюбелями не удерживало разогретую смесью фольгу на дорожном покрытии. В этом случае листы закладывались после прохода укладчика асфальтобетона. Подтрамбованная плитой асфальтоукладчика смесь лопатами снималась с покрытия на площади 50×130 см, подчищалась, чтобы щебня или смеси не было под фольгой, укладывалась фольга, смесь возвращалась на прежнее место (рисунок 1, б). Затем покрытие уплотнялось комплектом катков без изменения принятой технологии укатки. Точное местоположение листов фольги отмечалось пикетажными отметками.

Затем в непосредственной близости от мест закладки листов-отражателей (не далее 50-100 м) в полосе отвода создавалась геоосновa из пары высотных реперов – винтовых свай марки BAU серии FM24 76 × (3,5) × 3000. Эти сваи из стальной, обсаженной на конус трубы с толщиной стенок 3,5 мм и диаметром 76 мм, с закованным окончанием и с приваренной многовитковой спиралью имеют длину 3000 мм. Отличительной особенностью свай данной серии является фланцевый оголовок с шестью отверстиями под болты и одним центральным резьбовым отверстием М24.

Выбор длины сваи обусловлен глубиной промерзания грунтов на исследуемых участках автодорог. На территории Алтайского края глубина промерзания грунтов составляет 225 см (по Приложению 2 «Правил за кладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей» [1]). Согласно Правилам [1], марка нивелирного знака должна располагаться на 30-50 см ниже поверхности земли, а сам репер закладывается на глубину в зависимости от типа грунта на 50-100 см ниже границы сезонного промерзания грунтов. В результате получили

$$L = 225\text{-}50 + 100 = 275 \text{ см}.$$

а)

б)

Рисунок 1 – Способы заделки алюминиевой фольги: а) под слои толщиной не менее 4 см; б) под тонкие слои износа

Использование винтовой сваи в качестве репера позволяет сократить объем работ по закладке и установке реперов на местности. Закладка реперов осуществлялась механизированным способом с помощью специальной техники. В качестве нивелирной марки использовался болт М24 × 50 с полной резьбой. После завинчивания сваи в грунт болт вкручивается в центральное резьбовое отверстие.

После закладки винтовых реперов на выбранном участке выполнялось их геометрическое нивелирование прибором LEICA Sprinter 50. Для контроля и повышения точности измерений нивелирование выполнялось с двух горизонтов прибора с соблюдением равенства плеч на станции в пределах ±(0,1÷3,0) м по шашечной рейке. Для дальнейшего оперативного обнаружения заложенных листов было выполнено координирование мест их закладки. Определение координат выполнялось в условной системе полярным методом с помощью электронного тахеометра NTS-325 South. Для одного из предварительно заложенных реперов принимались координаты, равные 100,000 м по всем координатным осям X, Y и H, при этом ось X ориентировалась по направлению на второй репер. Соответственно, координаты второго репера определялись в заданной условной системе. Затем выполнялось измерение полярных углов и полярных расстояний, а также определение прямоугольных координат и отметок для 2-3 точек в местах закладки листов-отражателей.

Для повышения точности определения пространственных прямоугольных координат в условной системе использовалась технология наземного лазерного сканирования. Эта технология позволяет построить по ее результатам цифровую модель поверхности исследуемого участка дорожного полотна с заданной плотностью точек. По цифровой модели могут быть получены координаты отдельных точек дорожного полотна, построены продольные и поперечные профили по заданным направлениям. Сканирование выполнялось наземным лазерным сканером GLS-1500 TOPCON. Перед проведением сканирования исследуемых участков была отработана методика измерений и обработки получаемых сканов. Из всех возможных вариантов регистрации результатов сканирования наиболее рациональным с точки зрения затрат времени и необходимой точности является вариант геодезической привязки сканов методом обратной линейно-угловой засечки по двум точкам съемочного обоснования [2].

Измерение расстояния от верха покрытия дороги до алюминиевых листов-отражателей осуществлялось толщиномером покрытий Strato Test 4100. Он представляет собой сварную сборную тележку на трех штангах, оканчивающихся колесами. На центральном подвесе между колесами на подвижной штанге крепится овальный измерительный датчик с разъемом для подключения кабеля электронного блока толщиномера. Подъем и опускание датчика управляется тросом с нажимным рычагом и спусковой скобой. В основу работы Strato Test 4100 положен вихретоковый принцип действия. Он сочетает в себе неразрушающий метод измерения расстояния с точностью 1 мм и воспроизводимостью результатов теста и отображением их в течение нескольких секунд. При этом важно отметить, что влажность и температура слоя материала не влияют на результат измерения. Более того, даже сильные изменения в магнитных или электрических свойствах слоя материала или изменения температуры окружающей среды не влияют на результаты измерений.

Результаты статистической обработки многократных измерений взаимных положений высотных реперов показал, что колебания разностей отметок не превышают 2 мм. Это свидетельствует о стабильном положении реперов и всей геодезической основы. Данные разности отметок точек дорожного полотна над листами фольги, полученные нивелиром, тахеометром и сканером, составляют порядка 2 мм, что сопоставимо с погрешностью определения отметок реперов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей. – Москва : Картгеоцентр – Геодезиздат, 1993 – 104 с.

2. Азаров, Б. Ф. К вопросу о методике контроля точности регистрации сканерных станций при выполнении инженерно-геодезических изысканий автодорог / Б. Ф. Азаров // Ползуновский вестник. – 2016. – № 4. – С. 125-128.

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

Свиридов Василий Лаврентьевич *– д. т. н., профессор, заместитель заведующего кафедрой «Транспортные сооружения» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: unkc-ts2@mail.ru.*

УДК 69.058.2:004.94

ПРИМЕНЕНИЕ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТНОЙ И ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СТРОЯЩЕГОСЯ ЗДАНИЯ

Б. Ф. Азаров, И. А. Филипченко
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье приведены характеристики проектируемого объекта – склада сырохранилища на 2000 тонн. Отмечено, что для определения плановых и высотных смещений элементов конструкций здания склада относительно их проектного положения была использована технология наземного лазерного сканирования. Даны основные технические характеристики сканера GLS-1500, с помощью которого было выполнено сканирование объекта. Указаны задачи, которые решались при использовании технологии наземного лазерного сканирования в процессе строительства здания склада сырохранилища. Дано описание съемочного обоснования, использованного при сканировании. Обработка данных сканирования выполнялась в строительной системе координат объекта.

Ключевые слова: *наземное лазерное сканирование, точки лазерных отражений, лазерный сканер GLS-1500, съемочное обоснование, колонна, ферма.*

Проектируемый объект – здание сырохранилища на 2000 т – расположен по адресу: Алтайский край, Троицкий район, с. Троицкое, ул. Зеленая, 20а. Участок строительства имеет следующие природно-климатические условия [1]: согласно Схематической карте климатического районирования участок строительства относится к климатическому подрайону I-IB; для наиболее холодных суток температура воздуха равна -40 ºС (обеспеченность p = 0,92); для наиболее холодной пятидневки средняя температура воздуха равна -35 ºС (обеспеченность p = 0,92). Снеговой район IV [2]. Зона влажности: II (нормальная). Продолжительность периода со среднесуточной температурой не выше +8 °С: 213 дней. Согласно [2] участок строительства расположен в III ветровом районе; значение ветрового давления (нормативное) равно 0,38 кПа.

Согласно [3] сейсмичность площадки строительства равна 8 баллам. Категория грунта по сейсмическим свойствам – II [3]. Нормативная глубина промерзания грунтов 216 см [4]. Согласно [1] на участке строительства в зимний и в летний периоды господствующим направлением ветров является северо-восточное. В соответствии с [2] уровень ответственности проектируемого здания 2-й (нормальный). Согласно [5] здание должно прослужить не менее 50 лет. В соответствии с [6] здание обладает III степенью огнестойкости и относится к классу С0 по конструктивной пожарной опасности, а по функциональной пожарной опасности – к классу Ф.5.2.

Проектируемый склад сырохранилища обладает следующими технико-экономическими показателями:

- площадь застройки – 3758,36 м^2;
- строительный объем надземной части выше отметки УЧП 1-го этажа – 47622,18 м^3;
- площадь здания склада (общая) – 3754,62 м^2;
- складская площадь – 2636,75 м^2;
- подсобная площадь – 1079,23 м^2;
- складской объем – 23757,12 м^3.

Конструктивная схема проектируемого здания склада сырохранилища – каркасная однопролетная, каркас – полный металлический. В качестве фундамента проектируемого здания используются винтовые сваи с монолитным ростверком. В качестве вертикальных несущих конструкций запроектированы колонны стальные таврового сечения 40К1 и 30К1 с отметки выше 0,000.

Проект для строительства здания сырохранилища выполнен на основании задания на проектирование, утвержденного заказчиком, с учетом требований государственных норм, правил и стандартов [1–6]. Здание одноэтажное, с техническим этажом, без подвала. В плане имеет прямоугольную форму с размером в осях 29,57 × 122,00 м. Высота здания – 13,510 м.

Объемно-пространственное решение сооружения обусловлено функциональным назначением здания, а также учетом существующей архитектурной среды. Габариты и посадка здания решены с учетом конфигурации и размеров участка, принятой технологии

работы объекта, а также возможности подъезда технологического автотранспорта. Здание предназначено для хранения готовой продукции. Технологические процессы отсутствуют, производственное оборудование не установлено. Автоматические системы для производственных процессов не предусмотрены. Планировочным решением для объекта предусмотрен следующий набор помещений: складские помещения; помещение для уборочного инвентаря; технические помещения.

Для сопоставления фактического положения колонн и ферм здания сырохранилища в горизонтальной и вертикальной плоскостях с их проектным положением использовалась технология НЛС. Данные НЛС использовались для создания пространственной 3D-модели склада сырохранилища с требуемой плотностью точек ТЛО, во-первых, на момент производства строительно-монтажных работ и, во-вторых, на момент завершения строительства объекта. Пространственная 3D-модель склада сырохранилища может быть использована для построения горизонтальных и вертикальных сечений по отдельным осям здания (продольным, поперечным). Сечения могут быть построены в тех местах, где расположены отдельные конструктивные элементы здания склада (колонны, фермы). Все построения (сечений, разрезов) осуществляются в специальном программном продукте для обработки данных НЛС.

В рамках реализации технологии НЛС при строительстве здания склада было необходимо, во-первых, закрепить на местности геодезическую основу – точки с известными координатами, к которым можно осуществить привязку сканов, получаемых при сканировании. Во-вторых, произвести непосредственно само сканирование интересующих элементов здания склада (колонн, ферм) в осях А-Ж и 1-21. В-третьих, результаты сканирования должны пройти этап предварительной (первичной) обработки: «регистрацию» сканов, создание общего для склада облака точек лазерных отражений (ТЛО), удаление «шумов» из общего облака, его «прореживание» до приемлемой для дальнейшего использования плотности точек, создание отдельных облаков ТЛО в верхнем и нижнем сечении здания на заданной высоте по осям здания А-Ж и 1-21. В-четвертых, полученные облака ТЛО для отдельных конструктивных элементов склада должны быть экспортированы в виде dwg-файлов в специализированную программу, в которой будет производиться их обработка и интерпретация для создания исполнительной модели склада.

Работы по сканированию склада выполнялись геодезическим наземным сканером GLS-1500 в июне 2019 г. Перечислим основные тактико-технические показатели данного прибора: максимальная дальность действия – 330 м; погрешность измерения дальности – 4 мм/15 м; погрешность измерения углов (горизонтальных и вертикальных) – 6"; диапазон работы двухосевого компенсатора углов наклона прибора ±6′ с погрешностью 1"; скорость сканирования 30 тыс. Гц; угол поля зрения: по вертикали ±35°; по горизонтали 360°. Прибор снабжен фотокамерой 2 Мега пикселя; пыле- и влагозащищенность – IP52; температурный диапазон от 0 °С до 40 °С; класс импульсного лазера – 1 (невидимый); управление прибором возможно с панели сканера или с ПК; запись и сохранение данных производится на SD-карту; предусмотрена возможность беспроводного управления прибором на расстоянии до 30 м.

Для предварительной (первичной) обработки данных, полученных при сканировании объекта, использовалась программа ScanMaster фирмы TOPCON, которая поставляется вместе со сканером [7].

Цель работ – получение количественной оценки фактического пространственного положения элементов конструкций строящегося склада (металлических колонн и ферм).

В качестве съемочного обоснования для проведения НЛС использовались 3 марки, установленные внутри склада. Для задания условной системы координат в строительных осях А-Ж и 1-21 использовался базис b = 16,326 м, разбитый внутри склада параллельно оси 9. На концах базиса были установлены специальные марки М-1 и М-2, которые сканировались с каждой стоянки прибора, расположенных внутри склада, для задания единой системы координат, в которой была в дальнейшем построена 3D-модель объекта. Еще одна марка была размещена на въезде в склад на оси 21. Эта марка служила для регистрации сканов, полученных снаружи здания склада.

Как отмечено в работе [8], конкретная методика сканирования выбирается в зависимости от размеров и конфигурации объекта.

В Руководстве пользователя ScanMaster [7] описаны три различных варианта, используемых для регистрации результатов сканирования, полученных сканером TOPCON GLS-1500:

1) регистрация по трем и более «узловым» (общим для разных сканов) точкам;

2) регистрация по координатам места, где был установлен прибор («станции») и точка,

на которую было выполнено ориентирование прибора (ОРП – «ориентирный пункт»);

3) регистрация по измерениям на минимум два «твердых» пункта (точки с известными координатами) обратной линейно-угловой засечкой.

При сканировании склада сырохранилища был использован второй вариант регистрации: для «сшивки» сканов, полученных на станциях 1, 2, 3, сканировались марки М-1 и М-2; на станции 4 выполнялось сканирование марок М-1 и М-3. При обработке данных сканирования для склада была задана условная система координат так, чтобы точка пересечения оси А и оси 1 была принята за начало отсчета с координатами X = Y = 100,000 м, H = 10,000 м.

Обработка результатов наземного лазерного сканирования включает первичную (предварительную) и окончательную (основную) обработку данных [8]. И первичная, и основная обработка выполнялись в программе ScanMaster, входящей в комплект сканера. В ходе предварительной (первичной) обработки результатов сканирования склада сырохранилища в программе ScanMaster создавался новый проект, куда загружались «сырые» данные сканирования, полученные на разных стоянках прибора: сканы фрагментов склада, их фотографии, сканы марок. Прежде всего программными средствами выполнялась процедура объединения, или «сшивки», отдельных сканов в заданную систему строительных координат. Во-вторых, по объединенным сканам создавалось единое облако ТЛО склада сырохранилища. В-третьих, удалялись так называемые «шумы» – помехи, возникающие в процессе сканирования. В-четвертых, формировалось облако точек с плотностью, приемлемой для последующей обработки отдельных элементов конструкции склада. На рисунке 1 представлен вид облака ТЛО для склада сырохранилища, полученный в ходе первичной обработки результатов НЛС.

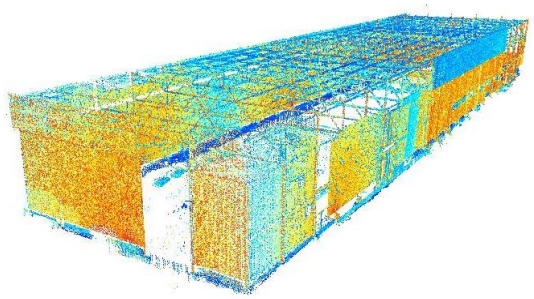


Рисунок 1 – Объединенное облако ТЛО склада сырохранилища

В ходе основного этапа обработки данных сканирования осуществляется их преобразование в форматы, необходимые для построения проектной и исполнительной модели строящегося объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная ред. СНиП 23-01-99: дата введения 2013-01-01. – Москва : Минрегион России, 2012. – 133 с.

2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная ред. СНиП 2.01.07-85: дата введения 2017-06-04. – Москва : Минстрой России, 2016. – 72 с.

3. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная ред. СНиП II-7-81: дата введения 2018-11-25. – Москва : Минстрой России, 2018. – 115 с.

4. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная ред. СНиП 2.02.01-83: дата введения 2017-07-01. – Москва : Минстрой России, 2016. – 220 с.

5. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения: дата введения 2015-07-01. – Москва, 2015. – 16 с.

6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями и дополнениями): Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. – Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс. – Режим доступа: http://consultant.ru.

7. Руководство пользователя ScanMaster. — Topcon Corp., 2010. – 144 с.

8. Азаров, Б. Ф. Методика оценки объемов выполненных работ при ремонте автодорог с применением технологии наземного лазерного сканирования / Б. Ф. Азаров // Ползуновский вестник. – 2017. – № 1. – С. 51-55.

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

Филипченко Иван Александрович *– магистрант группы 8Соим-91 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: filipchenko-1997@mail.ru.*

УДК 911.3.33

АНАЛИЗ РЕСУРСНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ И ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО КЛАСТЕРА НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Л. Н. Амосова[1], С. В. Краморенко[2]
[1] Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул
[2] ООО «ЦИТ», г. Барнаул

В статье проведен анализ минерально-сырьевой базы (МСБ) Алтайского края, запасы руд полиметаллов, золота и серебра. Приведена карта основных месторождений полезных ископаемых Алтайского края. Перечислены горнодобывающие предприятия Алтайского края и балансовые запасы месторождений.

Ключевые слова: *минерально-сырьевой комплекс, месторождения полезных ископаемых, полиметаллические руды, инвестиционный проект, кластер, региональное развитие.*

Алтайский край обладает значительным потенциалом привлечения инвестиций, обусловленных совокупностью конкурентных преимуществ. Ключевыми из них являются: благоприятные природно-климатические условия, развитая инфраструктура, диверсифицированная экономика, наличие высокотехнологических производств и научно-технологической базы.

Для повышения конкурентоспособности и инвестиционного рейтинга экономики края необходимо образование таких интегрированных структур, предприятий, которые смогут наиболее эффективно использовать эти виды ресурсов. Одним из видов таких инновационных структур должны стать региональные сырьевые кластеры горнодобывающего типа [3].

Одним из крупных анонсированных инвестиционных проектов на территории Алтайского края является реализация проекта Корбалихинского полиметаллического месторождения и реконструкция Рубцовской обогатительной фабрики. Реализация столь крупного инвестиционного проекта, невозможна без детальной переоценки уже имеющейся минерально-сырьевой базы региона (рисунок 1) [1].

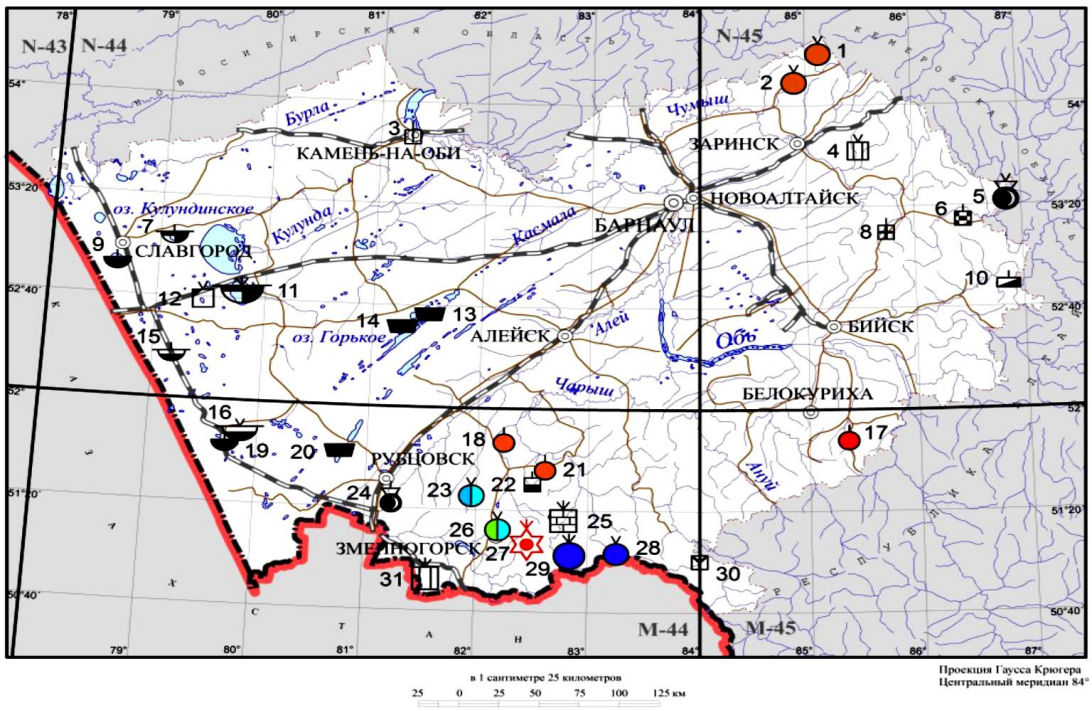
Для горнодобывающего сектора экономики Алтайского края основным направлением деятельности является разработка запасов полиметаллических руд, коренного и техногенного золота [3]. Алтайские полиметаллические месторождения, располагающиеся в основном на юго-западе края, в пределах российской территории Рудного Алтая, характеризуются достаточно высоким содержанием руд цветных металлов. По данным ФГБУ «Росгеолфонд» на 01.01.2019 на государственном балансе запасов полезных ископаемых Российской Федерации, на территории Алтайского края в составе руд комплексных полиметаллических месторождений числятся 48642,0 кг золота и 3160,3 т серебра (таблица 1).

Одним из основных горнодобывающих предприятий Алтайского края является ОАО «Сибирь-Полиметаллы», входящее в состав холдинга УГМК (Уральской Горно-металлургической компании), разрабатывающее Корбалихинское, Зареченское, Степное месторождения в Змеиногорском районе (таблица 2).

Отработка запасов Зареченского и Корбалихинского месторождений ведётся преимущественно подземным способом, а Степного – технологией ОГР (открытых горных работ) [1]. Максимальная производительность по руде Зареченского рудника – 110 тыс. т, Степного рудника – 475 тыс. т, Корбалихинского – 1200 тыс. т.

Реализация проекта модернизации Корбалихинского рудника и реконструкция одной из обогатительных фабрик ОАО «Сибирьполиметаллы», позволят в ближайшем будущем увеличить объём добычи и переработки полиметаллических руд вдвое. Реализация данного инвестиционного проекта потребует создания определенной формы пространственной организации производства кластерного типа.

Наиболее подходящим под указанные выше особенности локализации минерально-сырьевого комплекса региона, представляется особая форма территориально-экономического планирования – промышленно-индустриальный парк [3].



1 – Бердско-Майское месторождение (алюминий)
2 – Обуховское месторождение (алюминий)
3 – Каменское месторождение (глины и суглинки кирпичные, черепичны)
4 – Врублево-Агафьевское месторождение (глины и суглинки для цементного производства)
5 – Баркинское месторождение (глины огнеупорные)
6 – Духовское месторождение (мраморы)
7 – Месторождение Оз. М. Яровое (соль поваренная, хлористый магний, сернокислый натрий, бром)
8 – Еландинское месторождение (гранит)
9 – Месторождение Оз. Б. Яровое (соль поваренная, хлористый магний, сернокислый натрий, сернокислый магний, бром)
10 – Мунайское месторождение, Мунайский разрез 2 (уголь бурый)
11 – Месторождение Оз. Кучук (сернокислый натрий, соль поваренная, хлористый магний, бром, мирабилит, сернокислый магний)
12 – Джиринское месторождение (Озеро Джира) (гипс)
13 – Чернокурьинское месторождение (грязи лечебные)
14 – Месторождение Озеро Мормышенское (грязи лечебные)
15 – Петуховское месторождение (сода)
16 – Михайловское месторождение (сода)
17 – Сухонькое месторождение (Ртуть)
18 – Новофирсовское месторождение (золото)
19 – Месторождение Оз. Малиновое (соль поваренная, хлористый магний, сернокислый натрий, тенардит)
20 – Месторождение Озеро Горько-Перешеечное (грязи лечебные)
21 – Месторождение Мурзинское 1 (золото, серебро)
22 – Байкальское месторождение (роговик)
23 – Степное месторождение (свинец, цинк, золото, медь, серебро, кадмий, барит)
24 – Самарское (Рубцовское) месторождение (глины тугоплавкие)
25 – Белорецкое месторождение (известняк мраморизованный)
26 – Корбалихинское месторождение (медь, свинец, цинк, серебро, теллур, таллий, сера общая, золото, кадмий, висмут, селен, галлий)
27 – Луговское месторождение (яшма)
28 – Инское месторождение (железо)
29 – Белорецкое месторождение (железо)
30 – Коргонское месторождение (порфир)
31 – Самарское месторождение (глины и суглинки для цементного производства)

Рисунок 1 – Карта основных месторождений полезных ископаемых Алтайского края

Таблица 1 – Запасы и прогнозируемые ресурсы МПИ (месторождений полезных ископаемых) Алтайского края

№ п/п	Полезные ископаемые	Ед. изм.	Количество месторождений	Запасы А+В+С1+С2	Добыча за 2018 г.	Кол-во объектов	Ресурсы (на 01.01.2019 г.)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Медь	тыс. т	13	738,1	5,5	27	6 758,2
2	Свинец	тыс. т	14	1 512,1	15,0	29	17 894,2
3	Цинк	тыс. т	14	4 593,0	33,5	29	36 489,8
4	Никель	тыс. т	-	-	-	3	600
5	Бокситы	тыс. т	2	25 150	-	-	-
6	Ртуть	т	2	297	-	-	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Редкие земли	тыс. т	-	-	-	2	140
8	Висмут	т	4	2 900,6	0,7	-	-
9	Кадмий	т	9	18 850,2	207,4	-	-
10	Золото всего:	кг	37	48 254	1 430	51	694 914
11	коренное	кг	*16*	*46 914*	*1 394*	*40*	*690 250*
12	россыпное	кг	*21*	*1 340*	*36*	*11*	*4 664*
13	Серебро	т	16	3 283,3	38,0	5	2 477

Таблица 2 – Горнодобывающие предприятия Алтайского края и балансовые запасы месторождений

Предприятия	Полезное ископаемое	Ед. изм.	Запасы (A+B+C1+C2)	Добыча за 2018 г.
АО «Сибирь-Полиметаллы»	Медь	тыс.т	368,9	2,5
	Свинец	тыс.т	526,3	5,6
	Цинк	тыс.т	2435,4	13,7
	Золото	кг	15612,1	402
	Серебро	т	1554,8	22,7
ОАО «Уралэлектромедь»	Медь	тыс.т	104,65	3,0
	Свинец	тыс.т	295,7	9,4
	Цинк	тыс.т	621,0	19,8
	Золото	кг	2249,2	159
	Серебро	т	315,25	15,1
ООО «Артель старателей «Поиск»	Золото коренное	кг	1195	756
ООО «Золото Курьи»	Золото коренное	кг	2164	77

Концепция создания индустриального парка заключается в подборе производственных площадок под целевые группы арендаторов, а также ориентации отдельных частей или объекта, согласно основной отраслевой специализации.

Наиболее приемлемая концепция технологического парка на территории формирующего горнодобывающего кластера южного Алтая – это государственный тип промышленного парка типа «Greenfild», с приемлемым сроком реализации проекта в пределах от 5 до 10 лет. Данная структура обладает высоким мультипликативным эффектом [3].

В заключении можно сказать, что формирование горнодобывающего кластера, по типу индустриального парка, в среднесрочной перспективе приведет к росту валового регионального продукта Алтайского края, будет способствовать повышению его инвестиционной привлекательности, вследствие чего окажет положительное влияние на социально-экономические показатели региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов, С. В. Рудное золото России: проблемы и перспективы использования новых технологий // С. В. Белов, И. С. Ротфельд / Маркшейдерия и недропользование. – 2005. – № 1 (15). – С. 31-34.

2. Беневольский, Б. И. Сырьевая база золота России на пути развития - проблемы и перспективы // Б. И. Беневольский / Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2006. – № 2. – С. 8-14.

3. Павлова, А. В. Управление процессами формирования кластерных структур в регионе // А. В. Павлова / Менеджмент в России и за рубежом. – 2017. – № 1. – С. 39-46.

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

Краморенко Сергей Васильевич *– заместитель начальника отдела геологии и гидрогеологии ООО «ЦИТ», аспирант центра ресурсной экономики ИЭиОПП СО РАН, e-mail: selim-555@yandex.ru.*

УДК 624.05

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО МАСШТАБА ЦЕНТРОБЕЖНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С. А. Ананьев
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассмотрены принципы оптимального масштаба центробежного моделирования грунтов и оптимизации его выбора в различных условиях.

Ключевые слова: *центробежное моделирование, сжатие грунтов, компрессионные испытания, сдвиговые испытания, механика грунтов, строительное моделирование.*

При любом виде физического моделирования оказывается необходимым выбирать геометрический (например, линейный) масштаб моделирования. В течение длительного времени развития моделирования масштаб выбирали обычно в каждом отдельном случае, исходя из частных, подчас случайно выбранных соображений, не учитывающих всей совокупности закономерностей, обеспечивающих оптимальное решение этой задачи. Например, на ранних стадиях развития центробежного моделирования существовали различные суждения о масштабах моделей и связанных с этим масштабах центрифуг, применяемых при моделировании. Г. И. Покровский [3], исходя из общих теоретических соображений, предлагал сразу же для первых экспериментов изготовить весьма большую центробежную машину, имевшую значительную стоимость и требовавшую длительного времени для своего осуществления. Эти обстоятельства привели к тому, что чрезмерно крупные центрифуги не были вообще применены для моделирования. Наоборот, в США были осуществлены для центробежного моделирования весьма небольшие машины. Эти машины можно было применять легко, просто и дешево. Однако они не позволяли решать наиболее существенные практические задачи, связанные с таким моделированием, и поэтому не могли привлечь к себе того внимания, которого заслуживает центробежное моделирование при использовании всех его реальных возможностей. Примеров подобного характера можно привести весьма много из различных областей техники [2].

При таких условиях целесообразно рассмотреть общие принципы выбора оптимального масштаба моделирования. При решении этой проблемы можно в первом приближении отвлечься от конкретных способов моделирования и исходить только из самых общих физико-технических и экономических показателей. В первую очередь, в этих условиях следует принять следующие две характеристики: 1) точность воспроизведения на модели исследуемого объекта; 2) стоимость решения на модели поставленной технической задачи. Каждая из этих характеристик зависит в той или иной мере от масштаба моделирования [1].

Как правило, при любом виде моделирования нельзя ограничиться однократным экспериментом. Во-первых, требуется некоторое число одинаковых опытов для определения ошибок и получения средних величин соответствующих параметров с точностью, удовлетворяющей запросам практики. Во-вторых, нередко необходимо так или иначе варьировать эксперименты, чтобы обеспечить достаточно всесторонний ответ по изучаемому вопросу. В таких условиях можно принять, что требуемый масштаб моделирования является функцией, требующей точности результата и принятого числа повторных опытов N.

Обозначим линейный масштаб моделирования, т. е. отношение характерных размеров объема (взятого в натуральных условиях) к соответствующим размерам модели, через m; допускаемую относительную ошибку определяемого параметра – через ΔX; стоимость проведения экспериментов (включая и амортизацию установки) – через s.

Можно в подавляющем числе случаев принять, что точность эксперимента зависит от масштаба моделирования и числа проведенных опытов, поскольку существует функция такого вида

$$\Delta X = F(m, N). \qquad (1)$$

Решая это уравнение относительно m, получаем функцию

$$m = f(\Delta X, N). \qquad (2)$$

Стоимость s серии экспериментов, в свою очередь, зависит от масштаба m и чис-

ла экспериментов *N*. Эта зависимость выражается некоторой функцией

$$S_a = \Phi(m, N, \Delta X). \quad (3)$$

Выражая N через m в уравнении (3), получаем

$$N = \varphi(\Delta X, m). \quad (4)$$

Следовательно, можно справедливо предположить, что

$$S_a = \Phi(\, f[\Delta X, \varphi(\Delta X, m)], \varphi(\Delta X, m), \Delta X)). \quad (5)$$

Очевидно, что с экономической точки зрения оптимальным будет такое значение масштаба m, при котором величина S_a минимальна. Исходя из общих правил определения экстремальных значений функций, можно в рассматриваемом случае написать следующие условия минимума значения S_a

$$\frac{\partial}{\partial m}\Phi(\, f[\Delta X, \varphi(\Delta X, m)], \varphi(\Delta X, m), \Delta X)) = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2}{\partial m^2}\Phi(\, f[\Delta X, \varphi(\Delta X, m)], \varphi(\Delta X, m), \Delta X)) > 0. \quad (7)$$

Вместо (6) можно написать также

$$\frac{\partial\Phi(\ldots.)\mathrm{df}(\ldots..)}{\mathrm{df}(\ldots..)\mathrm{dm}} + \frac{\partial\Phi(\ldots.)\mathrm{d}\varphi(\ldots..)}{\mathrm{d}\varphi(\ldots..)\mathrm{dm}} + \frac{\partial\Phi(\ldots.)\mathrm{d}\Delta\mathrm{X}}{\mathrm{d}\Delta\mathrm{X}\mathrm{dm}}. \quad (8)$$

Решая уравнение (6) или (8) относительно m и убеждаясь, что хотя бы одно из решений удовлетворяет условию (7), следует это решение и считать искомым значением оптимального масштаба моделирования в заданных условиях. Если имеется несколько решений уравнений (6) или (8), удовлетворяющих условию (7), то следует ввести дополнительные условия, исходя из которых окажется возможным предпочесть какое-либо одно из полученных решений для реализации при моделировании. Если уравнения (6) и (8) имеют решения, не удовлетворяющие условию (7), то следует поступить следующим образом. Исходя из равенств (3) и (4), можно написать

$$S_a = \Phi\big(m, \varphi(\Delta X, m)\big). \quad (9)$$

Задаваясь вытекающим из требований практики значением ΔX и различными значениями m (в практически осуществимом интервале), можно построить график, иллюстрирующий функцию (9), чтобы увидеть, при каком значении величина s находится в приемлемых пределах. Соответствующее значение m и следует принять при моделировании [3]. Необходимо отметить, что изложенный общий путь нахождения оптимального масштаба моделирования приводит к таким оптимальным значениям m, которые не обязательно должны осуществляться на практике со значительной точностью.

Если исследовать ход функции уравнения (9) вблизи оптимального значения m, то можно установить, что допустимым отступлениям ±Δs от минимального значения s соответствуют некоторые отступления от оптимального масштаба $+\Delta m$ и $-\Delta m_2$. В некоторых случаях $+\Delta m$ и $-\Delta m_2$ могут быть сравнительно большими. При рассмотренных дополнениях можно считать, что оптимальным масштабом является величина $\mathrm{m_{опт}}$, удовлетворяющая условию

$$\mathrm{m} + \Delta\mathrm{m}_1 \geq \mathrm{m}_{\mathrm{опт}} \geq \mathrm{m} - \Delta\mathrm{m}_2, \quad (10)$$

где m – решение уравнений (6) или (8), удовлетворяющее условию (7).

Рассмотренный выше общий метод определения оптимального масштаба моделирования можно пояснить частными примерами, при которых определение m можно довести до конкретного числа. Для этого необходимо раскрыть значения всех функций.

В частности, можно предложить следующее. Примем, что характеристикой точности экспериментов на модели является относительное значение средней квадратичной ошибки. Исходя из общих статистических закономерностей, можно принять, что средняя квадратичная ошибка равна корню квадратному из суммы числа отдельных статистических элементов, образующих модель (например, массив грунта), и некоторой величины *k*, характеризующей систематическую ошибку эксперимента. В этом случае

$$\Delta\mathrm{X} = \mathrm{a}\sqrt{\frac{\mathrm{m}^3+\mathrm{k}}{\mathrm{N}}};\ \mathrm{a} = \mathrm{const}\,. \quad (11)$$

В числителе под знаком корня в равенстве (11) стоит число экспериментов N, поскольку имеется в виду, что ΔX есть средняя квадратичная ошибка значения параметра, найденного на основе N экспериментов. Стоимость одного эксперимента с учетом амортизации установки может быть, в частности, выражена как

$$\mathrm{S}_1 = \frac{\mathrm{b}_1}{\mathrm{m}^3} + \mathrm{b}_2;\ \mathrm{b}_1 = \mathrm{const};\ \mathrm{b}_2 = \mathrm{const}. \quad (12)$$

Тогда стоимость серии из N экспериментов выражается как

$$S_N = \mathrm{S}_1 N + B. \quad (13)$$

При решении частной задачи по определению оптимального масштаба при специфических условиях центробежного моделирования можно наряду с изложенными выше общими соображениями исходить из следую-

щих предпосылок. Помимо случайных ошибок эксперимента при моделировании на центрифуге, возникают ошибки, обусловленные тем, что поле центробежных сил геометрически не тождественно полю силы тяжести.

Здесь, так же как и в формуле (11), система величин, определяющих величину оптимального масштаба, стоит под корнем высокой степени. Следовательно, и здесь значение $m_{опт}$ отличается стабильностью, т. е. изменяется относительно мало при значительных изменениях подкоренного выражения.

Например, если подкоренное выражение возрастет в 10 раз, величина оптимального масштаба увеличится только на 58 %. При уменьшении подкоренного выражения в 10 раз значение $m_{опт}$ снизится на 37 %.

Если отвлечься от экономической стороны и ставить задачу по обеспечению максимальной точности моделирования любого заданного объекта, для которого центробежный радиус заранее известен, то можно при любом наперед принятом значении масштаба моделирования установить оптимальное значение радиуса центрифуги.

Характерной особенностью этой закономерности является то, что в зависимости от масштаба моделирования m изменяется и соотношение между размерами модели r и радиусом центрифуги. Модель должна быть тем больше по сравнению с центрифугой, чем больше масштаб моделирования и чем меньше число опытов, которое намечено проводить при одном этапе эксперимента [3]. Это значит, что при уменьшении размеров скорости должны соответственно расти. Такое условие обычно не соблюдается при моделировании, т. к. приводит к нарушению других критериев подобия, имеющих более существенное значение.

Если бы оказалось возможным изменять размеры молекул при переходе от натуры к модели, а также изменять скорости движения молекул в соответствии с изменением скоростей макроскопического движения на модели и в натуре, то условие соответствия критерию подбора r всегда было бы соблюдено. Значит, во всех весьма распространенных случаях, когда нарушается критерий подбора r, мы имеем в конечном итоге нарушение соответствия между объектами исследования, взятыми в целом, и теми частицами (молекулами), из которых эти объекты построены.

Подобное нарушение встречается весьма часто, во всяком случае, всегда, когда удовлетворяются критерии, соблюдаемые в аэро- и гидродинамике, и сохраняется одна среда у модели и натуры.

Переходя к центробежному моделированию явлений в грунтах и горных породах, мы имеем несколько более сложную картину. Во-первых, все моделируемые объекты состоят из молекул. Во-вторых, грунты и горные породы состоят из частиц или агрегатов этих частиц. В-третьих, эти частицы образуют массивы соответствующей формы. Практика приводит к тому, что соблюдается только первое из этих условий, потому что на модели берется тот же грунт, что и в натуре. Это обусловливает наличие подобия во всех молекулярно-кинетических условиях. Силы сцепления и разбухания, силы трения и вязкости, теплоемкость и теплопроводность остаются на модели и в натуре тождественными, что имеет большое практическое значение. Этим и объясняется, почему на практике давно избран при рассматриваемых видах моделирования именно путь сохранения постоянства размеров и формы частиц. Несоблюдение отношения, допускаемое при этом, несомненно, приводит к неполному подобию. Однако это неполное подобие приводит к несущественным нарушениям процесса моделирования. Дело в том, что уменьшение числа частиц и модели по сравнению с натурой сказывается в основном только на том, что статистические факторы проявляются на модели сильнее, чем в натуре. Впрочем, в большинстве случаев модели все же настолько велики по сравнению с размерами частиц, что статистические факторы проявляются обычно весьма слабо и законы больших чисел продолжают оставаться практически вполне применимыми.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Покровский, Г. И. Центробежное моделирование в строительном деле / Г. И. Покровский, И. С. Федоров. – Москва : Стройиздат, 1968. – 247 с.

2. Покровский, Г. И. Центробежное моделирование в горном деле / Г. И. Покровский, И. С. Федоров. – Москва : Стройиздат, 1969. – 272 с.

3. Моделирование проявлений горного давления / Г. Н. Кузнецов [и др.]. – Ленинград : Недра. Ленингр. отд-ние, 1968. – 279 с.

Ананьев Сергей Анатольевич *– старший преподаватель кафедры «Технология и механизация строительства», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: ananda_hasita@mail.ru.*

УДК 624.05

ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО ГРАДИЕНТА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СЖАТИЯ ГРУНТОВ

С. А. Ананьев, Е. В. Хатина
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассмотрен механизм влияния начального центробежного градиента при моделировании сжатия грунтов и оптимизации его выбора в различных условиях.

Ключевые слова: *центробежное моделирование, сжатие грунтов, компрессионные испытания, сдвиговые испытания, механика грунтов, строительное моделирование.*

При сжатии грунта, содержащего в своих порах воду, происходит вытеснение этой воды из сжимаемого грунта. Если содержание воды в грунте достаточно велико, то перемещение воды в значительной степени определяет скорость и величину объемной деформации грунта. Это перемещение воды происходит по известным законам фильтрации и уже давно подверглось детальному исследованию как при экспериментах, так и в области теории и расчета. Однако не все стороны этого явления изучены в равной степени. В частности, до сих пор недостаточно изучены и учтены обстоятельства, связанные с так называемым начальным градиентом. Этот градиент, как известно, характеризует молекулярные силы, действующие в грунтовой воде и связывающие эту воду со скелетом грунта. Если градиент давлений в грунтовой воде равен или меньше начального градиента, то перемещения воды не происходит. Обычно начальный градиент рассматривается в условиях, когда поры грунта полностью наполнены водой. В этих условиях наличие начального градиента свидетельствует о том, что в тонком слое воды, находящейся вблизи смачиваемого ею вещества частиц грунта, возникают молекулярные связи, аналогичные связям, имеющимся в твердых телах. Наряду с начальным градиентом этого рода, который может наблюдаться только в мелкодисперсных грунтах, возможен также начальный градиент, имеющий иную природу, – градиент, обусловленный капиллярными силами. Такой градиент возникает, если в грунтовой воде находятся пузырьки защемленного воздуха. Такие пузырьки при неподвижной воде располагаются в наиболее широких местах грунтовых пор. Это вытекает из общих термодинамических условий, согласно которым поверхностная энергия воды, отнесенная к единице объема воздуха в пузырьках в устойчивом состоянии, должна быть минимальной.

При фильтрации воды через поры грунта пузырьки деформируются, проходя через узкие места каналов в грунте. При этом возникает определенная сила сопротивления фильтрации. Обусловленный этим явлением начальный градиент равен

$$I_0 = 2\sigma\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)N_1\frac{1}{\gamma_0}, \qquad (1)$$

где σ – капиллярная постоянная воды, равная 72 дин/см; R_1 – наименьший диаметр пор грунта; R_2 – наибольший диаметр пор грунта; N_1 – число пузырьков, приходящихся на единицу длины фильтрующего канала в грунте; γ_0 – объемный вес воды.

Очевидно, что величины R_1, R_2 и N_1 являются случайными величинами и при расчете начального градиента необходимо брать некоторые средние эффективные значения этих величин. Точный расчет при этом в общем виде становится затруднительным. Однако примерную оценку величины начального градиента провести достаточно просто. Примем для примерного расчета R_1 = 0,001 см; R_2 = 0,01 см; N_1 = 100 на 1 см; γ_0= 1 г/см^3 = 1000 дин/см^3. Тогда I_0 = 6480. Это значит, что при длине фильтрующего канала, равной 1 см, вода с пузырьками воздуха может выдержать давление, равное 6,5 кг/см^2. Не придавая числовому значению начального градиента, полученному при этом примерном расчете, какого-либо серьезного внимания, следует признать, однако, что порядок величины начального градиента, обусловленного пузырьками воздуха, может быть настолько значительным, что этот градиент приобретает определенное практическое значение.

Необходимо учесть еще следующее. При начальном градиенте, обусловленном капиллярными силами, пузырьки воздуха не имеют сферической формы. Часть поверхности пузырька имеет более сильную кривизну, чем остальная поверхность этого пузырька. При этом происходят конденсация паров воды в зоне повышенной кривизны и испарение

воды в зоне, где кривизна поверхности меньше. В результате этого происходит перенос воды в направлении действующего градиента.

Это обусловливает некоторую чрезвычайно медленную, но все же заметную фильтрацию. Это значит, что начальный градиент, обусловленный капиллярными силами, не запирает фильтрацию полностью, а создает условия, соответствующие резкому снижению коэффициента фильтрации.

При начальных градиентах, обусловленных как молекулярными, так и капиллярными силами, общий закон фильтрации будет иметь такой характер, который графически изображен на рисунке 1.

При начальном градиенте, независимо от его физической природы, наблюдаются определенные закономерности в объемных деформациях грунтов. В частности, при сжатии некоторого объема грунта, обусловленном вытеснением воды, заполняющей поры этого грунта, модуль сжатия E должен зависеть от длины фильтрационных каналов L, через которые уходит вода.

Эту зависимость можно в общем виде записать следующим образом

$$E = E_0(\varepsilon) + P_1(\varepsilon)L\,, \qquad (2)$$

где $\mathrm{E}_0(\varepsilon)$ – модуль сжатия скелета грунта, обусловленный взаимодействием частиц; $\mathrm{P}_1(\varepsilon)$ – дополнительное сопротивление сжатию, обусловленное наличием начального градиента, отнесенное к единице длины фильтрующего канала.

Величины $\mathrm{E}_0(\varepsilon)$ и $\mathrm{P}_1(\varepsilon)$ являются функциями коэффициента пористости грунта ε, который меняется при сжатии грунта, а также размеров частиц и характеристик структуры грунта.

Чтобы определить для конкретных условий значения $E_0(\varepsilon)$ и $\mathrm{P}_1(\varepsilon)$, можно воспользоваться обобщенными экспериментальными данными для увлажненных глин, обработанными в СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [1]. Исходя из кривых, приведенных на рисунке 1 в этой статье, можно составить таблицу 1 средних значений модуля сжатия этих глин E как функции коэффициента пористости e для двух случаев. В первом случае значения E получены из полевых опытов со штампами. При этих опытах примерное среднее значение L можно принять равным 0,6 м. Во втором случае значение E определено при лабораторных компрессионных экспериментах. В этом случае L очень невелико и имеет порядок величины около 0,01 м.

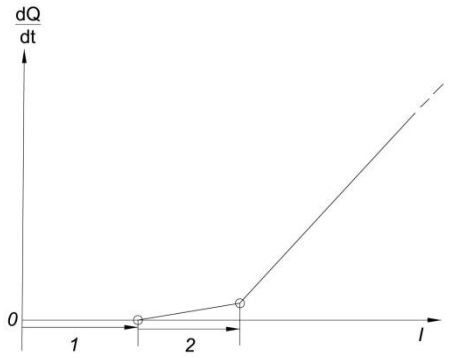


Рисунок 1 – График изменения расхода воды от начальных градиентов:
$\frac{dQ}{dt}$ – расход воды, *I* – градиент; 1 – начальный градиент – молекулярные силы;
2 – начальный градиент – капиллярные силы

Таблица 1 – Значения модуля сжатия E увлажненных глин как функция коэффициента пористости (число пластичности ≥1)

Модуль сжатия E, кГ/см²	Коэффициент пористости ε						
	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
Полевой штамп, L = 0,6 м	400	234	116	77	56	42	36
Компрессионный прибор L = 0,01 м	54	40	28	25	21	18	16

Таблица 2 – Значения $E_0(\varepsilon)$ и $P_1(\varepsilon)$ для увлажненных глин (число пластичности ≥1)

Значения	**Коэффициент пористости ε**						
	0,4	**0,5**	**0,7**	**0,9**	**1,1**	**1,3**	**1,5**
$E_0(\varepsilon)$, кг/см²	54	40	28	25	21	18	16
$P_1(\varepsilon)$, кг/см²м	400	234	116	77	56	42	36

На основании приведенных данных можно установить значения $\mathrm{E}_0(\varepsilon)$ и $\mathrm{P}_1(\varepsilon)$ следующим образом. Обозначая величины E и L для опытов - со штампами через E_1 и L_1 и для опытов с компрессионным прибором – через E_2 и L_2, можно написать

$$E_1 = E_0(\varepsilon) + P_1(\varepsilon)L_1; \qquad (3)$$
$$E_2 = E_0(\varepsilon) + P_1(\varepsilon)L_2. \qquad (4)$$

Решая уравнения (3) и (4) с двумя неизвестными, получаем

$$P_1(\varepsilon) = \frac{E_1 - E_2}{L_1 - L_2} \qquad (5)$$

или

$$\begin{cases} E_0(\varepsilon) = E_1 - \frac{E_1 - E_2}{L_1 - L_2} L_1 \\ E_0(\varepsilon) = E_1 - \frac{E_1 - E_2}{L_1 - L_2} L_1 \end{cases} \qquad (6)$$

Исходя из таблицы 1 и проводя расчеты по формулам (5) и (6), можно принять приближенно $L_1 - L_2 \approx L_1$, так как $L_1 \gg L_2$. При изложенных условиях получаем значения

$E_0(\varepsilon)$ и $P_1(\varepsilon)$, приведенные в таблице 2. Зависимости, приведенные в этой таблице, можно выразить с приемлемой для практики точностью – эмпирическими формулами

$$\begin{cases} E_0(\varepsilon) = \frac{20}{\varepsilon}\ \text{кг/см}^2 \\ P_1(\varepsilon) = \frac{5{,}2}{\varepsilon - 0{,}34}\ \text{кг/см}^2 \cdot \text{м} \end{cases}. \quad (7)$$

На основании (2) и (7) получаем для увлажненных глин

$$E = \frac{20}{\varepsilon} + \frac{5.2L}{\varepsilon - 0.34}\ \text{кг/см}^2\,. \quad (8)$$

Здесь длина фильтрационного канала L выражена в метрах. Определение эффективного значения L в сложных трехмерных случаях, встречающихся на практике, приводит к значительным трудностям и требует дальнейших исследований. Вообще требует еще доказательства то, что в сложном трехмерном случае деформации грунта можно получить достаточно высокую точность расчета, вводя определенное эффективное значение L [2]. Однако, не останавливаясь подробнее на способах установления L, можно в общем виде считать, что при моделировании, когда обеспечено геометрическое подобие натуры и модели, величина $L = L_н$ в натуре будет в n раз больше, чем величина $L = L_м$ на модели. Здесь n – линейный масштаб моделирования. Следовательно, можно написать

$$L_M = \frac{L_н}{n}\,. \quad (9)$$

Поэтому для натуры и для модели можно написать следующие выражения для модуля деформации грунта

$$E_н = E_0(\varepsilon) + P_1(\varepsilon)L_н\,, \quad (10)$$

$$E_м = E_0(\varepsilon) + P_1(\varepsilon)\frac{L_н}{n}\,. \quad (11)$$

Условием моделирования различных объектов, состоящих из грунта или взаимодействующих с. грунтом, как известно, обычно считается равенство относительных деформаций, обусловленных объемными силами. Это значит, что в таких условиях применимы обычные условия центробежного моделирования. Если же грунт весьма мелкодисперсен, сильно увлажнен, а размеры объекта в натуре очень велики, то в этом случае центрифуга не нужна и можно производить моделирование в обычном лотке при нормальном действии силы тяжести [3]. Вместе с тем нельзя и обойтись без центрифуги. Если же при рассмотренных условиях все же пользоваться центрифугой, работающей в обычных условиях без поправки с учетом эффективного масштаба $n_э$, то модель окажется в той или иной мере перегруженной. Создадутся условия, которые соответствуют как бы увеличению размеров натурного объекта в $n_э$ раз. Это обстоятельство приведет к тому, что модель окажется менее прочной и устойчивой, чем натурный объект. Таким образом, моделирование, производимое на центрифуге без учета начального градиента, в мелкодисперсных увлажненных грунтах приводит к появлению некоторого запаса надежности, который может оказаться во многих случаях чрезмерно значительным.

Все изложенное в этой статье может рассматриваться как существенные предпосылки для дальнейшего развития моделирования в области инженерной геологии, гидротехники и фундаментостроения. Особенного внимания потребуют сложные объекты, состоящие из различных материалов. При моделировании таких объектов на центрифуге, как правило, будет получаться или перегрузка элементов, состоящих из увлажненной глины, или недогрузка других элементов, состоящих из крупнодисперсных грунтов и обычных строительных материалов (металл, дерево, бетон и т. д.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Покровский, Г. И. Центробежное моделирование в строительном деле / Г. И. Покровский, И. С. Федоров. – Москва : Стройиздат, 1968. – 247 с.

2. Покровский, Г. И. Центробежное моделирование в горном деле / Г.И. Покровский, И. С. Федоров. – Москва : Стройиздат, 1969. – 272 с.

3. Моделирование проявлений горного давления / Г. Н. Кузнецов [и др.]. – Ленинград : Недра. Ленингр. отд-ние, 1968. – 279 с.

Ананьев Сергей Анатольевич *– старший преподаватель кафедры «Технология и механизация строительства», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: ananda_hasita@mail.ru.*

Хатина Екатерина Владимировна *– старший преподаватель кафедры «Технология и механизация строительства», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: katrin210180@mail.ru*.

УДК 624.05

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ В ПОЗДНЕПЛИОЦЕН-РАННЕЧЕТВЕРТИЧНОЕ ВРЕМЯ

О. С. Анненкова, С. А. Ананьев
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Позднеплиоцен-раннечетвертичный подэтап продолжительностью примерно 2,3 млн. лет характеризовался усилением интенсивности и дифференцированности движений в пределах плиты и сменой их знака на значительной части рассматриваемой территории. Основной особенностью этого подэтапа было возникновение компенсационного Приобского прогиба на юго-востоке плиты перед поднимавшимся Алтаем и обширной области прогибаний, охватившей большую часть южной половины плиты почти от Урала до Енисейского кряжа (Васюганско-Каменская синеклиза).

Ключевые слова: *территория, грунт, свойства, толща, плита, режим, процесс, этап, геологическое строение, Западно-Сибирская равнина, этапы геологического развития.*

В центре неогенового широтного прогиба возникла область положительных движений — Ишимско-Чановская антеклиза, захватившая крайнюю юго-западную и южную части рассматриваемой территории. Здесь, в пределах Ишим-Иртышского междуречья, в течение позднеплиоцен-раннечетвертичного времени происходило формирование денудационной равнины, занимающей незначительную площадь и сложенную с поверхности неогеновыми породами, перекрытыми чехлом четвертичных субаэральных отложений мощностью 2-4 м.

Большая часть рассматриваемой территории располагается в пределах Васюганской ступени, испытавшей неравномерные опускания с амплитудами 30-70 м, где выделялись также участки относительных поднятий и более интенсивных прогибаний.

Кожевниковский структурный залив с амплитудами прогибания от 60 до 120 м развивался унаследованно от олигоцена и неогена.

К обширной области прогибания была приурочена аллювиально-озерная и озерная аккумуляция, что привело к образованию в конце этапа «Великих аккумулятивных равнин». Климат за это время изменялся от мягкого семиаридного к гумидному, причем это изменение сопровождалось неоднократными значительными похолоданиями. В конце плиоцена зона хвойных лесов спускается к югу до линии Тобольск – Нарым, зона лиственных лесов доходит до Алтая, Салаира, Кузнецкого Алатау.

В таких условиях формировались позднеплиоцен-раннечетвертичные осадки различных мощностей, генетических типов и фациального состава, что было тесно связано с изменениями климатических условий и интенсивности новейших тектонических движений.

Породы кочковской свиты залегают с размывом и стратиграфическим несогласием, увеличивающимся к западному и восточному бортам плиты, в северном направлении и на поднятиях (Таргачском, Межовском и др.), на отложениях павлодарской, таволжанской, бещеульской и абросимовской свит, а местами – журавской свиты. Такой характер залегания отложений свиты связан со значительной перестройкой структурного плана плиты на рубеже неогенового и позднеплиоцен-четвертичного этапов, что позволяет отнести соответствующие им отложения к различным структурно-тектоническим подэтажам или даже этажам.

Отложения кочковской свиты (кочковского регионального горизонта) распространены на большей части рассматриваемой территории в пределах обширных междуречных равнин на глубине от 5 до 30 м. Мощность их изменяется от 10 до 60 м, возрастая в пределах Васюганской ступени и особенно Приобского прогиба Васюганско-Каменской синеклизы.

Начало подэтапа – бетекейское и раннекочковское время – сопровождалось усилением тектонической активности и формированием на значительной территории прогиба аллювиальных и аллювиально-озерных отложений, представленных песками. Наиболее древними являются отложения бетекейской свиты, залегающие в эрозионных врезах на Тобол – Ишим – Иртышском междуречье и представленные грубозернистыми песками с большим количеством гравия и гальки, состоящей из мергельных конкреций. Мощность их составляет 1-3 м и лишь в редких случаях

достигает 10-15 м. На остальной части территории почти повсеместно в основании кочковской свиты залегают пески каргатской пачки нижнекочковской подсвиты и их аналоги. Это аллювиальные и аллювиально-озерные отложения, представленные преимущественно мелкозернистыми полимикговыми песками с прослоями супесей, алевритов и глин темно-серого, зеленовато- и голубовато-серого цвета. Местами прослеживается четкая горизонтальная и косая слоистость, подчеркиваемая намывом растительного детрита и слюды.

В основании разреза обычно прослеживается базальный горизонт песков более грубого состава с примесью гальки или глинистого гравия мощностью 1-2 м. Общая мощность песчаной пачки в пределах Приобского, Васисского, западных частей Вагановского прогибов и Крещенской ступени достигает 15-30 м, на остальной территории не превышает 15 м, а на поднятиях заметно сокращается и местами выклинивается [1].

Эпоха тектонической активизации начала кочковского века сменилась прогибаниями, охватившими Васюганско-Каменскую синеклизу и склоны Ишимско-Чановской антеклизы. Серия мелких колебаний климата в позднекочковское время завершилась первой значительной фазой похолодания. В пределах обширной озерной равнины происходило формирование глинистых осадков убинской пачки кочковской свиты. Мощность их изменяется от 10 до 20 м в пределах большей части Васюганской ступени и достигает более 40 м в Бурлинско-Новосибирском прогибе. Сложена пачка зеленовато-бурыми и буро-серыми глинами липкими, средними и тяжелыми, реже суглинками, обычно карбонатными с обломками раковин моллюсков, мелкими железистыми и марганцевистыми включениями и мелкими известковистыми конкрециями. В толще прослеживается горизонтальная слоистость с тонкой ленточной слоистостью в отдельных прослоях или комковатой, мелкокомковатой и плитчатой отдельностью.

В раннечетвертичное (федосовское) время продолжался режим озерной аккумуляции на значительной части территории. В пределах современных Обь-Иртышского, Обь-Енисейского и северной части Тобол-Иртышского междуречий формировались озерные осадки федосовской и верхней части смирновской свит, представленные монотонной толщей суглинков и глин и залегающие с постепенным переходом на осадках кочковской свиты.

Аналогичные отложения установлены с поверхности на значительной территории Обь-Иртышского междуречья, на Обь-Енисейском, а также Тобол-Иртышском междуречьях. Раннечетвертичное время характеризовалось дальнейшими направленными изменениями климата. Потепление климата в начале этого времени обусловило господство степных и лесостепных ландшафтов. На участках, занятых ныне тайгой, леса с незначительной примесью широколиственных пород деревьев носили островной характер. В результате последующего похолодания сформировались открытые ландшафты лесотундрового типа со злаково-разнотравным травяным покровом, с лесами типа редколесий или островов из березы, сосны, кедра, ели. Формирование нижних пачек федосовской свиты было связано с потеплением климата и достаточно влажными условиями эпохи гюнц-миндельского межледниковья. Формирование верхних пачек свиты относится к позднему минделю, сопровождавшемуся двумя фазами похолодания. Представлены они суглинками средними и тяжелыми, реже глинами, часто иловатыми, окрашенными в серые тона с голубоватым, сизоватым, реже зеленоватым оттенками. Для толщи характерно присутствие мелких обломков раковин тонкостенных моллюсков, остракод, мелких растительных остатков, мелких карбонатных стяжений, разводов и пятен вивианита, карбонатность пород. Обычно суглинки неслоисты и имеют зернистую мелкокомковатую структуру, но отдельные прослои характеризуются тонкой ленточной слоистостью. Встречаются также линзовидные прослои заторфованных суглинков и линзовидные пачки переслаивания суглинка с пылеватым песком. Последние часто приурочены к подошве свиты. Формирование свиты происходило в условиях застойных и периодически заболачивавшихся мелководных озерных водоемов, местами проточных, очень близких к условиям формирования глинистой пачки кочковской свиты. Этим объясняется значительное сходство разрезов свит, постепенный переход между ними и трудность их разделения. На этом основании в Тарском Прииртышье некоторые исследователи предлагают выделить смирновскую свиту, объединяющую отложения кочковской и федосовской свит.

Средняя мощность осадков федосовской свиты составляет 15-20 м, значительное ее увеличение наблюдается в направлении Приобского прогиба (до 40-60 м) и сокращение в пределах таких положительных структур, как Межовское и Таргачское поднятия,

Пайдугинский свод, Северо-Кананакский вал и др. На Тобол-Иртышском междуречье в юго-западной части территории типично федосовские отложения имеют спорадическое распространение. Часто они приурочены к наиболее высоким участкам междуречных равнин, где их мощность составляет 5-15 м. Общая мощность отложений кочковской и федосовской свит в этих районах изменяется от 10 до 30 м, мощность песчаной пачки в основании разреза достигает местами 7 м. В верховьях р. Оша аналоги кочковской и федосовской свит представлены толщей солоноватоводных озерных осадков — слоистых глин и алевритов мощностью до 20 м, а местами до 40 м. В западных районах по левобережью Тобола общая мощность верхнеплиоцен-нижнечетвертичных осадков не превышает 10 м.

На Обь-Енисейском междуречье мощность осадков кочковской и федосовской свит увеличивается от 2-5 м на отдельных участках Вах-Тымского междуречья до 100-120 м в понижениях дочетвертичного рельефа на Обь-Чулымском водоразделе. Мощность песчаной пачки в основании толщи изменяется от 2 до 30 м. Мощность глинистой пачки обычно превышает 15 м, достигая 80 м на Обь-Чулымском междуречье и сокращаясь до 5-8 м на Тым-Вахском. В северных районах в ее составе преобладают тяжелые суглинки от темно-коричневых до желто-бурых и серых, а в южных – глины и суглинки от легких до тяжелых, карбонатные с известковистыми стяжениями. На Кеть-Пайдугинском междуречье с поверхности развиты песчаные разности. Пески мелко- и среднезернистые, пылеватые, кварцевые и кварцполевошпатовые, буровато-желтого и серого цвета с прослоями и линзами суглинков и супесей. Мощность толщи составляет 6-16 м [2].

Среди верхнеплиоцен-нижнечетвертичных отложений центральной части Западно-Сибирской плиты могут быть выделены два геолого-генетических комплекса пород: аллювиальный и озерно-аллювиальный верхнеплиоценовый бетекейской свиты и нижнекочковской подсвиты; озерный верхнеплиоцен-нижнечетвертичный верхнекочковской подсвиты, федосовской свиты и их аналогов.

Основное значение позднеплиоцен-четвертичного этапа заключалось в возникновении большой области прогибания в южной и центральной частях плиты, явившейся огромной областью аккумуляции преимущественно озерно-аллювиальных осадков досред-нечетвертичного возраста.

Отложения описанных геолого-генетических комплексов (кочковской и федосовской свит и их аналогов) являются рельефообразующими на основной площади в пределах центральной части Западно-Сибирской плиты, занятой аккумулятивными и денудационно-аккумулятивными (в зависимости от мощности отложений в прогибах и на поднятиях, существовавших во время осадконакопления) плиоценнижнечетвертичными озерно-аллювиальными равнинами. Денудационно-аккумулятивный рельеф равнины развит в пределах Ишимско-Чановской антеклизы и Обь-Енисейской (Пыль-Караминский мегавал), а аккумулятивный – в пределах обширной Васюганско-Каменской синеклизы. Поднятия этой огромной территории, начиная со среднечетвертичного времени, обусловили превращение ее в междуречные равнины, приуроченные к крупным положительным структурам, способствовали ее расчленению и переработке экзогенными процессами. Значительная дифференцированность четвертичных поднятий и расположение равнины в различных природных и геоморфологических зонах привели к формированию своеобразных черт рельефа на разных участках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков, И. А. Палеоценовая кора выветривания как важнейший хронологический репер в геологии Западной Сибири / И. А. Волков, С. П. Казьмин // Вестник Воронежского государственного университета. – Серия: Геология. – 2007. – № 2. – С. 221-223.

2. Ершов, С. В. Палеобатиметрия позднеюрско-неокомского бассейна севера западной Сибири и влияние на нее природных процессов / С. В. Ершов // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57. – № 8. – С. 1548-1570.

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

Ананьев Сергей Анатольевич *– старший преподаватель кафедры «Технология и механизация строительства», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: ananda_hasita@mail.ru.*

УДК 698

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

О. С. Анненкова, Е. В. Овсянникова
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассматривается принцип работы 3D-принтеров, применяемых для аддитивной технологии возведения зданий и сооружений или изготовления отдельных строительных конструкций и архитектурных элементов. Приведен опыт реализации данной технологии в разных странах, произведен анализ технологических решений, представленных различными отечественными и зарубежными организациями. Выявлены достоинства и недостатки основных видов принтеров, используемых для строительства. Произведен анализ существующих проблем и выявлены перспективы развития технологии.

Ключевые слова: *строительство, аддитивные технологии, 3D-строительство, строительный 3D-принтер, послойное экструдирование, строительная трехмерная печать.*

Строительная отрасль, как любое другое производство, требует постоянного развития и применения новых технологий, направленных на сокращение сроков возведения зданий и сооружений, увеличение периода их эксплуатации, снижение применяемого ручного труда и себестоимости и, как следствие, получение большей экономической выгоды.

Одна из новых технологий в строительной сфере – печать целых зданий или отдельных конструкций на строительных 3D-принтерах. С помощью 3D-печати можно получать изделия и конструкции различных сложных форм при низких материальных затратах и сроках производства. Применение такой технологии позволит возводить уникальные архитектурные объекты криволинейных неправильных форм. А автоматизация ручного труда приведет к уменьшению численности рабочих на строительной площадке, снижению травматизма и понижению человеческого фактора, приводящего к определенным ошибкам в строительстве.

Последние несколько лет технологию 3D-строительства пытаются освоить и доработать компании в десятках стран по всему миру. Преж всего это Китай, Россия и США.

Существующие на данный момент времени строительные принтеры позволяют построить небольшие двух и трехэтажные коттеджи, но разработчики не останавливаются на достигнутом и полагают, что в будущем времени с помощью принтеров можно будет возводить более высотные объекты и даже небоскребы.

Принцип работы трехмерного принтера заключается в послойном нанесении рабочей смеси и создании, таким образом, контура здания или отдельной конструкции без использования съемной опалубки. Состав рабочей смеси, размеры наносимого слоя (ширина, толщина, высота) и максимально возможные размеры строящегося объекта зависят от конструкции каждого конкретного принтера [1].

Одними из первых больших успехов в развитии трехмерной печати добились разработчики из Китая. В 2014 году компания «Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co» начала изготовление отдельных строительных конструкций на производственной площади 1500 м^2 с последующей их сборкой на объекте. Из полученных изделий было собрано десять готовых одноэтажных жилых домов, площадью 20-30 м^2, себестоимость каждого по курсу на тот период составляла не более 300000 рублей [2].

Позднее, в 2015 году эта же китайская компания WinSun презентовала еще один напечатанный объект – шестиэтажное жилое здание площадью около 1100 м^2, на строительство которого потребовалось всего 11 дней: 1 день на печать конструкций каждого этажа в заводских условиях и еще 5 дней занял монтаж конструкций на строительной площадке.

Важно, что строительная смесь, применяемая WinSun, создавалась на основе цементно-песчаного раствора с применением армирующих волокон, отходов от сноса зданий и специальных запатентованных добавок.

Стоит отметить, что все данные дома, в силу климатических условий и других территориальных особенностей не пригодны для эксплуатации на большей территории России. А их переустройство, отвечающее тре-

бованиям, например, Алтайского края и заключающееся в дополнительном утеплении и армировании, привело бы к увеличению сроков возведения и себестоимости квадратного метра.

В России наиболее известны две компании, активно занимающиеся разработкой трехмерной печати: «ApisCor» и «АМТ-Спецавиа».

Особенностью технологического решения компании ApisCor является применение безрамного принтера, работающего в полярной системе координат. Сам принтер внешне похож на кран с печатающей головкой, установленной на его стреле. Таким образом принтер ApisCor печатает здание «вокруг себя».

Разработчиками так же было предложено несколько вариантов строительной смеси из цементно-песчаного раствора для принтера, отвечающих требованиям соответствующих ГОСТ и СП. Так, минимальный класс по прочности готового бетона на сжатие должен составлять не менее В20, минимальная марка по морозостойкости – F200, по водонепроницаемости – D2000.

Первым презентованным объектом ApisCor стал одноэтажный жилой дом площадью 38 м^2, построенный в 2017 году в городе Ступино. Главное отличие от китайской WinSun стало то, что объект был возведен полностью на строительной площадке без изготовления отдельных конструкций в производственных цехах. Суммарная печать несущих конструкций составила 24 часа. Строительство осуществлялось зимой при отрицательных температурах, поэтому потребовалось устройство специального закрытого тента, поддерживающего рабочую температуру выше 0 °С.

Так же в 2017 году другая отечественная компания – АМТ-Спецавиа – возвела жилой дом с помощью своего 3D-принтера. Как у Китайских конкурентов, данный дом собирался на площадке из заранее изготовленных конструкций.

Особенностью данного проекта является полное его юридическое оформление в соответствии с законодательством РФ: заранее было получено разрешение на строительство, а готовое здание введено в эксплуатацию и поставлено на кадастровый учет с оформлением паспорта в БТИ.

Однако у принтеров АМТ-Спецавиа есть одно преимущество: универсальность конструкции принтера и его сопла, которая позволяет применять различные по своему составу строительные смеси. Это может быть обычный цементно-песчаный раствор, высокопрочные цементные смеси или стеклофибробетон.

У всех описанных выше компаний и разработанных ими принтеров возникают схожие проблемы: неоднородность рабочей смеси, низкая прочность сцепления слоев между собой и низкая трещиностойкость, функциональная ограниченность и низкие эстетические характеристики (все слоистые конструкции требуют дополнительной обработки в виде штукатурки или устройства обшивки) [5].

Совершенно другую технологию 3D-печати с точки зрения используемой строительной смеси предложили зарубежные компании MIT Media Lab, Batiprint3D и DUS Architects. Для устройства стеновых конструкций они печатают опалубку, состоящую из отличных от бетона материалов, которая затем заполняется раствором необходимой марки.

Рабочая смесь для печати опалубки MIT Media Lab представляет собой вспененный полиуретан. В течение короткого времени, после экструзии из сопла принтера данная смесь многократно увеличивается в объеме и затвердевает, приобретая пористую структуру.

Характерной особенностью опалубки из пенополиуретана является хаотичная форма внутренних и наружных поверхностей опалубки, неравномерная ее толщина в сечении и, как следствие, неравномерная толщина слоя бетона, заполняющего такую опалубку без предварительной ее обработки.

Голландская компания DUS Architects в качестве чернил для своих принтеров использует переработанный вторичный пластик. Толщина слоя пластика, выдавливаемого из сопла, составляет всего несколько миллиметров, а затвердевшая смесь имеет достаточно низкие прочностные характеристики. Опалубка, представленная разработчиками данной фирмы, представляет собой ячеистую форму. Каждая из большого количества небольших по размерам ячеек требует отдельного заполнения строительными материалами – бетоном или теплоизоляцией.

Сейчас многие исследовательские центры и лаборатории предлагают свои варианты реализации трехмерной печати в строительстве: конструкции принтеров и составы рабочих смесей, основными из которых являются все же тяжелый бетон и фибробетон.

Но отсутствие единых требований к принтерам и какой-либо нормативной документации затрудняет процесс развития данной технологии в правовом плане [2].

Особенно это касается Российской Федерации, где к каждому виду конструкций и каждому материалу, к каждому технологическому процессу предъявляются свои специфические и обязательные требования в первую очередь по обеспечению безопасности, как в процессе строительства, так и в процессе эксплуатации строительных объектов.

Однако, кроме правового аспекта различные технологические решения 3D-печати зданий имеют свои недостатки, которые так же препятствуют повсеместному распространению этой технологии:

- неровная вертикальная поверхность конструкций, образующаяся из-за слоистого нанесения опалубки принтером и требующая дополнительной обработки или зашивки для обеспечения эстетических свойств, а также для защиты от механических воздействий и повреждений в период эксплуатации [3];

- противоречие для цементных смесей, которое заключается в необходимости использования добавок-пластификаторов, чтобы рабочая смесь не застывала в печатающей головке экструдера, и добавок, обеспечивающих быстрое затвердевание раствора для непрерывного нанесения последующих слоев;

- нефункциональность напечатанных элементов в роли опалубки из-за их низких прочностных свойств [4];

- отсутствие универсальной смеси, которая применялась бы для большинства различных по конструкции принтеров.

Тем не менее, можно сделать вывод, что технология 3D-строительства еще находится на своем начальном этапе развития, и в будущем времени можно ожидать новых усовершенствований, а также решения описанных выше проблем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акопян, А. А. Применение 3D принтеров в строительстве, достоинства и недостатки технологии / А. А. Акопян, А. А. Будко, А. А. Потехин // Сборник научных трудов. Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития. – 2016. – № 3. – С. 39-42.

2. Кулебякин, А. А. Новые технологии. Развитие 3D-печати: перспективы и последствия / А. А. Кулебякин // Молодеж. науч.-техн. вестник. – 2015. – № 3. – С. 48.

3. Лунева, Д. А. Применение 3D-печати в строительстве и перспективы ее развития / Д. А. Лунева, Е. О. Кожевникова, С. В. Калошина // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 1. – С. 90-101.

4. Лысыч, М. Н. Материалы, доступные в рамках различных технологий 3D-печати / М. Н. Лысыч, М. Л. Шабанов, Р. В. Воронцов // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 5. – С. 20-25.

5. Рудяк, К. А. Возведение зданий методом послойного экструдирования / К. А. Рудяк, Ю. О. Чернышев // Современные концепции развития науки. – 2016. – С. 147-151.

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

Овсянникова Екатерина Валерьевна *– студент группы 8Спгс-91 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: ka.ovs521@gmail.com.*

УДК 004.92

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ В REVIT ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «АРХИТЕКТУРА»

М. А. Асеева, К. А. Красулина, Ю. С. Юрина, М. Н. Корницкая
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В данной статье проведена оценка актуальности программного комплекса Revit со стороны проектирования сложных форм путем использования формообразующих элементов. Рассматривается практический опыт использования формообразующих в Revit при выполнении курсового проекта по дисциплине «Архитектура». Описаны преимущества и недостатки выбора программного обеспечения для выполнения проекта, в том числе в вопросе создания сложной геометрии проектируемого объекта. Систематизирована информация относительно формообразующих элементов. Рассмотрены возможности и свойства формообразующих элементов, методы их построения, а также задачи, решаемые при проектировании с помощью использования форм. В статье описана методика работы с формообразующими элементами, использование конструкций по граням модели.

Ключевые слова: *Revit, формообразующие элементы, концептуальные формы, архитектура, BIM, курсовой проект, информационная модель.*

В настоящее время происходит стремительное развитие новых методов и технологий при проектировании зданий и сооружений. С развитием возможностей строительства меняются представления о современной архитектуре, т. к. современные возможности позволяют воссоздавать модели высокой сложности. Таким образом, на первых план выходит выбор актуального и производительного инструмента для качественного и быстрого проектирования. Актуальность данного вопроса затрагивает даже студентов при выполнении курсовых проектов.

По учебному плану специальности 08.05.01«Строительство уникальных зданий и сооружений» на третьем курсе обучения предусмотрено выполнение курсового проекта по дисциплине «Архитектура промышленных и гражданских зданий» на тему «Высотное здание» (руководитель – доцент кафедры «Теория и история архитектуры» Жуковский Р. С.). В качестве прототипа было выбрано уже существующее здание Generali Tower, расположенное в г. Милан, Италия, квартал City Life. Здание имеет искривленную спиралевидную форму. В плане этажей угол поворота здания 19,5°.

Таким образом, перед началом проектирования встает вопрос о выборе инструмента для реализации данного проекта. К моменту начала проектирования по дисциплине «Компьютерная графика» были изучены такие программы для автоматизированного проектирования, как AutoCAD, ArchiCAD и Revit. Исходя из сложной архитектурной формы здания, выбор был остановлен на программном комплексе Revit, который обладает мощными методами моделирования форм [1, 2].

1. Revit позволяет создавать единую модель здания (Building Information Model – BIM). Это позволяет избежать множества неточностей, связанных со сложной формой здания, т. к. разрезы и фасады формируются автоматически. Также использование модели при проектировании позволяет извлекать точные технико-экономические показатели.

2. В Revit реализована возможность создания формообразующих элементов (концептуальных форм), имеющих широкий спектр возможностей: автоматическое создание перекрытий, стен, кровли, витражных систем и т. д.

3. Revit является частью линейки программ Autodesk, что позволяет при необходимости легко экспортировать чертежи в AutoCAD [3, 4].

4. Востребованность данной программы на рынке труда. В настоящее время уверенное владение Revit является важным требованием для сотрудников проектных организаций.

Использование формообразующих элементов стало основой при выполнении курсового проекта. Формообразующие элементы – это инструмент, который позволяет из плоских форм получать трехмерную графику, соответственно, создавать любой по сложности объем будущего здания. На основе построенной формы автоматически строятся различные ограждающие конструкции. Формооб-

разующие являются ценным инструментом как для строителей, так и для архитекторов, т. к. позволят выполнять обширный объем задач.

1. Создание семейств формообразующих для часто используемых при проектировании объектов.
2. Концептуальное проектирование с помощью формообразующих.
3. Создание сложного проекта здания путем объединения элементарных объектов.
4. Наглядное зонирование объекта строительства, автоматический подсчет объема строительства, общей площади поверхности и площади этажей.
5. Автоматическое деление формы на установленные уровни, создание перекрытий, крыш, стен и витражных систем из библиотеки проекта с установленными типоразмерами.

Создание форм допускается как через редактор семейств, так и непосредственно в проекте – создание формы «в контексте», как показано на рисунках 1, 2. Формы «в контексте» сохраняются внутри текущего проекта, а не являются отдельными файлами.

Revit позволяет использовать различные методы создания форм: объемные формы из замкнутого контура путем выдавливания, формы на основе вращения, форма на основе профиля и траектории и создание поверхностей из сплайнов. Также доступно объединение и вырезание форм. Важно отметить, *что* самопересечения или вложенные контуры в эскизе не могут использоваться для создания формы. Для получения отверстий необходимо использовать операцию «Вырезать». Форма здания в проекте выполнена «в контексте», т. к. не было необходимости использовать форму повторно. В плане первого этажа с помощью инструмента «линия модели» был вычерчен контур проектируемого здания, аналогичный контур расположен в плане кровли с поворотом относительного основания первого этажа на 19,5°. Каждый отрезок плоской формы будет являться отельной гранью, что необходимо заранее учитывать при проектировании, например, если для разных участков поверхности необходимо задать различные материалы. В контекстном редакторе с помощью инструмента «выбрать линии» повторяются очертания нижнего и верхнего основания здания.

Для создания формы на вкладке «Изменить» используем команду «Создать форму» – «Объемная форма». Получившаяся форма представляет собой набор поверхностей и граней, используемых для создания конструкций здания. Стоит отметить, что сама форма имеет текстуру, которая может накладываться на поверхности установленных конструкций, что затрудняет восприятие здания и его текстур, стекло теряет свою прозрачность в модели. Но после завершения работы с формой, она скрывается, возвращая зданию «чистый» визуальный стиль. Выделяя готовую форму, на панели свойств или на вкладке ленты «Изменить|Формы» появляется инструмент «формообразующие элементы-перекрытия». Создать формообразующие элементы перекрытия можно внутри объема здания соответственно каждому созданному уровню. После их создания в проекте появляются соответствующие плоскости, отражающие положение перекрытий

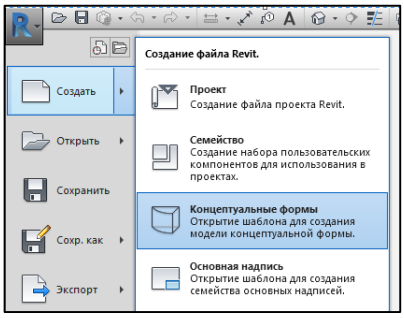


Рисунок 1 – Создание формы через редактор семейств

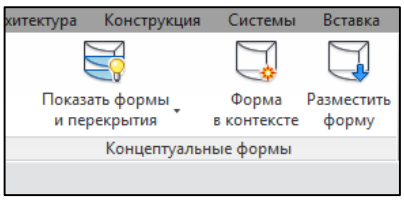


Рисунок 2 – Создание формы «в контексте»

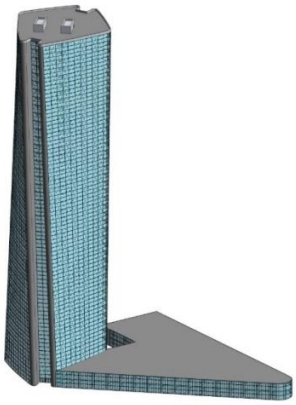


Рисунок 3 – Модель здания со стилобатом, выполненная с помощью формообразующих элементов

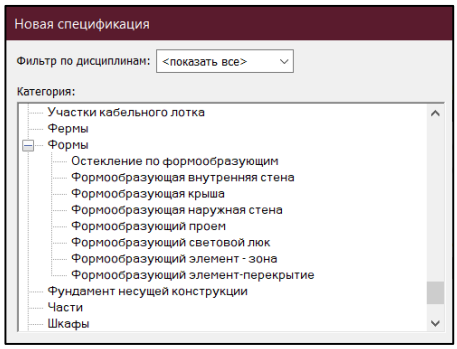


Рисунок 4 – Окно создания спецификаций по данным форм, используемым в проекте

На вкладке «Формы и генплан» в разделе «Модель по граням» расположены четыре инструмента создания необходимых конструкций по граням – «Стеновое ограждение», «Крыша», «Стена» и «Пол/Перекрытие». Также они расположены на вкладке «Архитектура» в выпадающем списке соответствующего инструмента. Инструмент «Стеновое ограждение» предназначен для проектирования витражных систем, схему резки и импосты которого можно настроить на вкладке «Архитектура». Настраивая параметры «Смещение», «Уровень», «Базовая привязка» и т. д., можно установить все необходимые конструкции по граням.

После завершения работы с формой, необходимо выделить формообразующие элементы и скрыть их при просмотре с помощью одноименной функции, расположенной в контекстном меню (рисунок 3).

Данные, полученные с помощью элементов формообразующих можно использовать в спецификациях (рисунок 4). Например, возможно подсчитать площадь витражного остекления, объем здания, площадь каждого этажа и т. д.

Revit предоставляет огромные возможности для проектирования и создания точной и качественной документации. Но данная программа обладает большой мощностью и подразумевает под собой использование профессионального оборудования, что доступно не всем студентам.

При работе с формообразующими в данном проекте возникла проблема с использованием готовых семейств панелей витражей. Витраж запроектирован с учетом поворота здания, форма панелей приближена к форме параллелепипеда, что делает невозможным использование стандартных семейств панелей. Использование сложных форм подразумевает уверенное владение редактором семейств.

Заключение

Выполнение курсового проекта в программе Revit повышает его качество и, в сравнении с 2D системами проектирования, ускоряет процесс выполнения курсовой работы. Но программное обеспечение Revit требует производительного оборудования для комфортной работы.

Формообразующие являются универсальным инструментом для проектирования зданий любой формы. Создание спецификаций по категориям форм значительно расширяет информативность модели. Формообразующие позволяют работать с нелинейными объектами и сложными архитектурными формами, что зачастую затрудняет или делает невозможным использование готовых семейств. Соответственно, для комфортного качества работы необходимо также знание редактора семейств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Талапов, В. В. Основы BIM: введение в информационно моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.

2. Абакумов, Р. Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве / Р. Г. Абакумов, А. Е. Наумов, А. Г. Зобова // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 5. – С. 171-181.

3. Autodesk Revit – описание продукта: [сайт] – URL: https://www.autodesk.ru/products/revit/overview (дата обращения: 2.02.2021).

4. Autodesk Knowledge Network – продукты Revit, поддержка и обучение: [сайт] – URL: https://knowledge.autodesk.com/ru/support/revit-products (дата обращения 2.02.2021).

Асеева Марина Александровна *– студент группы СУЗ-81 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: chinchiiila33@gmail.com.*

Красулина Ксения Андреевна *– студент группы СУЗ-81 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: kraska906@mail.ru.*

Юрина Юлия Сергеевна *– студент группы СУЗ-81 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: silkeleds@gmail.com.*

Корницкая Маргарита Николаевна *– к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail:kornic_stud@mail.ru.*

УДК 624.154.1

АНАЛИЗ УСТРОЙСТВА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Ю. С. Батракова, Б. М. Черепанов
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассмотрены три метода погружения свай при устройстве свайных фундаментов: воздействием динамической, вибрационной и статической нагрузки. Отмечены достоинства и недостатки применения каждого способа в условиях плотной городской застройки. Проведен сравнительный анализ стоимости устройства свайных фундаментов с использованием различной техники: дизель-молота копровой установки на базе экскаватора с применением траншеи, гасящей динамические колебания, возникающие при забивке свай, и сваевдавливающей установки, которая воздействует на сваю посредством приложения постоянной статической нагрузки. В результате сравнения сделан вывод об экономической эффективности использования дизель-молота с применением дополнительных мероприятий, изолирующих основания существующих зданий и сооружений от источника динамического воздействия, на территории г. Барнаула.

Ключевые слова: *условия плотной городской застройки, свайные фундаменты, сваебойная установка, сваевдавливающая установка, траншея, динамическая нагрузка, вибрационная нагрузка, статическая нагрузка, грунтовый массив, колебания.*

При строительстве зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки необходимо оценивать негативное воздействие от нового сооружения на существующие здания. На территории г. Барнаула точечная застройка, в большинстве случаев, представляет собой односекционное здание повышенной этажности (11-16 этажей), основанием которого зачастую являются свайные фундаменты.

На сегодняшний день есть несколько способов устройства свайных фундаментов:

1. Забивка сваи.

Данный метод подразумевает погружение сваи под действием динамической нагрузки, которая воздействует на оголовок сваи. При устройстве фундаментов используются сваебойные установки, например, дизель-молот копровой установки на базе экскаватора. Однако при устройстве фундаментов из забивных свай в грунтовой среде возникают продольные, поперечные и поверхностные (волны Рэлея) волны, подобные сейсмическим колебаниям, которые оказывают разрушительное воздействие на основания ближайших зданий и сооружений. К сожалению, полностью исключить возникновение данного явления при забивке свай невозможно, однако современные технологии позволяют уменьшить влияние колебаний на основания ближайших зданий и сооружений путем применения дополнительных мероприятий. Колебания зданий можно уменьшить при помощи создания барьеров в виде открытых траншей между существующим сооружением и котлованом строящегося здания.

2. Вибропогружение сваи.

Метод погружения сваи под действием вибрационного воздействия основывается на принципе передачи продольных колебаний сначала на тело сваи, а затем непосредственно на грунтовое основание. Для погружения железобетонных свай квадратного сечения длиной до 12 м применяют низкочастотные погружатели, однако при запуске и остановке такого вибропогружателя возможен резонанс со строительными конструкциями существующих зданий и сооружений, поэтому использование данного оборудования невозможно в условиях плотной городской застройки. Минимальный уровень динамического воздействия обеспечивают высокочастотные погружатели, а при использовании безрезонансных устройств такое воздействие и вовсе отсутствует. Применение такого оборудования оказывает существенное воздействие на экономическую эффективность, поэтому в дальнейшем будем сравнивать между собой два более бюджетных метода устройства свайных фундаментов.

3. Вдавливание сваи.

Относится к разряду наиболее прогрессивных методик, поскольку в основе метода

лежит воздействии статической нагрузки на сваю. Данный метод подходит для работы с любыми грунтами. Из-за отсутствия колебаний, возникающих в грунтовом массиве, способ вдавливания сваи может применяться в условиях застройки любой плотности. Для устройства свайных фундаментов методом вдавливания используют сваевдавливающие машины и установки. Такие машины состоят из нескольких частей (рамы, на которой устанавливается основной модуль, крепления и грузовая рама, к которой крепятся анкера). Каждый элемент сваевдавливающей установки доставляется отдельно, а затем монтируется на строительной площадке.

По сравнению с забивкой свай данная технология имеет некоторые недостатки:

- вдавливание свай с экономической точки зрения является менее выгодным, так как требуется использование дорогостоящей крупногабаритной специализированной техники, которую необходимо транспортировать на строительную площадку;

- процесс устройства свайных фундаментов методом вдавливания происходит значительно медленнее, так как перед началом работы сваевдавливающую установку необходимо переместить на нужную позицию и отрегулировать. Такие временные затраты на подготовку отражаются на финансовой составляющей строительства.

- забивные сваи отличаются более высокой прочностью и надежностью;

- при вдавливании свай может произойти выпирание грунта, оказывающее негативное влияние на окружающую обстановку;

В случае возведения свайных фундаментов в условиях плотной городской застройки можно использовать дизельный молот, с учетом применения дополнительных мероприятий, снижающих вибрационное воздействие на существующие здания и сооружения, например траншеи шириной 600 мм, длиной 90 м (длина существующего здания), глубиной 1,5 м, выполненной вдоль существующего здания, расположенной максимально близко к нему. Глубина траншеи обусловлена скоростью распространения волн Релея в грунтовой среде. Так же можно использовать сваевдавливающую установку, которая при работе не оказывает какого-либо динамического воздействия.

Далее проведем сравнительный анализ экономической эффективности в обоих случаях. Для примера рассмотрим устройство свайного фундамента семнадцати этажного двухсекционного панельного жилого дома, расположенного по адресу: г. Барнаул, ул. 65 лет Победы 23. Проектом предусмотрено использование железобетонных свай квадратного сечения 400 × 400 мм длиной 12 м. Объем одной сваи равен 1,92 м^3. Несущая способность одной сваи 512 кН. Для каждой секции необходимо 165 свай.

На площадке строительства выделено 6 инженерно-геологических элементов. Для сравнительного анализа необходимо учитывать характеристики верхних слоев, так как источник динамического воздействия находится на уровне поверхности земли, следовательно, концентрация динамических волн в верхних слоях грунтового массива будет максимальной. ИГЭ 1 – супесь просадочная, мощность слоя 4,6 м, плотность 1640 кг/м^3 [1]. Именно в этом слое будут распространяться колебания, возникающие в грунтовом массиве под действием динамической нагрузки. Грунтовые воды располагаются на глубине 10 м.

Для расчетов примем значения, взятые из актуальной нормативной базы (таблица 1).

Таблица 1 – Стоимость устройства свайных фундаментов

N п/п	Обоснование по ФЕР	Наименование работ	Измеритель	Объем работ	Расценка, руб	Итого, руб
1	ФЕР05-01-002-05	Погружение железобетонных свай длиной 12 м с использованием дизель-молота копровой установки на базе экскаватора в грунты I группы	м^3	316,80	396,78*	125701,25
2	ФЕР05-01-066-05	Устройство траншеи глубиной до 7 м шириной 600 мм в грунтах I группы с использованием экскаватора «обратная лопата»	т	132,84	202,04*	26839,39
3	ФЕР81-02-01-2001	Погружение железобетонных свай длиной 12 м вдавливанием статической нагрузкой	м^3	316,80	308,60*	97764,48

*Значение, принятое по федеральной расценке, умножено на базисный поправочный коэффициент равный 1,098

Таблица 2 – Стоимость эксплуатации машин

N п/п	Обоснование по ФСЭМ	Наименование работ	Измеритель	Количество смен	Расценка, руб	Итого, руб
1	ФСЭМ 91.02.03-024	Дизель-молоты 2,5 т	маш/ч	42	70,67	24338,75
2	ФСЭМ 91.02.02-011	Копр гусиничный для свай длиной до 12 м	маш/ч	42	185,55	63903,42
3	ФСЭМ 91.01.05-089	Экскаваторы одноковшовые дизельные на гусеничном ходу, емкость ковша 1,25 м3	маш/ч	2	155,20	2545,28
4	ФСЭМ 91.02.05-021	Установки статического задавливания свай, 150 т	маш/ч	29	3 620,61	860981,06

На первый взгляд разница очевидна, применение сваевдавливающей установки является экономически более выгодным. Однако на территории Алтайского края такие установки отсутствуют, а расходы на транспортирование и аренду оборудования в расценки не входят. Проведем сравнительный анализ стоимости эксплуатации оборудования в обоих случаях (таблица 2).

Всего затраты на устройство свайных фундаментов в первом случае составят

$$8{,}7 * (152540{,}64 + 90787{,}45) = 2116954{,}38 \text{ руб},$$

где 8,7 – коэффициент, для перевода в текущий уровень цен, применяемый для панельных многоквартирных жилых домов [2].

Затраты на устройство свайных фундаментов с использованием сваевдавливающей установки составят

$$8{,}7 * (97764{,}48 + 860981{,}06) = 8341086{,}18 \text{ руб}.$$

Сравнительный анализ расценок из нормативной базы с учетом коэффициента перевода в текущий уровень цен показал, что в условиях плотной городской застройки устройство свайных фундаментов посредством динамического воздействия остается приоритетным методом в сравнении с устройством свайных фундаментов путем приложения статической нагрузки в первую очередь из-за стоимости эксплуатации сваевдавливающих установок. Более того, такие машины попросту отсутствуют на территории Алтайского края, а транспортирование столь габаритной техники повлечет за собой немалые дополнительные расходы. Экономически выгодно применение дополнительных мероприятий, которые способствуют гашению колебаний, исходящих от источника динамического воздействия, и защищающих основания существующих зданий и сооружений. Принцип работы траншеи заключается в преломлении и отражении на границе двух сред волны, возникающей в грунтовом массиве. Длина такой траншеи должна быть равна длине существующего здания, а глубина приблизительно равняться длине волны. Траншея может быть пустой или заполненной, например, композитными материалами или строительным мусором [3]. Заполнение траншеи является актуальным вопросом, так рационально подобранный заполнитель может повысить эффективность траншеи и существенно сэкономить затраты на устройство свайных фундаментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация. Дата введения 2021-01-01, код ОКС 93.020. – С. 42.

2. Письмо Минстроя России от 02.11.2020 № 44016-ИФ/09 // Региональный центр ценообразования в строительстве. – URL: https://rccs.ru/dokumenty/73-pisma/787-pismo-44016if-09-ot-02-noyab-rya-2020-goda (дата обращения 12.02.2021).

3. Массарш, К. Р. Виброизоляция с использованием газонаполненных подушек / К. Р. Массарш // Развитие городов и геотехническое строительство. − 2006. − №10. − С. 176-191.

Батракова Юлия Сергеевна *– магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова», e-mail: batrabatra97@inbox.ru.*

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

УДК 624.134.4

СПОСОБЫ УСТРОЙСТВА ГЛУБОКИХ КОТЛОВАНОВ ПОД ПОДЗЕМНЫЕ МНОГОУРОВНЕВЫЕ ПАРКОВКИ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ

М. А. Ботабаев, В. Н. Лютов
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассматриваются и анализируются особенности устройства глубоких котлованов под многоуровневые парковки в условиях городской застройки г. Барнаула с использованием струйной геотехнологии (jet grouting), а также методы контроля качества выполнения этих видов работ с помощью акустического контроля сплошности грунтоцементных массивов.

Ключевые слова: *глубокие котлованы под подземные многоуровневые парковки, струйная геотехнология, грунтобетонные массивы, методы контроля качества работ, акустический контроль сплошности грунтоцементных массивов.*

Подземные многоуровневые парковки для г. Барнаула уже сейчас становятся необходимым условием строительства новых жилых зданий и общественно-развлекательных центров. Исчерпание ресурса надземных парковок и возможностей дорожно-организационных мероприятий вынуждает градостроителей и застройщиков прибегать к устройству этой сложной и дорогостоящей подземной части зданий.

Сооружение глубоких котлованов под многоуровневые парковки является одной из самых сложных инженерных задач подземного строительства. Современные тренды в строительстве делают эту задачу все более актуальной – растет спрос на подземные многоуровневые парковки, как под торговыми, так и под жилыми зданиями. Нехватка свободной для застройки территории в историческом центре городов и новые стандарты развития городской инфраструктуры заставляют инженеров-строителей прибегать к устройству этого технически сложного сооружения. Глубина подобных котлованов, как правило, не превышает 25-30 м, что соответствует 5-6 подземным этажам [1].

Однако, строительство таких глубоких котлованов в плотной застройке городов имеет свои требования и особенности к технологии производства работ. Устройство ограждения забивкой свай или шпунта становится не актуальным из-за воздействия шума и вибраций на окружающие жилые массивы. При этом необходимо технологически правильно выполнить устройство внутреннего ограждения котлована от окружающего земляного массива, так как это важная его составляющая, необходимая для восприятия бокового давления окружающего грунта. Ограждение также служит противофильтрационной завесой и должно воспринимать гидростатическое давление подземных вод, не разрушаться под действием вертикальных нагрузок и создавать как можно меньше влияния на окружающую застройку [1].

В последнее время в России все чаще стала находить применение струйная геотехнология (jet grouting). Ее суть заключается в создании в грунтовом массиве грунтобетонных свай путем перемешивания цементно-грунтового раствора под высоким давлением (400-500 атм.). В результате образуется грунтоцементный массив из нового материала – грунтобетона. При устройстве грунтоцементных элементов создается вертикальный экран, служащий ограждением котлованов и противофильтрационной завесой. Эта технология уже применялась известными застройщиками, такими как «ПИК» и ФСК «Лидер». При этом технология струйной цементации показала свою эффективность в жилищном строительстве.

Укрепление грунта в основании фундамента нового здания может быть выгоднее, чем устройство свайного фундамента из забивных и набивных свай. Высокая производительность технологии позволяет сооружать от 200 до 300 погонных метров грунтобетонных свай (jet-свай). По технологии струйной цементации, в частности, были построены: гоночная трасса «Формула 1» в г. Сочи, порты на Дальнем Востоке и сухие доки в Мурманске [2].

Первым, но очень важным, этапом при сооружении ограждения котлована из грунтобетонных свай служит геотехнический расчет.

Он позволяет выбрать оптимальный вариант сооружения ограждения.

Конструктору необходимо выполнить серию расчетов, чтобы определить параметры окончательного варианта, рассмотреть различные типы ограждений и варианты креплений бортов котлована. Так как расчеты – это достаточно трудоемкая задача, то обычно применяют специальные программные комплексы для этих целей.

Устройство ограждения котлована также подразумевает установку специальных креплений в виде: распорок, подкосов и грунтовых анкеров. Распорки и подкосы являются надежными видами креплений элементов котлованов, но, в то же время, и затрудняют работы в котловане по разработке грунта и возведении подземной части здания. Это сказывается на продолжительности строительства здания. Хорошей альтернативой в этом случае можно считать анкерное крепление стенок котлована, которое также может совмещаться с устройством завесы из грунтобетонных массивов [3].

Организации, занимающиеся устройством грунтоинъекционных завес и ограждений котлованов, в процессе работы сталкиваются с проблемой контроля качества выполненных работ.

Устройство грунтобетонных свай является сложной задачей ввиду недостаточности и ограниченности в открытых источниках информации на момент проектирования массива, большого количества этапов в технологическом процессе, непостоянства свойств грунтов в месте производства работ и человеческого фактора.

Качество работ можно определить следующими характеристиками грунтобетонных массивов: размеры колонн, сплошность и однородность грунтобетонных свай, фильтрационные свойства, деформационные и прочностные характеристики грунтоцемента.

Контроль качества выполненных работ позволяет предупредить возможные нежелательные аварии и оперативно исправить ошибки в технологическом процессе.

Систему контроля качества выполненных работ по струйной цементации можно разделить на следующие этапы:

а) входной контроль поступающих строительных материалов;

б) оперативный контроль за процессом работы;

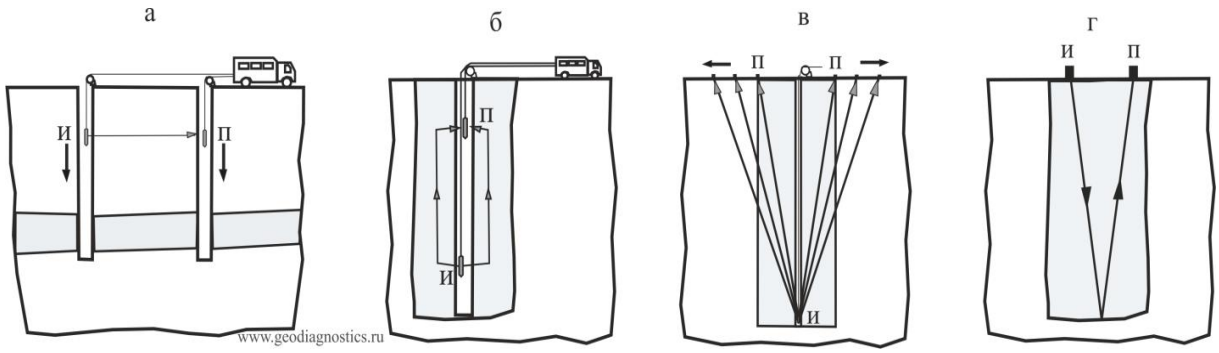
в) контрольные проверочные работы по оценке качества грунтобетонного массива;

г) приемка участка грунтобетонного массива, выполненного струйной цементацией грунтов.

Большая часть проблем контроля качества выполненных работ возникают на стадии приемки работ и контроля характеристик массива.

Колонковое бурение, раньше считавшееся единственным способом контроля качества грунтобетона, уже не считается приемлемым и объективным способом проверки его свойств. Грунтобетон менее прочен, чем цемент, поэтому он истирается и дробится в процессе бурения, что непосредственно сказывается на прочностных и деформативных характеристиках кернов.

Альтернативным современным инновационным способом контроля качества грунтобетонного массива являются геофизические методы контроля сплошности – акустические методы (рисунок 1).



а – межскважинное акустическое просвечивание (прозвучивание) грунтоцементных массивов различных форм; б – акустический каротаж грунтоцементных свай; в – прозвучивание грунтоцементных свай между забоем исследуемой скважины и поверхностью; г – сейсмоакустическое зондирование грунтоцементных свай (И – излучатель; П – приемник упругих волн)

Рисунок 1 – Схема акустического контроля сплошности грунтоцементных массивов

Акустические (сейсмоакустические) методы основаны на зависимости изменения параметров упругой волны от деформационных и прочностных свойств среды, наличия в ней трещин, в которой они распространяются.

Метод прозвучивания (рисунок 1, а) состоит в излучении импульса упругой волны в одной скважине и приеме этого импульса в другой. На основе этого оценивается состояние грунтового межсвайного пространства.

Суть метода акустического каротажа (рисунок 1, б) заключается в перемещении излучателся и приемника сигнала упругих волн в исследуемой скважине.

Этот метод в настоящий момент является одним из самых популярных в процессе контроля сплошности грунтоцементных элементов после проведения работ.

В случае, если грунтобетонная свая выступает над уровнем поверхности, метод акустического каротажа можно дополнить методом прозвучивания между забоем наблюдаемой скважины и дневной поверхностью грунта (рисунок 1, в). Для свай грунтоцементых с высокой прочностью и однородностью тела сваи часто применяют метод сейсмоакустического зондирования (рисунок 1, г).

Наличие слоистости и неоднородности грунтоцемента ухудшает получение эхосигнала от нижней части сваи [4].

Технология струйной цементации грунтов становится конкурентной и широко используемой технологией при сооружении ограждений котлованов.

Свойства грунтоцементных массивов, их противофильтрационные свойства и щадящее на для окружающие здания воздействие делают их актуальными для исторической застройки центра г. Барнаула.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петрухин, В. П. Ограждающие конструкции котлованов, методы строительства подземных и заглубленных сооружений / В. П. Петрухин, И. В. Колыбин, Д. Е. Разводовский // Российская архитектурно-строительная энциклопедия. – 2008 г. – Т.12, – С. 205-211.

2. Павел Малинин: «Струйная цементация (Jet grouting) – оптимальная технология для укрепления грунтов и усиления фундаментов» / Агенство строительных новостей ASNinfo.ru. – URL: https://asninfo.ru/interviews/833-pavel-malinin-struynaya-tsementatsiya-jet-grouting-optimalnaya-tekhnologiya-dlya-ukrepleniya-gruntov (дата обращения: 15.02.2021).

3. Опыт строительства глубоких котлованов при помощи технологии струйной цементации грунтов / ИнжПроектСтрой Malinin Group. – URL: https://jet-grouting.info/wp-content/uploads/2019/02/opyt-stroiteljstva-glubokih-kotlovanov-pri-pomoschi-tehnologii-struynoy-cementacii-gruntov.pdf (дата обращения: 15.02.2021).

4. Контроль сплошности и прочности грунтоцементных массивов неразрушающими сейсмоакустическими методами / ООО «Геодиагностика». – URL: https://geodiagnostics.ru/ControlGCM.htm.

Ботабаев Мурат Абдырахманович *– студент группы 8Спгс-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: murat.botabaev@gmail.com.*

Лютов Владимир Николаевич *– к. т. н., доцент, заведующий кафедрой «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: vnlutov@mail.ru.*

УДК 69.059.1

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

М. В. Букова, Ю. В. Халтурин
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В рамках работы определено техническое состояние строительных конструкций административно-производственного здания. Установлено, что в результате низкого качества каменных работ и наложения дополнительных ограждающих слоев покрытия, часть простенков находится в аварийном состоянии. Значительные дефекты, а именно, пробитые и некачественно заделанные отверстия для пропуска трубопроводов инженерных коммуникаций с перерезанными стержнями рабочей арматуры и др., имеются в плитах перекрытия подвала. Причинами такого состояния строительных конструкций является низкое качество эксплуатации, одной из причин которой является отсутствие достоверной информации о строительных конструкциях здания, о технических решениях, примененных при предыдущих ремонтах. По результатам исследований даны рекомендации: по усилению конструкций здания, находящихся в аварийном состоянии; по дальнейшей эксплуатации здания. Имеются все основания для использования эксплуатационной информационной модели в качестве основы для принимаемых управленческих решений.

***Ключевые слова**: эксплуатация зданий, капитальный ремонт, ограждающие слои покрытия, увеличение нагрузки, эксплуатационная информационная модель.*

Ремонт и обслуживание зданий относится к трудоемким и дорогостоящим процессам, с каждым годом технические, физико-механические характеристики материалов ухудшаются, это приводит к износу отдельных элементов или систем в целом, растут деформации, снижается несущая способность строительных конструкций. При этом часть зданий являются нетиповыми объектами, отличающимися инженерными системами, оборудованием и др., у многих из них проектная и рабочая документация не сохранились.

Суммарные расходы на ремонт и обслуживание здания зачастую превышают расходы на его проектирование и строительство [2]. Сегодня эта проблема является актуальной для большинства строительных объектов. Возникает необходимость в быстрой, и в то же время качественной оценке предстоящих затрат и ресурсов.

Наличие полной информации о строительном объекте дает возможность быстро принимать правильные управленческие решения в ходе эксплуатации здания, например, при проектировании и восстановлении или усилении строительных конструкций, и тем самым снижать эксплуатационные затраты.

Мониторинг технического состояния здания для выявления конструкций, у которых снизилась несущая способность или выросли деформации, с одной стороны позволит не допустить аварийного состояния конструкций, с другой – получить объективную информацию для проектирования капитального ремонта.

В качестве примера рассмотрим административно-производственное здание в г. Новосибирске – двухэтажное, с подвалом. Во время обследования установлено, что здание – двухэтажное прямоугольное в плане, с подвалом. Размеры здания в плане 18х48 м по крайним осям.

По конструктивной схеме здание на первом этаже и в подвале – с неполным каркасом. На втором этаже вертикальными несущими конструкциями являются продольные стены.

Было установлено, что производственная и исполнительная информация по данному объекту, сданному в эксплуатацию в 1975 г., полностью утеряна, чему способствовала смена собственника.

В процессе обследования установлено, что покрытие здания, выполнено бесчердачным совмещенным невентилируемым. Покрытие здания в осях А-В и В-Г выполнено разновысоким: отметка низа плит покрытия в осях А-В – 9.410, в осях В-Г –6.400. В обеих частях покрытие выполнено односкатным малоуклонным. Водосток в покрытии здания наружный неорганизованный. В осях А-В покрытие здания выполнено из сборных железобетонных ребристых плит размерами 1,5×12 м, в осях В-Г – из сборных железобе-

тонных многопустотных плит толщиной 220 мм. Железобетонные ребристые плиты в осях А-В опираются на кирпичные стены по осям А и В, сборные железобетонные многопустотные плиты в осях В-Г – на кирпичные стены по осям В и Г.

Было выявлено, что за время эксплуатации было проведено несколько ремонтов ограждающих слоев покрытия. При этом новые слои накладывались на старые (рисунок 1).

На момент обследования состав ограждающих слоев (снизу вверх) около оси А оказался следующим:

- стяжка толщиной 40 мм (цементно-песчаный раствор плотностью 1800 кг/м^3);
- котельный шлак плотностью 1050 кг/м^3 – 230 мм;
- стяжка толщиной 65 мм (цементно-песчаный раствор плотностью 1800 кг/м^3);
- котельный шлак плотностью 1050 кг/м^3 – 90 мм;
- стяжка толщиной 30 мм (цементно-песчаный раствор плотностью 1800 кг/м^3);
- три слоя рубероида;
- слой пенополистирола ПСБ-15 – 50 мм;
- два слоя бикроста.

Наложение дополнительных слоев утеплителя, причем утеплителя тяжелого (шлак с плотностью 1100 кг/м^3) и устройство стяжек из цементно-песчаного раствора большой толщины (суммарная толщина около оси А – 135 мм) привело к тому, что только расчетная нагрузка от собственного веса ограждающих слоев покрытия с наибольшей толщиной (около оси А) составляет 780 кг/м^3.

Значительное увеличение нагрузки привело к перегрузке простенков по оси А и образованию в них вертикальных трещин (рисунок 2).

Несущая способность простенков была при этом снижена в результате нарушения правил перевязки при их кладке. В простенках 4-А, 5-А, 6-А образовались трещины в плоскости стены, результатом которых явилось отслоение наружной версты. В простенке 7-А возникли трещины, и в плоскости стены, и поперек стены. Трещины в простенках 4-А, 5-А, 6-А, 7-А имеют длину более 65 см и пересекают более 8 рядов.

Требуется разгрузка данных простенков заменой ограждающих слоев покрытия более легкими, а также усиление простенков стальными обоймами с инъецированием раствором кладки с трещинами.

Чтобы восстановить эксплуатационную пригодность конструкций здания, кроме усиления простенков, необходимо выполнить ремонт перекрытия подвала и утеплить стены здания.

Наиболее эффективно проблема эксплуатации решается с применением технологии информационного моделирования, позволяющей не только планировать затраты на текущий и капитальный ремонты, но и вести «электронный паспорт здания» [3], в который должны быть включены: технико-экономические показатели здания, характеристики конструкций и систем инженерного обеспечения, санитарно-гигиенические показатели.

Паспорт должен вестись эксплуатирующей организацией и служить основой текущего обслуживания здания. Эксплуатационная информационная модель здания позволяет легко и надежно хранить, осуществлять поиск и анализировать получаемую информацию.

Рисунок 1 – Толщина ограждающих слоев покрытия составляет порядка 570 мм

Рисунок 2 – Простенки по оси А, первый этаж. Наружная верста на высоту более 20 рядов отделена от основной части кладки трещиной

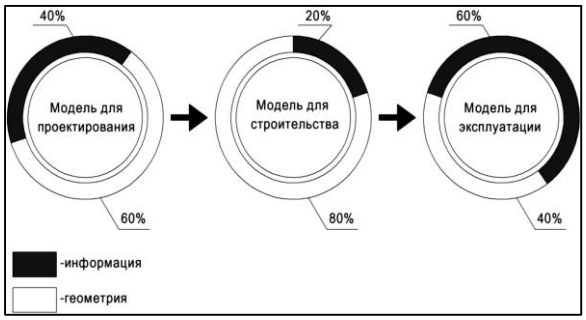


Рисунок 3 – Соотношение геометрии и информации для моделей на различных этапах жизненного цикла здания

Схема, на рисунке 3, показывает, что информационная составляющая первостепенна именно для эксплуатационной модели.

С помощью эксплуатационной информационной модели можно увеличить жизненный цикл здания и период нормальной эксплуатации, благодаря быстрому доступу к необходимой информации для принятия оперативных решений в случае проведения ремонтных работ.

Информационная модель [1] позволит:

- повысить качество планирования ремонтно-строительных работ на основе полной и точной информации;
- отслеживать техническое состояние конструкций в режиме реального времени и регламентировать их ремонтные сроки;
- экономически эффективнее составлять смету на ремонтные работы;
- составлять проектно-сметную документацию для переоснащения здания новым инженерным оборудованием, с учетом современных требований.

Выводы:

1. Невыполнение требований строительных норм и правил, нарушение требований эксплуатации здания, отсутствие регламентированных сроков ремонтных работ, могут приводить к аварийному состоянию строительных конструкций и всего здания в целом.

2. Для нормальной эксплуатации здания важны полные и актуальные данные: техническое состояние строительных конструкций и инженерных систем здания, их изменение в процессе эксплуатации здания, ранее выполненные и планируемые мероприятия по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту и др. При использовании эксплуатационной информационной модели нет необходимости содержать бумажный архив со всей документацией об объекте. Есть гарантия сохранности документации.

3. Создание информационной модели здания целесообразно, даже с целью расчета объемов ремонтных работ.

4. Эксплуатационная модель является по своей сути комплексной и работает не только в пользу собственника здания, но и обслуживающих организаций. В процессе эксплуатации в нее необходимо вносить данные о текущем состоянии здания, что позволит точно определить степень износа и своевременной замены каждой конструкции, а значит – продлить жизненный цикл здания.

5. Использование информационной модели дает возможность снижать эксплуатационные затраты и повысить качество эксплуатации здания за счет экономии средств, затрачиваемых на обследование, минимизации ошибок на этапе планирования технического обслуживания, текущего и капитального ремонта, ввиду наличия полной информации по конструкциям объекта и всему зданию.

Следует отметить, что применение укрупненных нормативов, остающихся неизменными на протяжении долгого времени и требующих существенных доработок, применимо при расчётах стоимости ремонта для типовых зданий, для нетиповых их использование может приводить к существенным ошибкам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ // СПС «Консультант Плюс»: [Электронный ресурс] /Компания «Консультант Плюс» (дата обращения 20.02.2021).

2. Гришина, Н. В. Эксплуатируй это: о пользе BIM на этапе эксплуатации [Электронный ресурс] / Н. В. Гришина // Цикл авторских публикаций об информационном моделировании зданий. – 2017. (дата обращения 20.02.2021).

3. Талапов В. В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий [Электронный ресурс] / В. В. Талапов. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Профобразование, 2017. – 392 с.

Букова Марина Владимировна *– магистрант группы 8Соим-81 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: vfhbyf097@ mail.ru.*

Халтурин Юрий Васильевич *– к. т. н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: khalt.yuriy@mail.ru*

УДК 691.542

ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ БЕЗУСАДОЧНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

А. В. Викторов, А. И. Зверев, В. А. Швец, Г. И. Овчаренко
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассматривается проблема усадки зданий, возводимых в зимний период. Исследовано влияние добавок высококальциевой золы и поташа на сохраняемость подвижности и изменение линейных деформаций раствора, последовательно твердеющего в условиях замораживания и в нормальных условиях. Золу вводили взамен 30 % цемента, увеличив общее количество вяжущего на 20 % относительно заводского состава. Поташ вводили в количестве 10 % от массы вяжущего. Из исследуемых составов формовали образцы-балочки размерами 40 × 40 × 160 мм с реперами. Линейные деформации измеряли на приборе с индикатором часового типа. Также образцы-балочки испытывали на прочность (изгиб и сжатие). Установлено, что безусадочный раствор с добавлением 10 % поташа показывает более высокие показатели подвижности по сравнению с заводским составом. То есть для работы на строительной площадке более пригоден безусадочный раствор с добавкой поташа. Оценка линейных деформаций позволяет заключить, что заводской состав склонен к постепенной усадке при твердении в замороженном состоянии, в отличие от безусадочного состава, демонстрирующего расширение. При изменении условий твердения на нормальные заводской состав проявляет линейное расширение, что обусловлено увеличением скорости гидратации цемента.

Ключевые слова: *линейные деформации, высококальциевая зола, усадка растворных швов, противоморозные химические добавки, поташ.*

Целью данной работы была проверка собственных деформаций растворного камня при быстром замораживании растворов с последующим выдерживанием в нормальных условиях.

Согласно СП 82-101-98 [1] при морозах до минус 30 °С в качестве противоморозной добавки следует применять поташ (K_2CO_3). В связи с этим эксперименты проводились с добавкой поташа 10 % (на минус 15 °С). Для компенсации усадочных явлений вводилась высококальциевая зола.

Материалы и методы исследования.

В настоящем исследовании использовали портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н АО «Искитимцемент» (удельная поверхность $S_{уд}$=2201 см^2/г) высококальциевую золу барнаульской ТЭЦ-3 с содержанием активного оксида кальция 4-6 % и речной обской песок с модулем крупности 1,0.

В качестве добавки для заводского строительного раствора использовали поташ полуторaводный ($K_2CO_3 \times 1{,}5H_2O$), вводимый на строительном объекте дополнительно в виде сухого измельченного порошка (10 % по массе от вяжущего). Состав заводского раствора (на 1 м^3): портландцемент – 450 кг; песок – 1180 кг; Криопласт Экстра (противоморозная *добавка) – 9 кг;* Полипласт Р тип 2 (пластифицирующая добавка) – 0,3 л; вода – до обеспечения марки по подвижности Пк3 (погружение конуса 10 см).

Подвижность исследуемых составов определяли с помощью прибора для определения подвижности растворной смеси (согласно ГОСТ 5802-86 [2]).

После достижения требуемой подвижности формовали образцы-балочки размером 40 × 40 × 160 мм с реперами для измерения линейных деформаций. По условиям эксперимента контрольные образцы находились в следующих условиях твердения: в морозильной камере 28 суток при температуре минус 22 °С, после этого перемещались в нормальные условия еще на 28 суток.

Линейные деформации контрольных образов фиксировались с помощью устройства для измерения деформаций усадки (согласно ГОСТ 24544-81* от 01.01.1982) через одни сутки.

Прочность образцов-балочек определяли на изгиб – прибором МИИ-100 и на сжатие – испытанием половинок балочек, сдавливаемых через металлические накладки с фиксированной площадью 25 см^2 на прессе П-10. Результаты эксперимента отражены на рисунках 1 и 2.

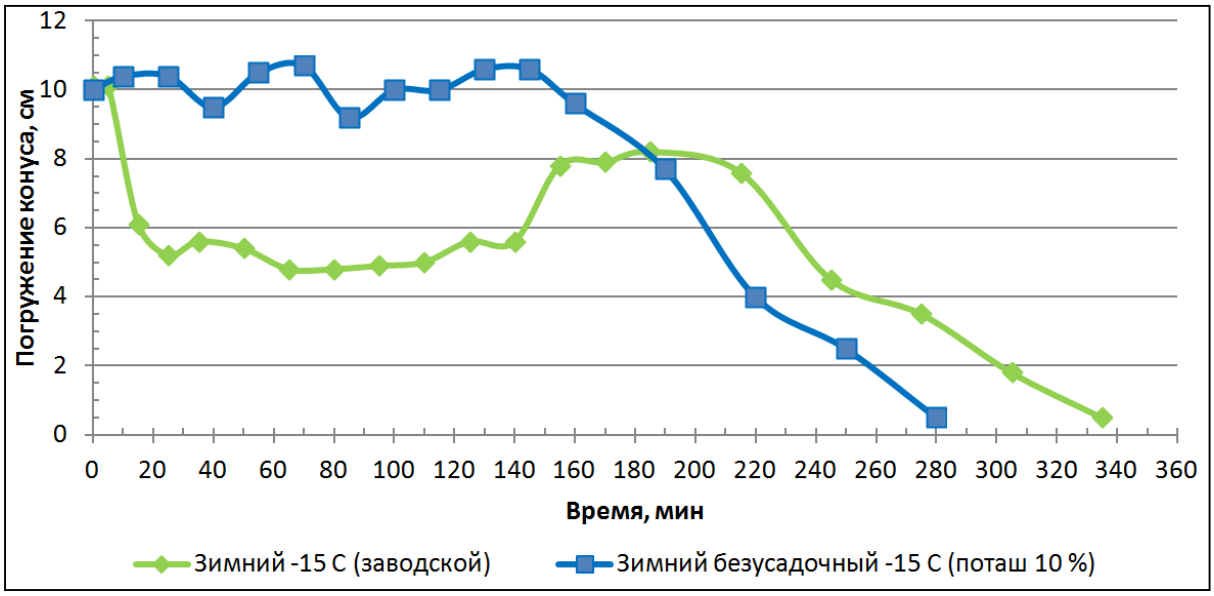


Рисунок 1 – Контроль сохраняемости подвижности строительных растворов (при температуре окружающей среды минус 18 °С)

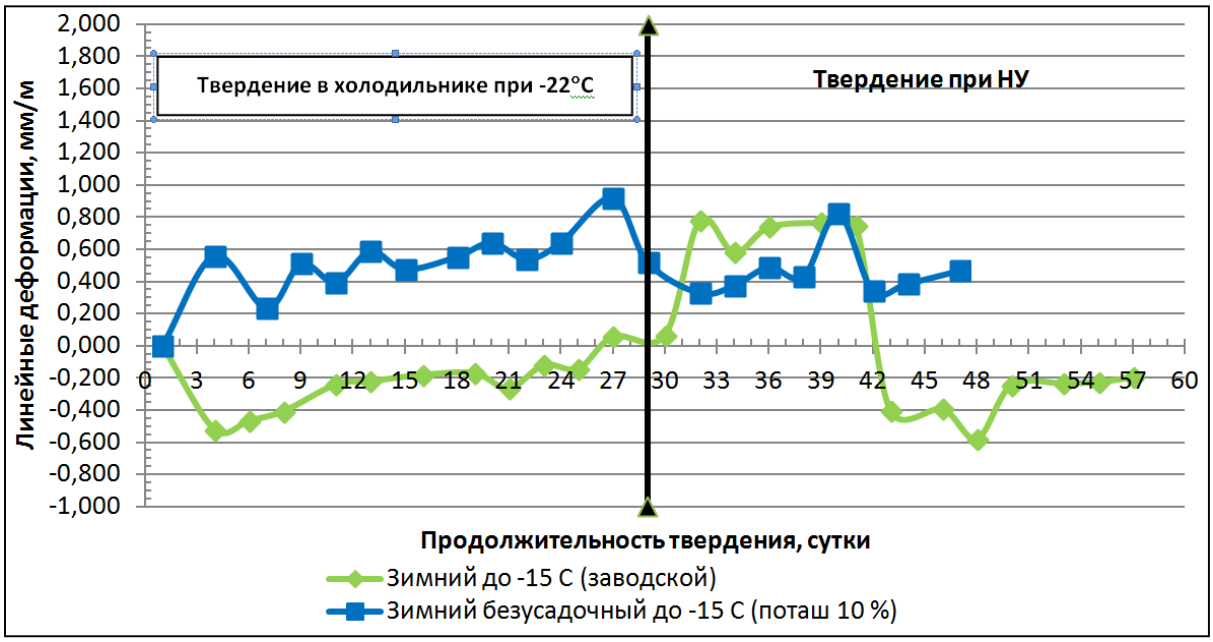


Рисунок 2 – Собственные деформации растворного камня с добавками

Результаты и их обсуждение.

Как видно из рисунка 1, безусадочный раствор показывает более высокие значения погружения конуса.

За 3 часа подвижность заводского раствора снижается до величины погружения конуса 7,8 см, а безусадочного раствора – около 9 см. То есть для работы на строительной площадке более пригоден именно безусадочный раствор.

Кроме того, заводской состав строительного раствора показывает значительное водоотделение (это видно по перепадам на графике контроля сохраняемости подвижности), поэтому для обеспечения требуемой консистенции раствора при работе с ним на

строительной площадке раствор необходимо регулярно перемешивать. Безусадочный раствор демонстрирует значительно меньшее водоотделение.

Оценка линейных деформаций (график на рисунке 2) позволяет сделать вывод о том, что безусадочный состав проявляет умеренное расширение на протяжении всего срока твердения, как при заморозке, так и в нормальных условиях, в отличие от заводского состава, постепенно переходящего к усадочным деформациям при изменении условий твердения.

Выводы

1. Добавка высококальциевой золы в совокупности с поташом способствует снижению «времени жизни» строительного раствора, однако также снижает его водоотделение.

2. Собственные деформации безусадочного растворного камня значительно отличаются от основных тенденций деформаций заводского состава – умеренное расширение против постепенной усадки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 82-101-98. Приготовление и применение растворов строительных. Свод правил по проектированию и строительству: принят и введен в действие письмом Госстроя России от 17 июня 1998 г. № АБ-20-218/12: дата введения 1998-07-15. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200003842 (дата обращения: 17.02.2021).

2. ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 11.12.85 № 214: дата введения 1986-07-01. – URL: http://docs.cntd.ru/document/gost-5802-86 (дата обращения: 17.02.2021).

3. ГОСТ 24544-81 Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести: утвержден Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 31 декабря 1980 г. № 237: дата введения 1982-01-01. – URL: http://docs.cntd.ru/document/9056242 (дата обращения: 17.02.2021).

Викторов Артем Владимирович *– старший преподаватель кафедры «Строительные материалы» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: artem.viktorov 2011@yandex.ru.*

Зверев Андрей Игоревич *– студент группы Спр-81 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: murn12und6kar @gmail.com.*

Швец Виктор Алексеевич *– студент группы Спр-81 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: shvtsvitia@mail.ru.*

Овчаренко Геннадий Иванович *– д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: egogo1980@mail.ru.*

УДК 666.972.16

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ БЕТОН НА ОСНОВЕ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВОЙ ЗОЛЫ ТЭЦ И ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРА

К. Е. Воронина, А. Е. Макуха, Г. И. Овчаренко
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассматривается влияние добавки 2; 3,5 и 5 % гиперпластификатора MasterPolyheed 3553 и 20-40 % высококальциевой золы ТЭЦ на прочность мелкозернистого бетона типа UHPC и HPC после твердения в нормальных условиях и при пропарке. Высокоэффективные и ультравысокоэффективные бетоны ultra high-performance concrete – UHPC и HPC показывают примеры получения материала с очень высокими техническими характеристиками за счет низких и очень низких В/Ц отношений (менее 0,25), которые стало возможным получать для литых бетонов с применением гиперпластификаторов. Однако, кроме использования гиперпластификаторов, такие бетоны требуют высокого содержания порошка в виде цемента, молотых горных пород, зол ТЭЦ. Целью данного исследования является проверка возможности и эффективности применения в UHPC высококальциевой золы ТЭЦ (ВКЗ). Для этого был проведён эксперимент с заменой цемента на 20-40 % ВКЗ в составах бетонов на отсеве от дробления с модулем крупности $М_к$ = 3,1. По полученным результатам построены статистические математические модели и графики. Было установлено, что замена 20 и даже 40 % цемента на ВКЗ незначительно влияет на прочность бетонаво все сроки твердения. Однако введение ВКЗ в количестве более 30 % от массы вяжущего отрицательно сказывается как на снижение прочности за счет уменьшения цемента, так и на развитие деструктивных процессов из-за свободной извести золы.

Ключевые слова: *высокоэффективные бетоны HPC и UHPC, высококальциевая зола ТЭЦ, пластификатор MasterPolyheed 3553, прочность.*

В большинстве индустриально развитых стран в последние 2 десятилетия актуальным строительным материалом стал ультравысокоэффективный бетон – ultra high-performance concrete – UHPC [1, 5].

Этот новый вид бетона включает портландцемент, щебень крупностью не более 12-15 мм, 2-3 разновидности песков разной крупности, микрокремнезём, молотую горную породу или золу ТЭЦ, гиперпластификатор и воду [2].

Так как расход гиперпластификатора составляет обычно 2-5 %, то бетон имеет В/Ц менее 0,25 и высокую прочность. Ультравысокопрочный бетон позволяет создавать конструкции и сооружения с большой несущей способностью, отличающиеся тонкостью контуров, уменьшить количество арматуры и площадь поперечного сечения изделий, увеличить пролёт зданий и долговечность конструкций [1].

Целью настоящей работы была проверка возможности и эффективности применения в UHPC высококальциевой золы ТЭЦ.

В работе в качестве сырьевых материалов использовались: портландцемент типа ЦЕМ1 42,5 для транспортного строительства, отсев дробления горных пород фракции 5-0,16 мм, высококальциевая зола от сжигания бурого угля КАТЭКа на ТЭЦ-3 г. Барнаула, гиперпластификатор Master Polyheed 3553 производства ООО «БАСФ Строительные системы», водопроводная вода.

Высококальциевая зола с удельной поверхностью 3873,7 м^2/кг в своём составе содержит свободный оксид кальция 4,35 %. Начало схватывания зольного теста – 23 минуты. Отсев дробления соответствует ГОСТу 31424-2010, имеет модуль крупности 3,13 (повышенная крупность), истинную плотность 2,62 г/см^3.

В данном исследовании было изучено влияние добавки 2, 3,5 и 5 % гиперпластификатора MasterPolyheed 3553 [4] и 20-40 % высококальциевой золы ТЭЦ [3] на прочность бетона после твердения 3, 7 и 28 суток в нормальных условиях.

Для испытания изготавливали образцы-балочки с размерами 4 × 4 × 16 см, состоящие из отсева дробления, ПЦ, высококальциевой золы и пластификатора с различными дозировками и воды. Заформованные образцы хранились в камере нормального твердения. Каждый состав был испытан на прочность на сжатие в возрасте 3, 7, 28 суток и по данным испытаний были построены графики, показывающие влияние добавок на прочность бетонов. Состав подбирали по объём-

ным частям: 35 % – заполнитель (отсев дробления фракции 5-0,16 мм, 65 % – «вяжущая паста» - тщательно перемешанная смесь цемента (80, 70 и 60 % по массе) и высококальциевой золы (20, 30 и 40 % по массе) с водо – вяжущим отношением В/Ц = 0,21 и гиперпластификатор Полихид MasterPolyheed 3553 в дозировках 2, 3,5 и 5 %. Результаты испытаний представлены на рисунке 1.

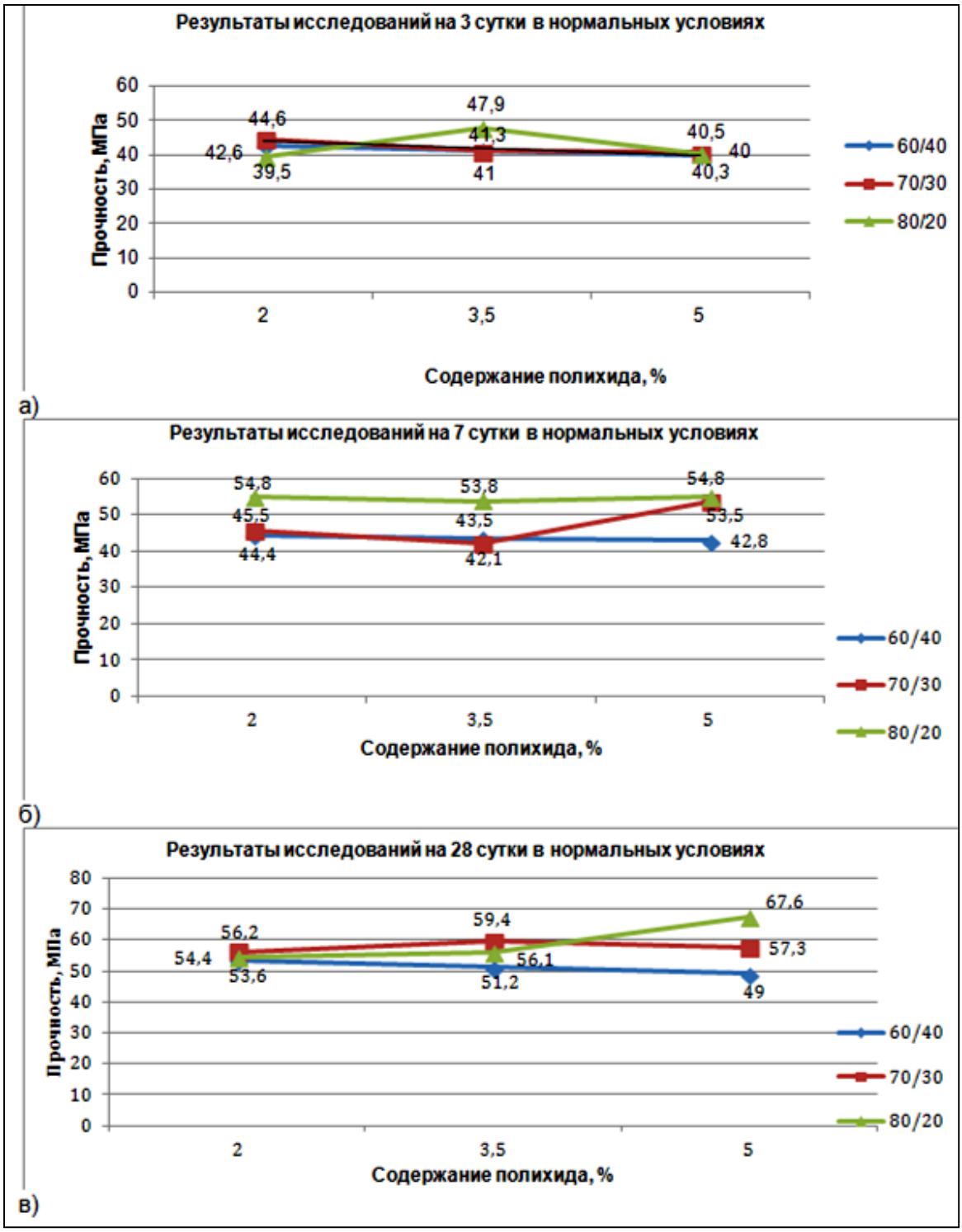


Рисунок 1 – Графики зависимости прочности бетона от содержания гиперпластификатора после: а) 3 суток, б) 7 суток и в) 28 суток нормального твердения

Из приведенных на рисунках графиков можно установить следующие закономерности:

- влияние добавки МастерПолихид проявляется сильнее на более поздних сроках твердения (на 3 и 7 сутки прочность составов практически не зависит от концентрации этой добавки, на 7 сутки уже видно, что есть небольшой рост прочности составов с высоким содержанием ВКЗ – при увеличении дозировки МастерПолихид);

- в целом добавка МастерПолихид тем лучше работает, чем больше доля ВКЗ в составе, это особенно проявляется на 28 сутки твердения

- оптимальный состав бетонной смеси получается при содержании 20 % ВКЗ и 2 % гиперпластификатора;

- на 3 сутки прочность образцов соответствует уже марке М400, далее прочность возрастает.

С увеличением количества вводимого гиперпластификатора MasterPolyheed 3553 и ВКЗ установлено, что прочность испытуемого образца при нормальных условиях твердения уменьшается, бетонная смесь подвержена расслоению. Вероятно это связано с отсутствием в составе как МК, так и полифракционных песков, обеспечивающих непрерывеую гранулометрию.

С увеличением дозировки высококальциевой золы увеличивается риск позднего гашения CaO и появления дефектов структуры в изделиях из этого бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шуйский, А. И. Настоящее и будущее применения нанотехнологий в производстве строительных материалов / А. И. Шуйский [и др.] // Вестник МГСУ. – 2012. – №12. – С. 154-160.

2. What is ultra high perfoming concrete [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.uhpcsolutions.com/blog/what-is-ultra-high-perfoming-concrete. – Загл. с экрана.

3. Золосодержащие бетоны и растворы [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://bibliotekar.ru. – Загл. с экрана.

4. MasterPolyheed 3553 – BASF.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://assets.master-builders-solutions.basf.com – Загл. с экрана.

5. Вольф, М. Бетон ультравысоких технологий (UHPC) – больше, чем просто высокая прочность / М. Вольф, Ш. Генце, К. Хинрихсмейер // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура – 2015. – №1. – С. 36-42.

Воронина Кристина Евгеньевна *– студент группы Спр-71 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: ms.kristina. voronina.1999@mail.ru.*

Макуха Александр Евгеньевич *– студент группы Спр-71 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: sania.makukha@mail.ru.*

Овчаренко Геннадий Иванович *– д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: egogo1980@mail.ru*.

УДК 666.972.16

РАЗРАБОТКА СУХИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ШТУКАТУРНЫХ ФАСАДНЫХ ПОРИЗОВАННЫХ РАСТВОРОВ

Ю. В. Гильмиярова, А. А. Малясова, С. Ю. Кириллов
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В настоящее время в России все больше внимания уделяется теплосохранности зданий и сооружений в связи с повышением требований к теплозащите ограждающих конструкций зданий, обеспечение долговечности стен, а так же для придания эстетичного внешнего вида. Эти требования приводят к созданию и применению новых теплоизоляционных материалов. Этот материал должен обеспечивать минимальное прохождение тепла и удержания его в конструкции. Исходя из этого вяжущие компоненты необходимо использовать с требуемой прочностью и пониженной плотностью. На начальном этапе исследований было рассмотрено влияние модифицирующих добавок: суперпластификатора С-3, порообразователя Ufapore TCO и дисперсионного полимерного порошка Vinnapas 4042H на свойства цементного вяжущего. Данные добавки позволяют получить продуктивное вяжущее с пониженной плотностью и нужной прочностью. В результате проведенной работы было установлено, что добавки придают модифицированным вяжущим определённые свойства, необходимые для штукатурных работ. Следующим этапом эксперимента является получение составов штукатурных теплоизоляционных смесей пониженной плотности и прочности на основе модифицированных вяжущих, полученных ранее. Получение штукатурного раствора производится путем введения в модифицированные вяжущие вспученного перлитового песка в различном соотношении.

Ключевые слова: *портландцемент, суперпластификатор, порообразователь, дисперсионный полимерный порошок, теплосохранность, модифицированное вяжущее, перлитовый песок, штукатурная теплоизоляционная смесь.*

Теплоизоляционная штукатурка является привычной смесью на основе портландцемента, но в которой вместо обычного кварцевого песка заполнителями являются менее плотные материалы, такие как пенополистирол, пемза, керамзитовая крошка, перлитовый песок, вермикулит и могут быть даже древесные опилки [1]. Именно присутствие пористого заполнителя обеспечивает изоляционной штукатурке ее особые характеристики, так как пористая структура имеет в наличие большое количество воздушных пузырьков что существенно уменьшает теплопередачу, увеличивает звукоизоляционные свойства, позволяет стенам «дышать», уменьшая при этом сырость и, следовательно, предупреждает развитие плесени. Вследствие того, что у теплой штукатурки в качестве заполнителя используются материалы с низкой плотностью, она получается на много легче своих конкурентов, и поэтому не несет дополнительной нагрузки на стены и фундаменты. Из-за своих адгезионных свойств она хорошо ложится практически на все виды поверхностей [2].

В качестве сырьевых материалов в работе использовались: цемент производства ООО «Искитимцемент» – Портландцемент типа ЦЕМI класса 42,5 быстротвердеющий (ПЦ). Добавки: пластификатор С-3 предприятия ООО «Компонент» г. Владимир, дисперсионный полимерный порошок Vinnapas 4042H производитель Wacker Chemie AG (Германия), порообразователь типа UfaporeTCO (Венгрия), Перлитовый песок М75 производства ООО «Терра Мастер».

Данный цемент ЦЕМ I 42,5Б по методам испытания полностью соответствует ГОСТ 31108-2016 «Цементы общестроительные. Технические условия». Пластификатор С-3 по своим потребительским свойствам пластифицирующая добавка соответствует требованиям ГОСТ 24211 «Добавки для бетонов и строительных растворов». Vinnapas 4042 H повышает сцепление (адгезию), обладающий высокой стойкостью к омылению. Класс Vinnapas H – исключительная гидрофобность, а 4042: 40 – обозначает полимерное основание из винилацетата и этилена, 42 –обозначает эластичность. Ufapore TCO является поверхностно-активным веществом, которое действует как эффективный порообразователь и пластификатор в различных составах для строительных материалах (ТСО – Альфа-

олефин сульфонат натрия 94 %). Перлитовый песок соответствует ГОСТ 10832-2009 «Песок и щебень перлитовые вспученные. Технические условия».На первом этапе исследования было изучено модифицированное вяжущее с добавками с анализом их свойств. Для этих целей изготавливали образцы-кубики с ребром 2 см состоящие из ПЦ и добавок с различными дозировками.

Заформованные образцы хранились в камере нормального твердения при температуре 20±3 ℃, и влажности 95-100 %. Каждый состав был испытан на истинную плотность и прочность на сжатие в возрасте 1, 3, 7, 28 суток. И по данным испытаниям были определены некоторые свойства модифицирующих добавок.

При работе с добавкой суперпластификатор С-3 наблюдается снижение количества воды до 20 % при сохранении такой же пластичности цементного теста. Это может быть обусловлено тем, что добавка С-3 стремительно сорбируется на частицах цемента, уменьшая их сцепление между собой. Рекомендуемая дозировка: 0,25-1 % от массы цемента. С увеличением данной добавки происходит закономерное увеличение прочностных характеристик и плотности цементного камня (рисунок 1). При этом наблюдается оптимум при содержании 0,75 % от массы цемента.

Добавка Ufapore TCO является хорошим порообразователем, вследствие чего наблюдается снижение плотности образцов на 15 %. Данный порошок создает в нашем цементном камне значительное количество закрытых пор до 0,175 см^3, которые позволят повысить морозостойкость и понизить теплопроводность материала.

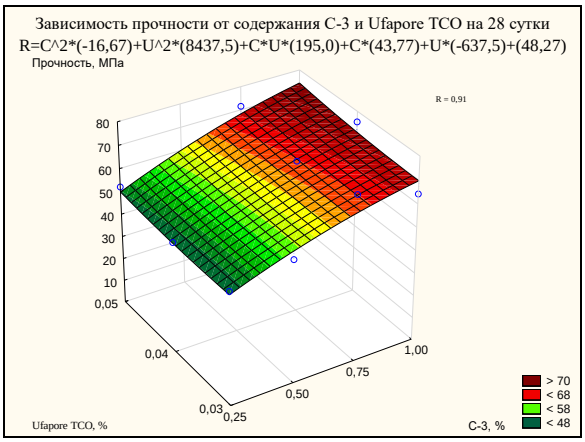
Рекомендуемая дозировка: 0,03-0,05 % от массы цемента. При этом, ее концентрация не оказывает существенного влияния на прочность материала, а снижение плотности материала наблюдается при минимальной дозировке 0,03 % от массы цемента.

Редиспергируемый дисперсионный полимерный порошок Vinnapas 4042 H повышает адгезию, прочность на изгиб и растяжение. За счет полимерной конструкции раствор производит эффект «памяти формы», способность раствора после деформации сохранять приданную ему форму. На прочность особого влияния не оказывает.

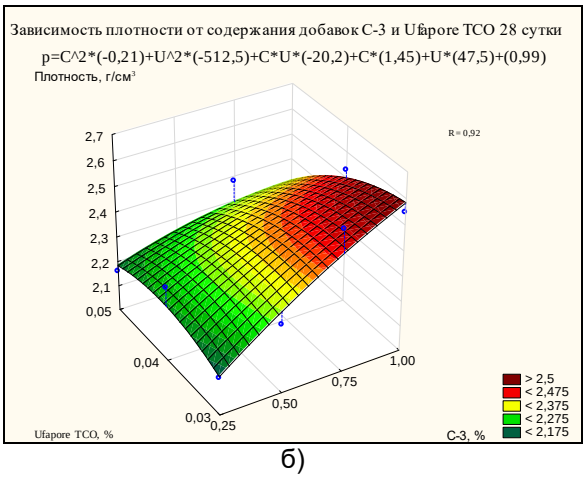
В результате проведенного эксперимента установлено рациональное соотношение дозировок добавок С-3 (0,75 %), Ufapore TCO (0,03 %), Vinnapas 4042 H (1 %). При таком составе получаемое модифицирующее вяжущее на основе портландцемента, которое обеспечивает оптимальные физико-механические свойства в возрасте 28 суток: прочность 72,3 МПа, плотность 2,48 г/см^3.

Следующим этапом эксперимента является получение составов штукатурных теплоизоляционных смесей пониженной плотности и прочности на основе модифицированных вяжущих, полученных ранее. Для этих целей изготавливали образцы-балочки с размерами 4 × 4 × 16 см состоящие из различного соотношения ПЦ и перлита с добавками.

Заформованные образцы хранились в камере нормального твердения при температуре 20±3 ℃, и влажности 95-100 % и часть образцов сушились в печи при температуре 60 ℃ до постоянной массы.



а)



б)

Рисунок 1 – Номограммы зависимости средней прочности и плотности состава ПЦ42,5+С3 (0,75 %)+UfaporeTCO (0,03 %): а) прочность, б) плотность

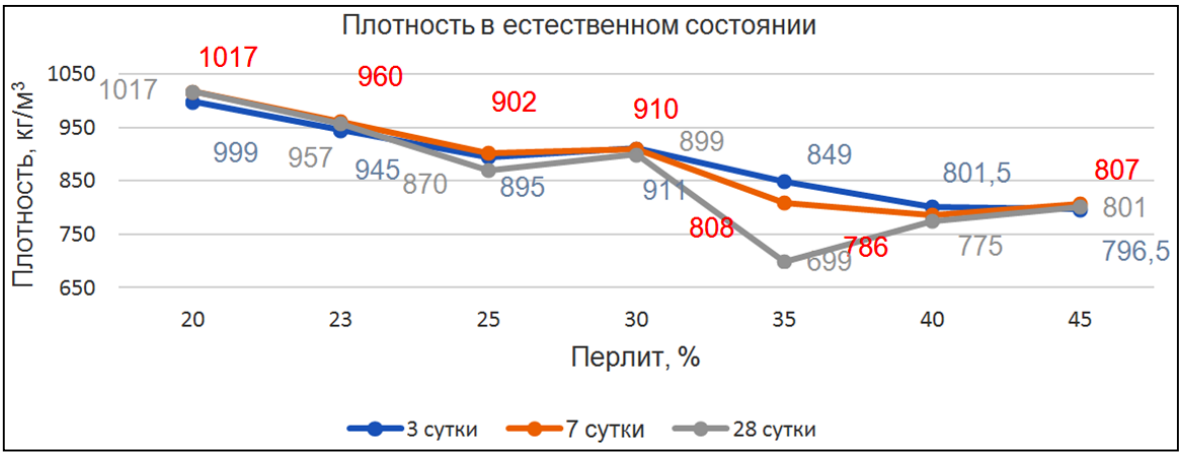


Рисунок 2 – Влияние перлита на плотность в естественном состоянии

Каждый состав был испытан на плотность в естественном состоянии, прочность на сжатие, усадку в возрасте 1, 3, 7, 28 суток. И по данным испытаниям были построены номограммы, показывающие влияние добавок на свойства штукатурного состава.

С целью установления рационального состава штукатурного раствора использовали следующие соотношения по массе модифицированных вяжущих и вспученного перлитового песка: 80:20; 77:23; 75:25; 70:30; 65:35; 60:40; 55:45.

Из рисунка 2 видно, что плотность снижается по мере увеличения концентрации перлитового песка. Так же увеличение перлита влияет на закономерное снижение прочностных показателей: при соотношении состава 80:20 прочность на 28 сутки составила 4,8 МПа, а состав 55:45-2,29 МПа. Водопоглощение по массе и по объему на состав 80:20 имеет соответственно 22 % и 19,1 %, а при увеличении до 60: 40 – 39 % и 24,1 %.

В ходе эксперимента опытным путем на образцах была так же определена прочность сцепления (адгезия), которая удовлетворяет требованиям ГОСТ 54359-2011 (не менее 0,4 МПа).

Заключение

Исходя из полученных результатов установлен состав штукатурного раствора с оптимальным соотношением модифицированных вяжущих к вспученному перлитовому песку 65:35 со следующими физико-механическими характеристиками: плотность 699 кг/м^3, прочность при сжатии 3,46 МПа, адгезия 0,4МПа, водопоглощение составляет по массе 30 %, по объему 23,9 %, усадка при высыхании штукатурного раствора находится в зоне незначительных деформационных изменений в возрасте 28 суток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будников, П. П. Исследование кинетики гидратации минералов портландцементного клинкера при гидротермальной обработке / П. П. Будников [и др.] // ДАН СССР. – М. : Изд-во АН СССР. – 1963. – № 1. – Т. 148. – С. 59-62.

2. Баженов, Ю. М. Технология сухих строительных смесей: учебное пособие / Ю. М. Баженов, В. Ф. Коровяков, Г. А. Денисов. – М. : Изд-во АСВ, 2011. – С. 104-106.

Гильмиярова Юлия Васильевна *– к. т. н., доцент кафедры «Строительные материалы» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: yuliaschukina@mail.ru.*

Малясова Адель Анатольевна *– студент группы Спр-71 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: sk-kolesnikov@bk.ru.*

Кириллов Сергей Юрьевич *– студент группы Спр-71 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: sergei_kirillov_99@mail.ru.*

УДК 699.841

ПРОБЛЕМЫ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Е. С. Гончаров, Ю. В. Халтурин, Л. В. Халтурина
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассмотрены проблемы, связанные с сейсмической безопасностью зданий и сооружений Алтайского края, затронута обоснованность ввода и отмены Изменения № 1 к СП 14.13330.2018. Рассмотрено развитие карт общего сейсмического районирования. Описаны проблемы зданий и сооружений, не отвечающих нормам сейсмической безопасности, показаны пути решения этой проблемы.

Ключевые слова: *Сейсмостойкость, сейсмическая безопасность, карты сейсмического районирования, целевые федеральные программы, обследование зданий, сейсмоусиление, финансирование.*

Сейсмостойкость – это одно из обязательных требований, которое необходимо учитывать при проектировании зданий и сооружений. 26 декабря 2019 года был подписан приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) «Об утверждении Изменения № 1 к СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах» [1]. Через шесть месяцев, 26 июня 2020 года, данные изменения вступили в силу. В результате, отдельные районы Алтайского края, в том числе и г. Барнаул, были отнесены к более сейсмоопасным зонам. Степень сейсмической опасности г. Барнаула в баллах шкалы MSK-64 по карте А ОСР-2016 стала равной 7, по картам В и С – 8. Таким образом, здания массового строительства в г. Барнауле должны были проектироваться с учетом требований СП 14.13330.2018 по расчету с учетом сейсмических воздействий, по объемно-планировочным решениям, по конструированию элементов и соединений [2].

Внесенные изменения вели, по сути, к невозможности домостроения из силикатного кирпича, замедлению темпов строительства, а также, к его удорожанию, по разным оценкам, минимум на 15-20 %.

Попытки строительного сообщества Алтайского края добиться от Минстроя РФ отмены Изменения № 1 не принесли результата: 02.10.2020 получен отрицательный ответ замминистра Минстроя России на обращение № 5243 от 13 августа 2020 г. губернатора Алтайского края В. П. Томенко [3]. Однако не прошло и трех месяцев после этого, как 29 января 2021 года, был издан приказ об отмене Изменения № 1 к СП 14.13330.2018 [4].

Отмена Изменения № 1 демонстрирует, хотя и с опозданием, готовность Минстроя России к диалогу с профессиональным сообществом и региональными властями, а также, говорит о том, что введение изменений было, наверное, не очень продуманным и отчасти необоснованным. Не снята с повестки дня и необходимость актуализации карт как общего сейсмического районирования территории РФ, так и микросейсморайонирования.

Проследим развитие карт общего сейсмического районирования. Вероятностные характеристики повторяемости сотрясений были впервые введены в картах ОСР-78 (рисунок 1). При этом они были составлены из отдельных фрагментов, разработанных по различным методикам на базе материалов не комплексных сейсмогеологических и сейсмологических исследований. При создании карты ОСР-97 была использована вероятностная методология оценки сейсмической опасности [5], и в сравнении с картой ОСР-78, карты ОСР-97 (рисунок 2) имели более высокие требования к сейсмической безопасности.

Карты ОСР-2012 создавались по методике карт ОСР-97, главное их различие в том, что в основе карт ОСР-97 лежала квадратная

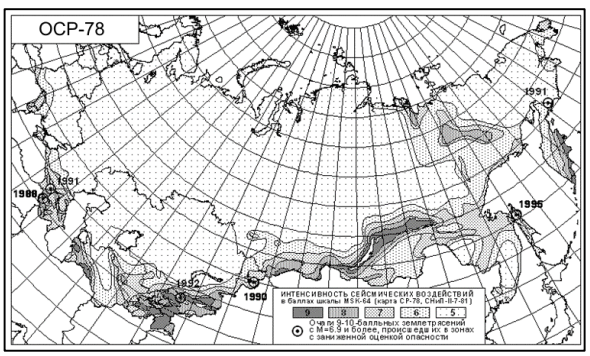


Рисунок 1 – Карта ОСР

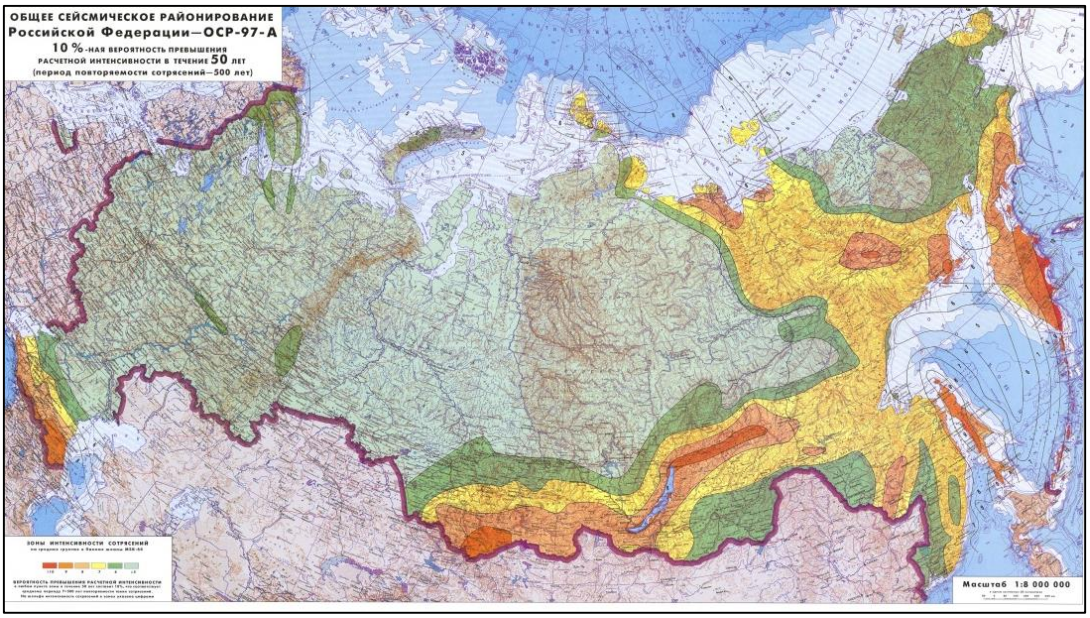


Рисунок 2 – Карта ОСР-97

сетка со сторонами 25 км, а в основе карт ОСР-2012 лежала треугольная сетка с расстоянием между узлами 15 км. Более густая и треугольная сетка более корректно покрывает сферическую форму земной поверхности, что позволяет получить более точные результаты [5]. При переходе от карт ОСР-97 к картам ОСР-2012, уточнение произошло в сторону ужесточения требований сейсмической безопасности.

Разработчики карт считают, что их следует обновлять не реже чем через 10 лет. Карты определения нормативной интенсивности сейсмических воздействий, ОСР-2015, введены в действие 24 ноября 2018 года при вступлении в действие СП 14.13330.2018. Очевидно, что замена карт через такой короткий срок должна иметь достаточное обоснование и основываться на комплексных исследованиях.

Согласно [6, статья 5] безопасность зданий и сооружений должна обеспечиваться в течение всего их жизненного цикла. Также, согласно этому же этому Федеральному Закону (ст. 42), в случае если во время эксплуатации зданий или сооружений, вступили в силу новые требования, то эти требования не предъявляются к ранее возведенным зданиям или сооружениям до их капитального ремонта или реконструкции.

Исходя из формулировок закона, получаем следующее: построенное по современным нормативным документам с повышенными требованиями по сейсмоустойчивости, жилье будет безопасным, и жители таких домов подвергаются лишь незначительному риску. С другой стороны, в нашей стране несоизмеримо большее количество жилья, запроектированного и построенного по прежним нормам с гораздо менее жесткими требованиями по сейсмоустойчивости. Жизненный цикл этих зданий ещё далеко не завершен, но они не отвечают современным требованиям и нуждаются в сеймоусилении. В результате этого возникла необходимость повышения сейсмостойкости большого количества ранее возведенных зданий. Чтобы повысить сейсмостойкость здания до требуемой сейсмичности, сначала нужно разработать проектную документацию. В свою очередь проектная документация разрабатывается на основе обследования строительных конструкций и основания здания. Следовательно, необходимо проведение детальных обследований огромного количества зданий, а значит нужно и время, и финансирование.

Попытки решить данную проблему уже предпринимались. Принимались целевые федеральные программы «Сейсмобезопасность территории России 2002-2010 г.» и «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009-2018 годы». В числе задач программ были: «проведение обследования и паспортизации зданий и сооружений в сейсмоопасных районах» и «осуществление мероприятий по сейсмоусилению наиболее ответственных и несейсмостойких сооружений…». Насколько данные программы оказа-

лись результативными? Согласно [7], с 2014 по 2018 год было профинансировано усиление 155 объектов (среди них 18 жилых) в шестнадцати регионах с повышенной сейсмической опасностью, среди которых находится Алтайский край. Ежегодно финансируется реконструкция и ремонт порядка 30 объектов, что конечно же не решает проблему.

При этом у Министерства строительства до сих пор нет точных данных о количестве объектов на территории России, не отвечающих требованиям сейсмостойкости, и объеме жилого фонда, который необходимо расселить из-за невозможности или нецелесообразности сейсмоусиления. По данным Счетной палаты: 70 регионов РФ находятся в зонах сейсмической опасности, при этом 43 не являются участниками программ сейсмоусиления и не финансируются из федерального бюджета [7].

Необходимым условием повышения сейсмобезопасности является проведение паспортизации зданий, включающей их обследование, оценку фактического уровня сейсмостойкости объектов, мониторинг технического состояния зданий.

На основе таких исследований необходимо организовать выполнение работ по повышению устойчивости и сейсмобезопасности жилых домов, сооружений и систем жизнеобеспечения. Однако, такие работы требуют огромных денежных ресурсов, поэтому возникает необходимость в программе, согласно которой было бы профинансировано усиление первоочередных объектов, с высокой ответственностью (школы, детские сады, больницы и т. д.). Примером может послужить Республиканская целевая программа «Повышение устойчивости основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Республики Саха (Якутия) на 2010-2013 годы» [8]. Преимущество данной программы в том, что программа составлена Министерством строительства Якутии совместно с Якутским филиалом Геофизической службы СО РАН для республики, она комплексна и подробна, в отличие от программы, которая составлялась Минстроем РФ и охватывала всего 16 регионов с повышенной сейсмической опасностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Изменения № 1 к СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах : Приказ Минстроя России от 26 декабря 2019 года № 886. – URL: https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/fab/Izm1-k-SP-14.pdf (дата обращения: 20.02.2021).

2. СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах». – URL: https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/b4f/SP-14.13330.2018-na-registr-Rosstandart_pages_deleted.pdf (дата обращения: 20.02.2021).

3 Письмо Минстроя России № 39287-ДВ/08 от 02.10. 2020. – URL: https://pravdaosro.ru/wp-content/uploads/2020/10/2020-10-09_09-50-08_winscan_to_pdf.pdf (дата обращения: 20.02.2021).

4. Об отмене Изменения № 1 к СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах» : Приказ Минстроя России от 29.01.2021 № 27/пр – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_376746/ (дата обращения: 20.02.2021).

5. Уломов, В. И. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1 : 8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах / В. И. Уломов, Л. С. Шумилина. – М., 1999. – 57 с.

6. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон № 384-ФЗ. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720.

7. Жандарова, И. Дрожь земли – Текст : электронный // Российская газета – Федеральный выпуск № 66(7824): [сайт]. – 2019. – 26 марта – URL: – Режим доступа: https://rg.ru/2019/03/26/minstroj-obsleduet-vse-doma-na-ustojchivost-k-zemletriaseniiu.html.

8. Республиканская целевая программа «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Республики Саха (Якутия) на 2009-2013 годы». – URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc_itself=&infostr=xO7q8+zl7fIg7vLu4fDg5uDl8vH/lO3lIOIg7+7x6+Xk7eXpIPDl5ODq9ujo&nd=102129318&page=1&rdk=9#I0.

Гончаров Егор Сергеевич – *студент группы СУЗ-81 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: egorgon4arov@mail.ru.*

Халтурин Юрий Васильевич – *к. т. н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: khalt.yuriy@mail.ru.*

Халтурина Лариса Васильевна *– к. т. н., доцент, зав. кафедрой «Теория и история архитектуры», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: khalt.larisa@mail.ru.*

УДК 666.972

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ГИПЕРПРЕССОВАННОГО КИРПИЧА

Н. В. Жданова, Т. В. Щербаченко
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассматриваются вопросы использования отходов от добычи известняка для производства гиперпрессованного кирпича. Проводится сравнительная оценка свойств гиперпрессованного кирпича в зависимости от вида мелкого заполнителя, содержания портландцемента в составе сырьевой смеси, удельного давления прессования при твердении образцов в нормальных условиях. В результате исследований установлено, что на прочностные характеристики гиперпрессованного кирпича в большей степени влияют: содержание в сырьевой смеси портландцемента и удельное давление прессования. Вид мелкого заполнителя оказывает не значительное влияние на прочность образцов при сжатии и наилучшие результаты показывают составы с известняковым песком № 2, обеспечивающие марку М150 при расходе вяжущего 10 % и марку М250 при ПЦ 15 %. Для образцов, изготовленных на известняковом песке № 2 с содержание портландцемента 10 и 15 % при удельном давлении прессования 60 и 80 МПа исследовался ряд гидрофизических свойств.

Ключевые слова: *гиперпрессованный кирпич, мелкий заполнитель, отсев дробления горных пород, известняковый песок, портландцемент, удельное давление прессования, образец-цилиндр, прочность при сжатии, сравнительный анализ, средняя плотность, водопоглощение.*

В настоящее время на рынке строительных материалов появляются новые виды изделий, получаемые на основе переработки отходов от разработки горных пород. Наиболее распространенным материалом для использования в производстве гиперпрессованных изделий является отсев дробления известняковых пород (с размером частиц менее 5 мм), остающийся на карьерах по добыче известняка для производства силикатного кирпича и портландцемента.

На кафедре «Строительные материалы» АлтГТУ проводились исследования по разработке состава гиперпрессованного кирпича на основе известнякового песка Камышенского месторождения Петропавловского района Алтайского края [1]. Поэтому дальнейшие исследования были направлены на сравнительный анализ свойств гиперпрессованного кирпича, изготовленного на различных видах мелкого заполнителя.

Целью работы являлось изучение свойств гиперпрессованного кирпича в зависимости от используемого заполнителя, количества цемента, удельного давления прессования.

В качестве вяжущего в работе использовался портландцемент марки ЦЕМ II/А-Ш 32,5Н в количестве 10 %, 15 % и 20 %. В качестве мелкого заполнителя применялось три вида отсева дробления горных пород с размером частиц менее 5 мм: известняковый песок № 1 из отсевов дробления с карьера в селе Камышенка Алтайского края (модуль крупности 3,44), известняковый отсев № 2 с карьера в селе Ложок Новосибирской области (модуль крупности 3,39), мраморный отсев (модуль крупности 3,37).

В ходе проведения эксперимента формовались образцы-цилиндры диаметром и высотой 50 мм при удельном давлении прессования 40, 60, 80, 100 МПа. Твердение образцов осуществлялось в нормальных условиях (при температуре 20 °С, влажности 90 %). Испытания образцов проводились на 28 сутки нормального твердения. Изменение прочностных характеристик гиперпрессованных образцов в зависимости от вида заполнителя и процентного содержания портландцемента представлены на рисунках 1 и 2.

При содержании в составе сырьевой смеси портландцемента 10 % наблюдается рост прочности от 15 до 20 МПа с увеличением удельного давления прессования. При этом образцы, изготовленные на известняковом песке № 2, показывают наиболее стабильный рост прочности (рисунок 1).

Увеличение содержания портландцемента до 15 % приводит к увеличению прочности при сжатии на 30-50 % у образцов на известняковом песке № 1 и песке из отсевов дробления мрамора. У образцов на известня-

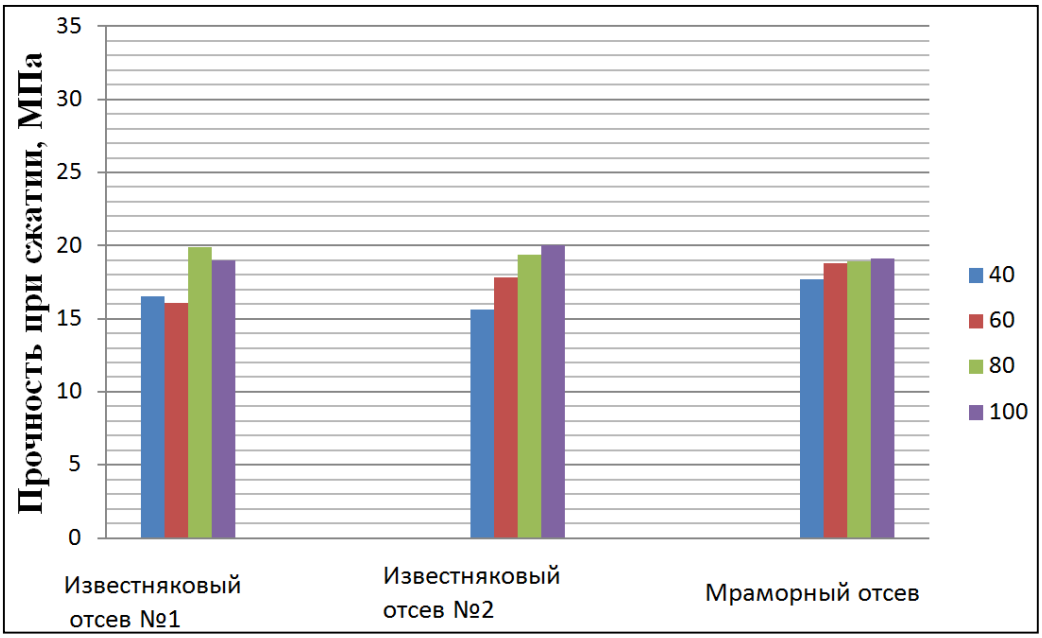


Рисунок 1 – Изменение прочности при сжатии гиперпрессованных образцов с содержанием портландцемента 10 %

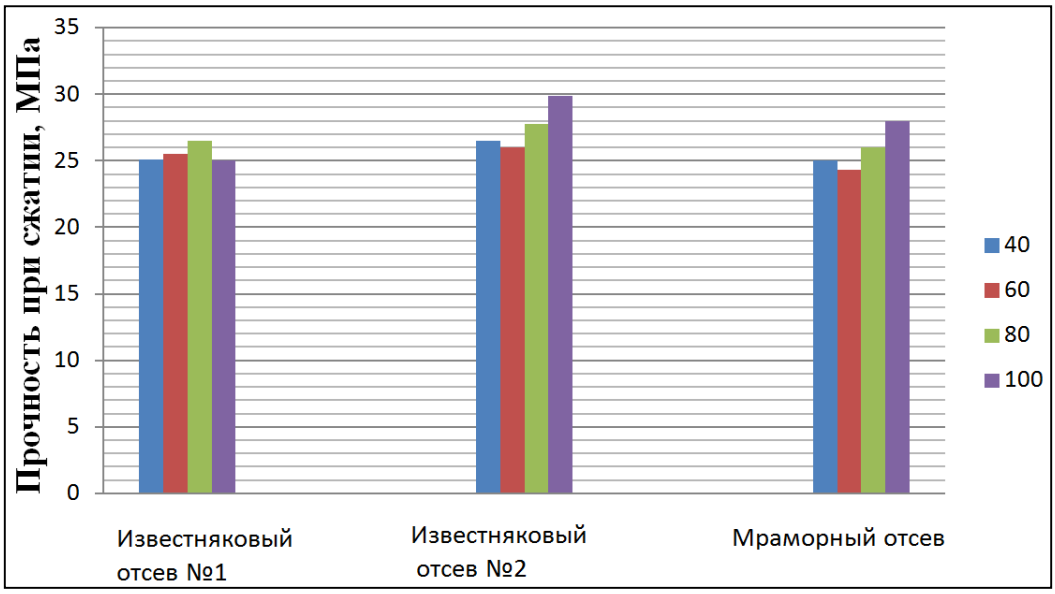


Рисунок 2 – Изменение прочности при сжатии гиперпрессованных образцов с содержанием портландцемента 15 %

Таблица 1 – Гидрофизические свойства гиперпрессованного кирпича на известняковом песке № 2 при содержании цемента 10 и 15 % и удельном давлении прессования 60 и 80 МПа

Свойство гиперпрессованного кирпича	Удельное давление прессования 60 МПа		Удельное давление прессования 80 МПа	
	ПЦ 10 %	ПЦ 15 %	ПЦ 10 %	ПЦ 15 %
Средняя плотность, кг/м^3	2374	2385	2405	2425
Влажность, %	2,4	2,6	2,4	2,6
Водопоглощение по объему, %	12,1	11,1	11,7	11,1
Водопоглощение по массе, %	5,4	5	5,1	5

ковом песке № 2 повышение прочности составляет от 40 до 70 % (рисунок 2).

Дальнейшее повышение содержания портландцемента до 20 % приводит к менее значительному росту прочности при сжатии. При этом наблюдают резкие «скачки» прочности при увеличении давления прессования с 60 до 80 МПа.

Оценивая динамику набора прочности в зависимости от вида заполнителя можно отметить следующее:

1) образцы, изготовленные на известняковом песке № 1, показывают скачкообразное изменение прочности при сжатии и достигают своих максимальных значений при удельном давлении прессования 60 МПа;

2) образцы, изготовленные на известняковом песке № 2, характеризуются более равномерным набором прочности при увеличении давления прессования и достигают максимальной прочности при удельном давлении прессования 80 МПа;

3) образцы, изготовленные на песке из отсевов дробления мрамора, имеют разброс значений в пределах 3-5 МПа при изменении удельного давления прессования от 40 до 100 МПа.

Таким образом, на прочностные характеристики гиперпрессованного кирпича в большей степени влияют: содержание в сырьевой смеси портландцемента и удельное давление прессования.

Вид мелкого заполнителя оказывает не значительное влияние на прочность образцов при сжатии и наилучшие результаты показывают составы с известняковым песком № 2, обеспечивающие марку М150 при расходе вяжущего 10 % и марку М250 при ПЦ 15 %.

Для образцов, изготовленных на известняковом песке № 2 с содержание портландцемента 10 и 15 % при удельном давлении прессования 60 и 80 МПа, исследовался ряд физических и гидрофизических свойств (таблица 1).

С увеличением расхода вяжущего и удельного давления прессования увеличивается средняя плотность образцов, при этом уменьшается водопоглощение по объему, следовательно и открытая пористость.

Таким образом, гиперпрессованный кирпич, изготовленный на основе известнякового песка и 10 % портландцемента обеспечивает прочность при сжатии не менее 15 МПа (М150), при содержании портландцемента 15 % будет обеспечиваться прочность при сжатии не менее 25 МПа (М250).

Средняя плотность гиперпрессованного кирпича составит от 2370 до 2430 кг/м^3, влажность 2,4-2,6 %, водопоглощение по массе 5-5,4 %, водопоглощение по объему 11-12 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жданова, Н. В. Исследование прочностных характеристик гиперпрессованного кирпича / Н. В. Жданова, Р. А. Дисенов // Ползуновский альманах. – 2017 – № 2. – С. 112-115.

Жданова Наталья Владимировна *– к. т. н., доцент кафедры «Строительные материалы» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: muza-nat@mail.ru.*

Щербаченко Татьяна Владимировна *- бакалавр ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: kafedrasm@bk.ru.*

УДК 004.92:624.04

ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ НАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ СТЕНЫ ИЛОУПЛОТНИТЕЛЕЙ 1 И 2

И. К. Калько, Д. И. Остапова
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье приведены результаты производства работ по устройству напрягаемой арматуры стены илоуплотнителей 1 и 2 в г. Барнауле. По результатам выполненных работ можно переходить к устройству защитного слоя напрягаемой арматуры

Ключевые слова: *илоуплотнитель, напрягаемая арматура, шов, стык арматуры. коррозия, опалубка, напряжение, приборы, захватка, стержень, цикл.*

Материалы данной работы являются продолжением статьи «Выполнение работ по омоноличиванию стыков панелей, армированию и бетонированию стены СТм1, бетонированию борта илоуплотнителей 1 и 2».

Характеристика напрягаемой арматуры – класс А-1V; марка 20ХГ2У. Диаметр арматуры 16 мм; модуль упругости E_s = 1,9*10^6 кг/см^2. Напряжение, создаваемое в арматуре 327,1 МПа (3340 кг/см^2). Предварительно создаваемое напряжение 7,1 МПа. Поэтапное создание предварительного напряжения по 80 МПа. Напряжение в арматуре можно определить по удлинению в зависимости от создаваемого усилия по закону Гука. Удлинения определяются по показаниям индикатора в зависимости от создаваемого усилия (таблица 1).

В соответствии с проектом выполняется монтаж анкерных устройств А1:

1. На уголках – позиция 1 (рисунок 1) краской наносят нумерацию стержней напрягаемой арматуры. Слева от оси нумерация стержней четная, справа от оси нечетная нумерация. На рисунке 1 илоуплотнитель разбит на четыре сектора с указанием расположения четных и нечетных стержней.

2. Подготовленные стержни в соответствии с проектом вставляются в отверстия уголков и закрепляются в проектное положение с закручиванием гаек вручную (сечения 1-1 и 2-2 рисунка 1).

3. По высоте стержни арматуры группируются в 4-ре захватки с нумерацией, которая соответствует последовательности натяжения арматуры (рисунок 1; сечения 1-1 и 2-2).

4. В местах расположения стыков должен находится квалифицированный рабочий, который прошел обучение с помощником.

5. Первоначально создается усилие в арматуре, которое не должно превышать 7,1 МПа. Рабочее напряжение в арматуре создается только после омоноличивания швов между панелями, набором бетона монолитной стены СТм 1 и бортового элемента 100 %.

6. По команде четыре звена одновременно начинают натяжение арматуры в следующей последовательности (таблица 2):

- натяжение арматуры производят верхнего кольца – стержни 1-2 первой захватки;
- натяжение арматуры нижнего кольца – стержни 57-58 второй захватки;
- натяжение арматуры стержней третьей захватки стержни 15-16;
- натяжение арматуры стержней четвертой захватки – стержни 29-30.

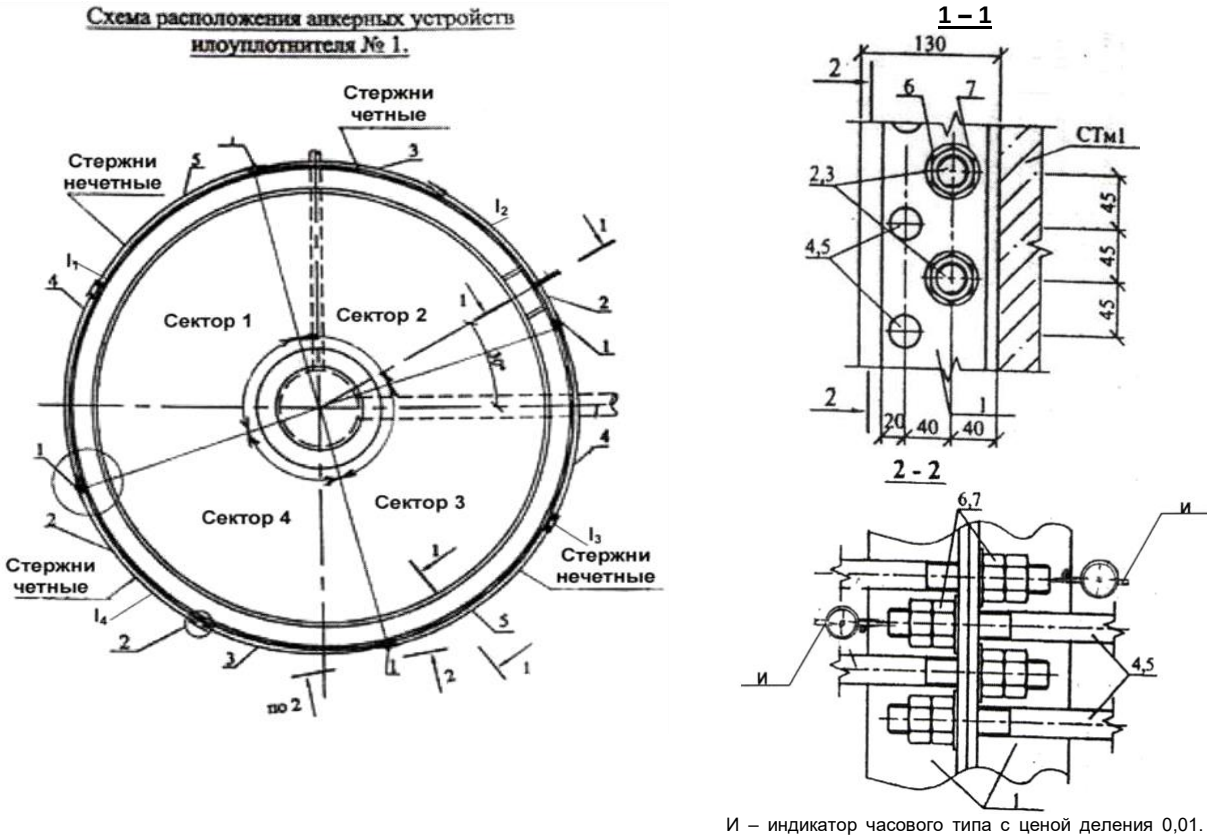
В ходе натяжения арматуры проверяется ее проектное положение с помощью шаблона. После натяжения арматуры первого цикла, описанного выше, переходят ко второму, третьему. Всего 7 циклов. Последовательность натяжения остальных стержней приведена ниже. Например, (см. п. 6) создается напряжение первого цикла, 2-го и т. д.

Контроль затяжки стяжных колец необходимо производить динамометрическим ключом. Величина напряжения в напрягаемой арматуре, контролируемая при натяжении по проекту равна 327,1 МПа. После создания предварительного напряжения в напрягаемой арматуре величиною 7,1 МПа специалистом производится осмотр всех стержней, сварных соединений, анкерных устройств. При отсутствии дефектов в напрягаемой арматуре выполняются работы подготовительного характера, например, в местах расположения анкерных устройств устанавливаются деревянные щиты по обе стороны от стыка на всю высоту стены илоуплотнителя. Для защиты рабочих и контролирующих лиц, осуществляющих натяжение арматуры, от случайного разрыва ее рекомендуется временно установить вертикальные стержни ∅16 мм через 60 см на всю высоту стены арматуре увеличивается до 87,1 МПа; на втором уровне напряжение достигает 167,1 МПа, на третьем – 247,1 МПа и на 4-м напряжение в напрягаемой арматуре доводится до проектного, равного 327,1 МПа. Порядок создания напряжения на всех 4-х этапах описан выше.

ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ НАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ СТЕНЫ ИЛОУПЛОТНИТЕЛЕЙ 1 И 2

Таблица 1

№ п/п	Создаваемое напряжение	Длина l, м	Удлинение Δ_l	Длина l, м	Удлинение Δ_l	Длина l, м	Удлинение Δ_l	Длина l, м	Удлинение Δ_l
1	7,1 (№ = 145,62)		0,78		0,74		0,78		0,746
2	87,1 (№ = 1786,45)		9,59		9,12		9,64		9,17
3	167,1 (№ = 3427,27)	20,5	18,4	19,5		17,5	20,6	18,49	19,6
4	247,1 (№ = 5068,07)		27,2		25,87		27,33		26,00
5	327,1 (№ = 6708,9)		36,01		34,25		36,19		34,43



И – индикатор часового типа с ценой деления 0,01. Индикаторы устанавливаются в двух секторах по 2 шт. на одно кольцо

Рисунок 1 – Илоуплотнитель

Таблица 2 – Последовательность натяжения арматуры в четыре звена одновременно

№ циклов	Номера захваток			
	1	2	3	4
1	1-2	57-58	15-16	29-30
2	3-4	55-56	17-18	31-32
3	5-6	53-54	19-20	33-34
4	7-8	51-52	21-22	35-36
5	9-10	49-50	23-24	37-38
6	11-12	47-48	25-26	39-40
7	13-14	45-46	27-28	41-42
8				43-44

Рисунок 2

Рисунок 3

Рекомендуемый способ создания напряжения в напрягаемой арматуре позволяет равномерно распределять напряжение по высоте в стене илоуплотнителя и частично выбирать потери напряжений, происходящие в бетоне. На каждом этапе увеличения напряжения в напрягаемой арматуре производится тщательный их осмотр.

Развертка арматуры представлена на рисунках 2 и 3, где показана напрягаемая арматура, анкерные устройства, подмости и устройства тепляка.

Остальное напряжение величиною 320 МПа, которое необходимо создать в стержнях напрягаемой арматуры, разбиваем на 4-е части по 80 МПа, что позволит создать равномерное сжимающее напряжение в стене илоуплотнителя. На первом этапе напряжение в напрягаемой арматуре должны выполняться лицами, сдавшими экзамен по техническому минимуму по натяжению арматуры, прошедшему специальное обучение и работающие под контролем ответственного лица.

Рабочие, за исключением натягивающих арматуру, должны быть удалены в безопасную зону.

В местах расположения анкерных устройств устанавливаются деревянные щиты по обе стороны от стыка на всю высоту стены илоуплотнителя.

Для защиты рабочих и контролирующих лиц, осуществляющих натяжение арматуры, от случайного разрыва ее рекомендуется временно устанавливать вертикальные стержни ∅16 мм через 60 см на всю высоту стены илоуплотнителя.

Во время натяжения арматуры запрещается находиться на оси напрягаемой арматуры, стучать молотком по креплению арматуры и проводить сварочные работы.

Перед началом проведения работ необходимо проверить крепление анкерных устройств.

После приема напрягаемой арматуры производится устройство опалубки и бетонирование защитного слоя.

Калько Иван Кондратьевич *– к. т. н., доцент кафедры «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: stroygips @list.ru.*

Остапова Дарья Ивановна *– инженер отдела практик и трудоустройства ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова.*

УДК 004. 92: 624. 04

ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ НАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ СТЕНЫ ИЛОУПЛОТНИТЕЛЕЙ 1 И 2

И. К. Калько, Д. И. Остапова, Н. В. Медведев
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье приведены результаты производства работ по устройству защитного слоя напрягаемой арматуры стены илоуплотнителей 1 и 2 в г. Барнауле. По результатам выполненных работ можно переходить к устройству днища.

Ключевые слова: *илоуплотнитель, напрягаемая арматура, шов, стык арматуры, бетон, коррозия, опалубка, напряжение, приборы, захватка, стержень, подмости, бетонирование, вибратор, тепляк, зимнее бетонирование.*

Материалы данной работы являются продолжением статьи «Выполнение работ по омоноличиванию стыков панелей, армированию и бетонированию стены СТм1, бетонированию борта илоуплотнителей 1 и 2» и статьи «Производство работ по устройству напрягаемой арматуры стены илоуплотнителей 1 и 2».

После приема напрягаемой арматуры производится устройство опалубки, описание кото-рой и чертежи приведены при бетонировании стены СТм 1. Опалубку стены СТм 1 и подмости минимальная прочность бетона к моменту возможного замерзания, которая называется критической, для конструкций, к которым относятся стены илоуплотнителя без противоморозных добавок, но использовать вторично.

При бетонировании защитного слоя напрягаемой арматуры необходимо проявлять особую осторожность, чтобы не повредить напрягаемую арматуру. Учитывая, что толщина защитного слоя 130 мм необходимо величину слоя бетонирования уменьшить до 150-200 мм. При уплотнении бетонной смеси рабочей частью вибратора не касаться напрягаемой арматуры.

За свежеуложенным бетоном должен быть обеспечен температурно - влажностный режим, исключающий интенсивное высыхание бетона и связанные с этим температурно-усадочные трещины и созданием условий, обеспечивающих нарастание его прочности; условия, исключающие механическое повреждение свежеуложенного бетона.

При температуре воздуха выше 15 °С бетон первые 3-е суток поливают с интервалом в 3 часа. Поверхность бетона можно покрыть специальными пленкообразующими составами или защитными пленками.

Как только бетон достигает прочности, при которой может быть обеспечена при распалубке сохранность поверхностей и граней конструкции, можно приступать к распалубке боковых элементов опалубки. При распалубках железобетонных конструкций необходимо плавно демонтировать опалубку, предварительно ослабляя клинья или винты и сохраняя для дальнейшего использования элементов опалубки.

Особенности бетонирования в зимних условиях

Зимними условиями считаются, когда производство бетонных работ при среднесуточной температуре наружного воздуха ниже 5 °С и минимально суточной температуре ниже 0 °С. Минимальная прочность должна составлять 80 % от проектной. Для бетонов с противоморозными добавками к моменту охлаждения бетона до температуры, на которую рассчитано количество добавок прочность бетона должна составлять не менее 20 % от проектной. Для бетона класса В 22,5 20 % составляет 6 МПа.

Бетон данного класса за двое суток набирает прочность при температурах твердения: 5 °С – 19 %; 10 °С – 25 %; 15 °С – 32 %; 20 °С – 40 %. Обеспечивая температуру твердения 10 °С можно преодолеть температурный барьер за двое суток твердения бетона. Для этой цели необходимо создавать и поддерживать температурно-влажностный режим, который позволил бы бетону достичь критической или проектной прочности. Использование противоморозной добавки «Бенотех ПМП-1» придает бетону противоморозные свойства, обеспечивает твердение бетона при отрицательных температурах.

Устройство тепляков позволяет решить эту проблему. Общий вид тепляка илоуплотнителя дан на рисунке 1. На рисунке 2 представлена конструкция тепляка в разрезе. Каркас тепляка обшивается досками. Стены илоуплотнителя закрывают полимерной пленкой,

что позволяет с помощью калориферов в тепляке поддерживать постоянную положительную температуру выше 5 °С и обеспечивать нормальные условия работы. Солнечная радиация, воздействуя на пленку, значительно повышает температуру в тепляке, а через прозрачную пленку в тепляк достаточно проникает дневного света.

Внутри тепляка необходимо установить в 2-3 местах приборы для определения температуры воздуха.

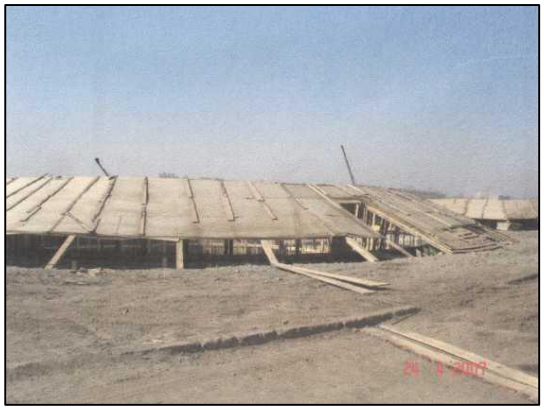


Рисунок 1 – Устройство тепляков

На рисунках 3 и 4 изображен фрагмент тепляка, показано устройство опалубки для бетонирования защитного слоя напрягаемой арматуры, устройство подмостей, элементы кровли и вертикальных стен тепляка. В место полимерной пленки можно использовать брезент с расходом на нахлест 1,15 на 1 м^2.

Опалубка, арматура, закладные детали перед укладкой бетонной смеси должны быть очищены от снега и наледей, грязи, а арматура - от налета ржавчины.

При производстве бетонных работ продолжительность вибрирования бетонной смеси должна быть увеличена на 25 % по сравнению с летними условиями. В связи с использованием бетона с противоморозными добавками допускается укладывать смесь на не отогреваемое основание или старый бетон.

Так как по проекту используется арматура диаметром менее 24 мм, то при температуре ниже -10 °С предварительный отогрев арматуры не требуется, кроме закладных деталей.

Перед бетонированием защитного слоя поверхность стены СТм 1 грунтуется цементным молоком, в состав которого добавляется «Гидропротект». Выпуски арматуры забетонированных конструкций должны быть укрыты или утеплены.

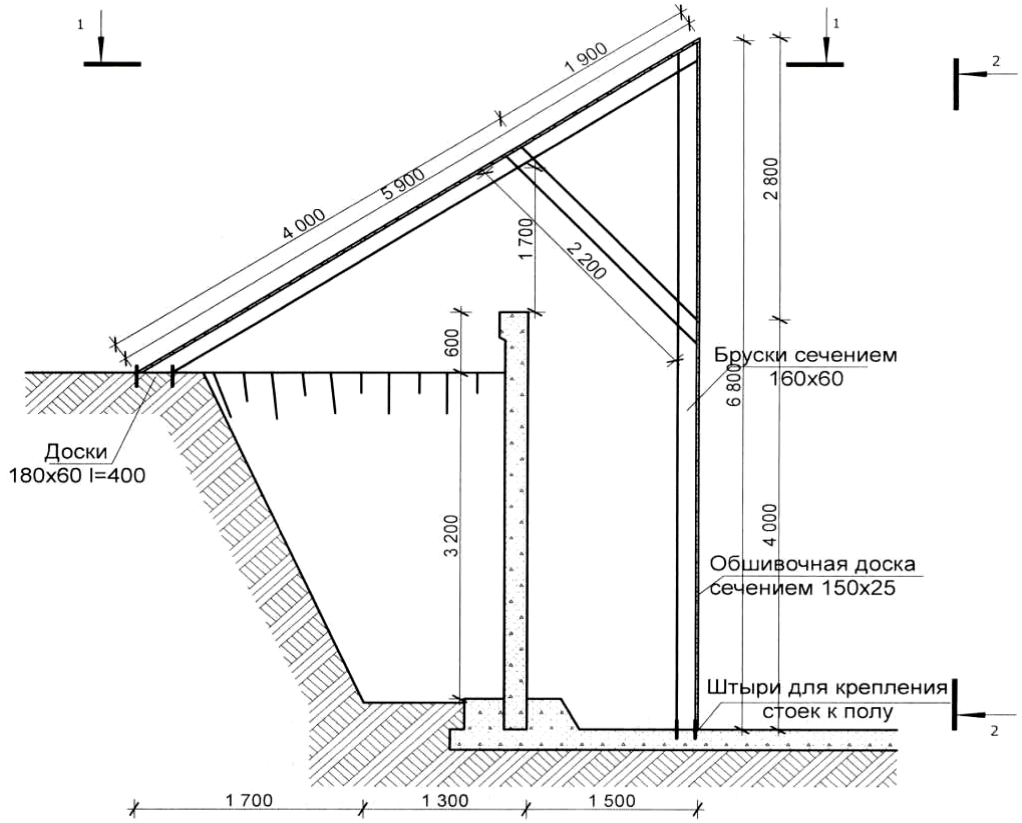
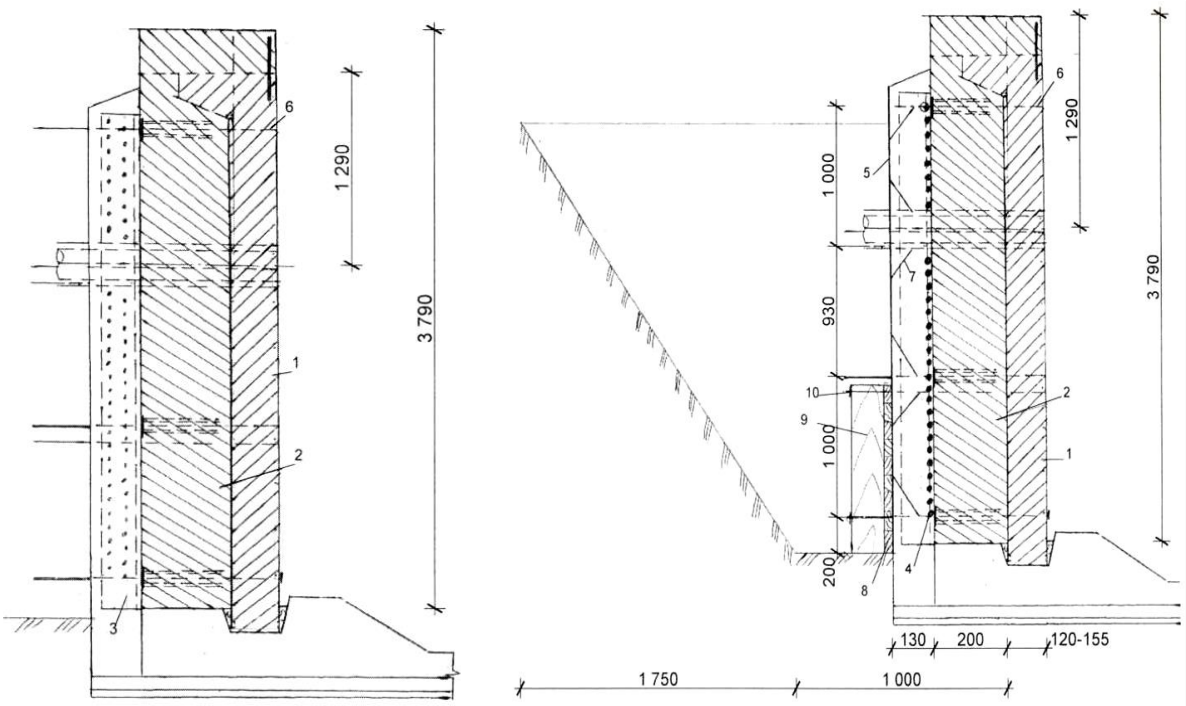


Рисунок 2 – Конструкция тепляка в разрезе

Рисунок 3 – Фрагмент тепляка



1 – стеновая панель; 2 – СТм 1; 3 – анкерное устройство; 4 –напрягаемая арматура; 5 – пластина 4 × 50 мм длиной 3200 мм для крепления опалубки; 6 – стержни диаметром 16 мм для крепления арматурных стоек и опалубки при бетонирования защитного слоя длиной 700 мм; 7 – стержни для увеличения жесткости пластины диаметром 16 мм и длиной 400 мм; 8 – опалубка из водостойкой фанеры толщиной 9 мм; 9 – доски 30 × 80 мм для увеличения жесткости фанеры с шагом 400 мм; 10 – кольцевые тяжи из стержней диаметром 16 мм

Рисунок 4 – Устройство тепляка

После окончания бетонирования открытые поверхности бетона необходимо укрыть утеплителем, который бы не засорял поверхность бетона.

При бетонировании стен илоуплотнителя основновным технологическим требованием является непрерывность укладки смеси на всю высоту и периметр стены. При вынужденном перерыве возобновление бетонирования возможно после набора бетоном прочности не менее 1,5 МПа – через одни сутки.

Калько Иван Кондратьевич *– к. т. н, доцент кафедры «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: stroygips @list.ru.*

Остапова Дарья Ивановна *– инженер отдела практик и трудоустройства ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова.*

Медведев Никита Владимирович *– старший преподаватель кафедры «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: megohat@mail.ru.*

УДК 624.014:693.97

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПАРЕННЫХ С- И СИГМА-ОБРАЗНЫХ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ В ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТЫХ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

А. А. Кикоть, К. А. Красулина
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье приведено сравнение эффективности С- и Сигма-образных профилей, применяемых в центрально сжатых стержневых элементах. Исследованы влияния высоты сечения и ширины пояса на эффективность применения профиля при различных длинах стержней. За критерий эффективности принято отношение несущей способности профиля к площади поперечного сечения, характеризующей расход стали. Исследование проведено с помощью расчётного комплекса CFSteel. Изменяя параметры сечения так, чтобы площадь поперечного сечения (а значит, и расход стали) С- и Сигма-образного сечений оставалась одинаковыми, была произведена оценка критерия эффективности и выявлены тенденции, отражающие эффективность применения профилей.

Ключевые слова: *стальные тонкостенные холодногнутые профили, С-образный профиль, Сигма-образный профиль, несущая способность, эффективное сечение, CFSteel.*

Строительные конструкции из стальных тонкостенных холодногнутых профилей обладают рядом эксплуатационных и технологических достоинств таких, как малый удельный вес, экономичность, быстрые сроки возведения, простой монтаж. Благодаря этому такие конструкции находят всё более широкое применение в различных областях промышленного и гражданского строительства, а также применяются в составе строительных систем для устройства покрытий и надстройки мансардных этажей.

Применение наиболее эффективных типов поперечных сечений с рациональными геометрическими размерами обуславливает снижение расхода стали в строительных конструкциях.

В работе поставлена цель выявления влияния геометрических параметров Сигма-профиля на его эффективность и сравнение с соответствующим С-профилем.

Рассматриваются сечения, выполненные из спаренных С- и Сигма-образных профилей в центрально сжатых стержневых элементах длиной l = 1, 2 и 3 м (рисунок 1). Постоянные параметры сечений: c = 20 мм, s = 8 мм, h_1 = 72 мм, h_2 = 30 мм, d = 19 мм. Материал профилей – Сталь 350 по ГОСТ Р 52246.

За критерий эффективности принято отношение минимальной несущей способности стержневого элемента N, определяемой по критерию устойчивости плоской формы изгиба в обеих плоскостях и по крутильной/изгибно-крутильной форме, к площади поперечного сечения A, отражающей расход материала.

Для каждой длины элемента рассмотрены высоты С-образных сечений 140, 160, 180 и 200 мм при t =1, 1,5, 2 и 2,5 мм. Варьирование высоты сечения h и ширины пояса b_f Сигма-профиля сохраняет его площадь A равной площади С-профиля. Исследования осуществлялись с помощью расчётного комплекса CFSteel [1], в котором реализован расчёт по российским нормам СП 260.1325800.2016 [2].

Результаты расчётов приведены на рисунках 1-4. В таблице 1 представлены данные для длины элемента l = 1 м.

Более эффективным является Сигма-образный профиль. Это более ярко выражено в коротких стержнях и малых толщинах, где влияние потери местной устойчивости в сечении на потерю общей устойчивости элемента максимально.

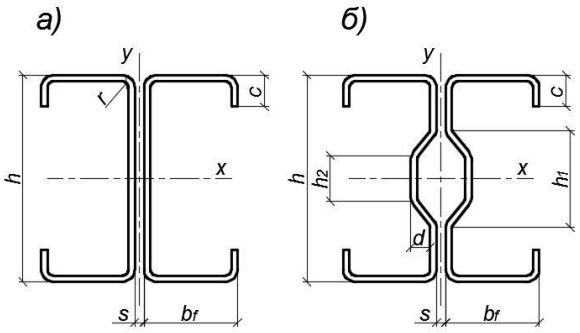


Рисунок 1 – Сравниваемые варианты поперечных сечений: а) С-образное сечение; б) Сигма-образное сечение

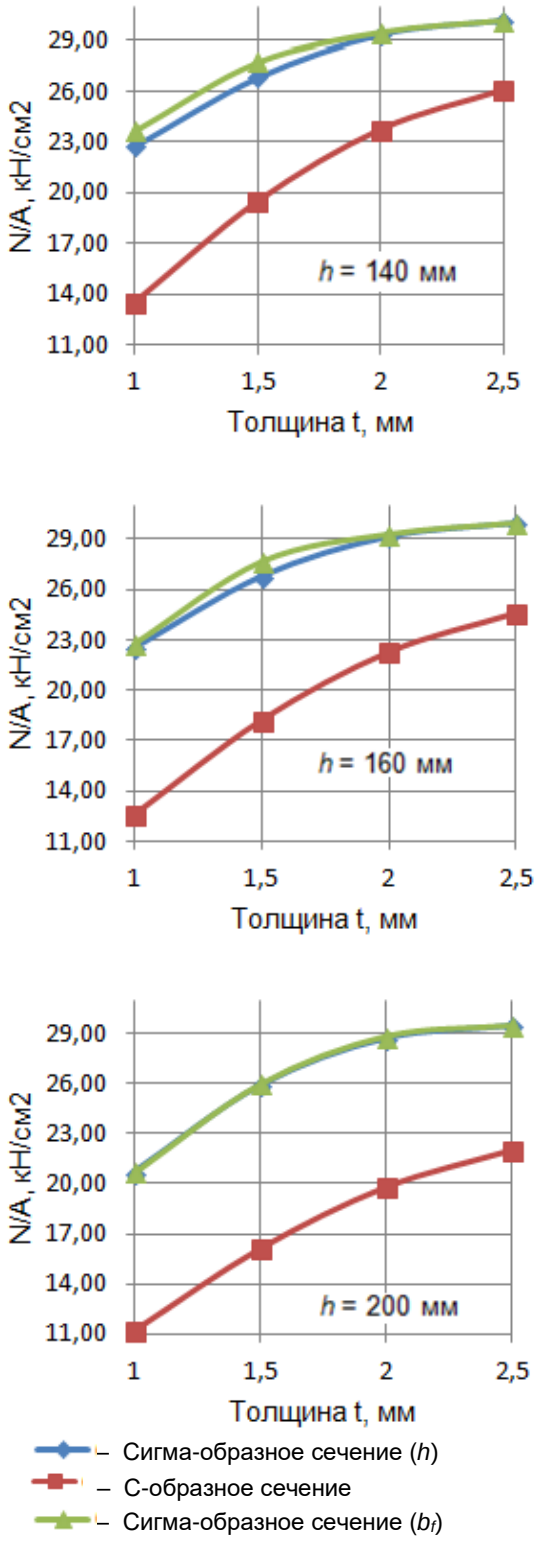


Рисунок 2 – Зависимости эффективности от толщины сечения *t* при *h* = 140, 160 и 200 мм для *l* = 1 м

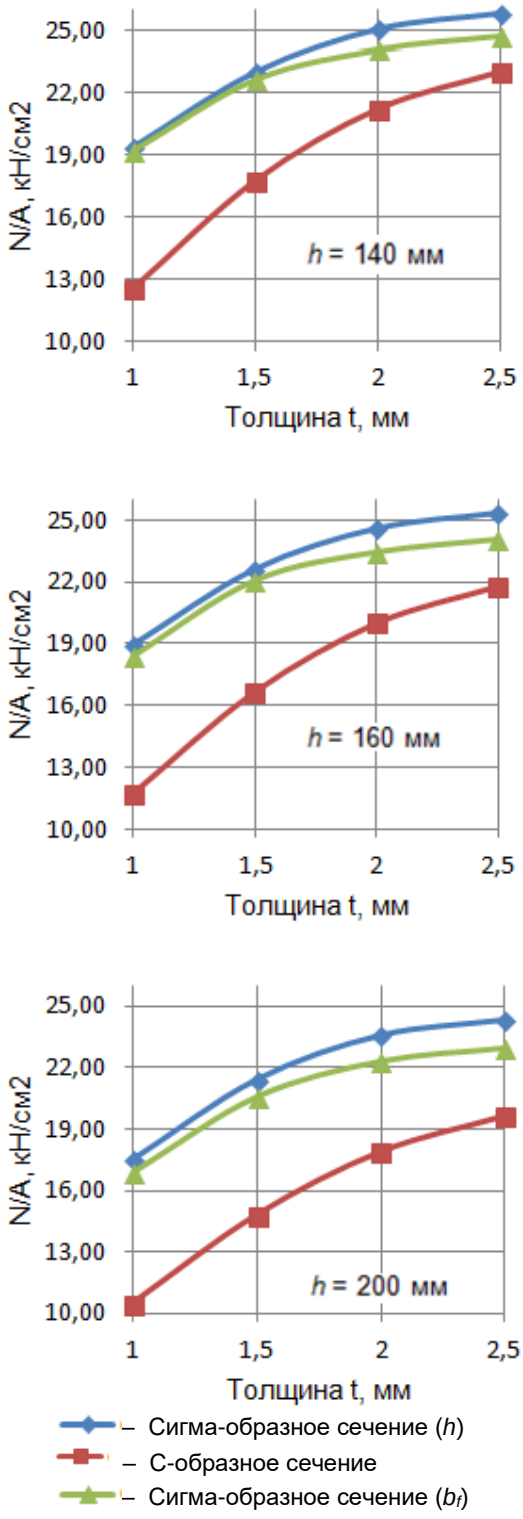


Рисунок 3 – Зависимости эффективности от толщины сечения *t* при *h* = 140, 160 и 200 мм для *l* = 2 м

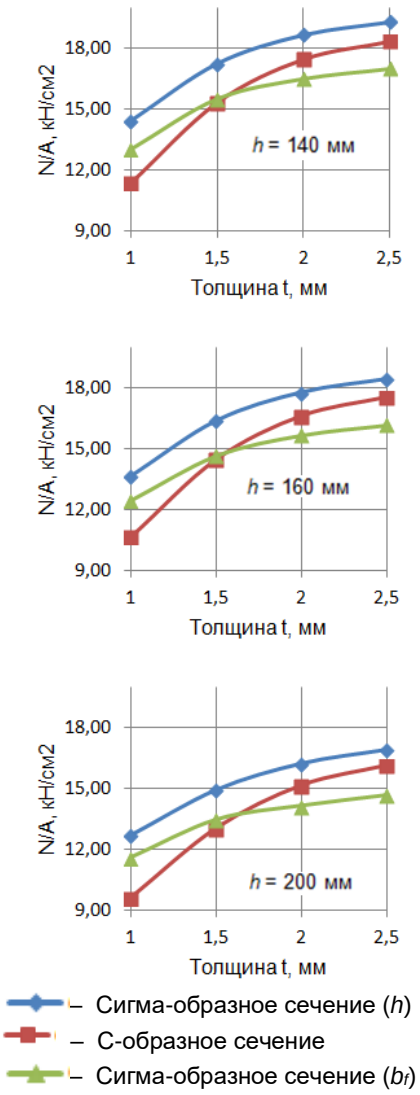


Рисунок 4 – Зависимости эффективности от толщины сечения t при h = 140, 160 и 200 мм для l = 3 м

Таблица 1 – для l = 1 м (А – С-образное сечение; Б – Сигма-образное сечение)

	h, мм	t, мм	b_f, мм	A, см²	N, кН	N/A, кН/см²
Б	146	1	68	6,223	140,1	22,513
А	160			6,226	78,3	12,576
Б			61	6,223	141,3	22,706
Б	146	1,5	68	9,392	251,4	26,767
А	160			9,398	171,2	18,217
Б			61	9,392	259,2	27,598
Б	146	2,0	68	12,512	364,4	29,124
А	160			12,521	278,9	22,275
Б			61	12,512	365,8	29,236
Б	146	2,5	68	15,582	466,3	29,926
А	160			15,596	383,6	24,596
Б			61	15,582	465,9	29,900

При малых длинах элемента (l = 1 м) способ достижения равенства площади поперечного сечения Сигма-образного профиля (изменение высоты h или ширины поясов b_f) незначительно влияет на эффективность сечения. При h = 140, 160 мм разница не превышает 3,5 %. Здесь более эффективным является уменьшение ширины пояса.

С увеличением длины элемента разница становится всё более существенной. При l = 2 м она составляет 4-6 % с максимумом при t = 2,5 мм.

В длинных элементах (l = 3 м) разница ещё больше и достигает 15 % при t = 2,5 мм.

В элементах l = 2 м и l = 3 м более эффективным является увеличение ширины пояса с одновременным снижением высоты профиля h.

Кроме того, при l = 3 м при t > 1,5 мм более эффективным становится применение С-образного профиля по сравнению с Сигма-образным с узкими поясами.

Изменение высоты профиля (h = 140, 160, 180, 200 мм) практически не влияет на приведённые выше тенденции.

Заключение

На основании проведённых исследований можно сделать следующий вывод. В целом, в центрально сжатых элементах Сигма-образные профили обладают большей эффективностью по сравнению с С-образными сечениями. Это обусловлено сравнительно более высокой местной устойчивостью стенки Сигма-профиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. CFSteel. Документация. Том I. Руководство пользователя / НПК Дельта Инжиниринг, 2021. – URL: https://www.cfsteel.ru (дата обращения: 10.02.2021).

2. СП 260.1325800.2016. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования/Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва, 2016. – 116 с.

Кикоть Андрей Александрович *– к. т. н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: deltaing@mail.ru.*

Красулина Ксения Андреевна *– студент группы СУЗ-81 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: kraska906@ mail.ru.*

УДК 621.65

ПОДБОР НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

А. Е. Кириллова, И. А. Бахтина
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Рассмотрена методика подбора насосного оборудования для систем отопления зданий.
Ключевые слова: *система отопления, насос, характеристики насоса, характеристика сети, параметры насоса, подача, напор.*

Необходимым оборудованием для создания напора и циркуляции в инженерных системах являются насосы. Грамотный подбор насоса обеспечивает не только эффективную работу системы, но и лучшие экономические показатели.

В инженерных системах отопления циркуляция теплоносителя может быть естественной и принудительной (механической).

В системах отопления с естественной циркуляцией, нагретый теплоноситель (рисунок 1) поднимается по подающему стояку (вертикальной трубе), благодаря механизму естественной конвекции. Горячая жидкость имеет меньшую плотность, чем холодная и поэтому перемещается наверх. Нагретый теплоноситель поступает к отопительным приборам, где отдает большую часть тепла. Плотность остывающего теплоносителя увеличивается, и теплоноситель возвращается в котел по «обратной трубе», вытесняя нагретую в котле жидкость в подающую трубу. Таким образом, создается постоянная циркуляция жидкости в системе теплоснабжения.

Эффективность естественной циркуляции определяется величиной циркуляционного давления, которое зависит, в основном, от двух параметров – разницы между температурой нагретого теплоносителя и температурой остывшего теплоносителя, а также от высоты размещения отопительного прибора относительно нагревательного котла. Для достижения циркуляционного давления, достаточного для эффективного отопления, в системах с естественной циркуляцией применяют трубы большого диаметра, уложенные под наклоном, система разводки труб должна быть максимально простой. Кроме того, системы отопления с естественной циркуляцией потребляют большое количество топлива. К недостаткам таких систем относится и то, что возможность регулирования температуры очень негибкая, а также в них нельзя использовать некоторые современные материалы.

Более эффективны системы отопления с принудительной (насосной) циркуляцией теплоносителя (рисунок 2). Циркуляция теплоносителя в них осуществляется благодаря работе специальных циркуляционных насосов.

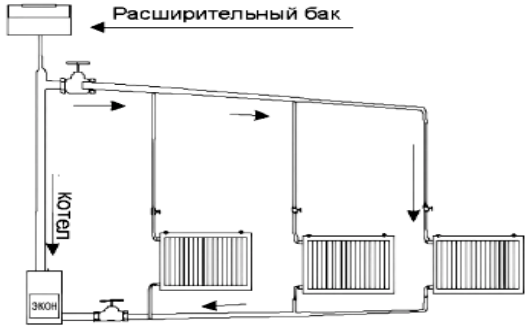


Рисунок 1 – Схема с естественной циркуляцией теплоносителя

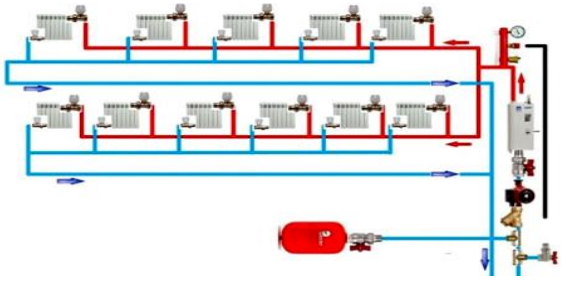
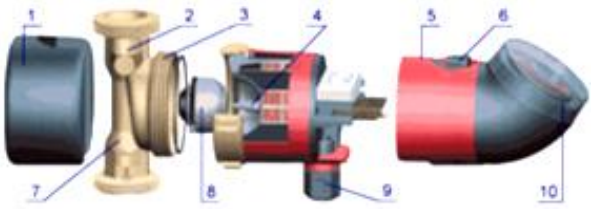


Рисунок 2 – Схема с принудительной циркуляцией теплоносителя



1 – кожух, 2 – обратный и запорный клапан,
3 – соединение с электродвигателем,
4 – электродвигатель, 5 – индикатор работы насоса,
6 – термостат, 7 – проточная часть,
8 – ротор, 9 – штекерный разъем, 10 – таймер

Рисунок 3 – Циркуляционный насос

За счет работы насосов обеспечивается более быстрая и эффективная циркуляция теплоносителя, что позволяет увеличить теплоотдачу элементов системы отопления (нагревательных приборов, открыто проложенных трубопроводов). Практика показывает, что при такой организации системы отопления экономия достигает 20-30 %. Это обеспечивается тем, что температура теплоносителя из обратки, поступающей в котел, остается более высокой, поэтому теплоноситель приходится меньше подогревать, а следовательно, уменьшается нагрузка на отопительное оборудование и снижается расход топлива.

Циркуляционный насос для отопления представляет собой оборудование для перекачки или циркуляции жидкости. Основные конструктивные элементы насоса приведены на рисунке 3. Центробежные насосы небольшой производительности конструктивно состоят из корпуса (статора) и рабочего колеса (ротора). Ротор представляет собой рабочее колесо с лопастями – крыльчатку. Ротор устанавливается на валу, который является единым с валом электродвигателя, за счет чего обеспечивается вращение ротора. Принцип действия заключается в следующем. При включении электродвигателя начинается вращение вала и крыльчатки. За счет центробежных сил создается пониженное давление на входном (всасывающем) патрубке, жидкость поступает в корпус, отбрасывается к периферии и выходит под повышенным давлением из выходного (нагнетательного) патрубка.

В зависимости от контакта перемещаемой жидкости с рабочим колесом различают конструкции с сухим и мокрым ротором. В конструкциях с сухим ротором достигается более высокий КПД ввиду более низкого сопротивления. В конструкциях с мокрым ротором КПД более низкий и составляет 50–60 %, однако они более компакты, характеризуются меньшим шумом, поэтому используются более широко.

Для защиты ротора от попадания частиц окалины и продуктов коррозии из нагревательных приборов и стальных трубопроводов системы отопления перед входным (всасывающим) патрубком насоса целесообразно установить фильтр грубой очистки. Попадание частиц окалины и продуктов коррозии внутрь корпуса может привести к заклиниванию крыльчатки.

Бытовой насос подключается от обычной электросети с напряжением 220 Вт. Фактическая потребляемая мощность зависит от марки и модели насоса и варьируется, как правило, от 25 до 100 Вт/ч. Многие модели включают в себя устройство для регулирования скорости вращения, что обеспечивает меньшее энергопотребление.

Основными параметрами при подборе насоса являются: подача (производительность), напор, диаметр входного патрубка. Эти данные указываются в технической документации и отражены в маркировке. Первая цифра маркировки – это присоединительный размер или подача, а вторая указывает мощность или напор.

Подача циркуляционного насоса системы отопления определяется исходя из тепловой нагрузки здания, рассчитанной при температуре проектирования систем отопления – температуры наружного воздуха для наиболее холодной пятидневки [1]. Тепловую нагрузку можно ориентировочно определить исходя из площади обогреваемого помещения и удельных теплопотерь на единицу площади. При более детальном расчете тепловая нагрузка определяется по уравнению теплового баланса с учетов теплопотерь и тепловыделений в помещениях здания.

По тепловой нагрузке (Q, Вт) здания определяется требуемая производительность (подача) насоса

$$G = Q/1{,}16 \times DT \text{ (кг/ч)}, \quad (1)$$

где DT – разница температур в подающем и обратном трубопроводе системы отопления (для стандартных двухтрубных систем разница температур составляет 20-25 °С; для низкотемпературных 10 °С; для теплых полов 5 °С); 1,16 – удельная теплоемкость воды (Вт*ч/кг*°С).

Если в качестве теплоносителя применяется не вода, то в формулу вносятся необходимые коррективы.

Следующей важной характеристикой является напор насоса, который должен быть достаточным для создания циркуляционного давления в системе отопления с учетом преодоления всех сопротивлений.

Для расчета общего сопротивления определяют наиболее нагруженную и удаленную ветку в системе отопления от котла или теплового ввода.

При подборе насоса на этапе проектирования системы отопления, возможно более точно определить полные потери давления с учетом принятых материалов и диаметров труб, а, также различных элементов системы (фитингов, запорно-регулирующей арматуры,

нагревательных приборов и т. д.) Как правило, коэффициенты сопротивлений различных элементов приводятся в паспортных данных.

Общее сопротивление системы (потери давления) определяется по формуле

$$H = (R \times l + *Z)/p \times g \text{ (м)}, \quad (2)$$

где R – удельные линейные потери давления (Па/м); l – общая длина трубопроводов системы отопления (м); *Z – сопротивление различных элементов системы (фитингов, запорно-регулирующей арматуры, нагревательных приборов и т. д.) (Па); p – плотность теплоносителя (кг/м^3); g – ускорение свободного падения (м/с^2).

Для уже действующей системы отопления определить потери давления по методике, изложенной выше, не представляется возможным. В этих случаях можно приблизительно оценить потери давления на основании опытных данных эксплуатации систем отопления. Так, удельное линейное сопротивление составляет от 100 до 150 Па/м, что соответствует необходимому напору насоса от 0,01 до 0,015 м вод.ст. на 1 м трубопровода. Поэтому зная общую длину подающих и обратных трубопроводов системы отопления можно оценить потери давления по длине.

Также, исходя из опыта эксплуатации систем отопления, определено, что потери давления в различных элементах системы (фитингах, запорно-регулирующей арматуре, нагревательных приборах и т. д.) составляет около 30 % от потерь давления по длине. Если в системе отопления имеется терморегулирующий вентиль, то следует добавить около 70 %, при наличии трехходового смесителя в узле управления или устройства, предотвращающего естественную циркуляцию необходимо дополнительно потери давления увеличить на 20 %.

После определения полных потерь давления в системе отопления строят характеристику системы отопления, представляющую собой зависимость потерь давления в системе от расхода теплоносителя. Данную характеристику совмещают с характеристикой насоса. Характеристика насоса – зависимость напора от изменения подачи насоса. Данная характеристика приводится в каталогах насосного оборудования [2, 3]. Пересечение характеристик насоса и трубопровода будет соответствовать рабочей точке, т. е. если подобрать насос с подачей и напором близкой к рабочей точке, то он будет оптимально работать совместно с данной системой.

При подборе насоса по производительности (Q) необходимо стремиться, чтобы рабочая точка попадала в среднюю треть диаграммы (рисунок 4).

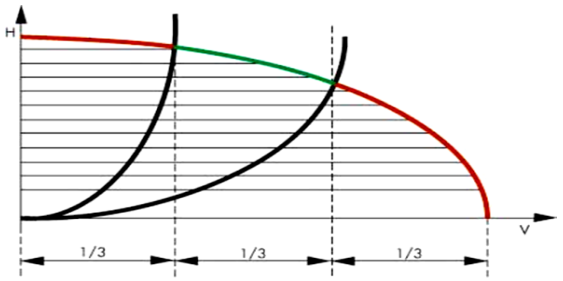


Рисунок 4 – Диаграмма насоса

Необходимо помнить, что подбор насоса для систем отопления по методике, описанной выше, производится для максимальной тепловой нагрузки. Однако, большую часть отопительного периода тепловая нагрузка гораздо меньше. Поэтому возможно принять меньший насос, что позволит сэкономить как при его покупке, так и в дальнейшем снизить расходы на электроэнергию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование: актуализированная редакция СНиП 41-01-2003: дата введения 2017-06-17. – Москва, 2016. – 87 с.

2. Довгаль, А. Н. Анализ и пути повышения энергоэффективности насосного оборудования / А. Н. Довгаль, И. А. Бахтина, А. Н. Корнеев // В сборнике: Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2020. – С. 159 – 163.

3. Теплогуру: Насосы циркуляционные: [Электронный ресурс] – URL: http://teploguru.ru/ elementy/nasos/cirkulyacionnyj-nasos-dlya-otopleniya.html (Дата обращения 18.01.2021).

Кириллова Анастасия Евгеньевна *– студент группы 8С$_{СОИМ}$-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Полунова, e-mail: 2020nk@mail.ru.*

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

УДК 69.003.12

СПОСОБЫ РАСЧЕТА МИНИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ВЗНОСА НА КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ ОБЩЕГО ИМУЩЕСТВА НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Л. В. Куликова
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье представлены основные сценарии расчета минимального размера взноса на капитальный ремонт общего имущества по объектам-представителям края, рассмотрены плюсы и минусы каждого из них, сделаны выводы по всем вариантам.

Ключевые слова: минимальный размер, необходимый размер, доля расходов граждан на оплату помещения и ЖКУ, индекс изменения платы за ЖКУ, доступность, финансовая устойчивость краевой программы.

По статистическим наблюдения минимальный размер взноса на капитальный ремонт растет каждый год в среднем на 30-90 копеек, как в Сибирском Федеральном округе, так и на всей территории РФ. На территории Алтайского края наблюдаются критически низкие значения минимального размера как по отношению к аналогичному показателю в других регионах, так и к размеру необходимого взноса (рисунок 1).

Допускаются несколько сценариев темпа роста минимального размера взноса.

Сценарий 1: минимальный размер равен рассчитанному значению необходимого размера взноса на капитальный ремонт. Согласно разделу 4 Методических рекомендаций проводится оценка доступности необходимо размера для граждан:

$$Дрj = \frac{Пжку j}{Dср j} * 100, \quad (1)$$

где Дрj – доля расходов граждан на оплату жилого помещения и коммунальных услуг в совокупном доходе семьи в j-том муниципальном образовании, %; Пжкуj – прогнозируемый совокупный платеж за ЖКУ, руб./чел. в месяц; Dcpj – среднедушевой доход, руб./чел. в месяц [2].

Денежные доходы населения Алтайского края в базовом варианте в 2021 года составят 731,8 млрд. рублей. Средняя численность населения края в 2021-2269,7 тыс. чел. [1]. Таким образом, среднедушевого дохода по Алтайскому краю на 2021 год составляет 26868,46 руб. чел. Прогнозируемый совокупный платеж за ЖКУ определяется по формуле

$$Пжкуj = Ржкуj * Iжку + B_{ij}^{н} * sj, \quad (2)$$

где Пжкуj – прогнозируемый совокупный платеж за ЖКУ, руб./чел. в месяц; Ржкуj – размер расходов по оплате ЖКУ на одного человека, руб./чел. в месяц; Bij – необходимый размер вноса (руб./м^2); Sj – средний размер общей площади жилого помещения в расчете на одного человека, м^2/чел. [2]. На одного человека в конце 2020 года в Алтайском крае размер расходов по оплате ЖКУ составил 1906,01 руб.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 октября 2020 года № 2827-р утвержден средний индекс изменения платы по Алтайскому краю на первое полугодие 2021 года в размере 0 %, на второе полугодие 2021 года – 3,8 %. Согласно данным статистики на одного жителя края в 2021 году приходится 26,5 м^2 средней общей площадь жилых помещений. Основные расчеты представлены в таблице 1.

В Алтайском крае установлены следующие показатели доли расходов граждан оплату ЖКУ: 18 % – для семей, доходы которых ниже прожиточного минимума, 22 % – для всех остальных категорий граждан. Исходя из расчетов, критерий доступности для граждан необходимого размера не нарушен (не превышает 22 %).

Однако такой сценарий темпа роста минимального размера предполагает избыточные средства, собираемые в виде взносов по программе «Капитальный ремонт общего имущества в МКД, расположенных на территории Алтайского края на 2014-2043 годы» (далее Краевой программе капитального ремонта).

Сценарий 2: минимальный размер равен или максимально близок к рассчитанному значению предельного размера взноса на капитальный ремонт.

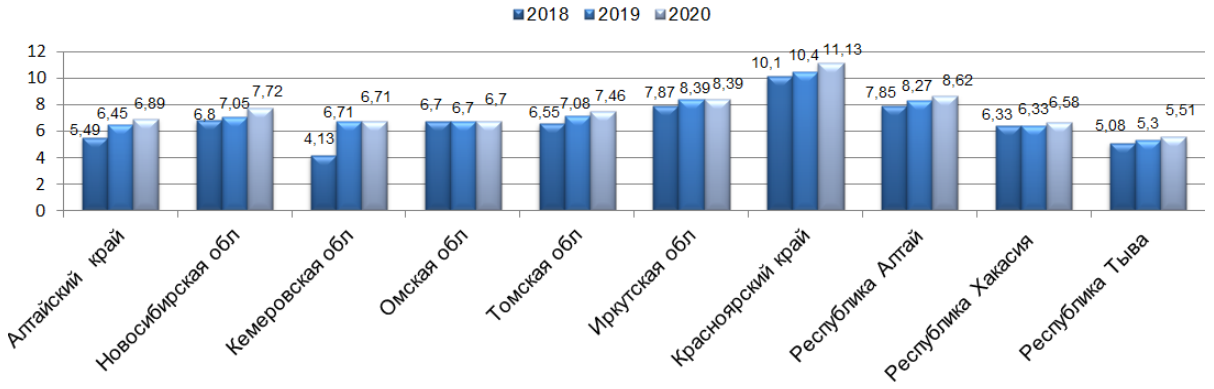


Рисунок 1 – Минимальный размер взноса на территории Сибирского Федерального округа

Таблица 1 – Основные расчеты реализации сценария 1

Тип МКД *	**Общая площадь жилых и нежилых помещений**	**Необходимый размер вноса (руб./м²)**	**Прогнозируемый совокупный платеж (руб./чел)**	**Доля расходов граждан на оплату помещения и ЖКУ (%)**	**Доля необходимого размера капремонта в доходе населения (%)**	**Сумма взносов за 2020 год, с учетом необходимого взноса**
Тип 1	740	**43,00**	2 957,59	*11,01*	4,10	1 662 015 771,26
Тип 2	490	**48,63**	3 084,62	*11,48*	4,63	62 408 791,17
Тип 3	3120	**29,27**	2 623,15	*9,76*	2,79	2 881 585 429,68
Тип 4	750	**34,51**	2 757,31	*10,26*	3,39	4 091 938 566,33
			Итого			8 697 948 558,45

* Здесь и далее:
Тип 1 – Кирпичные, монолитные, блочные, панельные МКД высотой до 4-х этажей включительно.
Тип 2 – Деревянные МКД и дома смешанных конструкции до 4-х этажей включительно.
Тип 3 – МКД, количество этажей в которых 5 и выше (без лифтов).
Тип 4 – МКД, количество этажей в которых 5 и выше (с лифтами).

Средний индекс изменения платы за ЖКУ на территории Алтайского края в 2021 году составит 3,8 %. Предельно допустимое (максимальное) отклонение от среднего индекса – 2,4 %

Таким образом, по данному сценарию, минимальный размер взноса в 2021 году не увеличится больше чем на 6,2 % чем в 2020.

Как видно из расчетов (таблица 2), рассчитанный норматив минимального размера доступен для граждан (не превышает 22 %). Однако такой сценарий темпа роста минимального размера не обеспечит финансовую устойчивость Краевой программы капитального ремонта, будет наблюдаться значительное ее недофинансирование.

Сценарий 3: установление минимального размера взноса на уровне достаточном для обеспечения финансовой устойчивости краевой программы капитального ремонта

С целью обеспечения финансовой устойчивости Краевой программы капитального ремонта в 2019 году утвержден одноименный План мероприятий (распоряжение Правительства Алтайского края от 23.08.2019 № 320-р). В п. 3.8 Плана одним из инструментов по обеспечению финансовой устойчивости выступает поэтапное увеличение размера минимального взноса на капитальный ремонт.

Для реализации данной меры были проанализированы следующие показатели:

- суммарный объем площадей каждого типа МКД, включенного в программу на 2021 год;

- общее обеспечение краевой программы в 2020 году (52,6 %) и плановое значение данного показателя в 2021 году (61,15 %).

По данному сценарию возможно как самостоятельное повышение минимального размера взноса с учетом доведения финансовой устойчивости программы в 2021 году до планового значения 61,15 % (вариант 1), так и совокупность повышения минимального размера взноса и иных способов наполнения фонда на 100 млн. руб. (вариант 2), (таблица 3).

Расчет доступности минимального размера взноса проводился для члена семьи, состоящей из 3 человек, проживающей в квартире средней площадью 54 м² и имеющей прямые договоры с ресурсоснабжающими организациями для начисления жилищно-коммунальных платежей.

Таблица 2 – Основные расчеты реализации сценария 2

Тип МКД	Общая площадь жилых и нежилых помещений	Минимальный размер взноса 2020	Минимальный размер взноса 2021	Прогнозируемый совокупный платеж (руб./чел.)	Доля расходов граждан на оплату помещения и ЖКУ (%)	Сумма взносов за 2021 год
Тип 1	740	6,25	**6,63**	1 984,87	*7,39*	256 259 641,01
Тип 2	490	6,89	**7,31**	1 985,53	*7,39*	9 381 210,44
Тип 3	3120	5,62	**5,96**	1 984,22	*7,38*	586 752 619,09
Тип 4	750	5,62	**5,96**	1 984,22	*7,38*	706 692 374,83
					Итого	1 559 085 845,37

Таблица 3 – Основные расчеты реализации сценария 3

Тип МКД	Минимальный размер взноса 2020	Площадь	Мин. размер взноса 2021	Сумма взносов за 2021 год	Мин. размер взноса 2021	Сумма взносов за 2021 год	Доля расходов граждан на оплату помещения и ЖКУ (%)
			Вариант 1: доведение финансовой устойчивости программы до 61,15 % (2021)		Вариант 2: доведение финансовой устойчивости программы до 61,15 % (2021) с учетом иных способов наполнения фонда на 100 млн. руб.		
Тип 1	6,25	3 846 348,46	**7,26**	280 610 104,64	**6,84**	264 376 462,22	7,71
Тип 2	6,89	127 709,57	**8,00**	10 266 714,57	**7,53**	9 663 545,09	7,71
Тип 3	5,62	9 796 946,10	**6,53**	642 868 221,93	**6,15**	605 457 820,04	7,69
Тип 4	5,62	11 799 567,45	**6,53**	774 278 726,11	**6,15**	729 221 158,59	7,69
				1 708 023 767,25		1 608 718 985,94	

Расчетная величина среднемесячного начисления за ЖКУ определялось отношением начисленных платежей за ЖКУ в месяц к среднегодовой численности населения.

Исходя из расчетов, критерий доступности для граждан минимального размера не нарушен (не превышает 22 %). Таким образом, темп роста минимального размера взноса по сценарию 3 будет являться наиболее планомерным и сможет обеспечить финансовую устойчивость краевой программы до планового показателя в 61,15 % (с соблюдениями интересов граждан).

Выбор варианта развития сценария остается за органами исполнительной власти Алтайского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные показатели прогноза социально-экономического развития Алтайского края на 2021 год [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://econom22.ru/prognoz/docs/prognoz_2021-2022.pdf заголовок с экрана (дата обращения 23.02.2021).

2. Приказ Минстроя России от 27.06.2016 № 454/пр «Об утверждении методических рекомендаций по установлению минимального размера взноса на капитальный ремонт». – URL: https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minstroya-Rossii-ot-27.06.2016-N-454_pr/.

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

УДК 69.059.4

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МОСТОВЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ИХ КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ

В. К. Козлова, А. В. Вольф, А. М. Маноха, А. В. Кастюрин
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье представлены практические рекомендации по обследованию эксплуатируемых мостовых железобетонных и бетонных конструкций с целью определения степени их коррозионного разрушения. Приведена методика оценки степени коррозионного разрушения мостовых железобетонных конструкций в рамках обследования, в том числе на участках проведения апробаций.

Ключевые слова: *железобетонные конструкции, мосты, степень карбонизации, коррозия.*

Введение

На всех мостах необходимо регулярно проводить текущие, периодические и специальные осмотры [1]. Цель текущих и периодических осмотров: наблюдение за общим состоянием мостов с выявлением дефектов, требующих устранения; определение объемов ремонтных работ; контроль выполненных работ по содержанию и ремонту, установление порядка дальнейшего надзора за сооружением. Текущие осмотры железобетонных и бетонных мостов проводят мостовые (дорожные) мастера дорожных подразделений на вверенном им участке дороги не реже одного раза в полугодие [2].

Цель специальных осмотров (обследований) мостов: определение технического состояния сооружения с выявлением дефектов, снижающих грузоподъемность, долговечность и безопасность движения; проверка качества содержания сооружения; разработка предложений по устранению повреждений; определение грузоподъемности и назначение режима эксплуатации сооружений. Специальные осмотры железобетонных и бетонных мостов следует проводить в плановом порядке 1 раз в 10 лет, а также после восстановления, усиления и реконструкции; при организации пропуска сверхнормативных нагрузок и после их прохода.

В процессе службы железобетонные мостовые конструкции подвергаются различным видам физических и физико-химических воздействий (знакопеременные температуры, выщелачивание, вымывание, усадочные деформации, коррозионные процессы).

Особенность углекислотной коррозии строительных материалов, изготовленных с использованием минеральных вяжущих веществ, состоит в том, что от нее практически невозможно защитить возведенные объекты. Углекислотная коррозия сопутствует всем видам физической и химической коррозии. Минимизировать ее отрицательное влияние возможно путем создания условий, при которых продукты гидратации цемента в составе бетона переходят в карбонатсодержащие фазы в раннем периоде гидратации и твердения. Протекающий в период службы бетона процесс карбонизации будет в меньшей степени влиять на его свойства.

Экспериментальная часть

Для повышения коррозионной стойкости против углекислотной коррозии мостовых железобетонных конструкций предложены следующие способы:

1. При изготовлении монолитных железобетонных конструкций вновь возводимых сооружений вводить в состав бетонной смеси комплексные добавки, содержащие карбонатные породы.

2. При изготовлении сборных железобетонных конструкций для вновь возводимых сооружений использовать щадящий режим тепловлажностной обработки.

3. Для выполнения ремонтных работ рекомендуется использовать ремонтные смеси на основе композиционного портландцемента с зольнокарбонатной добавкой, характеризующегося минимальной карбонизационной усадкой и высокой стойкостью против сульфатной, хлоридной и углекислотной коррозий.

4. С целью повышения коррозионной стойкости арматуры предложено нанесение на её поверхность защитных покрытий, спо-

собных создавать с цементным камнем в бетоне прочную контактную зону.

Состояние мостовых конструкций на участках апробации должно быть оценено в рамках текущего ежегодного осмотра моста или специального осмотра.

Для оценки эффективности предложенных решений (не реже одного раза в год) проводится визуальный осмотр конструкций с обязательной фото и/или видео фиксацией общего вида моста, а также, выявленных дефектов при их наличии. К дефектам относят: наличие сколов и расслоений бетона, разрыхление, образование слоя налета и/или ржавчины, шелушения на поверхности бетона, изменение цвета бетона и т. п. [3]. При отсутствии видимых дефектов на участках апробации обследование ограничивается текущим визуальным осмотром. Осмотр оформляется актом обследования, который хранится весь период эксплуатации сооружения для оценки динамики изменений.

Один раз в 5 лет (а также при наличии видимых дефектов на участках с проведённой апробацией, выявленных в ходе текущего осмотра железобетонных конструкций моста), необходимо провести дополнительное расширенное обследование с составлением ведомости дефектов и отбором проб бетона для определения степени его коррозионного разрушения. Для этого требуется выполнить дополнительные работы в следующей последовательности:

1. Ознакомиться с технической документацией на сооружение (например, карточка моста);

2. Провести обследование конструкции моста по существующему плану. Составить ведомость дефектов железобетонных конструкций, в которой необходимо указать:

- место расположения, характер и величину сколов, раковин, участков пористого и рыхлого бетона, неровностей, раскрытий трещин;
- места оголений арматуры, замеряются диаметры обнаженных стержней или проволоки, по возможности (по профилю выступов), отмечается состояние арматуры с точки зрения коррозии (характер, вид, величина коррозии), замеряются защитные слои, оценивается состояние сцепления арматуры с бетоном.

В ведомость дефектов должны быть внесены не только дефекты участков апробации, но и дефекты других участков аналогичных конструкций для проведения сравнительного анализа.

Виды и категории выявленных дефектов железобетонных конструкций устанавливаются в соответствии с ОДМ [4].

3. Определить прочность бетона в сборных и монолитных конструкциях моста методами неразрушающего контроля прочности на участках в местах отбора проб для проведения испытаний и толщину защитного слоя бетона [5,6,7].

4. Провести отбор проб бетона из железобетонных конструкций с участков апробации и участков аналогичных конструкций, на которых апробация технологий не проводилась [8].

5. Для определения степени коррозионного разрушения бетона (степени карбонизации, состава новообразований, структурных нарушений бетона) использовать физико-химические методы анализа. Исследование химического состава новообразований, возникших в бетоне под действием агрессивной среды, может производиться с помощью дифференциально-сканирующей калориметрии.

Для оценки степени карбонизации рекомендуется использовать гравиметрический метод определения содержания карбонатов в гидратированном вяжущем бетонных образцов [9] или газообъемный экспресс-метод [10]. Для этого отобранные пробы бетона усредняются. Крупный заполнитель отделяется. Для растворной части бетона определяется вещественный состав (соотношение вяжущего и песка). Все дальнейшие исследования проводятся на растворной части бетона [11]. Если в состав растворной части бетонной смеси были введены карбонатные добавки, их количество должно быть учтено при расчёте фактически связанного CO_2.

Степень коррозионного разрушения эксплуатируемых мостовых железобетонных конструкций может быть определена по расчётной величине – степени карбонизации (С.К.)

$$C.K. = \frac{m_ф}{m_m} \times 100\%, \qquad (1)$$

где $m_ф$ – количество фактически связанного CO_2, мг; $m_т$ – максимально возможное количество теоретически связанного CO_2, мг.

Для определения максимально возможного количества теоретически связанного CO_2 ($m_т$) необходимо определить количество CaO и MgO в цементе химическим методом. Зная их содержание можно рассчитать какое максимальное количество CO_2 может быть связано в процессе карбонизации.

Для изучения глубины карбонизации по сечению конструкции, отобранные образцы

(керны) могут быть распилены на слои по 1,0-1,5 см и для каждого слоя определена степень карбонизации.

6. Осмотр оформляется актом обследования, который хранится весь период эксплуатации сооружения для оценки динамики изменений. Акт обследования содержит: сведения о сооружении, ведомость дефектов, определённые прочностные показатели бетона, фотофиксация дефектов.

7. Сделать выводы по степени коррозионного разрушения железобетонных мостовых конструкций в соответствии с полученной на основании расчетов степенью карбонизации бетона, определёнными прочностными показателями и количеством выявленных дефектов. При этом необходимо сравнить данные значения для бетона конструкций, возведенных с применением специальных способов защиты (участки апробации) и без них.

Заключение

Расчёт степени карбонизации является одним из методов оценки величины коррозионного разрушения конструкции. Однако, изменение прочности бетона и процессы разрушения наблюдаются при совместном действии нескольких наиболее часто сопутствующих видов коррозии, динамических нагрузках и различных видах физических процессов, протекающих при службе железобетонных конструкций.

Выполненные по данной методике обследования позволяют сделать выводы, что при степени карбонизации вяжущего менее 15 % – наблюдается упрочнение конструкции; при степени карбонизации от 15 % до 65 % – наблюдается оголение арматуры и снижение прочностных показателей бетона; при степени карбонизации более 90 % – для бетона характерно трещинообразование и почти полная потеря прочности, оголение и коррозия арматуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВСН 4-81. Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах. – М. : Минавтодор РСФСР, 1990.

2. ВСН 24-88. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог. – М. : Минавтодор РСФСР, 1990.

3. Рекомендации по натурным обследованиям железобетонных конструкций. Рекомендации ГУП НИИЖБ / Госстрой СССР; НИИ бетона и железобетона. – М., 1972.

4. ОДМ 218.3.042-2014. Рекомендации по определению параметров и назначению категорий дефектов при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах. – М. : Росавтодор, 2015.

5. ГОСТ 22690-2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. – М. : Стандартинформ, 2019.

6. ГОСТ 17624-2012. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. – М. : Стандартинформ, 2019.

7. ГОСТ 22904-93. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры. – М. : Издательство стандартов, 1994.

8. ГОСТ 28570-2019. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций. – М. : Стандартинформ, 2019.

9. ГОСТ 34467-2018. Грунты. Метод лабораторного определения содержания карбонатов. – М. : Стандартинформ, 2019.

10. ГОСТ 22688-77. Известь строительная. Методы испытаний – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1997.

11. Методические рекомендации по определению вещественного состава бетона / М. : Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве». – 2017. – 92 с.

Козлова Валентина Кузьминична *– д. т. н., профессор кафедры «Строительные материалы» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: kozlova36@mail.ru.*

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

Маноха Анастасия Михайловна *– к. т. н., доцент кафедры «Химическая технология» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: manoha_a@mail.ru.*

Кастюрин Антон Владимирович *– аспирант кафедры «Строительные материалы» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: anton.wengen@gmail.com.*

УДК 691.542

РОЛЬ КАРБОНАТНЫХ ДОБАВОК В ПРОЦЕССАХ ГИДРАТАЦИИ И ТВЕРДЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОВ

В. К. Козлова, А. В. Вольф, А. М. Маноха, А. А. Кишицкий
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В работе рассматривается влияние карбонатов кальция и магния на показатель pH цементного теста и сроки схватывания. Показано, что карбонатные добавки в составе композиционных портландцементов приводят к снижению показателя pH цементного теста и замедляют его схватывания. В продуктах гидратации таких цементов уменьшается содержание свободного гидроксида кальция.

Ключевые слова: *портландцемент, цементное тесто, добавки, доломит, коррозия.*

Введение

Характерной особенностью развития мирового производства портландцементов в последние десятилетия является изготовление всё возрастающего количества композиционных портландцементов, получаемых совместным помолом портландцементного клинкера и комплексной добавки, состоящей из двух или более минеральных компонентов. Повышение содержания добавок позволяет снизить долю клинкера, сократить расход электроэнергии, использовать минеральные отходы различных производств.

Производство композиционных многокомпонентных цементов имеет значение в снижении эмиссии CO_2 цементной промышленностью. Кроме того, при этом могут быть получены особые виды портландцементов, обладающих рядом специальных свойств.

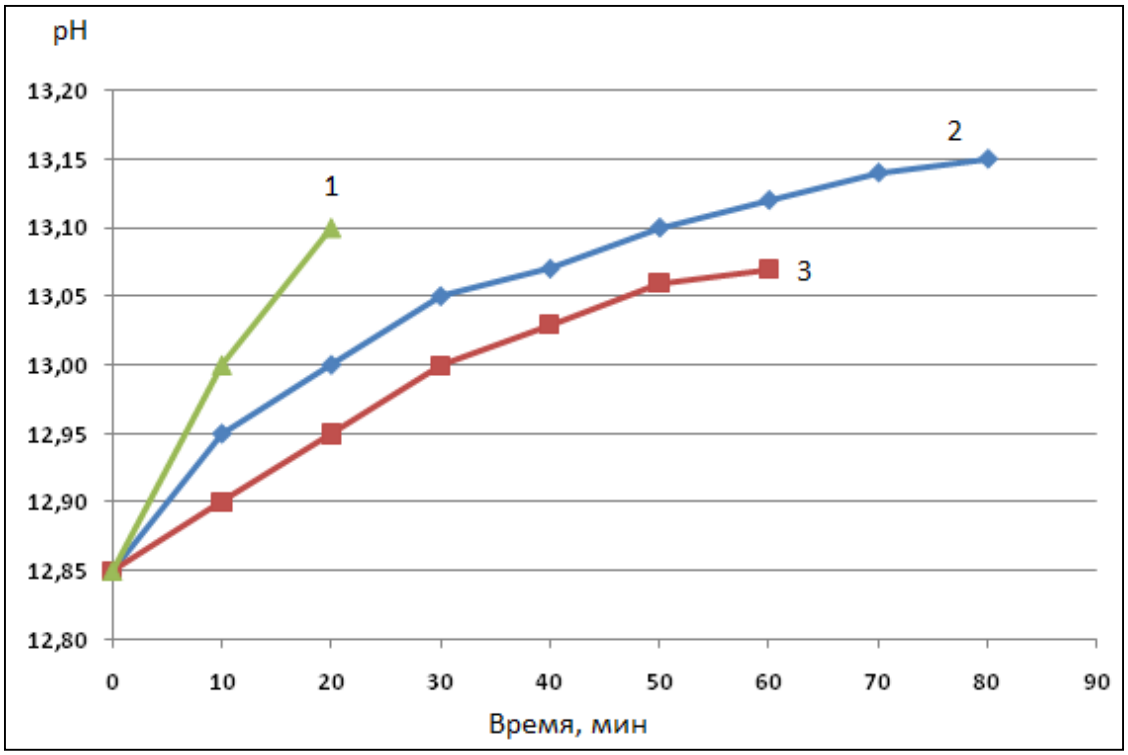
За рубежом в производстве композиционных портландцементов накоплен опыт широкого использования карбонатсодержащих минеральных добавок в виде известняка и доломита. Во Франции более 30 % изготавливаемых портландцементов содержат от 5 % до 20 % карбонатной добавки, в США допускается введение такой добавки до 50 % [1, 3]. Часть карбонатных добавок вводится в состав портландцементов с удельной поверхностью 600-800 м^2/г (микрокарбонаты). При этом необходимый эффект может быть достигнут при более низком содержании карбонатов. В России разрешается введение в состав портландцемента незначительного количества (≈5 %) карбонатных добавок в качестве вспомогательного компонента.

Карбонатные добавки в составе портландцемента при его гидратации, как многие активные минеральные добавки, взаимодействуют с гидроксидом кальция. Определение активности доломита и известняка по поглощению гидроксида кальция из его насыщенного раствора показало, что доломит связывает 60 мг CaO/г добавки, а известняк 35 мг CaO/г добавки, что значительно ниже активности доменных гранулированных шлаков [2].

Экспериментальная часть

Выполненное определение изменения показателя pH цементного теста после затворения водой вяжущего различного состава (рисунок 1) показало, что добавка доломита в составе цемента приводит к более медленному увеличению показателя pH по сравнению с показателем pH для теста из молотого клинкера без добавок. Показатель pH, соответствующий началу схватывания, достигается через 55 минут, а для цементного теста без добавок через 20 минут. Такое изменение показателя pH в присутствии карбонатной добавки свидетельствует об активном протекании взаимодействия этой добавки с гидроксидом кальция в составе цементного теста сразу после затворения цемента водой. Цементное тесто, изготовленное из цемента, содержащего 20 % доломита и 2,5 % двуводного гипса, начинает схватывается через 65 минут.

На основании приведённых результатов можно считать, что в портландцементы с карбонатными добавками может вводиться значительно меньшее количество добавок, замедляющих схватывание. Это особенно важно, когда в качестве такой добавки используется двуводный гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Стремление зарубежных производителей портландцемента не применять в качестве добавок, замедляющих схватывание цементного теста, двуводный сульфат кальция (гипсовый камень) или ангидрит связано с тем, что сернокислый кальций из их состава в процессе гидратации цемента и в дальнейшей службе цементного камня участвует в



1 – цементное тесто состава: клинкер + вода; 2 – цементное тесто состава: клинкер + 20 % доломита + вода;
3 – цементное тесто состава: клинкер + 20 % доломита + 2,5 % гипса

Рисунок 1 – Изменение показателя pH для цементных тест различных составов

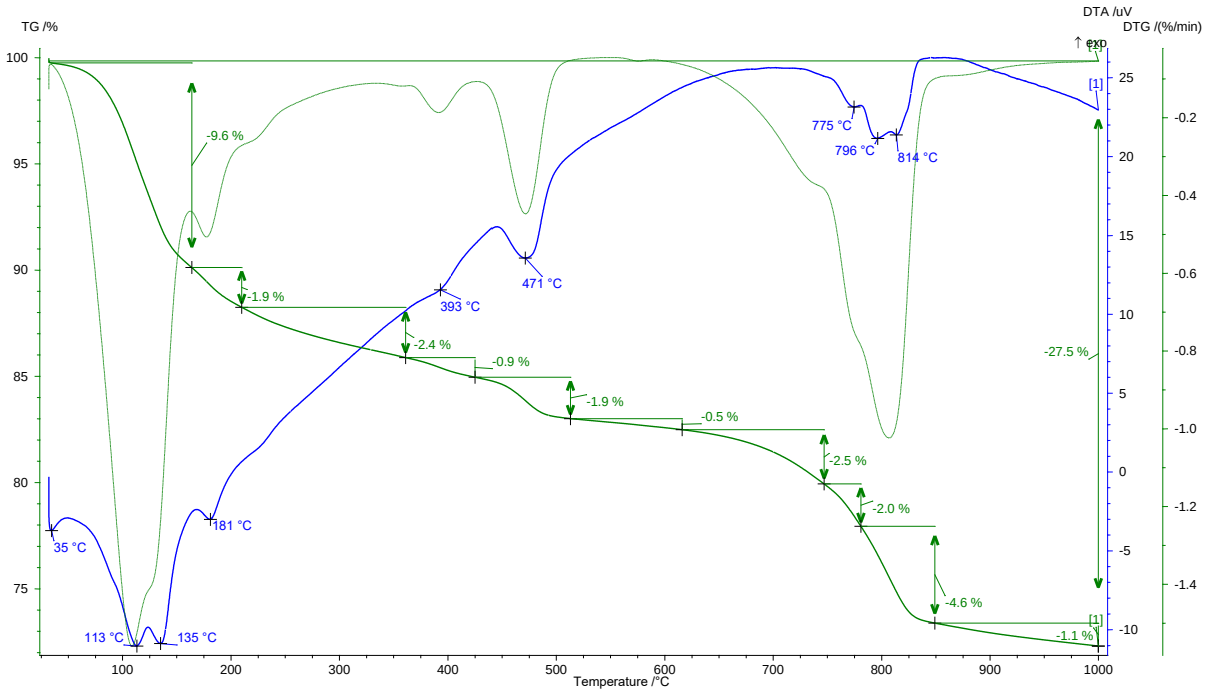


Рисунок 2 – Результаты дифференциально-термического и термогравиметрического анализов продуктов гидратации портландцемента с зольнодоломитовой добавкой (твердение 28 суток)

образовании экспансивных фаз таких, как эттрингит и таумасит. Особенно опасно их позднее образование. При уменьшении количества вводимого гипса значительно уменьшается количество образующегося эттрингита при гидратации минералов алюминатов в составе цементов.

Особо благоприятное влияние карбонатные добавки оказывают на свойства композиционных портландцементов, содержащих добавку высококальциевых зол, образующихся при сжигании Канско-Ачинских бурых углей. С целью определения характера такого влияния были исследованы продукты гидратации золосодержащих, композиционных портландцементов с карбонатной добавкой в виде доломита. С этой целью для цементного камня, изготовленного из вяжущих различного состава и твердевшего в нормальных условиях были выполнены дифференциально-термический, термогравиметрический (рисунок 2) и рентгенографический анализы.

Результатами ранее выполненных исследований [4] показано, что коррозионная стойкость ко всем видам химической коррозии, у цементного камня, твердевшего в условиях тепловлажностной обработки значительно ниже, чем у цементного камня, твердевшего в нормальных условиях. Определение коррозионной стойкости портландцементов, содержащих карбонатную добавку, показало, что пропаренный цементный камень карбонизируется в значительно меньшей степени, чем цементный камень нормального твердения. Степень карбонизации цементного камня, твердевшего в условиях ТВО на 15-20 % ниже, чем у цементного камня, твердевшего в нормальных услословиях.

Заключение

Результаты анализов показали, что содержание свободного гидроксида кальция в продуктах гидратации портландцемента с карбонатными добавками в течение всего времени твердения значительно меньше, чем в продуктах твердения цементов без таких добавок. Поскольку все виды химической коррозии характеризуются, в первую очередь, взаимодействием агрессивной среды с гидроксидом кальция в составе цементного камня, можно считать, что бетоны, изготовленные с использованием портландцементов с карбонатными добавками, будут более стойки к различным видам химической коррозии.

Пропаренные бетоны, изготовленные с карбонатной добавкой, твердевшие в условиях тепловлажностной обработки будут более стойки к углекислотной коррозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куропятников, Ю. Ю. Влияние карбонатных модификаторов на физико-механические свойства газобетона / Ю. Ю. Куропятников, В. В. Белов // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании / Московский государственный строительный университет (НИУ). – 2011. – Т. 2. – С. 112-116.

2. Малова, Е. Ю. Композиционные портландцементы с карбонатсодержащими добавками и бетоны на их основе : автореф. дисс…канд. техн. наук. – Томск, 2015. – 22 с.

3. Воробьёв, А. А. Роль карбонатных микронаполнителей в цементных бетонах / А. А. Воробьёв, В. И. Елфимов // Проблемы и пути создания композиционных материалов. / Новокузнецк. – 2001. – С. 93.

4. Федосов, С. В. Влияние комплексных добавок на коррозионную стойкость цемента / С. В. Федосов, А. М. Соколов, В. К. Козлова // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании / Московский государственный строительный университет (НИУ). – 2011. – Т. 2. – С. 190-193.

Козлова Валентина Кузьминична *– д. т. н., профессор кафедры «Строительные материалы» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: kozlova36@mail.ru.*

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

Маноха Анастасия Михайловна *– к. т. н., доцент кафедры «Химическая технология» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: manoha_a@mail.ru.*

Кишицкий Анатолий Анатольевич *– аспирант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: 2012oduvan@mail.ru.*

УДК 721.021.23; 004.94

РАЗРАБОТКА ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ ПО ОБЛАКУ ТОЧЕК

А. А. Кунц, Е. Р. Кирколуп
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье описана последовательность разработки исполнительной модели здания по облаку точек. В результате исследования была разработана исполнительная модель здания паркинга с уровнем детализации элементов модели LOD 200. Несмотря на низкий уровень детализации элементов модели, ее можно считать исполнительной, т. к. она была получена на основе облака точек, имеющейся исполнительной документации и содержит в себе информацию об основных элементах возведенного здания.

Ключевые слова: *Autodesk Revit, облако точек, исполнительная модель, информационная модель, несущие конструкции, ограждающие конструкции, уровень детализации.*

Исполнительная документация является документом построенного здания или сооружения, облегчающим дальнейший процесс эксплуатации, отражающим техническое состояние, дающим четкое представление об ответственных производителях работ по любому из видов выполненных работ. При переходе на технологию информационного моделирования зданий создавать исполнительную документацию становится намного проще, т. к. всю первичную информацию об объекте строительства можно извлечь из модели, созданной на этапе проектирования [1], или целесообразней изменить имеющуюся модель в соответствии с фактическими размерами и датой фактического выполнения элементов и конструкций. В СП 333.1325800.2017 исполнительную модель рекомендуется создавать путем внесения корректировок, зафиксированных в исполнительной документации, в информационную модель, на основе которой разрабатывалась рабочая документация, допущенная техническим заказчиком к производству работ [2]. Несмотря на очевидное преимущество, не всегда есть возможность создавать исполнительную информационную модель путем изменения информационной модели, разработанной на стадии проектирования, т. к. ее просто может не быть по каким-либо причинам. Поэтому иногда приходится разрабатывать исполнительную модель, ориентируясь на исполнительную документацию и файлы облаков точек, которые позволяют значительно ускорить данный процесс.

В настоящей работе требовалось создать информационную исполнительную модель паркинга на основе предоставленного облака точек и технической документации. Облако точек было не единым, а разбито на части в виде отдельного облака на фасад и облака на этаж. Следует отметить, что удобнее было бы работать с цельным облаком точек, поскольку выставление каждой части может привести к определенным погрешностям, но необходимость разбиения облака точек на части была вызвана ресурсными возможностями компьютерной техники. Процесс моделирования проводили с использованием программных комплексов Autodesk ReCap и Revit.

Изначально работа была направлена на вставку и размещение облака точек в проекте. Облако точек подгружалось в проект по общим координатам. Базовая точка проекта перемещалась до нужного места в облаке точек, не открепляя ее. Далее от базовой точки строилась сетка осей. При такой настройке в случае повторной загрузки облака по общим координатам, оно всегда располагалось на одном и том же месте, и не было необходимости каждый раз выставлять его по модели. На рисунках 1 и 2 приведены изображения модели с подгруженным облаком точек и без него.

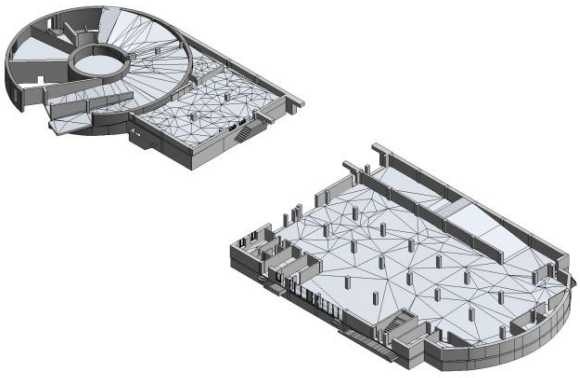


Рисунок 1 – Модель паркинга без облака точек в разрезе

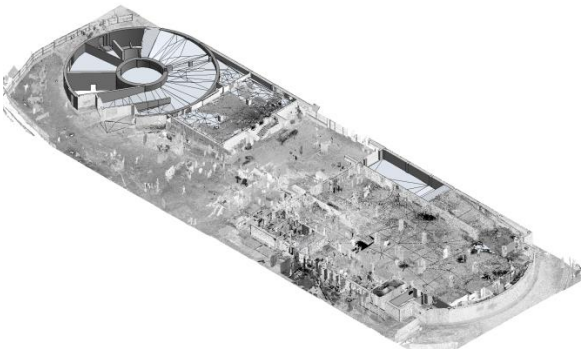


Рисунок 2 – Модель паркинга с подгруженным облаком точек в разрезе

Далее моделировались основные несущие элементы каркасного здания, ограждающие конструкции, фасад и его архитектурные элементы (рисунок 3) с уровнем детализации LOD 200. Несмотря на явное противоречие с СП 333.1325800.2017, уровень детализации исполнительной модели должен быть LOD 500, на данном этапе внедрения технологий, построить исполнительную модель с таким уровнем детализации только лишь по облаку точек фактически невозможно, так как существует ряд определенных проблем.

Например, в процессе сканирования нельзя перемещать оборудование для того чтобы отсканировать перекрываемые им элементы здания. Еще может помешать сканированию отделка помещений, к примеру, подвесной потолок, где чаще всего проводят коммуникации. Нельзя исключать и человеческий фактор – недобросовестный подход к сканированию, ошибки при настройке оборудования и т. д. Поэтому без информационной модели, созданной на этапе проектирования, достичь требуемого уровня детализации исполнительной модели проблематично. К тому же, если в дальнейшем на этапе эксплуатации понадобится реконструкция здания, то модели основных несущих элементов будет достаточно для проработки плана (модели) реконструкции.

Для разработки модели несущих конструкций после загрузки и выставления облака точек, были созданы уровни, определяющие положение перекрытий. Уровни намечались по местам, где четко прослеживалось горизонтальное скопление точек, что можно было считать полом или потолком. Уровни выставляли, совмещая их с отметкой пола. Только после этого начинали построение основных элементов несущих конструкций – колонн и перекрытий. Типоразмеры элементов колонн создавались по облаку точек так, чтобы максимально совпадали контуры элемента и облака точек. Перекрытия выполнялись соответствующей командой [3] с изменением толщины субэлементов для более точного соответствия облаку точек в вертикальной плоскости.

При дальнейшем моделировании каркасной системы здания, которая прослеживалась по характерным скоплениям точек облака, необходимо было создать балки, которые шли по колоннам. При этом на виде плана подбирался необходимый секущий диапазон так, чтобы контур балок был четко виден, а затем одноименной командой выполнялось построение элементов.

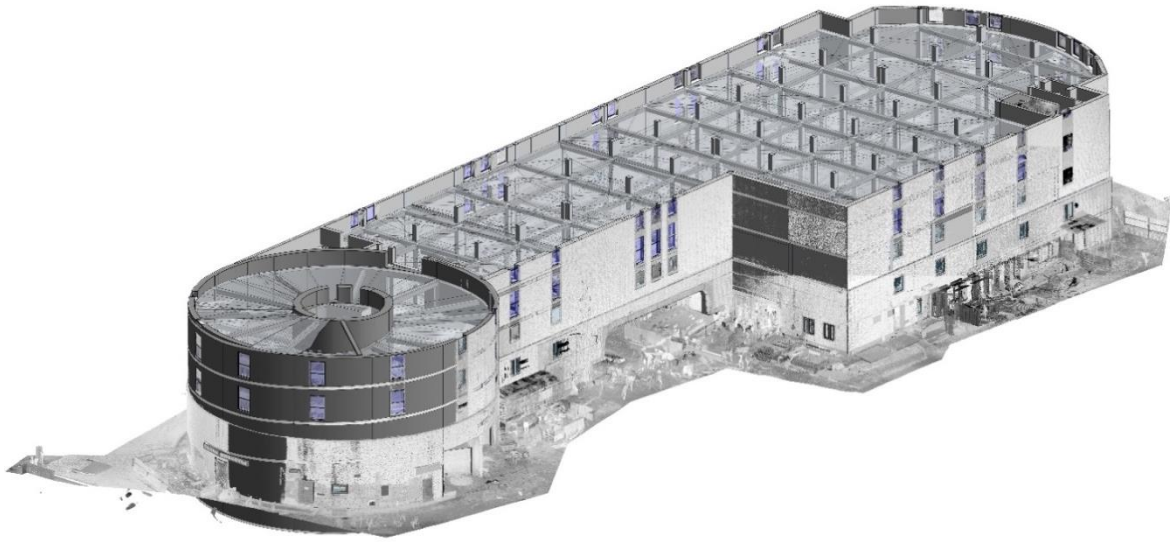


Рисунок 3 – Информационная модель здания паркинга в разрезе

Для более точного совмещения элементов модели с облаком точек создавались разрезы, которые позволяли контролировать процесс размещения поперечного профиля балки, и настраивалось положение каждой отдельной балки с выравниванием по высоте обоих концов несущего каркаса.

Моделирование ограждающих конструкций выполнялось инструментом «Стена» [3]. В качестве материала был задан железобетон. При этом по облаку точек нельзя было сделать вывод об используемой арматуре, поэтому в параметрах материала была указана плотность, равная среднему значению плотности бетона с арматурой – 2500 кг/м^3. Фасады также моделировались инструментом «Стена». В типоразмере стены был задан материал керамическая плитка с соответствующей настройкой графического представления (цвет, текстура, штриховка) и толщины. Чтобы максимально приблизить информационную модель к реальному объекту стены строились по контурам облака точек небольшими сегментами с их последующим объединением в единую стену. Лестницы и крыльца моделировались контекстными семействами (элементами). Отдельные лестницы или крыльца создавались с помощь редактора семейств в Revit на основе данных исполнительной документации и облака точек, а затем с помощью инструмента «Модель в контексте» [3] устанавливались по месту в модели. Отметим также, что заполнение оконных проемов в данном проекте осуществляли витражами.

В результате выполненной работы была разработана исполнительная модель здания паркинга с уровнем детализации элементов модели LOD 200. Тем не менее, при данном уровне детализации элементов модели ее можно считать исполнительной, т. к. она была получена на основе облака точек, имеющейся исполнительной документации и содержит в себе информацию об основных элементах возведенного здания. В дальнейшем при использовании модели на этапе эксплуатации чтобы получить необходимую информацию, например, для составления сметы на реконструкцию, достаточно будет добавить определенные атрибутивные данные к элементам модели (маркировку, код по классификатору организации, материалы, массу, технические и технологические параметры, производителя и др.) там, где это необходимо. Потому как при формировании эксплуатационной модели (согласно СП 333.1325800.2017) из исполнительной модели следует исключать избыточные данные, в которых нет необходимости в процессе решения задач управления эксплуатацией объекта. Следует отметить, что такой подход создания исполнительной модели не является единственно возможным. В настоящее время существуют программные решения, позволяющие проверить построение модели по облаку точек. Они позволяют выявлять отклонения информационной модели от облака точек, учитывая допуски в зависимости от элемента или конструкции. Для этого в такую программу подгружается модель, облако точек и добавляется необходимая нормативная литература, где указаны допустимые отклонения для различных классов конструктивных элементов. В результате программной обработки в модели с помощью цветового решения отображаются отклонения элементов с учетом допусков, а также формируется отчет с информацией об отклонениях. На данном этапе такие программные средства еще нуждаются в доработке, но само их существование уже значительно облегчит работу с облаком точек, проверку созданной модели на соответствие облаку точек и поможет свести к минимуму человеческий фактор (ошибки при считывании облака точек, пропуски элементов и т. д.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шеина, С. Г. Современные технологии, приборы и оборудования для трехмерного моделирования памятников архитектурного наследия / С. Г. Шеина, Д. К. Упенников // Интернет-журнал Науковедение. – 2015. – Т. 7. – № 3 (28). – С. 134.

2. СП 333.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла: дата введения 2018-03-19. – М. : Минстрой России, 2017. – 33 с.

3. Autodesk: Официальный сайт Autodesk / Поддержка и обучение. – Autodesk, Inc., 2021. – URL: https://knowledge.autodesk.com/support.

Кунц Агата Андреевна *– студент группы 8Соим-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, E-mail: agata.kunts@mail.ru.*

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

УДК 698

ПРИМЕНЕНИЕ BIM ТЕХНОЛОГИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Т. В. Кучина, Я. Г. Мозговая
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассматривается возможность автоматизации планирования и проектирования строительства с помощью BIM технологий. Изучены основные возможности программных комплексов, их преимущества и недостатки. Выявлены перспективы повышения эффективности реализации проектов в строительстве с использованием моделирования в программах BIM технологий.

***Ключевые слова**: BIM технологии, строительство, планирование, проектирование, автоматизация проектирования, информационная модель, автоматизация с использованием BIM, информация, применение BIM технологий, программные комплексы BIM.*

Максимальное ускорение темпов процесса строительства – одна из наиболее важных проблем отрасли в настоящее время. На фоне регулярного удорожания ресурсов строительства, необходимо искать всевозможные методы для их более целесообразного и эффективного использования и экономии в целом, в том числе и сокращении сроков строительного производства. Это относится не только к этапу строительству здания или сооружения, но и к его планированию, проектированию. Данную проблему и многие другие позволяет решить применение BIM – технологии в процессе реализации проекта строительства.

BIM (Building Information Modeling или Building Information Model) означает информационное моделирование здания или сооружения или его информационную модель. Это особое цифровое представление всех характеристик объекта, как физических, так и функциональных, которое охватывает не только геометрию здания. BIM учитывает множество различных факторов об объекте, таких как: составляющие его элементы, детали; территориальную принадлежность строительства; особенности дизайна; а также влияние его, оказанное на окружающую среду (рисунок 1). Данный подход к возведению здания, его оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту здания предполагает сбор архитектурной, конструктивной, технологической, экономической и любой иной информации о здании, ее комплексную обработку в процессе проектирования, установление взаимосвязей и зависимостей, когда здание и все, что имеет к нему отношение, будет рассматриваться как единый объект, где изменение какого-либо одного из параметров автоматически повлечет за собой изменение связанных с ним остальных параметров в чертежах, спецификациях, визуализациях и календарном графике [1, 2].

Таким образом, получается, что BIM это некий общий ресурс знаний, где можно получить информацию об объекте. Именно эта информация служит основой для принятий решений по объекту в течении всего его жизненного цикла. Важно отметить, что получившуюся информационную модель BIM позволяет передавать виртуально между участниками процесса (архитекторами, строителями; далее генподрядчикам и субподрядчикам; затем владельцам или управляющим объектом).

Жизненный цикл абсолютно каждого объекта строительства состоит из трех этапов: проектирование, строительства и эксплуатация. На стадии проектирования BIM технологии помогают выполнить эскиз проекта – на этом этапе может быть несколько вариантов строительства объекта и есть возможность оценить их в 3D и выбрать наиболее подходящий застройщику; далее идет рабочая документация – непосредственно все необходимые чертежи, спецификации и визуализации, необходимые для строительства данного объекта; и анализ – на основе полученной рабочей документации проводится анализ необходимых ресурсов, сроков, финансирования для начала строительства. На стадии строительства происходит логистика; непосредственное производство; календарное планирование всех процессов строительства объекта; финансирование, BIM технологии позволяют наиболее точно

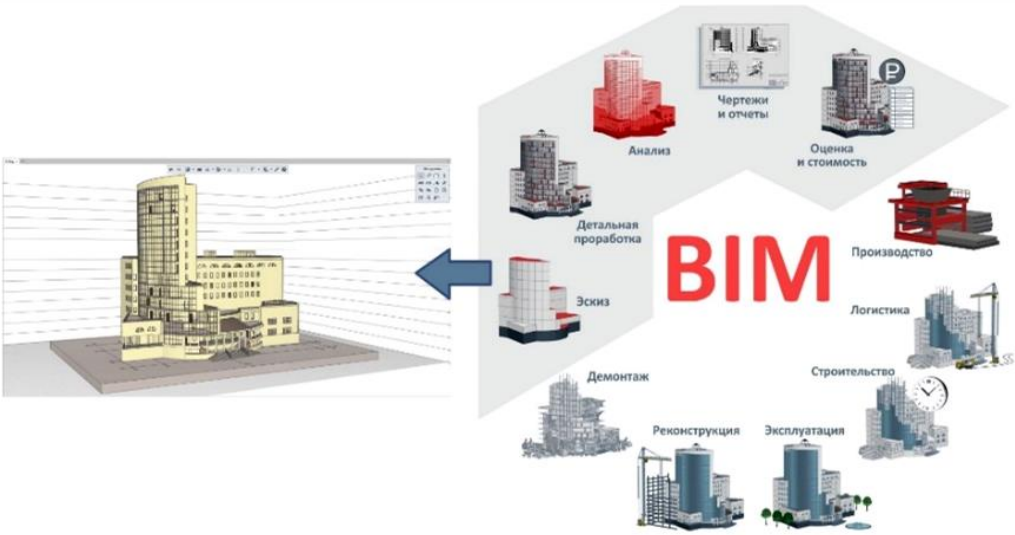


Рисунок 1 – Строительные процессы, проектируемые в BIM

Рисунок 2 – Схема работы с BIM

определить какое конкретно финансирование потребуется в данный момент времени, что удобно для инвесторов и застройщиков [3, 5].

В основе моделирования строительства при помощи данных программных комплексов лежит объектно-ориентированное проектирование. Следовательно, все работающие в этой технологии программы предполагают под собой моделирование на основе большого количества заранее созданных объектов, которые именуются семействами и основные проектные операции производятся с этими элементами, как с неделимыми блоками. Это своего рода «комплектующие» объекта строительства.

Создание информационной модели предполагает коллективную работу всех участников всех разделов проектирования: архитекторов, конструкторов, технологов, экономистов, инженеров внутренних сетей и наружных и т. д. Работа всей команды осуществляется в единой среде проектирования (СОД) и должна соответствовать определенным правилам (рисунок 2).

В строительной области BIM технологии помогают решить следующие задачи [2, 4]:

- Соответствие требованиям современного рынка строительства благодаря глубокому и всестороннему анализу модели;
- Оценки необходимых ресурсов и возможных рисков;
- Согласованности участников строительства – проект прозрачен, все участники имеют необходимый доступ к информации;
- Сроков строительства – моделирование календарных графиков;
- Бюджетирования;
- Сокращение объемов работ – четко сформулированы сроки, бюджет и состав работ по проекту;
- Отклонения от проекта;
- Качество строительства – используемые материалы известны заранее и досконально контролируются;

• Охраны труда – применяется наиболее оптимальное размещение и контроль элементов на строительной площадке;

• Эксплуатации – каждый объект имеет электронный паспорт, включающий в себя всю достоверную и актуальную информацию об объекте в настоящее время;

• Прозрачности.

Применение BIM технологий для основных участников строительного процесса:

Для заказчика:

• До начала строительного производства известна полная визуализация объекта;

• Управление рисками инвестирования;

• Возможность полного контроля проектирования и строительства и режиме реального времени;

• Предельно высокая точность расчета итоговой стоимости строительства;

Для проектировщика:

• Проектирование при наличии подборки вариантов;

• Автоматизация операции благодаря семействам;

• Сокращение времени на внесения различных изменений в документацию;

• Проверка проекта на коллизии;

• Проверка на соответствие проекта ГОСТ, СП и СниП;

Для строителей:

• Наглядность технических решений и визуализация готового проекта;

• Визуализация проекта в увязке с календарным графиком, сроками выполнения каждой конкретной задачи;

• Электронная техническая документация;

• Внесение согласований и корректировок непосредственно на строительной площадке;

• Отметки и оповещения о неполадках на объекте.

Программные комплексы BIM технологий, применяемые в строительстве:

- Revit позволяет проектировать строительные конструкции: планирование, изготовление и даже создание узлы стальных конструкций;

- NavisWorks позволяет выполнять интеграцию моделей из других программ, их проверку, выявлять коллизии, а также моделировать именно процесс строительства;

- Recap эффективное моделирование текущих условий строительства;

- AutoCad позволяет производить детализировку и выпускать документацию;

а также программы, которые позволяют создать облачную версию модели для совместной работы.

На основе полученной информации можно сделать следующие выводы: применение BIM технологий значительно сокращает сроки строительства, делает его более эффективным, современным и прозрачным; позволяет качественно анализировать процесс строительства на каждом его этапе, выбирать наиболее подходящие конструкции и материалы. Однако для работы в данных программных комплексах сотрудникам следует проходить необходимое обучение, изучать особенности каждой программы. А также стоит учитывать стоимость использования данных программ – в год она составляет около 114 тысяч, но, учитывая полученное сокращение сроков, программы себя окупают.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О BIM. Общая и полезная информация о BIM в вопросах и ответах: [Электронный ресурс] // bimlab. – URL: https://bimlab.ru/faq-bim3d.html (дата обращения: 19.02.2021).

2. Что такое BIM и зачем новые технологии нужны девелоперам и госструктурам: [Электронный ресурс] // Недвижимость. – URL: https://realty.rbc.ru/news/5ca1ceff9a794758d0568b37 (дата обращения: 19.02.2021).

3. BIM технологии в проектировании: [Электронный ресурс]// Городской центр дополнительного профессионального образования. – URL: https:// doprof.ru/professii/bim-texnologii-v-proektirovanii.-chto-eto-takoe-i-v-chem-ix-preimushhestva/ (дата обращения: 19.02.2021).

4. Преимущества информационного моделирования зданий: [Электронный ресурс]// Autodesk. URL: https://www.autodesk.ru/solutions/bim/benefits-of-bim (дата обращения: 19.02.2021).

5. Управление строительными проектами: [Электронный ресурс] // Autodesk. URL: https://www.Autodesk.ru/solutions/bim/construction-management-software (дата обращения: 19.02.2021).

Кучина Татьяна Вячеславовна – *студент группы 8Спгс-91 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: kushtani@mail.ru.*

Мозговая Яна Григорьевна – *к. т. н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: yanagm@mail.ru.*

УДК 697.3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ BAUTODESK REVIT

В. А. Ларичкин, К. К. Февралева, И. А. Бахтина, Е. Р. Кирколуп
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Рассмотрены виды и особенности проектирования систем отопления в программном комплексе Bautodesk Revit.

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

BIM (Building Information Modeling) – информационное моделирование объекта. Данное понятие включает в себя весь комплекс мероприятий и работ по управлению жизненным циклом проекта, т. е. начиная от этапа проектирования и заканчивая демонтажем или ликвидацией объекта [1].

При классическом проектировании работают с планами, чертежами, технической документацией, что представляют собой двухмерную модель объекта строительства. Особенностью технологий BIM является создание виртуальной трехмерной модели, которая обладает реальными физическими свойствами. Такой способ позволяет к модели присоединить такие добавочные измерения как планы, время и стоимость, позволяющие рассчитать и определить параметры процессов строительства еще до начала строительных работ на объекте. Таким образом, для полноты создания полной модели объекта база данных Revit должна содержать информацию о различных этапах жизненного цикла рассматриваемого объекта от разработки концепции проектирования до демонтажа (ликвидации).

Основные требования к проектированию и расчету систем отопление и вентиляции (ОВ) приведены в СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [1], а, также в других нормативных документах [2, 3]. Основными этапами проектирования являются:

• теплотехнический расчет ограждающих конструкций – определяется толщина утеплителя, термические сопротивления и коэффициенты теплопередачи строительных конструкций;

• расчет тепловых потерь – определяется тепловая мощность системы отопления;

• определение принципиальной схемы систем ОВ (вид схемы, месторасположение магистралей, схемы движения теплоносителей и т. п.);

• гидравлический и тепловой расчет систем ОВ;

• определение состава и подбор оборудования систем ОВ (запорно-регулирующей арматуры, вида нагревательного прибора, оборудования в тепловом пункте здания и т. п.).

На основании технических требований к проекту системы в программном комплексе Revit на первом этапе размещаются пространства и создаются зоны. 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.). В состав зоны могут входить несколько пространств, находящиеся на разных уровнях. Основной информацией для каждой зоны является значение температур отопления и/или охлаждения, и температур наружного воздуха. После завершения подготовительных работ определяются технические требования к системам проекта и проводится расчет отопительных и холодильных нагрузок. Этот расчет является определяющим для оценки потребностей моделируемого здания в отоплении и охлаждении. Расчет производится с помощью встроенных программ в Revit. Отчет о результатах определения отопительных и холодильных нагрузок можно вывести в трех вариантах: упрощенный, стандартный или подробный. Следует отметить, что в программном комплексе Revit можно произвести расчет только двухтрубных систем отопления, т. к. в однотрубных системах происходит понижение температуры теплоносителя при его движении в системе отопления.

По результатам расчетов (теплотехнического, теплопотерь и теплового для приборов отопления) производится расстановка нагревательных приборов (для секционных радиаторов с требуемым числом секций, для конвекторов – требуемой длины); запорно-

регулирующей арматуры на подводках к приборам; прокладываются подающие и обратные трубопроводы с заданием необходимых диаметров и смещения; подключаются нагревательные приборы к подающим и обратным стоякам или ветвям. Нагревательный прибор это один из основных элементов системы отопления, а хороший прибор отопления в Revit – это не только геометрия близкая к оригиналу, но и возможность подобрать радиатор, конвектор или другой прибор по условиям проекта, отобразить правильно на схеме, маркировать, заполнить спецификацию [2]. Разная степень детализации конвектора в Revit приведена на рисунке 1, полный вид конвектора – на рисунке 2. Таким образом, созданная модель в Revit позволяет как представить проектируемую систему в виде 3D модели и увидеть в объеме расположение всех трубопроводов системы отопления (рисунок 3), так в классическом виде на планах здания (рисунок 4). Такой подход позволяет лучше увязать все элементы системы между собой и со строительными конструкциями здания и помогает избежать ошибок при согласовании и увязывании разделов документации между собой. Также объемное представление проектируемой системы позволяет оперативно проектировщику изменять и редактировать трассу системы со всеми ее элементами.

После создания информационной модели и согласования принятых конструктивных решений 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. Для осуществления данной операции инструмент «Спецификация» напрямую связан с 3D моделью объекта, поэтому при изменениях в объекте автоматически заменяются данные 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.

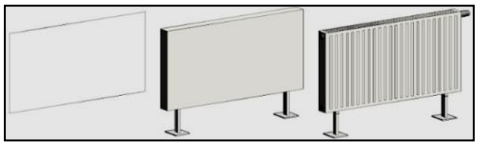


Рисунок 1 – Детализация конвектора

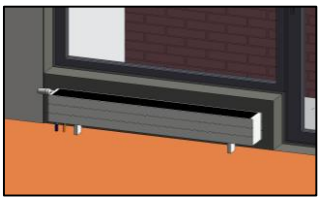


Рисунок 2 – Семейство конвектора Vogel&NootVonaris

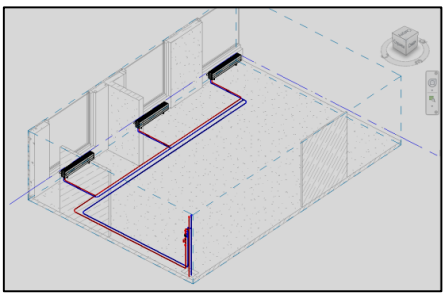


Рисунок 3 – Попутная разводка системы отопления в офисном помещении в полу в Revit

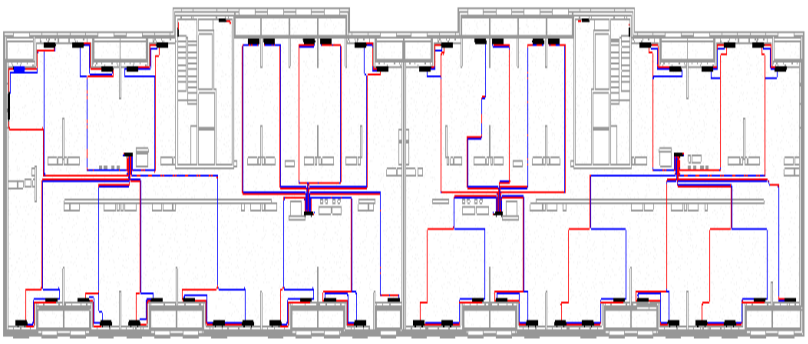


Рисунок 4 – Разводка системы отопления типового этажа многоэтажного жилого дома

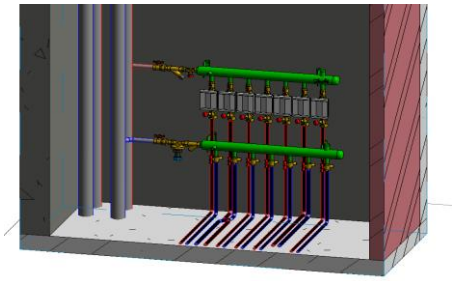


Рисунок 5 – Семейство коллекторного узла Danfoss в Revit

Особенность программного комплекса Revit при проектировании систем ОВ является встроенная функция расчета отопительных и холодильных нагрузок. Исходными данными для расчета данных нагрузок являются тип и предназначение здания, количества прибывающих людей, количество оборудования, теплотехнические характеристики ограждающих конструкций. Все вышеперечисленные данные можно изменить в созданной модели.

На основании исходный данных Revit позволяет быстро выполнить расчеты энергопотребления, сформировать отчеты о нагрузках на системы отопления и кондиционирования с учетом конкретных месяцев и географического положения объекта. Необходимо отметить, что с помощью данного расчета в Revit возможно на этапе проектирования создать быстро и качественно множественно альтернативных вариантов системы и выбрать оптимальный.

Рассчитанные тепловые и холодильные нагрузки, и технические требования к системе являются основой для подбора сечений воздуховодов или трубопроводов. Однако, внутренние инструменты Revit имеют ряд недостатков, такие как:

• отсутствие возможности получить детальный отчет по элементам конструкции

• не учитывается особенности моделирования строительных конструкций

• не учитывается требования нормативов РФ для прохождения экспертизы, т. к. программа следует британским нормативам, которые значительно отличаются от российских.

Данные недостатки возможно нивелировать за счет наличия в свободном доступе различных плагинов, позволяющих провести необходимые расчеты, не выходя из программы.

В программном комплексе Revit, многие семейства настроены так, что способны автоматически подбирать, основываясь на характеристике системы, дросселирующие и увязывающие элементы, например автоматические балансировочные клапаны и клапана-партнеры на коллекторах, преднастройка термостатических вентилей, подбор теплосчетчиков по расходу в системе. Пример таких семейств приведен на рисунке 5. Стоит отметить, что для качественного подбора и расчета всей арматуры системы, нужно учитывать необходимую точность и правильность в параметрах всей системы. Один неправильно настроенный элемент системы может свести на «нет» возможность автоматического расчета.

Проектирование систем отопления в Revit дает возможность детально проработать все аспекты информационной модели, начиная с наглядного представления здания и инженерных сетей, точного расположения приборов и оборудования, заканчивая необходимыми параметрами, позволяющие заказчику и проектировщику оценить правильность балансировки системы, подбора оборудования и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. Камышникова, Е. Ю. Классификация способов подключения радиаторов при проектировании в Revit / Е. Ю. Камышникова, Е. Д. Яровая, И. А. Бахтина // В сборнике: Наука и молодежь. – Рубцовск, 2020. – С. 113-115.

Ларичкин Виктор Александрович *– студент группы 8С$_{оим}$-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: vl@truebim.pro*.

Февралева Карина Констатирована *– студент группы 8С$_{оим}$-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: karinafevraleva@gmail.com,*

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

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

УДК 004.94:+697+378

РАЗРАБОТКА СЕМЕЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ «УМНЫЙ ДОМ» В REVIT

В. В. Логвиненко, С. М. Гордиенко
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Разработано семейство «Беспроводные датчики» для Умного дома на базе оборудования фирмы «Ectostroy». Приведено построение для Модели: ES-LARD-01 Артикул: ec01007. Использованы инструменты Revit *«Выдавливание» и «Вращение».*

Ключевые слова: *элементы «Умного дома», семейство, шаблон, программный комплекс Revit, BIM-проектирование, семейство «Беспроводные датчики».*

Autodesk Revit – программный комплекс, реализующий принцип информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM) и предназначенный для автоматизированного проектирования. Информационное моделирование зданий (BIM) – это процесс, основанный на использовании интеллектуальных 3D-моделей. Параметрическое моделирование (параметризация) – моделирование (проектирование) с использованием параметров элементов модели и соотношений между этими параметрами [1]. Шаблоны в Revit – заранее настроенная пустая модель, в которую загружены параметры элемента. Свойством семейств Autodesk Revit является параметр, который может быть системным или пользовательским.

Пользовательский семейства – это семейства, которые создают непосредственно пользователи ПК Autodesk Revit в так называемом «Редакторе семейств» (графический режим, позволяющий создавать и редактировать семейства, используемые в проектах). В отрасли уже появляются примеры таких интегрированных решений – платформы управления жизненным циклом объекта разрабатываются компаниями [2] и другими. Однако эти сервисы чаще всего охватывают только отдельную стадию жизненного цикла здания, например, эксплуатацию.

В строительстве разработаны семейства для широкого круга элементов, систем. Однако для непосредственно проектирования элементов умного дома не найдено проектов в Revit. Более развито проектирование электрических схем, сетей, например [3, 4]. В этом случае Умный дом сведется к электросхемам. А ведь Умный дом состоит из инженерных сетей, связанных специальной автоматикой. На кафедре «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» развивается направление бюджетного Умного дома на базе контроллера фирмы «ectostroy» (таблица).

Таблица – Основные характеристики системы

Наименование	Значение
Сеть GSM	850/900/1800/1900Мгц
Поддержка GPRS	GPRS multi-slot class 12/10, max. 85,6 kbps (down-link/uplink)
SIM-карта	mini-SIM, 3V/1.8V , 25 × 15 мм
Радиосеть дополнительных устройств	868 МГц, 10мВт
Максимальное количество подключаемых радиоустройств	До 32 шт.
Физический протокол	RS-485, до 32 устройств
Канальный протокол	Modbus RTU
Количество температурных датчиков (интерфейс Т1...Т3)	3 шт.
Количество интерфейсов «Токовая петля 4....20 мА»	1 шт.
Количество контактных датчиков «сухой контакт» (интерфейс Д1...Д5)	5 шт.
Количество интерфейсов считывателя ключей Touch memory	10 шт. Подключается к интерфейсу Т3 вместо датчика температуры
Тип считываемых ключей Touch Memory	DS1990A,
Количество контактных датчиков «сухой контакт» (интерфейс Д1...Д5) -	10 ключей в памяти
Количество управляющих реле	3
Конфигурация контактов реле	Общий, нормально замкнутый, нормально разомкнутый
Возможные типы мгновенных оповещений	SMS, голосовой звонок, push-уведомления
Настройка и просмотр параметров, текущих данных	SMS, личный кабинет в сети интернет, приложения для iOS и Android
Количество пользователей для оповещения	1...10
Блок реле	10 каналов 220В, 16А с быстрой сменой реле в случае его неисправности С питанием по шине ДОП
Тип датчиков, подключаемых к интерфейсу РАДИО	Дым. различаемые состояния: норма/тревога, срок службы батареи – не менее 6 месяцев
Работа с Личным кабинетом	Просмотр состояний всех датчиков, ручное и автоматическое управление всеми реле, настройка оповещении и т. д. Услуга предоставляется бесплатно

Таким образом, система ectostroy, при всей своей бюджетности, предоставляет широкие возможности для умного дома. Возникает необходимость проектировать Умный дом в современных системах, таких как Revit.

В работе приводится описание фрагментов проекта для двухэтажного дома в г. Барнаул. Приведено описание семейства датчиков протечки. На рисунке 1 показана установка датчика протечки под радиатором системы отопления.

Фотография датчика протечки приведено на рисунке 2. Датчик протечки воды предназначен для обнаружения протекания воды. Устанавливается на поверхность, на которой возможно появление жидкости. Разработан и произведен в Эктострой. Срабатывание при намокании контактов; Крепление на пол или на стену. Модель: ES-LARD-01 Артикул: ec01007 [5].

Семейство сделано с использованием инструментов Выдавливание и Вращение. Инструмент Выдавливание позволяет создать 3D-объект «выдавливанием» 2D-профиля этого объекта. В случае, с датчиком протечки, его пластмассовый корпус создан Выдавливанием путем моделирования профиля. На рисунке 3 показан 2D-профиль датчика. Но так как корпус датчика имеет сложную форму, профиль нужно скорректировать. Инструмент «Выдавливание» имеет версию полой формы. С помощью полой формы, 3D-выдавливание можно «подрезать» и сделать необходимую фигуру.

Металлические контакты датчика сделаны инструментом «Вращение». Контакты имеют форму, похожую на полусферу, поэтому использовать инструмент «Выдавливание» не представляется возможным.

Инструмент «Вращение» также подразумевает под собой создание 2D-профиля, но вместо его выдавливания, происходит его вращение. 2D-профиль контакта датчика и сам контакт для сравнения приведены на рисунке 5.

Таким образом, используя различные инструменты Revit, разработан шаблон для семейства Беспроводные датчики для Умного дома. Надо отметить, что имеется несколько моделей датчика протечки, в том числе для проводной модели.

Так же разработана модель блока управления Ectocontrol Умного дома. Из-за похожего дизайна всей продукции, блок управления Ectocontrol выглядит похоже на датчик протечки, а, следовательно, и модель проектируется похожим способом. Инструментом «Выдавливание» создается корпус блока, а полой формой «Выдавливания» образуется из выдавленного элемента сложная форма. Модель блока управления приведена на рисунке 6.

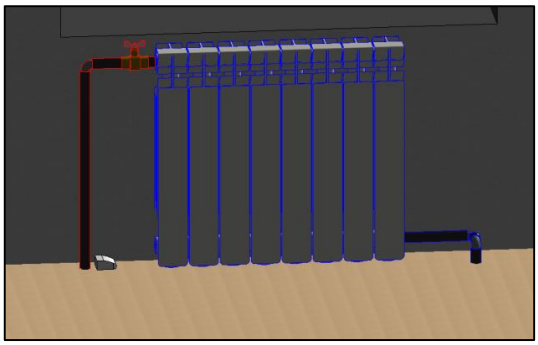


Рисунок 1 – Установка датчика протечки под радиатором системы отопления

Рисунок 2 – Фотография датчика протечки

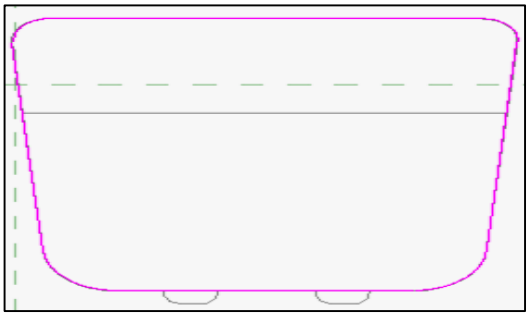


Рисунок 3 – 2D-профиль датчика протечки

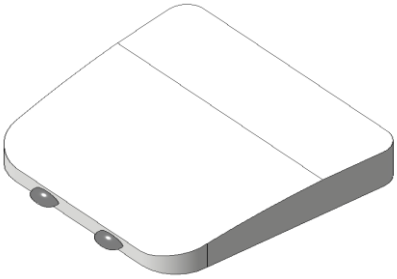


Рисунок 4 – 3D-объект датчика протечки

Рисунок 5 – 2D-профиль датчика протечки

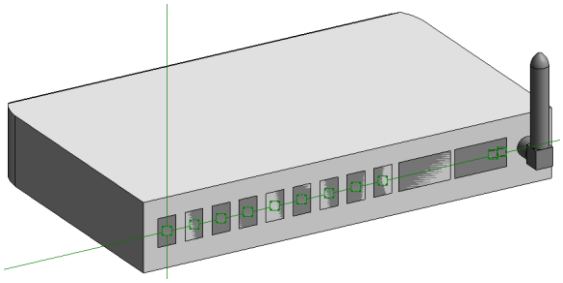


Рисунок 6 – Модель блока управления

Антенна блока также сделана инструментом Вращение, как и коннекторы у датчика протечки. Подсоединение ее к блоку выполнены элементом выдавливания.

Каждый вход в блок сделан отдельным элементом выдавливания в виде параллелепипеда.

На грани каждого параллелепипеда установлен электрический коннектор. Это невидимый элемент в проекте, который позволяет подключать провода, которые потом также через элемент коннектор подключаются к проводным устройствам

Таким же путем будут созданы другие семейства для Умного дома.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Параметрическое моделирование: описание, методы, обзор программ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://fb.ru/article/459680 /parametricheskoe-modelirovanie-opisanie-metodyi-obzor-programm (дата обращения: 22.01.2019).

2. PAS 1192-5:2015 Specification for security-minded building information modelling, digital built environments and smart asset management. The British Standards Institution, 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www. bimireland.ie/wp-content/uploads/2015/08/BSI_PAS_ 1192_2_2013.pdf (дата обращения: 21.02.2019).

3. Revit: создание электрических цепей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://zen.yandex.ru/media/id/ 5adeec59d7bf21a6c9ee96darevit-sozdanie-elektricheskih-cepei-5fafcffef2466e1810ce1e04 (дата обращения: 11.01.2020).

4. Revit MEP. Бесплатный курс по проектированию электроснабжения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.proektant.org /index.php?topic=47111.0 (дата обращения: 11.01.2020).

5. Датчик протечки воды беспроводной. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ectostroy.ru/products/ wireless-leak-sensor (дата обращения: 11.01.2020).

Логвиненко Владимир Васильевич *– к. т. н., и. о. заведующего кафедрой «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: logvinvv@mail.ru.*

Гордиенко Семен Михайлович *– студент группы С-73 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: semengord45@gmail.com.*

УДК 721.02

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАВМАТИЗМА И АВАРИЙНОСТИ НА ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ Г. БАРНАУЛА

В. В. Логвиненко, А. В. Журавлев
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Проведен анализ открытых данных по травматизму и аварийности на тепловых сетях г. Барнаула. Он показал, что травматизм и аварийность на тепловых сетях г. Барнаула находятся на среднероссийском уровне. Травматизм и аварийность на тепловых сетях г. Барнаула гораздо ниже, чем на объектах строительства. В 2016 году количество введенных в эксплуатацию трубопроводов преобладает над 2015 на 24 участка, всего 52.

Ключевые слова: *травматизм, аварийность, тепловые сети, статистика.*

Анализ статистики аварийности и травматизма на строительных объектах г. Барнаула. Исследование возможности повышения безопасности строительного производства, снижение аварийности и травматизма при выполнении строительно-монтажных работ.

В результате исследования были решены следующие задачи: рассмотрены и проанализированы факторы, влияющие на аварийность и травматизм; исследована мировая, Российская статистика аварийности и травматизма в строительстве, статистика по Алтайскому краю и г. Барнаулу; определена зависимости травматизма от различных факторов, таких как: возраст, стаж сотрудника, время года, произошедшее обстоятельство, профессия, причина, пол;

Смертность от несчастных случаев и аварии занимают одно из первых мест среди причин гибели населения. Согласно данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), смертность от несчастных случаев на производстве занимает третье место после онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний.

Основной целью охраны труда при эксплуатации теплосетевого оборудования является предотвращение несчастных случаев и обеспечение благоприятных условий труда, для повышения уровня производительности и качества выполняемых работ.

Ежедневно персонал выполняет такие виды небезопасных процессов, как работа на высоте, электромонтажные работы, погрузка, разгрузка, перенос материалов, использование тяжелой спецтехники, работа в неблагоприятных погодных условиях, работы в условиях повышенной запыленности, воздуха, работы в условиях повышенной влажности и температуры окружающей среды.

Производственный травматизм – это совокупность травм, возникших при несчастных случаях на производстве (рабочем месте) и вызванных несоблюдением требований охраны труда и техники безопасности. Основными видами травм являются порезы, ожоги, переломы, ушибы, ампутации, вывихи. По степени тяжести повреждения различают легкие, тяжелые, со смертельным исходом.

Авария на тепловых сетях – это разновидность нештатных ситуаций, которые потенциально опасны для жизни и здоровья человека, как правило, выражающихся в форме разрушения сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ.

Порядок обучения по охране труда разработан в Постановлении Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 № 1/29 (ред. от 30.11.2016) «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций» [1] и приказе от 24 марта 2003 г. № 551

Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок изложены в приказе «Об утверждении Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок» [2].

Для всех новых сотрудников, принимаемых на работу, работодатель обязан проводить инструктаж по технике безопасности и охране труда (Приказ Минтруда России (Министерство труда и социальной защиты РФ) от 19 августа 2016 г. № 438Н «об утверждении типового положения о системе управления охраной труда»).

При анализе травматизма и аварийности использованы открытые данные на сайтах Министерства энергетики Российской федерации, Федеральной службы по экологиче-

скому технологическому и атомному надзору, Федеральной службы государственной статистики (Росстат), а также Министерства труда и социального защиты Российской Федерации.

Для проведения сравнительного анализа мной были рассмотрены статистические данные о случаях травматизма в сфере генерации тепловой энергии и обеспечения работоспособности теплосетевого оборудования.

Установлено, что в области обеспечения работоспособности теплосетевого хозяйства прослеживается низкий уровень учтенных несчастных случаев.

Наибольшее количество учтенных случаев аварийности и травматизма наблюдается в Свердловской, Ивановской областях, Пермском и Красноярском крае. Алтайский край находится на 12-ом месте относительно субъектов Российской Федерации. Количество несчастных случаев за последние 4 года в Алтайском крае составило – 8. Смертельных случаев не зафиксировано.

Статистика аварийности приведены в таблице 1. Из данных таблицы 1 видно, что за 4 года эксплуатации теплоэнергетического оборудования на территории Российской Федерации было зафиксировано 268 несчастных случая, при этом на Алтайский край приходится 8 случаев, что составляет 3 % от общего количества данных.

При эксплуатации только тепловых сетей зафиксировано по России 56 несчастных случаев, при этом в Алтайском крае несчастных случаев нет. На рисунке 1 показано количества несчастных случаев при эксплуатации теплоэнергетического оборудования.

Количество несчастных случаев при эксплуатации теплоэнергетического оборудования практически постоянно.

С 2016 по 2019 года в сфере эксплуатации теплооборудования в России произошло 268 несчастных случаев, из них 14 – смертельных, что составляет 5 % от общего количества, 77 – тяжелых, что составляет 27 %, легких – 193, что составляет 68 %.

При эксплуатации тепловых сетей в России произошло 59 несчастных случаев, из них 2 – смертельных, что составляет 4 % от общего количества, 20 – тяжелых, что составляет 34 %, легких – 37, что составляет 63 %, распределение показано на рисунке 2.

При эксплуатации теплоэнергетического оборудования в России были больше всего подвержены несчастным случаям люди в категории старше 50 лет, а именно 110 человек

Таблица 1 – Статистика аварийности и травматизма за 4 года при эксплуатации теплоэнергетического оборудования в Российской Федерации

№ п/п	Субъект РФ	Кол-во пострадавших при эксплуатации энергоустановок и тепловых сетей				Итого
		2016	2017	2018	2019	
3	Владимирская область	-	-	1	-	1
5	Ивановская область	7	1	2	2	12
7	Костромская область	2	1	1	1	5
10	Московская область	1	2	4	3	10
11	Орловская область	-	5	3	-	8
12	Рязанская область	2	1	2	3	8
23	Вологодская область	1	1	-	-	2
24	Калининградская область	-	-	1	1	2
69	**Алтайский край**	**2**	**1**	**1**	**4**	**8**
70	Забайкальский край	-	-	-	-	-

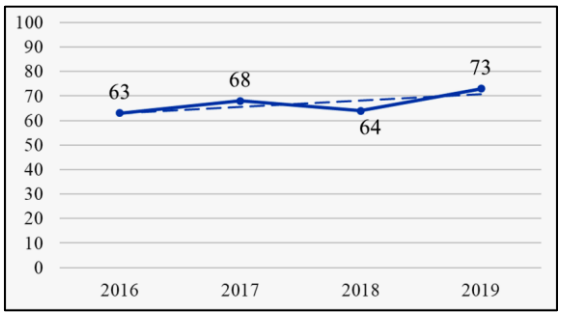


Рисунок 1 – Зависимость количества несчастных случаев при эксплуатации теплоэнергетического оборудования в России от года

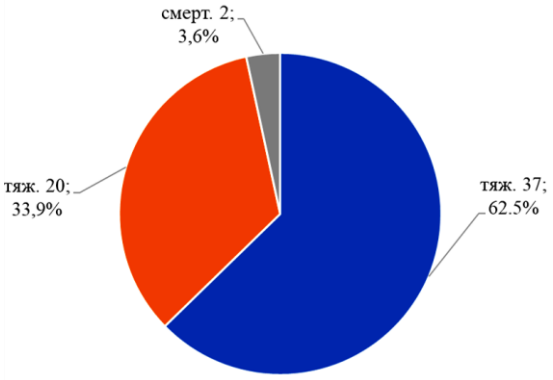


Рисунок 2 – Степень тяжести несчастного случая при эксплуатации тепловых сетей

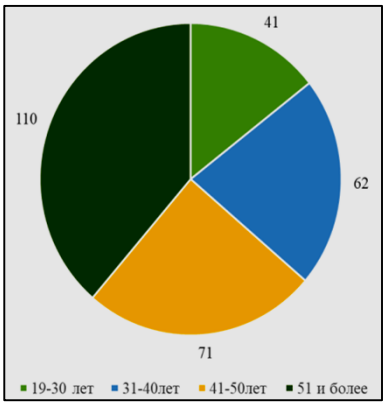


Рисунок 3 – Подверженность несчастным случаям по возрасту

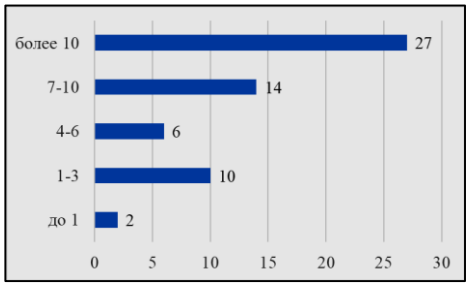


Рисунок 4 – Зависимость несчастных случаев от стажа работы сотрудников при эксплуатации теплоэнергетического оборудования

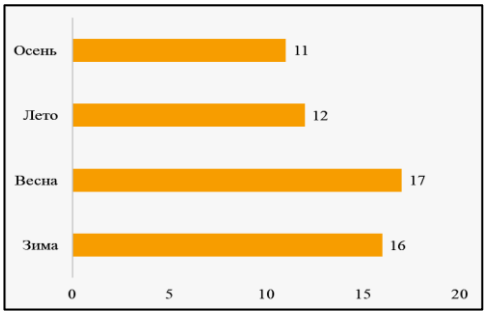


Рисунок 5 – Зависимость несчастных случаев от стажа сотрудников при эксплуатации тепловых сетей

(рисунок 3). На втором месте следует категория 41-50 лет – 71 человека, далее категория 31-40 лет – 62 человек, на последнем месте – категория 19-30 лет – 41 человек.

На частоту несчастных случаев влияет стаж работы. На рисунке 4 приведены данные по аварийности в зависимости от стажа работы.

И количество аварий зависит от времени года. На рисунке 5 приведены эти данные. Немного больше несчастных случаев весной.

Заключение

Проведенный анализ открытых данных по травматизму и аварийности на тепловых сетях г. Барнаула показал, что они находятся на среднероссийском уровне. Травматизм и аварийность на тепловых сетях г. Барнаула гораздо ниже, чем на объектах строительства.

В 2016 году количество введенных в эксплуатацию трубопроводов преобладает над 2015 на 24 участка, всего 52.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон № 261 от 23 ноября 2009 г // Собрание законодательства РФ. – 2009 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/.

2. Приказ Минэнерго РФ от 24 марта 2003 г. № 115 «Об утверждении Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок» [Электронный ресурс]. – URL: https://base.garant.ru/185671/.

Логвиненко Владимир Васильевич *– к. т. н., и. о. заведующего кафедрой «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: logvinvv@mail.ru.*

Журавлев Александр Владимирович *– студент группы 8С(з)-81 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: zhur4vlev18@yandex.ru.*

УДК 697.921.47

РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАФИКОВ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ГВС ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ЛЕТОМ В СЕТИ

В. В. Логвиненко, А. Г. Марикуц
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Одной из важнейших задач является определение параметров, при которых следует определять конструкцию моноблока и мощностей первой и второй ступени подогрева воды для ГВС. разработана схема горячего водоснабжения с моноблоком для ГВС на примере жилого дома в г. Барнаула, определены параметры теплоносителей в теплообменниках первой и второй ступени ГВС, при минимальных запасах площадей теплообменников при реализации температурного графика и расходов сетевой воды в г. Барнауле с учетом срезок при температуре наружного воздуха в диапазоне от +8 °С до -36 °С, в летний и отопительный периоды. Выполнены конструкторские и поверочные расчеты теплообменников и определены запасы поверхности моноблоков при температуре сетевой воды летом 75 °С и 80 °С.

Ключевые слова: *пластинчатые моноблочные теплообменники для систем горячего водоснабжения жилых зданий, параметры теплоносителей в теплообменниках первой и второй ступени ГВС, минимальный запас поверхности моноблока при разной температуре наружного воздуха, графики отопительных сетей.*

Приоритетным направлением развития промышленности в России в настоящее время является электронное производство в виде современных систем управления, приборов, программ и средств автоматизации в промышленности [1]. Для присоединения тепловой сети к потребителям тепловой энергии широко применяются пластинчатые теплообменники. Проблемы с оптимальной конструкцией пластинчатых теплообменников обостряется при использовании двухступенчатой схемы горячего водоснабжения, а также при сложных срезках отопительного графика. Поэтому актуальным становится выбор теплообменника для первой и второй ступени и в том числе для моноблоков горячего водоснабжения (ГВС). Одной из важнейших задач является определение параметров, при которых следует определять конструкцию моноблока и мощностей первой и второй ступени подогрева воды для ГВС.

На рисунке 1 приведена схема движения сред в моноблоке ГВС.

В работе [2] разработана схема горячего водоснабжения с моноблоком для ГВС на примере жилого дома в г. Барнаула, определены параметры теплоносителей в теплообменниках первой и второй ступени ГВС, при которых требуется максимальная теплообменная поверхность при реализации температурного графика и расходов сетевой воды в г. Барнауле с учетом срезок при температуре наружного воздуха в диапазоне от +8 °С до -36 °С, в летний и отопительный периоды. При температуре наружного воздуха +1 °С, расход воды в тепловой сети 12,5 т/ч, на отопление 31,3 т/ч, температура прямой воды 70 °С, обратной воды – 48,67 °С, расход воды на ГВС 8,36 т/ч, температура холодной воды 5 °С, горячей воды 65 °С.

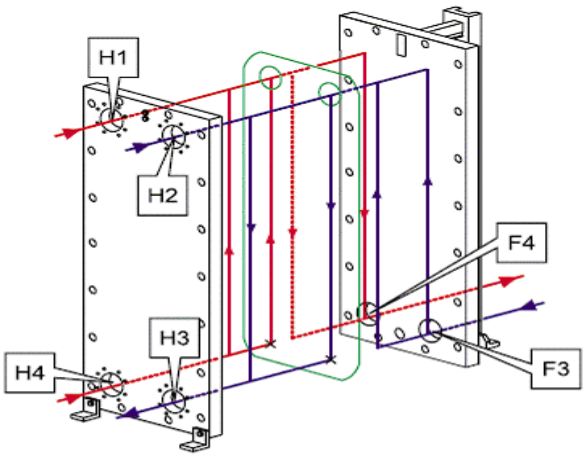


Рисунок 1 – Схема движения сред в моноблоке ГВС

Так же выполнены конструктивные расчеты пластинчатых теплообменников ГВС с запасом 7 %, для указанных параметров теплоносителей. Параметры моноблока системы ГВС ТИ18М-95 имеет суммарную поверхность теплообмена 16,56 м^2, запаса по

поверхности в зависимости от температурных данных и мощности в 1 ступени равен 9,54 %, 2 ступени равен 7,23 %, фактический коэффициент теплопередачи 1 ступени составляет 3028 Вт/м^{2}˚К, 2 ступени 4810 Вт/м^{2}˚К. Выполнены поверочные расчеты пластинчатых теплообменников системы отопления для параметров теплоносителей в диапазоне температур наружного воздуха от +8 ℃ до -36 ℃. Определены величины запаса поверхности теплообменников, от 7,54 % до 91,69 %. Выполнены поверочные расчеты пластинчатых теплообменников ГВС для параметров теплоносителей в диапазоне температур наружного воздуха от +8 ºС до -36 ºС. Определены величины запаса поверхности теплообменников, первой ступени от 9,58 % до 171,03 %, и второй ступени от 7,23 % до 480,35 %. Таким образом, теплообменники имеют огромные запаса поверхности.

Цель исследования – определить параметры пластинчатого теплообменника-моноблока теплообменниках первой и второй ступени ГВС при температурах воды в сети выше 70 ℃, сделать конструкторский и поверочные расчеты, оптимизировать теплообменники по запасам поверхности теплообменников.

В статье приводятся результаты расчетов теплообменников с температурой воды в сети 75-80 ℃, подробные конструкторские и поверочные расчеты приведены в [3].

Система отопления и система ГВС взаимосвязаны друг с другом, температура Т1 не должна падать ниже 70, так как эта сетевая вода должна нагревать вторую ступень ГВС до 65. В данной работе будет произведено исследование, на подачу в теплообменник системы ГВС вместо ранее установленных 70 градусов, мы рассчитаем теплообменник на 75 градусов и 80 градусов, с целью уменьшения поверхности теплообмена и удешевления его стоимости. Соответственно температура Т1 не должна падать ниже 75 и 80 градусов.

На рисунке 2 представлен график температур теплоносителя системы ГВС для первой ступени. Первая ступень предназначена для нагрева холодной воды (t′хв) обраткой системы отопления (t′), это экономит 30-40 % расход и теплосъем с сетевой воды.

На рисунке 3 представлен график температур теплоносителя системы ГВС для второй ступени. Во второй ступени пластинчатого теплообменника идет процесс нагрева подогретой холодной воды (t″хв) сетевой водой (Т1) до 65 ℃ и подача в систему горячего водоснабжения.

На рисунке 4 показаны запасы поверхности моноблока ТИ18-71 системы ГВС 1 ступени при разной температуре наружного воздуха.

Запасы поверхности моноблока ТИ18-71 системы ГВС 1 ступени колеблются в пределах 122-132 %. На рисунке 5 показаны запасы поверхности моноблока ТИ18-71 системы ГВС 2 ступени при разной температуре наружного воздуха.

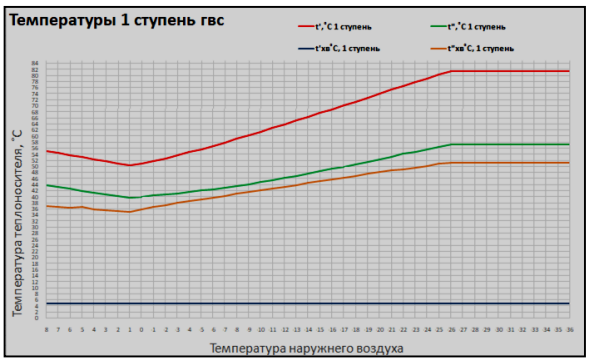


Рисунок 2 – Графики температур теплоносителя системы ГВС для первой ступени

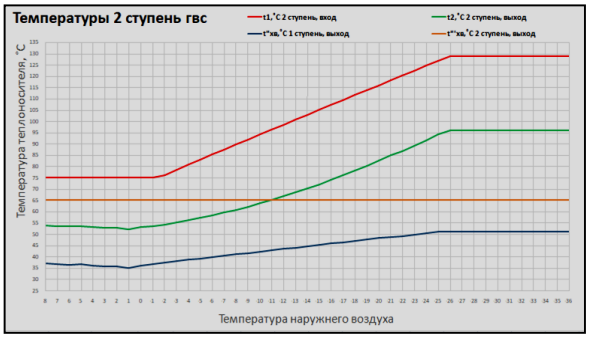


Рисунок 3 – Температуры теплоносителей системы ГВС 2 ступень

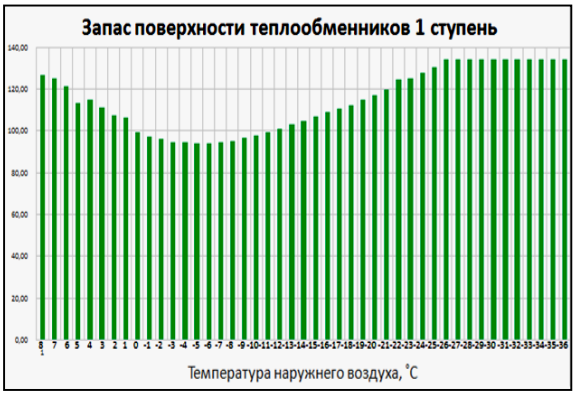


Рисунок 4 – Запас поверхности конструкторского моноблока ТИ18-71 системы ГВС 1 ступени при температуре воды в тепловой сети летом 75 ℃ в зависимости от температуры наружного воздуха

Рисунок 5 – Запас поверхности конструкторского моноблока ТИ18-71 системы ГВС 2 ступени при температуре воды в тепловой сети летом 75 ℃ в зависимости от температуры наружного воздуха

Выводы

Запасы поверхности моноблока ТИ18-71 системы ГВС 2 ступени колеблются в пределах 7-660 %. Запас поверхности теплообменника системы ГВС в 1 ступени при температуре воды в тепловой сети летом 80 ℃ минимален при -1 ℃ и составляет 103,86 %. При температуре воздуха +7˚С запас составляет 135,59 %, а при температуре -26 ℃ – 149,21 %. Запас поверхности теплообменника системы ГВС в 2 ступени минимален при +1 ℃ и составляет 8,26 %. При температуре +7 ℃ запас составляет 14,43 %, а при температуре -26 ℃ 541,9 %. Таким образом, увеличение температуры воды в тепловой сети летом выше 70 ℃ требует оптимизации теплообменников ГВС.

Сопоставление запасов поверхности запасов 1 и 2 ступени показывает, что в 1 ступени и во второй ступени они отличаются в разы. Поэтому есть целесообразность провести расчеты при других разбиениях мощностей по ступеням. Например, нужно взять меньшее количество каналов для 1 ступени и меньшее количество для второй ступени, но при этом нужно обращать внимание на ограничение гидравлического сопротивления ступеней моноблока. Радикальным вариантом является качественно-количественное регулирование тепловой сети вместо существующего качественного регулирования в летний и зимний режим. Также рациональным может явиться перераспределение тепловой мощности в пользу горячего водоснабжения в ущерб отопления. Это может быть обусловлено большой тепловой инерцией ограждающих конструкций. Так же целесообразно определить влияние тепловой инерции ограждающих конструкций на режимы отопления при срезке -26 ˚С в области более низких температур при малом числе часов стояния этих температур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация производства в современном мире [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: http://robotforum.ru/novosti-texnogologij/xolodnaya-statistika-svyaz-mezhdu-robotami-i-konkurentosposobnostyu.html (дата обращения: 10.04.2017).

2. Монич, Р. М. Исследования пластинчатых моноблоков в системах горячего водоснабжения: Магистерская диссертация: 2019 г. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: http://elib.altstu.ru/vkr/magister?page=14&faculty=3&group=&q=&year= (дата обращения: 10.12.2020).

3. Марикуц, А. Г. Расчетное исследование температурных графиков пластинчатых теплообменников в системах горячего водоснабжения и разработка приложения для визуализации оптимальных вариантов : магистерская диссертация [Электронный ресурс]. – 2020. – Электронные данные. – Режим доступа: http://elib.altstu.ru/vkr/magister?page=5&faculty=3&group=&q=&year= (дата обращения: 10.02.2021).

Логвиненко Владимир Васильевич *– к. т. н., и. о. заведующего кафедрой «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: logvinvv@mail.ru.*

Марикуц Андрей Григорьевич *– магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: mag19962105@mail.ru.*

УДК 697.921.47

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ГВС ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ СЕТЕВОЙ ВОДЫ

В. В. Логвиненко, В. В. Соколова
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Важной задачей является разработки приложения для расчета, визуализации и хранения данных по тепловым пунктам с ГВС. Большое количество различных схем ГВС, соотношения отопительной нагрузки и ГВС, параметров сети перед входами в центральные пункты домов обуславливают необходимость перевести расчеты, визуализацию и хранение данных по тепловым пунктам с ГВС в электронный вид. Разработано программное обеспечение, функционирующее в среде MS Excel, для хранения и визуализации расчетов теплообменников ГВС при повышенных температурах сетевой воды.

Ключевые слова: *пластинчатые моноблочные теплообменники для систем горячего водоснабжения жилых зданий, графики отопительных сетей, программное обеспечение, проект VBA Excel.*

Горячее водоснабжение стало практически обязательным при оказании коммунальных услуг.

Для обеспечения относительно низкой температуры в обратном трубопроводе сети города используется двухступенчатая схема горячего водоснабжения. Актуальным становится выбор пластинчатых теплообменников для первой и второй ступени для моноблоков горячего водоснабжения (ГВС).

Анализ параметров работы пластинчатых теплообменников, при которых следует определять конструкцию моноблока и мощностей первой и второй ступени подогрева воды для ГВС проведен в работе [1]. Здесь разработана схема горячего водоснабжения с моноблоком для ГВС на примере жилого дома в г. Барнаула.

Определены параметры теплоносителей в теплообменниках первой и второй ступени ГВС, при реализации температурного графика и расходов сетевой воды в г. Барнауле с учетом срезок при температуре наружного воздуха в диапазоне от +8 ℃ до -36 ℃, в летний и отопительный периоды.

Выполнены конструктивные расчеты теплообменников ГВС, подобраны типоразмеры при самых низких параметрах сетевой воды (70°C) и поверочные расчеты теплообменников системы отопления для параметров теплоносителей в диапазоне температур наружного воздуха от +8 ℃ до -36 ℃.

Величины запаса поверхности теплообменников в отопительном периоде, при высоких температурах теплоносителя, оказались очень высокими. Результаты расчетов теплообменников с температурой воды в сети 75-80 ℃, подробные конструкторские и поверочные расчеты приведены в [2].

Большое количество различных схем ГВС, соотношения отопительной нагрузки и ГВС, параметров сети перед входами в центральные пункты домов обуславливают необходимость разработки приложения для расчета, визуализации и хранения данных по тепловым пунктам с ГВС.

Разработанное приложение для хранения и визуализации данных по тепловым пунктам с ГВС функционирует в среде Microsoft Excel.

Хранение данных осуществляется средствами Excel для работы с базами данных.

Таблица базы данных приложения содержит данные, полученные в результате расчетов и систематизированные для хранения:

- адрес объекта (дома);
- значения температур теплоносителя, для которых был выполнен расчет для объекта;
- подобранные ПТО ГВС 1-й ступени и ПТО ГВС 2-й ступени и их характеристики (значение минимального запаса в процентах и температура, при которой будет обеспечен минимальный запас для теплообменников каждой ступени)
- ссылки на таблицы со значениями запасов для теплообменников каждой ступени для значений температур, для которых был выполнен расчет.

Сами таблицы хранятся на отдельных листах базы данных MS Excel.

В базу данных приложения в настоящее время включены результаты расчета для объекта по ул. Попова, дом 136 в г. Барнауле при подаче теплоносителя +70 градусов, +75 градусов и +80 градусов при наружной температуре воздуха от +8 градусов до -36 градусов [2].

Для визуализации необходимых данных с целью выполнения анализа в программе нужно выбрать адрес объекта и значение температуры теплоносителя.

После выбора температуры теплоносителя из списка (70, 75 или, 80 градусов) в окне программы отображаются параметры оптимальных теплообменников ГВС 1-й и 2-й ступеней для выбранной температуры теплообменника и их характеристики: минимальный запас поверхности теплообменника и температура наружного воздуха.

В панели ниже, можно просматривать значения запасов поверхностей для выбираемых в списке значений положительных температур (из рассчитанного диапазона 0..8 градусов) и отрицательных температур (из рассчитанного диапазона – 1 .. -36 градусов).

На рисунке 1 представлено окно программы с отображаемыми результатами.

Можно также отобразить диаграммы запасов для выбранной температуры теплоносителя для каждой ступени теплообменника. На рисунках 2 и 3 представлены окна с диаграммами.

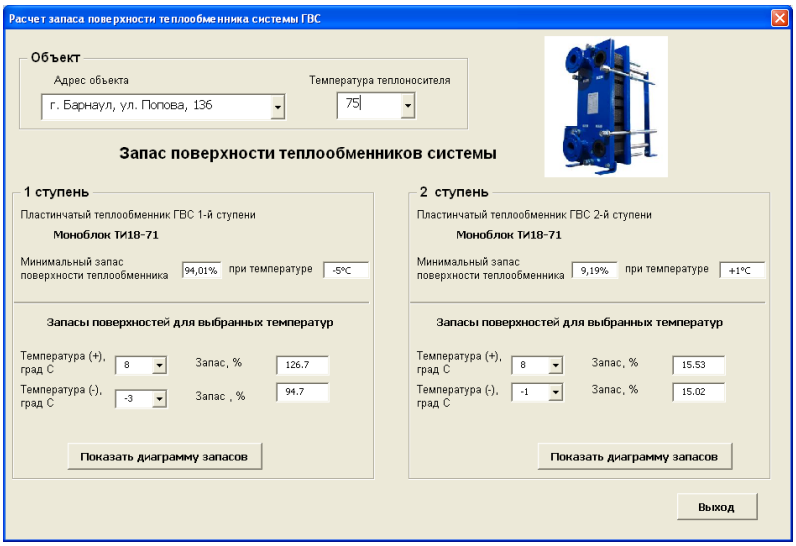


Рисунок 1 – Окно программы с отображением результатов

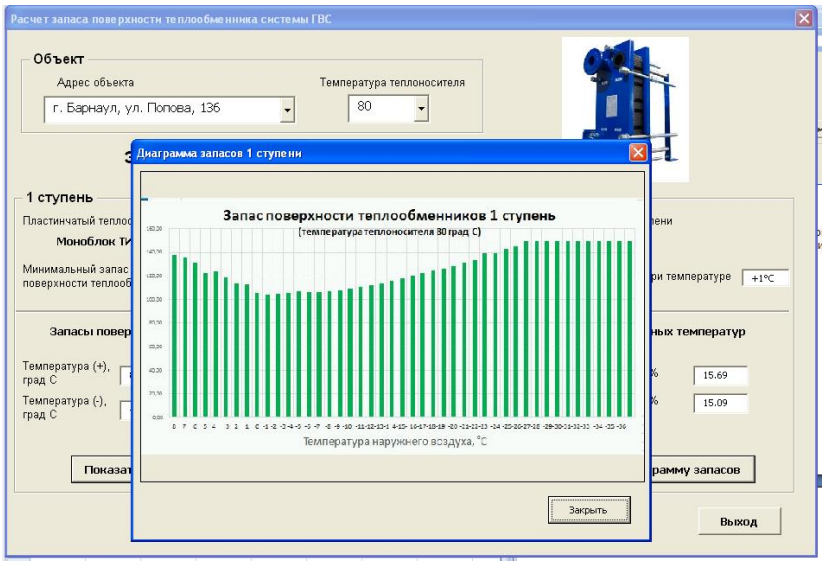


Рисунок 2 – Диаграмма запаса поверхности теплообменника 1-й ступени

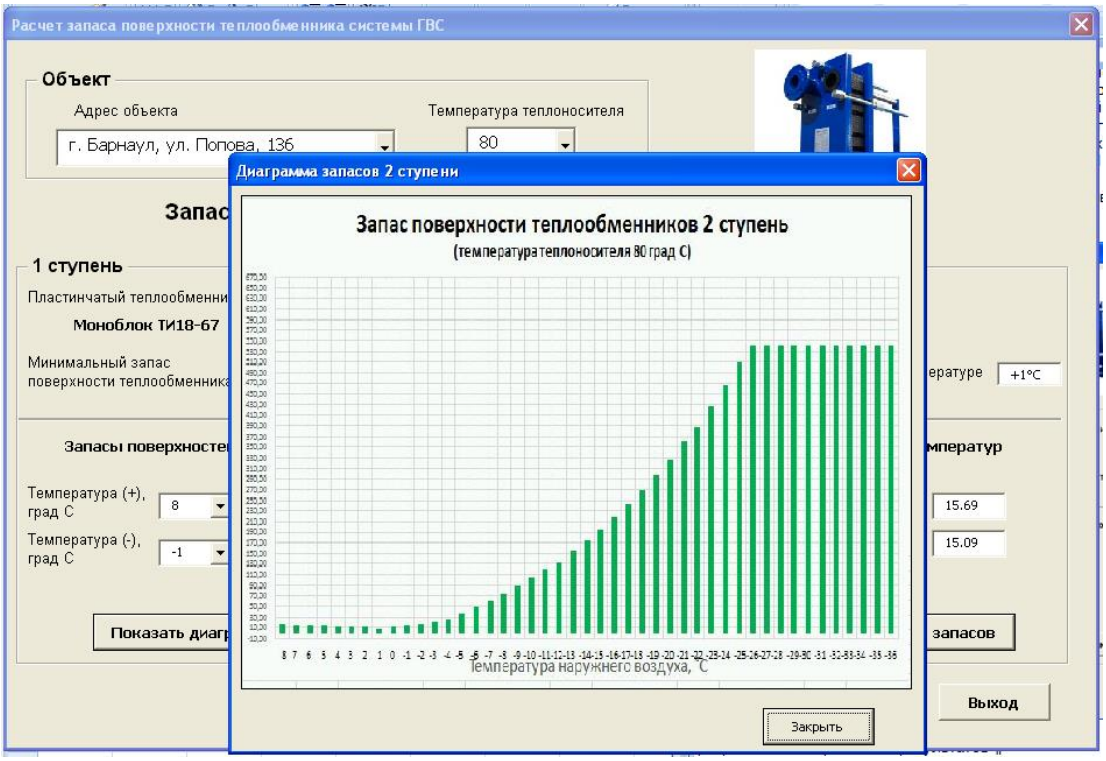


Рисунок 3 – Диаграмма запаса поверхности теплообменника 2 ступени

Для расчета теплообменников для других объектов нужно включить в базу данных приложения результаты расчетов теплообменников для этих объектов.

Используя разработанное приложение, инженер может без затруднения и специальной подготовки просчитать теплообменник на любых параметрах теплоносителя и наружного воздуха.

Вывод

Разработано приложение для визуализации оптимальных вариантов расчета пластинчатых теплообменников с целью уменьшения трудозатрат персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Монич, Р. М. Исследования пластинчатых моноблоков в системах горячего водоснабжения: Магистерская диссертация: 2019 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elib.altstu.ru/vkr/magister?q=Монич&faculty=3&group=&year=2019.

2. Марикуц, А. Г. Расчетное исследование температурных графиков пластинчатых теплообменников в системах горячего водоснабжения и разработка приложения для визуализации оптимальных вариантов. Магистерская диссертация: 2020 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elib.altstu.ru/vkr/magister?q=марикуц&faculty=3&group=&year=2020.

Логвиненко Владимир Васильевич *– к.т.н., и. о. заведующего кафедрой «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: logvinvv@mail.ru.*

Соколова Валентина Васильевна *– к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: vvsok@rambler.ru.*

УДК 628.83

АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ И ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ В РАБОТЕ ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Т. Е. Лютова
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Выполнен обзор и анализ работоспособности и основных причин отказов в работе элементов систем вентиляции в многоквартирных домах (МКД). На основании анализа нормативно-технической документации определены основные задачи, порядок и организация работы служб эксплуатации при обслуживании систем вентиляции в многоквартирных домах, определены основные требования.

***Ключевые слова**: системы вентиляции, нарушения в работе систем вентиляции, причины дефектов и отказов.*

Особенности и характеристики микроклиматических условий жилых и общественных зданий складываются из многих показателей:

- температура воздуха в помещении;
- влажность воздуха в помещении;
- подвижность воздуха и воздухообмен;
- температура ограждающих поверхностей;
- освещенность помещений;
- шумовая изоляция и др. [4]

Рассмотрим показатели, связанные подвижностью воздуха и воздухообмена. Основная задача систем вентиляции в многоквартирном доме – это чистый воздух в квартирах.

К системам вентиляции относятся устройства и оборудование, которые обеспечивают регуляцию воздухообмена в помещениях. Вентиляционные системы бывают нескольких различных видов (рисунок 1). В современных многоквартирных домах, в основном, используется принудительная вентиляция. Согласно ГОСТ 30494-2011 вентиляция должна обеспечивать следующие требования в жилых помещениях:

- качество воздуха в помещениях – не ниже допустимых пределов (до 1000 CO2 см^3/м^3);
- оптимальную влажность в помещениях – в пределах 30-60 %;
- скорость движения воздухопотоков – не более 0,2 м/с.

Нарушения или отказ в работе системы вентиляции сразу становятся заметны владельцам квартир в многоквартирном доме.

К явным признакам нарушения работы системы вентиляции относятся следующие:

- застой воздуха
- конденсат на окнах и зеркалах;
- распространение запахов из кухни;
- повышенная влажность, потемневшие углы;
- большое скопление пыли на решетках вентиляции и др.

Расчетные параметры воздуха в помещениях многоквартирного здания следует

Рисунок 1 – Вентиляционные системы в помещении

принимать согласно СП 60.13330. Кратность воздухообмена в помещениях в режиме обслуживания следует принимать в соответствии с таблицей 9.1 СП 54.13330.2016 [3, 4]. Различные варианты систем вентиляционных каналов в многоквартирных домах (МКД) приведены на рисунке 2.

При анализе основных нарушений и отказов в работе элементов систем вентиляции в МКД выделяются следующие возможные дефекты, и причины:

- нарушена герметичность каналов вентиляции;
- новые пластиковые окна;
- механический засор вентиляционных каналов;
- нарушение баланса из-за стороннего вмешательства в систему вентиляции.
- летнее время года.
- ошибки проектировщиков;
- ошибки монтажников;
- ошибки эксплуатационщиков;
- отступление от проекта, несоответствие проектной документации
- механические повреждения целостности элементов системы вентиляции, во время ремонта;
- сбои в работе автоматики системы дымоудаления.

Для многоквартирных домов старой застройки наиболее характерными являются следующие нарушения и отказы элементов систем вентиляции:

- засоры в вентиляционных каналах;
- несогласованная установка или демонтаж дополнительного вентиляционного оборудования собственниками,
- установка герметичных ограждающих конструкций, применение синтетических материалов при проведении ремонтных работ.

Для многоэтажных домов, в которых используется газ, из-за нарушений и дефектов в системе вентиляции до 70 % инцидентов – это на взрывы бытового газа, а также отравление продуктами сгорания бытового газа.

Мероприятия по обследованию систем вентиляции представлены на рисунке 3.

Состав работ по эксплуатации систем вентиляции многоквартирного дома:

- ввод в эксплуатацию;
- технический осмотр – планово-профилактические осмотры;
- ремонтные работы и диагностика оборудования внутри системы;
- аварийно-восстановительные работы [2].

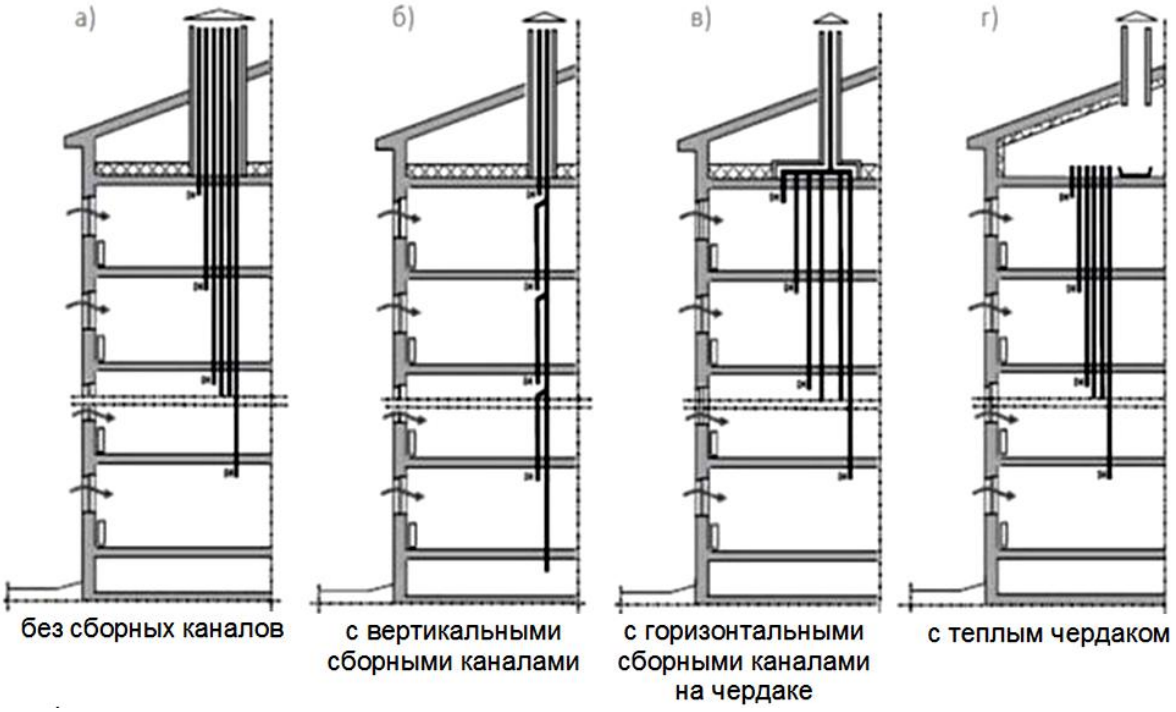


Рисунок 2 – Варианты расположения вентиляционных каналов в МКД

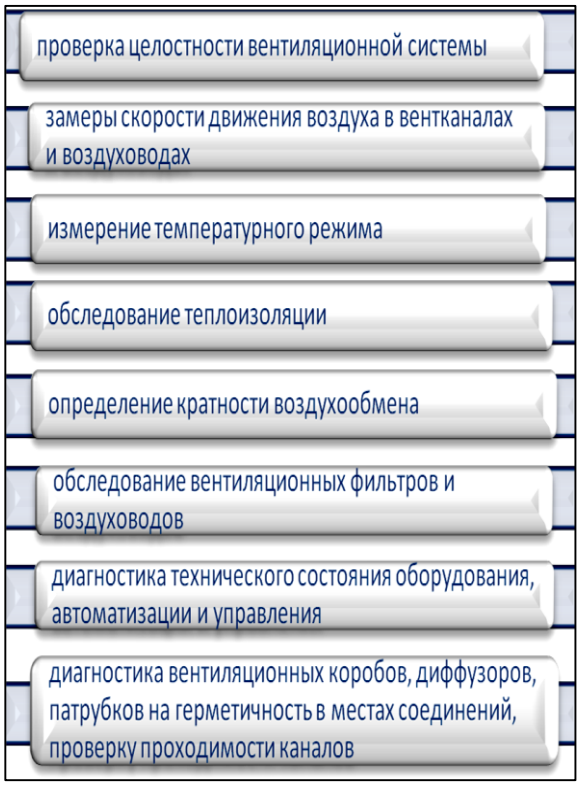


Рисунок 3 – Мероприятия по обследованию систем вентиляции

Периодичность работ по техническому осмотру дымоходов и вентиляционных каналов в многоквартирных домах и помещениях с устройствами внутридомового газового оборудования должна проводиться не реже 3 раз в год.

Внепланово проверка состояния дымовых и вентиляционных каналов и их очистка проводятся при:

- приемке дымовых и вентиляционных каналов в эксплуатацию при газификации МКД или подключении нового газоиспользующего оборудования;
- переустройстве и ремонте дымовых и вентиляционных каналов;
- отсутствии тяги.

В многоэтажных домах эксплуатационные работы систем вентиляции проводят специализированные организации.

На основании результатов технического осмотра разрабатывается план ремонтных работ.

План ремонтных работ приточно-вытяжной вентиляции:

- устранение повреждений вентиляционного канала;
- выполнение профилактических работ: чистки, обнаружения сбоев и тестирования автоматических систем управления;
- отладка и профилактика работы элементов, которые обеспечивают непрерывную работу системы вентиляции.

Эксплуатационные работы выполняются для поддержания систем вентиляции и дымоудаления многоквартирных домов в рабочем состоянии.

Сроки выполнения работ по эксплуатации элементов систем вентиляции многоквартирного дома определяется с учетом продолжительности эксплуатации элементов систем вентиляции, назначения, а также по результатам технического осмотра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблемы с вентиляцией и методы их устранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ventilationpro.ru/vytyazhnaya-ventilyatsiya/problemy-s-ventilyaciejj-i-metody-ikh-ustraneniya.html (дата обращения 18.02.2021).

2. СП 336.1325800.2017. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила эксплуатации; дата введения 2018-03-16. – М. : Стандартинформ, 2018. – 44 с.

3. СП 54.13330.2016. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003 (с Изменениями № 1, 2, 3); дата введения 2017-06-04. – М. : АО «Кодекс», 2017. – 75 с.

4. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуал. ред. СНиП 41-01–2003; дата введения 2017-06-17. – М. : АО «Кодекс», 2017. – 117 с.

Лютова Татьяна Евставьевна *– старший преподаватель кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: lut-t@mail.ru.*

УДК 624.05

ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В. Н. Лютов, С. А. Ананьев
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Эрозионно-аккумулятивные процессы связаны в основном с деятельностью современной речной сети (Оби и ее притоков), которая играет значительную роль в формировании современного рельефа, а также оказывает большое влияние на интенсивность процессов, протекающих на склонах (осыпи, оползни). Скорость разрушения берегов зависит от целого ряда причин, из которых, прежде всего, следует назвать характер слагающих их пород, гидродинамическое давление подземных вод, уменьшение прочности пород под действием процессов выветривания, понижения базиса эрозии, экспозицию береговых склонов и т. д. Интенсивность развития процессов усиливается в пределах активных новейших поднятий.

Ключевые слова: *территория, грунт, свойства, толща, плита, режим, процесс, этап, геологическое строение, Западно-Сибирская равнина, этапы геологического развития, торф.*

Речные воды производят огромную работу по размыву, переносу и накоплению продуктов разрушения. Свидетельством размаха современных процессов эрозии (боковой и глубинной) и аккумуляции является накопление отложений мощностью до 25-30 м, формирующих пойменную террасу, ширина которой в среднем течении Оби составляет 40-50 км. Особенно интенсивно боковая эрозия происходит в период паводков (весенних и летних, ливневых), когда скорость течения воды в реке достигает максимума и резко возрастает размывающая энергия потока. Для рек, текущих с Урала, характерна высокая скорость течения в связи с большим перепадом высот.

Река Обь и ее притоки производят колоссальную разрушительную работу. Размыву подвергаются как высокие водораздельные склоны, так и уступы террас и поймы. Интенсивно размываются склоны среднечетвертичной равнины у сел Прохоркино, Вертикос на всем протяжении от с. Коломенские Гривы до с. Кривошеино. За последние шестьдесят лет Обь сместилась у с. Кривошеино влево на несколько километров, разрушив большую площадь водораздельного плато.

Очень крупные разрушения и изменения конфигурации русел в плане наблюдаются в пределах самих долин, когда реки, не достигая бортов, перемещаются в собственных аллювиальных отложениях. Неоднократно меняла свое главное русло Обь выше г. Колпашево, у сел Леботер, Сарафановка и др. На многочисленных притоках Оби очень часто встречаются спрямленные русла, образованные в результате размыва и прорыва меандр. Каждый год на 1-2 м в глубь берега смещается р. Кеть у с. Белый Яр, разрушая террасовую поверхность, занятую постройками. За период 1965-1967 гг. был размыт склон первой надпойменной террасы протяженностью в 1 км, шириной 0,3 км у пос. Каргасок. Такие же разрушения берегов наблюдаются в районе сел Верхне-Вартовское, Новоникольское, у г. Колпашево и т. д.

Образование и рост оврагов, а также промоин связаны, главным образом, с действием временных водотоков. Сплошное распространение на территории рыхлых, легкоразмываемых пород благоприятствует развитию оврагов и промоин, однако чрезвычайно выровненный рельеф сдерживает их площадное развитие. Залегающие с поверхности торфяники, поглощая часть влаги, также частично предохраняют нижележащие породы от интенсивного размыва. Установлено, что наиболее интенсивно оврагообразование идет на участках, где с поверхности залегают нефильтрующие или слабофильтрующие легкоразмываемые глинистые, суглинистые и лессовые породы. Интенсивные неотектонические движения (в зависимости от направленности) в значительной степени усиливают или затушевывают рост и распространение овражной сети. Форма оврагов V-образная, длина их 0,1-0,5 км, глубина 30-50 м, в отдельных местах (в пределах локальных поднятий в центральных и юго-восточных районах Западно-Сибирской равнины) могут достигать глубины 80 м и более. Скорость роста оврагов в лессовых породах составляет 6-8 м в год. Образование новых оврагов и промоин

особенно быстро происходит вблизи населенных пунктов и в самих населенных пунктах. Объясняется это тем, что в процессе освоения территории и хозяйственной деятельности нарушается установившееся равновесие между комплексами природных факторов в результате уничтожения и без того слабого растительного покрова.

Наряду с интенсивными эрозионными и аккумулятивными процессами, ведущими к расчлененности рельефа, широкое развитие получило заболачивание территории, захватившее огромные пространства практически всех геоморфологических уровней, которое является одним из основных рельефообразующих процессов и направлено на консервацию рельефа. Детальное описание болот по типу, составу торфяных залежей, характеру растительности и т. д. в силу большой значимости этого явления при оценке природных условий территории приводится ниже.

С сезонным промерзанием пород связаны такие процессы, как облессование и пучинообразование грунтов, пользующиеся широким развитием в южной половине территории.

Облессование пород различного генезиса и возраста является результатом регулярного (сезонного) промерзания и протаивания пород верхней части разреза, под влиянием которого происходит изменение характера их сложения, обогащение пылеватыми частицами за счет разрушения песчаных и агрегации глинистых. В совокупности с аналогичными процессами, происходившими в более раннее геологическое время, эти изменения определили особенности структуры, состава и свойств лессовых пород.

Процессы облессования пользуются очень широким развитием в южной половине территории и ограниченным в северной, причем облессованию подвергается толща пород верхней части разреза обычно до глубины 2-4 м, а на дренированных склонах – до 6-8, иногда-10-12 м. При строительстве на лессовых породах необходимо учитывать возможность проявления ими в определенных условиях просадочных свойств.

С сезонным промерзанием пород связан и другой процесс, пользующийся широким развитием, – пучинообразование. В числе основных причин интенсивного развития в пределах территории пучинообразования являются:

1) широкое распространение пылеватых глинистых пород;

2) значительную влажность верхнего слоя перед промерзанием;

3) небольшую скорость и значительную глубину сезонного промерзания пород (1,0-2,5 м).

В результате продолжительных исследований в пределах южной половины территории (до линии устьев рек Ишим – Кеть) по интенсивности процессов пучинообразования выделяются районы с весьма интенсивным, интенсивным и слабым проявлением процессов пучинообразования в грунтах. Весьма интенсивное проявление процессов пучинообразования отмечено к северу от линии Тара - Томск. К югу эта территория сменяется полосой интенсивного проявления процессов пучинообразования. Южная граница района проходит немного севернее линии Омск – Барнаул. Район со слабым проявлением процессов пучинообразования в пределах описываемой территории занимает площади к западу от Омска. Проведенное районирование хорошо подтверждается фактическими данными о распространении мерзлотных деформаций земляного полотна на существующих железнодорожных линиях.

К сожалению, в северной половине территории не проводились подобные исследования, поэтому для нее мы можем дать только приблизительную оценку проявления процессов пучинообразования. По аналогии с южной половиной территории здесь можно ожидать весьма интенсивного проявления пучинообразования на участках, сложенных пылеватыми глинистыми грунтами, характеризующимися значительной влажностью (водораздельные пространства Обь-Иртышского, Тым-Вахского междуречий; террасы левобережной Оби). На остальной территории, сложенной с поверхности преимущественно песками (Кеть-Тымское междуречье, правобережные террасы Оби и ее притоков), можно ожидать менее активного пучинообразования. Вероятно, эти участки можно отнести к районам с интенсивным проявлением пучинообразовательных процессов. Эти процессы оказывают существенное влияние на инженерногеологические условия местности. Так, на железнодорожной линии Томск – Асино протяженность пучинных мест достигала 20 % от развернутой длины дороги.

К процессам и явлениям, связанным с действием подземных вод, относятся явления плывунности и процессы механической суффозии. Плывунность пород можно считать самым распространенным после заболачивания территории явлением, которое может проявиться только при вскрытии пород горными выработками или естественными процессами. При бурении скважин в отложе-

ниях почти всех геолого-генетических комплексов, выделяемых на этой территории, были вскрыты водонасыщенные породы, обладающие способностью переходить в подвижное плывунное состояние. Этот переход сильно осложняет процесс бурения скважин, так как образование «пробок» при проходке плывунов приводит к «прихватыванию» инструмента.

В большинстве случаев развитые здесь породы, обладающие плывунными свойствами, относятся нами к типу пород с конденсационно-коагуляционными структурными связями. Среди пород этого типа выделяются дилатантно-тиксотропные песчано-коллоидные плывуны, характеризующиеся слабой связью между крупнодисперсными и коллоидными фракциями грунта, представленные тонкими и пылеватыми песками, а также плывунные глины (породы супесчано-суглинистого состава, обладающие всеми признаками, свойственными плывунам).

Результаты анализов образцов, отобранных из среднечетвертичных (ширтинско-тазовского горизонта) и верхнечетвертичных (третьей надпойменной террасы) отложений, показывают, что содержание песчаной фракции (более 0,05 мм) изменяется от 64 до 90 %, крупнопылеватых частиц – от 1,8 до 15 % и глинистых-от 1,8 до 11 %. Грунты находятся в состоянии сильной диспергации, о чем свидетельствует тот факт, что добавление при проведении гранулометрического анализа такого сильного диспергатора, как пирофосфат натрия, практически не повысило стабильности и дисперсности суспензий, и увеличение количества глинистых частиц за счет песчаных составляет всего 1-2 %. Высушивание образцов плывуна до воздушно-сухого состояния резко уменьшает процентное содержание частиц менее 0,05 мм за счет необратимой агрегации. Поэтому если при естественной влажности мы относим некоторые грунты к суглинкам, то после высушивания они переходят в иные литологические разности, например в песок, и превращаются в плотную, сцементированную, водостойкую породу. Определение естественной влажности этих грунтов показало, что величина ее у песчано-коллоидных грунтов больше, чем у суглинистых (соответственно 30 и 23 %). Большая гигроскопическая влажность (от 1,3 % до 1,5 %) свидетельствует о высокой гидрофильности исследованных пород. Объемный вес влажных грунтов колеблется от 2,25-2,35 г/см^3 (песчано-супесчаные разности) до 2,48 г/см^3 (легкий суглинок). Показатели удельного веса не отличаются от стандартных значений соответствующих литологических разностей и колеблются в пределах 2,60-2,69 г/см^3.

При освоении новых площадей необходимо учитывать, что плывуны значительно усложняют проведение горных и строительных работ и могут быть причиной деформаций и даже аварий сооружений.

Процессы механической суффозии чаще всего происходят в пылеватых и мелких песках различного возраста, а также в лессовидных супесях и суглинках бахтинского надгоризонта. В первом случае механический вынос частиц из породы связан с действием постоянного фильтрационного потока, во втором – с действием временных водотоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков, И. А. Палеоценовая кора выветривания как важнейший хронологический репер в геологии Западной Сибири / И. А. Волков, С. П. Казьмин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2007. – № 2. – С. 221-223.

2. Ершов, С. В. Палеобатиметрия позднеюрско-неокомского бассейна севера западной Сибири и влияние на нее природных процессов / С. В. Ершов // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57. – № 8. – С. 1548-1570.

Лютов Владимир Николаевич *– к. т. н., заведующий кафедрой «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: vnlutov@ mail.ru.*

Ананьев Сергей Анатольевич *– старший преподаватель кафедры «Технология и механизация строительства», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: ananda_hasita@mail.ru.*

УДК 625.855.3

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНО-МИНЕРАЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ «NICOFLOK» ПРИ УСТРОЙСТВЕ ОСНОВАНИЯ ИЗ АСФАЛЬТОГРАНУЛЯТА МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Г. С. Меренцова, А. А. Добрынина
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Разработана технология производства работ по холодному ресайклингу асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог с укреплением портландцементом и добавкой «Nicoflok».Проведено устройство экспериментального участка на автомобильной дороге из асфальтогранулята, укрепленного портландцементом с полимерно-минеральной композицией «Nicoflok». Установлено, что применение добавки «Nicoflok» способствует улучшению физико-механических показателей слоя основания из асфальтогранулята, укрепленного цементом

Ключевые слова: *автомобильные дороги, холодный ресайклинг, полимерно-минеральная композиция, основания дорожной одежды*

Проведено устройство экспериментального участка на автомобильной дороге «Быканов Мост – Солоновка – Солонешное – граница Республики Алтай» в Смоленском районе Алтайского края.

При этом использовалась высокопроизводительная технология холодного ресайклинга асфальтобетонного покрытия дорожной одежды с укреплением портландцементом (6 % от массы асфальтогранулята) и полимерно-минеральной композиции «Nicoflok» (0,6 % от массы асфальтогранулята) [1].

Устройство экспериментального участка осуществлялось при холодной регенерации асфальтобетонного покрытия существующей дорожной одежды на глубину 15 см. Поперечный профиль конструкции дорожной одежды представлен на рисунке 1.

Для устройства конструктивного слоя из асфальтогранулята, укрепленного портландцементом на экспериментальном участке использовался комплект машин, приведенный на рисунке 2 [2].

Технологический процесс устройства конструктивного слоя из асфальтогранулята, укрепленного портландцементом с полимерно-минеральной композицией «Nicoflok» на экспериментальном участке осуществлялся в следующей последовательности:

- распределение полимерно-минеральной композиции «Nicoflok» с применением распределителя марки Gardena Comfort 800;
- холодный ресайклинг дорожной одежды на величину 15 см одним проходом по одному следу с применением ресайклера WR2500S и смесительной установки WM1000;
- профилирование поверхности регенерированного слоя автогрейдером ГС-14.02;
- уплотнение комбинированным вибрационным катком HAMM-3518 массой 18 тонн.

Распределение полимерно-минеральной композиции «Nicoflok» осуществлялось на существующее асфальтобетонное покрытие с применением распределителя марки Gardena Comfort 800, который оснащен системой дозировки, с расходом 1,35 кг/м^2. Соблюдение необходимой дозировки осуществлялось благодаря неподвижной заслонке и шнековой системе распределения. Распределение осуществлялось короткими участками по 30 метров перед ведущим комплектом машин.

Далее осуществлялось регенерирование существующей дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием на толщину 15 см. Ведущей машиной для холодного ресайклинга являлся ресайклер WR2500S и смесительная установка WM1000, которая осуществляла подачу цементо- водной суспензии в барабан ресайклера. Расход портландцемента М400 составлял 6 % от массы асфальтогранулята.

Регенерация существующей дорожной одежды ресайклером WR2500 осуществлялась на ширину 2,5 м, с перекрытием смежных полос 0,5 м. Устройство экспериментального участка осуществлялось на ширину 4,4 м за два прохода ресайклера.

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНО-МИНЕРАЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ «NICOFLOK» ПРИ УСТРОЙСТВЕ ОСНОВАНИЯ ИЗ АСФАЛЬТОГРАНУЛЯТА МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

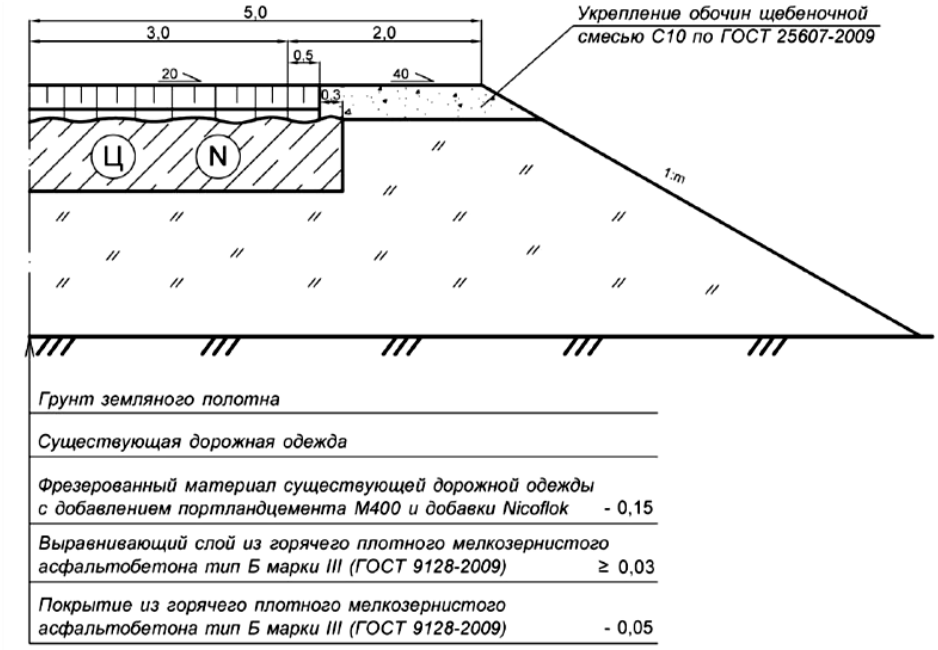
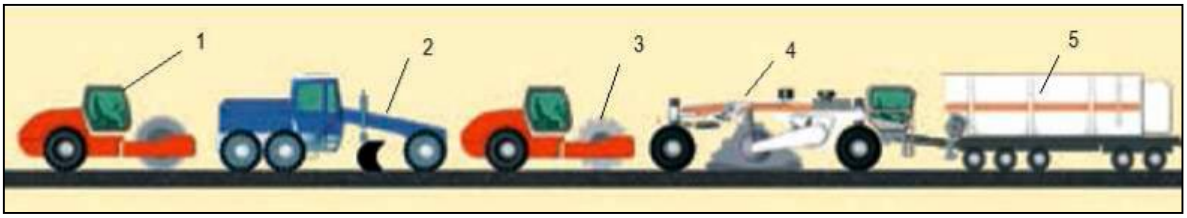


Рисунок 1 – Поперечный профиль конструкции дорожной одежды на экспериментальном участке автомобильной дороги «Быканов Мост – Солоновка – Солонешное – граница Республики Алтай»



1 − каток для основного уплотнения, 2 – автогрейдер для профилирования, 3 – каток для предварительного уплотнения, 4 – колесный ресайклер WR 2500S, 5 – установка WM 1000 для приготовления цементно-водной суспензии

Рисунок 2 – Комплекс машин для холодного ресайклинга на экспериментальном участке

После прохода ресайклера за ним с интервалом 4-5 м по регенерируемой полосе с такой же скоростью двигался комбинированный каток HAMM-3518 массой 18 тонн для прикатки разрыхленной смеси и предотвращения интенсивного влагопоглощения. Одновременно каток подготавливал отфрезерованный слой под профилирование автогрейдером ГС-14.02. Эта технологическая операция осуществлялась за два прохода по одному следу.

Прикатанная поверхность основания профилировалась автогрейдером ГС-14.02, оснащенным автоматической системой слежения за вертикальными проходами. Профилирование проходов завершается после 8 проходов автогрейдера при рабочем ходе в одном направлении.

Окончательное уплотнение основания осуществлялось комбинированным катком HAMM-3518 с включенным вибратором.

Отбор проб и анализ вырубок из конструктивного слоя экспериментального участка на автомобильной дороге проводился после периода твердения асфальтогранулята, укрепленного портландцементом с полимерно-минеральной композицией «Nicoflok» (через 28 суток) из конструктивного слоя были отобраны керны для оценки прочностных характеристик.

Образцы-керны (балочки) выпиливались из конструктивного слоя экспериментального участк (укрепление асфальтогранулята портландцементом М400 с полимерно-минеральной композицией «Nicoflok») и контрольного участка (без добавки полимерно-минеральной композиции «Nicoflok») при по-

мощи бензореза, с геометрическими размерами, близкими к стандартным размерам балочки 40 × 40 × 160 мм. Поверхность образцов-кернов (балочек) очищалась от пыли и грязи с помощью щетки.

Образцы-керны (балочки) подвергались испытанию на определение предела прочности на растяжение при изгибе и предела прочности при сжатии в соответствии с ГОСТ 12801-98.

Полученные после испытания на изгиб половинки балочек сразу подвергали испытанию на сжатие. Половинку балочки помещали между двумя пластинками таким образом, чтобы боковые ровные грани находились на плоскостях пластинок, а упоры плотно прилегали к торцевой гладкой плоскости половинки балочки. Половинка балочки вместе с пластинками центрировалась на опорной плите пресса. Исследования образцов-кернов (балочек) показывают, что асфальтогранулят с экспериментального участка на автомобильной дороге «Быканов мост – Солоновка – Солонешное – граница Республики Алтай» ПК22+87 – ПК24+50, обработанный цементом марки М400 и полимерной добавкой «Nicoflok» обладает следующими прочностными показателями:

- предел прочности на растяжение при изгибе образцов-кернов (балочек) из асфальтогранулята, укрепленного цементом марки М400 и полимерной добавкой «Nicoflok» выше на 3 % по сравнению с контрольным составом без добавки «Nicoflok».

- предел прочности на сжатие образцов-кернов (балочек) из асфальтогранулята, укрепленного цементом марки М400 и полимерной добавкой «Nicoflok» выше в 1,95 раза по сравнению с контрольным составом без добавки «Nicoflok».

- водонасыщение образцов-кернов из асфальтогранулята, укрепленного цементом марки М400 и полимерной добавкой «Nicoflok» ниже на 46 % по сравнению с контрольным составом без добавки «Nicoflok», что должно способствовать увеличению межремонтных сроков при использовании добавки.

В результате проведенных испытаний в лабораторных условиях были определены основные физико-механические показатели асфальтогранулята, укрепленного портландцементом с полимерно-минеральной композицией «Nicoflok» такие, как прочностные показатели (предел прочности при сжатии и предел прочности на растяжение при расколе), водонасыщение, водостойкость и коэффициент морозостойкости.

Эти результаты свидетельствуют о положительном влиянии добавки «Nicoflok» на свойства асфальтогранулята в сравнении с контрольным составом без добавки, а именно:

- при испытание на сжатие прочность образцов возрасте от 7 до 28 суток с добавкой «Nicoflok» возросла в 1,4 раза, а прочность образцов без добавки «Nicoflok» – в 1,2 раза, при этом прочность при сжатии контрольных образцов (без добавки) была меньше прочности образцов с добавкой на 7,5 %;

- прочность на растяжение при расколе образцов в возрасте 28 суток с добавкой «Nicoflok» на 15 % выше прочности контрольных образцов без добавки «Nicoflok»;

- водонасыщение образцов асфальтогранулобетона с добавкой «Nicoflok» составило 1,37 %, что на 44,5 % ниже по сравнению с контрольным составом без добавки;

- коэффициент водостойкости лабораторных образцов асфальтогранулобетона с добавкой «Nicoflok» выше показателей контрольного состава на 6 %;

- морозостойкость образцов определена при 50 циклах замораживания и оттаивания, при этом прочность образцов на сжатие после испытания с добавкой «Nicoflok» на 28,6 % выше, чем образцов без добавки, что свидетельствует о положительном влиянии добавки «Nicoflok» на морозостойкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новые технологии и машины при строительстве, содержании и ремонте автомобильных дорог : учебное пособие / Г. Л. Антипенко [и др.] ; Мн. : Дизайн ПРО, 2000. – 224 с.

2. Ресайклер WR2500. Новейшие технологии. – Wirtgen, 1997. – 52 с.

Меренцова Галина Степановна *– д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: adio-06@mail.ru.*

Добрынина Анастасия Андреевна *– студент группы 8САД-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова», e-mail: nastydobrynina@mail.ru*.

УДК 625.823.2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГЛАДКОСТЕННЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Г. С. Меренцова, Н. В. Медведев, И. В. Дронов
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Наиболее целесообразно на автомобильных дорогах низких технических категорий (III-V категории) использовать металлические водопропускные трубы, которые позволяют сэкономить капиталовложения в технологии их устройства, а также сократить трудозатраты. Но при этом существуют некоторые технологические особенности, которые необходимо учитывать при монтаже металлической гладкостенной водопропускной трубы, чтобы гидротехническое сооружение работало в запроектированном в инженерном проекте режиме.

Ключевые слова: *водопропускные трубы, автомобильные дороги, металлические гладкостенные водопропускные трубы, земляного полотно.*

Увеличение масштабов строительства новых и реконструкции действующих автомобильных дорог связано с расширением строительства искусственных сооружений [1]. Металлические трубы можно располагать с учетом сочетания плана и продольного профиля автомобильной дороги, подчиняя направлению трассы. Устройство металлических гладкостенных водопропускных труб включает следующие этапы: подготовительные работы; устройство котлована и подготовка основания; монтаж металлической трубы; устройство защитного покрытия; устройство грунтовой обоймы и засыпка труб; устройство укреплений откосов и русел у водопропускных труб.

До начала производства работ по строительству водопропускной трубы необходимо провести комплекс подготовительных работ. Подготовительные работы включают доставку трубы и материалов для её устройства к месту производства работ, а также геодезические и разбивочные работы.

При перевозке металлических труб должно быть обеспечено их устойчивое расположение на транспортных средствах в горизонтальном положении с применением необходимых креплений и прокладок согласно схемам крепления завода-изготовителя. Погрузку и разгрузку труб следует осуществлять при помощи кранов с применением захватных приспособлений.

Геодезические и разбивочные работы должны обеспечить точное расположение трубы в плане и профиле и включать:

- привязку сооружения;
- разбивку сооружения в плане;
- контроль отметок дна котлована и верха основания;
- нивелирование продольного профиля трубы и входного и выходного русел.

Определение всех отметок должно производиться с привязкой к постоянному реперу, расположенному вблизи от строящегося объекта. Перед началом выполнения строительно-монтажных работ создается геодезическая разбивочная основа для строительства, закрепляются на площадке строительства пункты основы: точка пересечения оси трассы и трубы (не менее двух створных столбов с каждой стороны дороги, закрепляющих продольную ось трубы и высотный репер). Геодезист (мастер) выполняет инструментальную разбивку оси и сечения котлована, границ отвалов грунта, зон передвижения механизмов и складирования материала.

До начала работ по устройству котлованов должны быть выполнены подготовительные работы: корчевка кустарника, выравнивание и планировка площадки бульдозерами. При планировке площадки следует обеспечить уклон поверхности для стока воды.

В плотных необводненных грунтах при глубине до 1,5 м котлованы устраиваются с отвесными стенками без крепления. При более слабых грунтах по ГОСТ 25100 и большей глубине котлована откосы стенок уполаживаются [2]. Устройство основания под трубу допускается только в сухом котловане.

Допускаемый перерыв между окончанием разработки котлована и устройством основания следует устанавливать в проекте, причем он не должен превышать двух суток. При вынужденных сверх установленного срока перерывах должны быть приняты меры к

сохранению природных свойств грунта основания. Дно котлована до проектных отметок (на 5-10 см) необходимо зачищать непосредственно перед устройством основания.

Материал для устройства основания должен засыпаться непосредственно в котлован или на его бровку с последующим перемещением его слоями в котлован бульдозером или погрузчиком. В котловане материал должен разравниваться и уплотняться грунтоуплотняющими машинами. Толщина слоя и число проходов по одному следу должны назначаться по результатам пробного уплотнения в зависимости от характеристик уплотняющей техники и состава материала.

При выборе крана для монтажных работ необходимо учесть массу наиболее тяжелого элемента, а также массу строповочных элементов (строп, траверс), которые принимают для поднятия груза. Непосредственно перед монтажом водопропускной трубы автомобильный кран подготавливается к работе. В первую очередь кран устанавливается на выносные опоры. Трубу монтируют на подготовленное основание, при предварительном их уплотнении катком.

С учетом необходимой длины металлической гладкостенной водопропускной трубы она может быть как цельная, так и состоять из нескольких частей. Если металлическая труба состоит из нескольких частей, то её сваривают непосредственно в месте укладки. Монтаж трубы должен производиться на спланированном основании или вблизи проектной оси трубы. Труба в проектное положение должна устанавливаться монтажным краном.

Работы по устройству защитного покрытия на монтажной площадке следует выполнять в несколько этапов:

- подготовка (очистка) поверхности;
- нанесение грунтовочного покрытия;
- нанесение защитных слоев с просушкой каждого слоя.

Перед нанесением мастики на незащищенную поверхность ее необходимо очистить от грязи, пыли, наледи, масляных и нефтяных пятен. Твердые наслоения следует снимать металлическими щетками, лед удалять газовоздушными горелками, нефтяные и масляные пятна снимать ветошью, смоченной бензином. Нанесение грунтовочного покрытия следует производить методом распыления сжатым воздухом или методом безвоздушного распыления. Основное защитное битумное покрытие должно состоять из двух или трех слоев. Нанесение мастики должно производиться после высыхания грунтовки, но не позднее, чем через сутки после ее нанесения. Нанесение мастики следует производить методом безвоздушного распыления.

Устройство грунтовых обойм и засыпку металлических водопропускных труб следует вести с опережением возведения земляного полотна. Необходимость оставления в насыпях прогалов для устройства металлических водопропускных труб должна быть обоснована проектом, при этом ширина прогала понизу должна назначаться из расчета обеспечения расстояния между основанием откоса насыпи и осью трубы.

Процесс устройства неармированной грунтовой обоймы у водопропускных труб должен включать следующие виды работ:

- транспортировку грунта из карьера или резерва автосамосвалами или скреперами;
- разравнивание грунта бульдозером слоями заданной толщины;
- послойное уплотнение грунта виброкатками или пневмокатками, а в непосредственной близости от трубы (менее 1 метра) уплотнение механизированными трамбовками с подштыковкой грунта;
- контроль плотности засыпки.

После уплотнения слоя грунта с одной стороны трубы должна производиться отсыпка следующего слоя, а с другой стороны - уплотнение грунта. В таком порядке должна осуществляться отсыпка и уплотнение всех слоев до верха трубы.

Уплотнение каждого слоя грунта, если оно производится при движении машин вдоль трубы, следует начинать с удаленных от нее участков и с каждым последующим проходом приближаться к стенкам трубы.

Труба должна быть засыпана не позднее, чем через трое суток после нанесения защитного слоя. Особое внимание при устройстве водопропускных труб малых диаметров необходимо уделять укреплению откосов насыпи и русла в местах расположения трубы. Для дорог низких категорий (IV – V технической категории) предпочтение рекомендуется отдавать следующим конструкциям укрепления, которые наиболее простые в исполнении и не дорогие: растительный грунт (рисунок 1), каменная наброска (рисунок 2), одиночное мощение камнем на щебне (рисунок 3).

При выборе типов укреплении откосов насыпи и русла водотока у входного и выходного оголовков металлических водопропускных труб необходимо учитывать значения допускаемой скорости течения воды: при скорости

до 0,8 м/с в качестве типа укрепления можно применять засев трав (рисунок 1); при скорости 1,0-1,8 м/с - одерновка плашмя и в стенку; при скорости 2,5-3,5 м/с – одиночное мощение на щебне камнем 15-25 см (рисунок 2); при скорости 3,5-5,0 м/с – двойное мощение камнем 15-25 см.

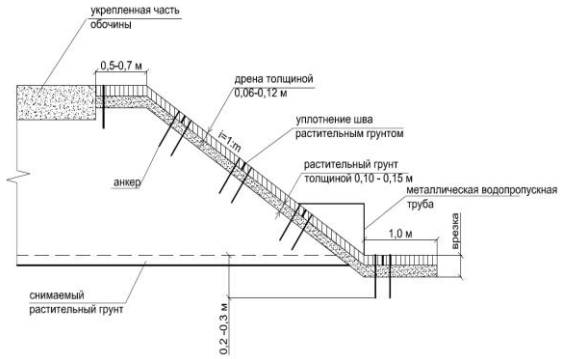


Рисунок 1 – Укрепление откосов растительным грунтом

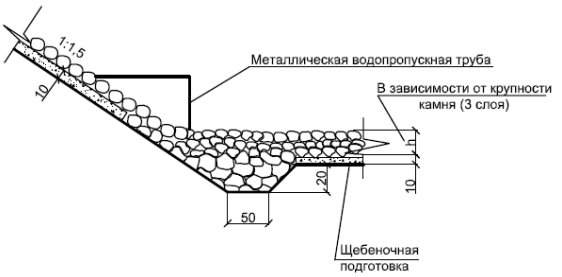


Рисунок 2 – Каменная наброска

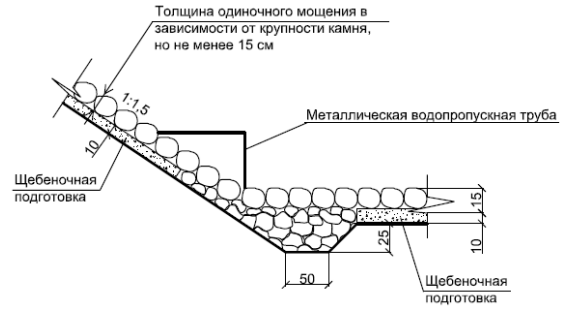


Рисунок 3 – Одиночное мощение камнем на щебне

Для дорог III категории рекомендуется использовать следующие конструкции укрепления откосов, а именно:

- георешетки и объемные георешетки;
- из монолитного бетона;
- из железобетонных блоков П-1 и П-2;
- габионными конструкциями.

Это технологические решения являются более дорогими и сложными в исполнении, но имеет ряд преимуществ, к которым относятся долговечность и устойчивость к природным факторам.

В некоторых случаях при устройстве металлических водопропускных труб рекомендуется на входном оголовке устраивать мусорозащитную конструкцию, которая представляет собой решетку из арматуры стали Ст3 диаметром 10 мм. Шаг арматурных стержней по горизонтали 50 мм, а по вертикали – 100 мм. Данная решетка позволяет защитить трубу от крупного мусора и грязи, а также дает возможность в более коротки сроки провести очистительные работы после периода осенней распутицы, так как большая часть мусора скапливается именно у решетки и не попадает внутрь водопропускной трубы.

Таким образом, металлические гладкостенные водопропускные трубы являются оптимальным технологическим решением на автомобильных дорогах низких категорий, так как просты в исполнении и существенно дешевле, чем железобетонные трубы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водопропускные трубы под насыпями: книга / Е. А. Артамонов [и др.], под ред. О. А. Янковского. – М. : Транспорт, 1982. – 232 с.

2. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация : Дата введения 2021-01-01. – Москва, 2021. – 41 с.

Меренцова Галина Степановна *– д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: adio-06@mail.ru.*

Медведев Никита Владимирович *– старший преподаватель кафедры «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: megohat@mail.ru.*

Дронов Илья Владимирович *– студент группы 8САД-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: dronow_ilja@mail.ru*.

УДК 625.7

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ПО БОРЬБЕ С НАЛЕДЯМИ ПРИ СОДЕРЖАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ПРЕДГОРНЫХ РАЙОНАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ С ИХ ОЦЕНКОЙ

Г. С. Меренцова, Н. В. Медведев, Д. С. Павлюченко
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Наледи остаются актуальной проблемой для многих автомобильных дорог Алтайского края и Республики Алтай. Связано это в первую очередь с тем, что еще на этапе проектирования автомобильных дорог не всегда учитывался фактор возможного возникновения наледи в будущем, особенно на тех участках, где через будущую автомобильную дорогу проходили небольшие ручьи или грунтовые воды находились достаточно близко к поверхности земли. В связи с этим на некоторых участках дорог происходит образование наледей, которые могут выходить на покрытие дороги или затоплять отверстия водопропускных труб и мостов, тем самым создавая аварийные ситуации для дорожного движения. Поэтому существует необходимость в разработке и оценке новых эффективных методов для борьбы с наледями в предгорных и горных районах Алтайского края и Республики Алтай.

Ключевые слова: *наледи, наледеобразование, методы борьбы с наледями, автомобильные дороги, водопропускные трубы, виды наледей.*

Образование наледей на автомобильных дорогах в первую очередь связано с тем, что на этапе проектирования автомобильных дорог не были проведены в достаточном объеме геологические и гидрологические изыскания в местах проложения будущей трассы. Это связано с тем, что при проектировании дорог в горной местности достаточно сложно перенести участок проложения трассы, так как особые условия горных районов этого не позволяют. В свою очередь, еще на этапе проектирования, можно было предусмотреть способы по предотвращению выхода наледи на автомобильные дороги, но, как было сказано раннее, из-за недостаточно детальных геологических изысканий этого сделать невозможно.

Так как перенос автомобильной дороги в горной местности невозможен, но в ряде случаев устраивают объезды участков дорог с наледями на поверхности. Однако это ударажает стоимость эксплуатации таких участков. Поэтому целесообразно при борьбе с наледями использовать различные методы, которые могут быть направлены как на борьбу с причинами образования наледей, так и на устранения самих наледей, причем в каждом конкретном случае рекомендуется использовать наиболее эффективный способ для данного участка образования наледей.

В одном случае наиболее простым выходом по борьбе с наледями будет устранения причин их образования, например устройство дренажа, для понижения уровня грунтовых вод, либо утепление русла ручья, чтобы предотвратить его перемерзание. Но не всегда есть возможность устранить причину, в этом случае необходимо предусмотреть защитные мероприятия по борьбе с наледью, такие как противоналедные заборы, отсыпка грунтового вала из слабофильтрующих грунтов вдоль автомобильной дороги и многие другие.

В ходе исследований участков автомобильных дорог, подвергающихся воздействию наледеобразования в нескольких районах Алтайского края и Республики Алтай (Алтайском, Чарышском, Солонешенском, Чемальском и др.) было установлено, что при одинаковых источниках питания наледей, их размер может очень сильно отличаться, от небольших (толщиной до 20 см) до достаточно крупных (толщиной до 6,0 м и более) [1].

Помимо этого было установлено, что чаще всего в этих районах образуются наледи от поверхностных водотоков, таких как ручьи и ключи, намного реже встречаются грунтовые наледи, которые образуются в результате перемерзания водоносного горизонта. При этом в местах образования самых крупных наледей происходит полное затопление покрытия автомобильной дороги. Это приводит к строительству объездных дорог в местах, где это возможно, а на некоторых участках, где дороги проходят вдоль русел рек или в стесненных условиях, наледь может отре-

зать от большого мира целые населенные пункты.

После того, как внешне были проанализированные участки образования наледей необходимо переходить к более детальному исследованию причин их образования для дальнейшей разработки методов по их устранению.

Так как в настоящее время нормативными документами не предусмотрены детальные исследования мест образования наледей, то существовала необходимость в разработке такой методики. Связано это с тем, что при анализе способов борьбы с наледями, используемых в Алтайском крае и Республики Алтай было выявлено, что эффективный на одном участке способ может быть абсолютно бесполезен на другом участке, причем с такой же наледью. Помимо этого, перед разработкой новых методов по борьбе с наледями существовала необходимость в разработке технологической эффективности применяемых методов по борьбе с наледями.

Для того чтобы разработать простую и эффективную методику был проведен анализ «Методических рекомендаций для борьбы с наледями на автомобильных дорогах» [2] где рассматривалось обследование наледных участков в Хабаровском крае и Амурской области, а также предложенный Ф. П. Саверским метод аналогий, который предусматривает выявлении природных условий образования наледей на будущих участках строительства автомобильных дорог и эксплуатации уже существующих с поиском аналогичных условий и выбором таких же методов по борьбе с наледями, как на аналогичных участках. Но перед применение описанного метода необходимо провести оценку мест образования каждой наледи на автомобильной дороги, которая должна включить оценку климата района, гидрогеологических и гидрологических условий, количество осадков, растительность и конструктивные особенности автомобильной дороги (расположение вдоль дороги водоотводных канав, места устройства водопропускных труб и мостов и др.). При этом полученные данные рекомендуется фиксировать для дальнейшего использования в «Журнал обследования наледных участков» и «Учетную карточку наледного участка». Это позволит определить причины и особенности образующихся наледей и выявить закономерности для применения метода аналогий.

После проведения обследований наледного участка необходимо переходит к выбору способа по борьбе с наледями, а именно:

- предупредительные или активные методы, которые предусматривают полное устранение причин образования наледей или их ослабление;

- защитные, которые предусматривают защиту транспортного сооружения от наледи и наледных вод;

- пассивные методы, которые являются малоэффективными и трудозатратными в связи с тем, что при применении их ликвидация наледей проводится механическим или физическим воздействием на лед (применение бульдозеров, экскаваторов и противогололедных составов).

Так как пассивные методы являются самыми экономически невыгодными и трудозатратными, то для борьбы с наледями рекомендуется использовать активные и защитные методы. Но они не всегда бывают эффективны на различных участках дорог.

В связи с этим была разработана методика оценки технологической эффективности противоналедных методов и устройств. Суть методики заключается в том, что проводится анализ технологической эффективности противоналедного метода с его последующей оценкой по пятибалльной шкале по таким параметрам как влияние наледи на земляное полотно и покрытие автомобильной дороги, происходит ли полное или частичное затопление наледными водами отверстий водопропусных труб и мостов, влияет ли наледь на снижение безопасности движения на участке ее образования или нет после применения того или иного метода.

Оценка применяемых методов борьбы с наледями в Алтайском крае и Республики Алтай показала, что один и тот же метод на одной автомобильной дороге может быть малоэффективен или вообще неэффективен, когда на другом опасном участке может показывать отличные результаты и полностью защищать автомобильную дорогу от наледных вод. Но есть участки на которых существующие способы борьбы с наледями малоэффективны и существует необходимость в новых современных методах борьбы с наледями, которые бы позволили в более короткие сроки бороться с уже образовавшимися наледями, а также будут предотвращать образование новых наледей.

Было рассмотрена два новых метода по удалению образовавшейся наледи с покрытия автомобильной дороги и из отверстия трубы, а именно:

- прогрев термоэлектроматами;

- прогрев термоэлектропроводом.

Термоматы и термоэлектроматы имеют

широкое применение в гражданском строительстве для обогрева бетона в зимний период времени.

Теоретически мощности электромата должно хватить, чтобы растопить наледь небольшой толщины на покрытии автомобильной дороги, что позволить сэкономить как трудозатраты на ликвидации наледи, так и повысить безопасность движения.

Еще одним плюсом термоэлектроматов служит то, что они способны работать автономно, так как время работы и температуры прогрева задаются автоматически и человеку не нужно следить за включением и выключением оборудования. Стоит отметить, что термоматами можно оттаивать не только наледь, образовавшуюся на поверхности дороги, но и в теле водопропускной трубы. При оттаивании водопропускной трубы наледная вода будет нагреваться и проделывать ходы в теле наледи, тем самым разрушая ее. Это говорит о том, что данный способ является универсальным в использовании.

Помимо термоэлектроматов для борьбы с наледями, также можно использовать греющие кабели или, как их называют, эластичные нагревательные гибкие ленты (ЭНГЛ). Чаще всего их используют для обогрева карниза крыш, предотвращая образования сосулек. Помимо этого, их применяют при устройстве системы «теплый пол», «теплый тротуар», а также отогревают замерзшие трубопроводы. В западных странах данный метод применяют даже для прогрева стоянок и подъездов к домам, укладывая нагревательный кабель под асфальтобетонное покрытие. Принцип действия основан на выделении тепла нагревательной жилой под действием электрического тока и передачи этого тепла нагреваемому объекту.

Греющие кабели целесообразно использовать для отогрева искусственных сооружений и в частности водопропускных труб, причем их можно использовать как защитный метод, прокладывая греющий кабель внутри водопропускной трубы в осенний период, и как пассивный метод, устраивая специальные борозды в уже образовавшейся наледи в водопропускной трубе и постепенно ее плавя.

При пассивном методе для начала, если водопропускная труба полностью заполнена наледью, необходимо по краям трубы сделать бороздки, в которые будет уложен кабель. Далее в сделанные бороздки укладывается ЭНГЛ и подключается к питанию. Так как подогретые наледные воды вызывают таяние наледного льда, внутри образуются довольно значительные каналы и полости, по которым наледные воды могут циркулировать, не замерзая, довольно продолжительное время, тем самым разрушая тело наледи. После оттаивания части наледи, кабель отключают от питания, дают ему остыть, убирают, проделывают борозды в оставшейся части наледи и повторяют все заново, пока вся наледь не будет растоплена.

Таким образом, предложенные методы могут оказаться весьма эффективными во многих условиях их использования и иметь оценку по технологической эффективности не менее четырех баллов. Единственной трудностью при применении данных методов является электричество, так как линии электропередач редко идут вдоль автомобильных дорог, поэтому для питания нагревательных элементов необходимо предусматривать альтернативные источники энергии, такие как бензиновые электростанции или генераторы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меренцова, Г.С. Анализ условий образования наледей на автомобильных дорогах в горных условиях Алтайского края / Г. С. Меренцова, Н. В. Медведев // Горизонты образования : научно-образовательный журнал АлтГТУ. – XIII Всеросс. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь – 2016» [электронный ресурс]. – Выпуск 18. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ. – 2016. – Режим доступа: http://edu.secna.ru/publication/5/ (дата обращения 9.02.2021).

2. Рябов, В. К. Методические рекомендации для борьбы с наледями на автомобильных дорогах: методические рекомендации / В. К. Рябов, Ю. К. Полин, Е. В. Шушаков. – Хабаровск, 1974. – 60 с.

Меренцова Галина Степановна *– д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: adio-06@mail.ru.*

Медведев Никита Владимирович *– ассистент кафедры «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: megohat@mail.ru.*

Павлюченко Дарья Сергеевна *– магистрант группы 8САД-91 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: pavlyuchenkods@mail.ru.*

УДК 625.7

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПО БОРЬБЕ С НАЛЯДЯМИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА ФЕДЕРАЛЬНЫХ ТРАССАХ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ С ОЦЕНКОЙ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Г. С. Меренцова, Н. В. Медведев, И. А. Таратынов
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В Республики Алтай, из-за особенностей горного рельефа местности, наледеобразование в зимний и весенний период остается одной из главных проблем содержания автомобильных дорог. Помимо региональных дорог, которые зачастую проходят в местах, где практически невозможно предусмотреть оградительные мероприятия для сдерживания наледной воды вдали от земляного полотна и искусственных сооружений, также подобные участки можно встретить и на федеральной трассе Р-256 «Чуйский тракт». В связи с этим остро стоит вопрос с обеспечением безопасности движения, так как это дорога связывает Россию с Монголией. Поэтому, для обеспечения безопасности движения на опасных участках федеральной трассы необходимо применять различные противоналедные мероприятия и устройства.

Ключевые слова: *наледи, наледеобразование, методы борьбы с наледями, автомобильные дороги, водопропускные трубы, виды наледей.*

В настоящее время проблема образование наледей остается актуальной для многих предгорных и горных районов России. Республика Алтай расположена в Алтайских горах в связи, с чем многие участи автомобильных дорог располагаются в стесненных условиях. Поэтому не всегда на этапе проектирования можно предусмотреть возможность обхода участков образования наледей. Также из-за недостаточности информации по геологическому и гидрологическому обследованию местности, где будет прокладываться будущая трасса, возникают опасные участки, и снижается безопасность дорожного движения из-за выхода наледной воды на поверхность покрытия автомобильной дороги [1].

Наиболее распространенной проблемой в горных районах является то, что большинство водотоков имеет небольшую глубину. В ходе наблюдений за процессами наледеобразования в предгорных районах Алтайского края и горных районах Республики Алтай была установлена закономерность между количеством снежных осадков зимний период и активностью процессов образования наледей. Так в более снежные зимы на многих опасных участках автодорог и искусственных сооружений наледи практически не образуются, либо имеют незначительный объем не угрожающий работе транспортного сооружения. В свою очередь в малоснежные и холодные зимы процесс наледеобразования усиливается в несколько раз, и могут образовываться на некоторых участках большие наледи с объемом от 10 до 40 тыс. м^3 наледного льда. В некоторых случаях такие наледи приводят к тому, что полностью отрезают небольшие деревни и села от крупных транспортных артерий, а строительство объездной дороги не всегда бывает возможно. Также в малоснежные и холодные зимы может произойти перемерзание водотоков небольших ключей и неглубоких рек. В феврале 2019 г. в селе Теньга Онгудайского района в результате продолжающихся несколько суток экстремальных морозов произошло промерзание воды в реке Малая Теньга. после чего образовалась наледь и, как следствие, произошел выход наледной воды за пределы русла реки (рисунок 1).

Данный пример свидетельствует о том, что существует необходимость в применении различных способов и средств для борьбы с наледями, т. к. они являются опасными геологическими явлениями и могут в кротчайшие сроки затопить не только автодороги, но также жилые дома и прочие здания инфраструктуры, а бороться с уже образованной наледью непростая задача. Поэтому существует необходимость предусматривать противоналедные мероприятия и их устройство еще в осенний период.

Для успешной борьбы с наледями необходимо службам содержания и ремонта автодорог и искусственных сооружений ежегодно собирать статистические данные по местам образования наледей, их размерам и особенностям, т. к. это можно выявить только при эксплуатации дорожных сооружений в многолетнем цикле.

Рисунок 1 – Выход наледи на покрытие автомобильной дороги в с. Теньга Республики Алтай

Рисунок 2 – Спрямление и углубление русла водотока

1 – деревянный щит; 2 – снег; 3 – лед; 4 – жерди; 5 – хворост (утеплитель)

Рисунок 3 – Утепление русел водотоков комплексным методом

При содержании Чуйского тракта составляются планы борьбы с наледями на автомобильных дорогах, а в летний и осенний период производятся ремонтные работы существующих и строительство дополнительных противоналедных сооружений и устройств, которые будут использоваться в зимне-весенний период, помимо этого также проводится заготовка теплоизоляционных материалов. На наледных полях производят установку льдомерных вех, что является важных мероприятием, необходимым для обследования опасных и недостаточно изученных наледей. Данные исследования в будущем помогут подобрать наиболее рациональные средства для борьбы с наледями на данных участках.

Еще одним важным сооружением, которое может быть подвержено действию наледей является мостовое сооружение, особенно расположенной на неглубоких водотоках. У существующих мостовых сооружений целесообразно проводить борьбу с наледями путем безналеднеого пропуска водотоков или с задержанием наледи выше транспортного сооружения. Для достижения этих целей имеет смысл проводить работы по углублению русла водотоков (рисунок 2) [2].

При этом производится уборка накопившихся за летний период у искусственных сооружений перекатов и отмелей, а также, с помощью экскаваторов, углубляется само русло водотока. В некоторых случаях помимо вышеперечисленных мероприятий дополнительно производится утепления русла водотока. Особое внимание уделяется утеплению русел под мостами и у отверстий водопропускных труб. Многолетний опыт содержания мостовых сооружений показывает, что обычно под мостом не происходит накопление снежного покрова. Это приводит к тому, что оголенное русло водотока глубоко промерзает и становится причиной образования наледей, которые могут в кротчайшие сроки выйти не только на покрытие автомобильной дороги, но и затопить близлежащий населенный пункт.

Учитывая вышеизложенное на подобных участках используется комплексный метод по борьбе с образованием наледи, который предусматривает борьбу именно с причиной образования, а не с последствиями. Этот метод предусматривает помимо многослойного утепления самого русла также устройство снегозадерживающего забора из деревянных щитов (рисунок 3), который ставится с подветренной стороны моста, чтобы под ним накапливался продуваемый через сооружения снег.

Утепление производят не только на мостовых сооружения. Данный метод нашел свое применение и на водопропускных трубах, только при этом утепление производят без устройства задерживающих устройств, таких как забор из деревянных щитов. Входное и выходное отверстие водопропусной трубы закрывается хворостом, который в зимний период заносит снегом. Также целесообразно использовать пружинящие щиты с полиэтиленовой пленкой или пенопластом. При изготовлении щитов используется арматура диаметром 14 мм, которые обтягиваются с двух сторон полиэтиленовой пленкой.

Для отвода ключевых и неглубоко залегающих грунтовых вод в некоторых случаях применяются открытые и утепленные канавы. Открытые канавы целесообразно использовать в местах, где объем ключевой воды достаточный, чтобы не происходило промерзание водотока в местах устройства канавы. В остальных случаях целесообразно при устройстве водоотводных канав проводить работы по их утеплению с устройством снегоудерживающего забора с подветренной стороны для накопления дополнительного снега над канавой.

Практика эксплуатации автомобильных дорог в горной местности показывает, что деревянные заборы хорошо себя показывают, но только в местах, где необходимо провести работы по удержанию снега, но и помогают эффективно бороться с наледями при их устройстве на опасных участках Чуйского тракта. Для увеличения эффективности такие заборы дополнительно обтягивают полиэтиленовой пленкой, облепляют снегом и обливают водой, чтобы наледь не смогла просочиться через забор. Для того, чтобы забор не сломался, устанавливается подкос. В некоторых случаях устраивается упрощенное ограждающее устройство в виде вала из снега, облитого водой. Корка льда на поверхности снега позволяет не пропускать наледную воду и задерживает ее вдали от автомобильной дороги.

Таким образом, были рассмотрены методы по борьбе с наледями, которые наиболее часто применяются при содержании Чуйского тракта. Анализ их эффективности говорит о том, что применение данных методов на каждом конкретном участке их устройства целесообразен и обоснован практическими исследованиями и наблюдениями. Поэтому каждый из методов имеет оценку «хорошо» и «отлично», так как в некоторых случаях удается полностью избавиться от причины образования наледей (например, на участках утепления русел водотоков). Оценку «хорошо» получают методы, которые позволяют справиться с самой наледью. К таким методам относятся удерживающие устройства, такие как валы из снега, покрытые льдом и противоналедные заборы.

Существенным недостатком при проведении анализа можно считать то, что при эксплуатации автомобильной дороги Р-256 «Чуйский тракт» используется мало постоянно действующих методов по борьбе с наледями, которые позволили бы снизить расходы на эксплуатацию опасных участков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меренцова, Г. С. Анализ причин образования наледей и рекомендуемые методы борьбы с ними на автомобильных дорогах и искусственных сооружениях / Г. С. Меренцова, Н. В. Медведев // Ползуновский альманах. – 2017. – Т. 1. – № 2. – С. 182-185.

2. Рябов, В. К. Методические рекомендации для борьбы с наледями на автомобильных дорогах: методические рекомендации / В. К. Рябов, Ю. К. Полин, Е. В. Шушаков. – Хабаровск, 1974. – 60 с.

Меренцова Галина Степановна *– д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: adio-06@mail.ru.*

Медведев Никита Владимирович *– ассистент кафедры «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: megohat@mail.ru.*

Таратынов Иван Александрович *– студент группы 8САД-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: tara22rus @gmail.com.*

УДК 625.855.3

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО И АДГЕЗИОННЫХ ДОБАВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Г. С. Меренцова, А. Н. Минин, А. С. Кваша
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Образование трещин на асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог снижает их срок службы. Применение эффективных методов борьбы с трещинообразованием позволяет увеличить срок службы асфальтобетонных покрытий, снизить затраты на их содержание и ремонт. В связи с этим необходимо оперативно применять современные методы повышения трещиностойкости с целью предотвращения дальнейшего повреждения дорожного полотна. Для повышения трещиностойкости и долговечности асфальтобетонных покрытий рекомендуется применение полимерно-битумного вяжущего и рациональных адгезионных добавок.

Ключевые слова: *автомобильные дороги; полимерно-битумное вяжущее (ПБВ); адгезионные добавки; асфальтобетон; безопасность дорожного движения; минеральные материалы; адгезия битума***.**

Практика строительства и эксплуатации автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием показывает, что одним из наиболее распространенных дефектов асфальтобетонных покрытий являются трещины, которые в зависимости от причин образования могут быть температурными, отраженными, силовыми и технологическими в местах сопряжены. Основными причинами разрушений дорожного покрытия в виде трещин являются: воздействие транспортных нагрузок, перепады температур от положительных к отрицательным, низкие отрицательные температуры.

Для повышения трещиностойкости и долговечности асфальтобетонных покрытий целесообразно применять полимерно-битумное вяжущее и адгезионные добавки. Это обусловлено тем, что асфальтобетон на полимерно-битумном вяжущем характеризуется увеличенной деформативностью при отрицательных температурах и упругостью при положительных (модуль упругости при минус 20 °С в 3-6 раз меньше, а при 40 °С в 1,5-2 раза больше, чем асфальтобетона на вязком битуме марок БНД); повышенной устойчивостью к многократным динамическим воздействиям (количеств циклов до разрушения образца (балочки) на ПБВ в условиях многократного изгиба выше, чем образца асфальтобетона на битуме более чем в 8 раз).

Положительные свойства полимерно-битумного вяжущего характеризуется способностью к большим высокоэластическим деформациям в широком диапазоне температур (от минус 55 °С до 60 °С), что предопределяет его высокие теплостойкость при повышенных эксплуатационных температурах (50-60 °С), эластичность, пластичность и устойчивость к динамическим воздействиям при отрицательных температурах [1].

Одним из определяющих условий получения высококачественного асфальтобетона является хорошее сцепление битума с минеральным материалом, которое обеспечивается, прежде всего, хорошим смачиванием и химическим взаимодействием активных компонентов битума и минерального материала. Решение этой проблемы достигается применением адгезионных добавок, обладающих поверхностно-активными свойствами, способствующих усилению адсорбционных и хемосорбционных процессов на поверхности минерального материала. Наиболее эффективными по спектру действия, показателю сцепления, расходу на 1 тонну битума являются катионоактивные ПАВ, в качестве которых в дорожном строительстве чаще всего используются амидоамины, имидазолины, аминосоединения и их соли.

По особенности химического состава битума, он характеризуется достаточно низкой полярностью, в то время как воде отдают большее предпочтение. Битумы, в особенности сорта с высоким показателем кислотности, выражают склонность к получению незначительного отрицательного заряда. В связи с этим, причиной слабой адгезии является,

в основном, применение кислых (отрицательно заряженных) каменных материалов.

Адгезионные добавки предусмотрены для изменения поверхностных характеристик и полярности несовместимых материалов. Благодаря этим добавкам облегчается связь между битумом и каменным материалом, которая оказывает противодействие отслаивающей способности воды в течение всего срока службы дорожного покрытия.

Адгезионные добавки являются молекулами поверхностно-активного вещества. Они концентрируются на поверхности раздела «битум/каменный материал». Положительно заряженные (гидрофильные) головные группы поверхностно-активных добавок прочно присоединяются к отрицательно заряженным местам на поверхности каменного материала, гидрофобные углеводородные «хвостовые части» молекул закрепляются в битуме. Таким образом, адгезионная добавка работает как мост или клей между битумом и поверхностью каменного материала, оказывая сопротивление вытесняющему действию воды.

Не стоит забывать, что каменный материал может быть кислого типа (при тенденции к отрицательному заряду поверхности) или щелочного типа (при тенденции к положительному заряду поверхности). К кислым каменным материалам относятся материалы с высоким содержанием кремния, а щелочные каменные материалы содержат карбонаты.

Адгезионные добавки (или присадки) предназначены для обеспечения сцепления дорожных битумов с каменными материалами в составе асфальтобетона, иными словами, позволяют изменить поверхностные свойства и полярность несовместимых материалов. Это облегчает установление сильной связи между битумом и каменным материалом, которая оказывает сопротивление отслаивающему действию воды в течение всего срока службы дорожного покрытия.

Выбор адгезионной добавки необходимо осуществлять в первую очередь исходя из породы инертных материалов, которые применяются в составе асфальтобетона. При этом важно учитывать, будет ли меняться каменный материал в течение сезона. При осуществлении подбора адгезионной добавки возникает необходимость испытывать как добавки, наиболее подходящие к конкретной породе инертных каменных материалов, так и универсальные. Данные испытания позволяют найти оптимальное решение с точки зрения экономии, ведь большое влияние на затраты оказывает дозировка, а не стоимость добавки за килограмм, а точнее говоря, стоимость за килограмм с учетом дозировки. Таким образом, необходимо подобрать не только добавку, которая будет обеспечивать хорошее сцепление, но и такую добавку, которая будет обеспечивать это сцепление при оптимальной дозировке.

Применение адгезионных добавок в составе асфальтобетонных смесей на этапе производства позволяет:

Усилить водостойкость и трещиностойкость асфальтобетона.

Повысить прочность и сдвигоустойчивость покрытий.

Повысить пластичность и морозостойкость асфальтобетона.

Продлить строительный сезон и повысить удобство укладки смеси.

Степень влияния адгезионных добавок на старение органических вяжущих в битумоминератьных смесях обычно не указывается в технических требованиях к добавкам, так как этот параметр является косвенным показателем, который зависит не только от самой добавки, но и, в гораздо большей степени, от качества битума, от количества его нагревов и остываний перед его применением в составе асфальтобетонных смесей. Старение битума в составе битумоминеральных смесей является многофакторным показателем, на который присутствие той или иной адгезионной добавки в составе может влиять лишь косвенно.

В ходе исследования влияния добавок на сцепление битума с минеральными материалами были проведены испытания по определению влияния добавки IterleneSL 100 P на сцепление битума и щебня, а так же на адгезионные свойства битума с минеральным материалом в горячей мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси тип Б марка I.

Добавка IterleneSL 100 P является продуктом кремний-органической природы, также имеет общеупотребительное название «силановая добавка». Отличительные свойства - имеет низкий класс опасности, типичные дозы 0,05-0,2 % на массу битума. Основное отличие от большинства добавок - адгезия появляется за счет химического взаимодействия, а не Ван-дер-Ваальсовых сил. Добавка работает с гораздо более широким спектром минеральных материалов, включая кислые породы [2].

Были проведены экспериментальные исследования со следующими исходными материалами:

- битум БНД 90/130 производства АО «Газпромнефть Омский НПЗ», который по показателям физико-химических свойств соответствует требованиям ГОСТ 22245-90;

- адгезионная добавка IterleneSL 100 P производства «Iterchimica»;

- щебень из гравия 5-10 ООО «Бийский ГПК», который по показателям физико-механических свойств соответствует требованиям ГОСТ 8267-93;

- щебень из гравия 5-15 ООО «Бийский ГПК», который по показателям физико-механических свойств соответствует требованиям ГОСТ 8267-93;

- песок из отсевов дробления ООО «Бийский ГПК», который по показателям физико-механических свойств соответствует требованиям ГОСТ 31424-2010;

- минеральный порошок ООО «Спика-Сибирь», который по показателям физико-механических свойств соответствует требованиям ГОСТ Р 52129-2003.

Тесты по определению степени адгезии проводились согласно методике, описанной в ГОСТ 12801-97 п. 28«Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства». Методы испытаний.

После проведения теста поверхность зерен щебня осматривалась и проводилась визуальная оценка качества сцепления битумного вяжущего со щебнем по степени сохранности пленки вяжущего. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследований

№ п/ п	Наименование щебня, битума и добавки	Количество добавки, % (к массе битума)	Показатель сцепления по ГОСТ 12801-98, п. 28
1	Щебень ООО «Бийский ГПК» + Битум	0,0	Удовлетворительно (3 балла)
2	Щебень ООО «Бийский ГПК» + Битум + IterleneSL 100 P	0,1	Отлично (5 баллов)

В результате проведения испытания по определению влияния добавки IterleneSL 100 P на адгезионные свойства битума и щебня адгезионная добавка IterleneSL 100 P показала хорошие результаты, даже в случае ее дозирования в количестве 0,1 % от массы битума.

Отмечено заметное повышение адгезионных свойств в сравнении с образцом, испытанном без добавки. На образцах после испытания с IterleneSL 100 P на поверхности щебня присутствуют толстые блестящие битумные пленки. Наличие таких пленок оказывает благотворное влияние на замедление процессов старения вяжущего в асфальтобетоне и на длительную водостойкость покрытия, деформационную устойчивость, что приводит к увеличению срока его службы.

Применение полимерно-битумного вяжущего целесообразно применять для устройства асфальтобетонных покрытий и поверхностных обработок в первую очередь на наиболее ответственных участках автомобильных дорог, мостах, аэродромах.

Особенно эффективно использовать ПБВ в районах с резко континентальным климатом, а также на объектах с повышенными динамическими воздействиями на покрытие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гохман, Л. М. Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимерасфальтобетон : методическое пособие для слушателей ГОУ ДПО ГАСИС / Л. М. Гохман. – Москва : Изд-во ГОУ ДПО ГАСИС, 2008. – 94 с

2. Худякова, Т. С. Сравнительный анализ эффективности адгезионных добавок разных марок / Т. С. Худякова // Дорожная держава. – 2008. – № 6. – С. 66–69.

Меренцова Галина Степановна *– д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: adio-06@mail.ru.*

Минин Андрей Николаевич *– студент группы 8Сад-91 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: yabymazhko@mail.ru*

Кваша Александр Сергеевич *– специалист по УМР, заведующий лабораторией «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: kas-2811@mail.ru.*

УДК 625.855.3

ПРИМЕНЕНИЕ СЛОЕВ ИЗНОСА ИЗ САМОЗАЛЕЧИВАЮЩИХСЯ ХОЛОДНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТРЕЩИНОСТОКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Г. С. Меренцова, А. А. Мхитарян
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Выявлена целесообразность применения защитных слоев износа из самозалечивающихся асфальтобетонных смесей на жидком битуме для снижения трещинообразования. Жидкий битум обладает эффектом самозалечивания трещин на нижележащем слое асфальтобетонного покрытия из горячей асфальтобетонной смеси. Такие слои износа по физико-механическим показателям удовлетворяют нормативные требования и являются более экономичными.

Ключевые слова: *слой износа, холодный асфальтобетон, трещиностойкость, трещины, автомобильные дороги, асфальтобетонные покрытия.*

Проведен анализ целесообразности применения защитных слоев износа из самозалечивающихся асфальтобетонных смесей на жидком битуме для снижения трещинообразования. Установлен механизм влияния жидкого битума в слоях износа, устроенных из холодных асфальтобетонных смесей, а именно:

- жидкий битум проявляет эффект самозалечивания трещин на покрытиях под воздействием высоких температур воздуха и солнечных лучей в летний период и застывший битум переходит из густого состояния в жидкое;

- выступая на кромки трещины, битум заполняет ее и с наступлением погодных условий с менее высокими температурами снова переходит в густое состояние, что обеспечивает герметизацию и «самозалечивание» трещины и препятствует проникновению в нее воды. Это предотвращает процесс развития дефектов.

Слои износа из холодных смесей на жидком битуме являются более пластичными по сравнению с покрытиями из горячих смесей, имеют более выраженную способность воспринимать остаточные деформации без разрушения, что обусловливает сопротивляемость к возникновению температурных и усталостных трещин.

Установлены условия применения защитных слоев износа из самозалечивающихся холодных смесей на жидком битуме для снижения трещинообразования.

Достижение снижения трещинообразования и повышения долговечности асфальтобетонных покрытий благодаря применению самозалечивающихся слоев износа может эффективно осуществляться при соблюдении следующих рекомендаций:

- применение защитного слоя износа из холодной асфальтобетонной смеси возможно при наличии плотных подстилающих слоев дорожной одежды для обеспечения требуемой несущей способности, а именно, оснований, устроенных методом холодной регенерации;

- одним из основных недостатков технологии холодной регенерации при укреплении слоев цементом является появление отраженных трещин на асфальтобетонных покрытиях [1]. Этот негативный эффект компенсируется эффектом самозалечивания покрытий из холодных асфальтобетонных смесей;

- слой износа из холодных асфальтобетонных смесей рекомендуется применять на автомобильных дорогах с невысокой интенсивностью движения III и IV технических категорий регионального и межмуниципального значения и при незначительной толщине слоя (до 3 см) для предотвращения колееобразования.

Для повышения устойчивости к процессам колееобразования рекомендуется в качестве подстилающего выравнивающего слоя для основания слоя износа укладывать асфальтобетонные смеси с непрерывным гранулометрическим составом по ГОСТ Р 58406.2, например А16 НН. Устойчивость к колееобразованию достигается с одной стороны за счет небольшой толщины слоя износа (3 см), с другой – за счет выравнивающего слоя плотной структуры на слое основания из регенерируемого слоя. Для повышения

устойчивости к колееобразованию рекомендуется при подборе материалов для слоя износа применять с высоким содержанием щебень кубовидной формы (по принципу ЩМА), что обеспечивает достаточно высокие показатели сдвигоустойчивости и износостойкости. Конструкция дорожной одежды, применяемая при устройстве слоев износа из холодной асфальтобетонной смеси типа Бх, приведена на рисунке 1.

Устройство новой дорожной одежды подразумевает устройство основания из щебня, укрепленного цементом в количестве 5 % по технологии холодного ресайклинга, укладку выравнивающего слоя покрытия из горячей мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа II минимальной толщиной 6 см и устройство слоя износа из холодной асфальтобетонной смеси типа Бх марки II толщиной 3 см. Сущность подбора состава холодной асфальтобетонной смеси состоит в выборе минеральных материалов и применении жидкого битума исходя из конкретных показателей свойств, а также в определении такого соотношения компонентов, которое дает оптимальную структуру слоя износа.

Подбор состава холодных смесей включает следующие этапы:
- подбор состава минеральной части смеси;
- определение оптимального количества жидкого битума.

Холодные асфальтобетонные смеси по зерновому составу минеральной части и показателям физико-механических свойств должны соответствовать требованиям ГОСТ 9128 [2].

Было проведено устройство опытного участка с защитным слоем покрытия из холодной асфальтобетонной смеси типа Бх марки II толщиной 3 см, которое производилось 10 июня 2020 г. на автомобильной дороге IV категории «Первомайское – Акулово» км 2+930 – км 3+014. Конструкция дорожной одежды опытного участка представлена на рисунке 1.

Разработана технология устройства опытного участка с защитным слоем износа из холодной асфальтобетонной смеси.

Перед укладкой защитного слоя износа из асфальтобетонной смеси на опытном участке производилась подгрунтовка выравнивающего слоя покрытия из горячей пористой мелкозернистой асфальтобетонной смеси марки II битумной эмульсией ЭБК-2 с помощью автогудронатора.

Доставка холодной асфальтобетонной смеси производилась автомобилями-самосвалами КамАЗ 65115 с асфальтобетонного завода, расположенного в пос. Тальменка. Температура асфальтобетонной смеси после доставки в кузове автосамосвала составила плюс 70 ºС.

Укладка защитного слоя из холодной асфальтобетонной смеси на жидком битуме осуществлялась при помощи асфальтоукладчика VOGELE SUPER 1900-2 (рисунок 2) на половине проезжей части на ширину 3,3 м толщиной слоя 35 мм. После окончательного уплотнения толщина уложенного слоя составила 30 мм. Уплотнение уложенного защитного слоя износа осуществлялось при помощи двух катков – DM-07-VD и катка – DM-13-VD.

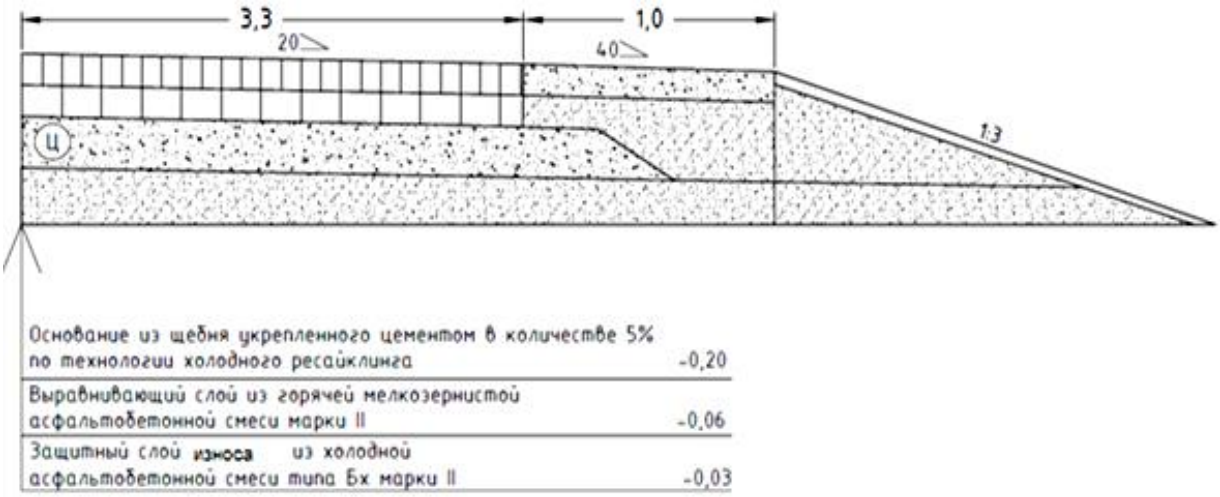


Рисунок 1 – Конструкция дорожной одежды, применяемая при устройстве слоев износа из холодной асфальтобетонной смеси типа Бх марки II

Рисунок 2 – Укладка защитного слоя из холодной асфальтобетонной смеси при помощи асфальтоукладчика VOGELE SUPER 1900-2

Рисунок 3 – Уплотнение уложенного защитного слоя износа катком DM-07-VD массой 7 т

Рисунок 4 – Уплотнение уложенного защитного слоя износа катком DM-13-VD массой 13 т

Рисунок 5 – Измерение температуры асфальтобетона в уплотняемом слое в процессе уплотнения

Прикатка слоя асфальтобетона была произведена гладковальцовым катком DM-07-VD, (рисунок 3) массой 7 т за шесть проходов по одному следу.

Окончательное уплотнение осуществлялось гладковальцовым катком DM-13-VD, массой 13 т за пять проходов по одному следу (рисунок 4).

Температура асфальтобетона в уплотняемом слое после проходов катка DM-07-VD составляла 40-50 ºС (рисунок 5), а плотность слоя после окончательного уплотнения составила 2500 кг/м^3.

На основании вышеизложенного, на опытном участке автомобильной дороги «Первомайское – Акулово» для слоя износа из самозалечивающейся асфальтобетонной смеси на жидком битуме после укладки и уплотнения определена толщина покрытия, которая составила 3 см, ширина укладываемого слоя – 7м, качество сцепления тонкослойного покрытия с основанием – отличное, ровность обеспечена и коэффициент сцепления – 0,52.

Стоимость 1 т смеси для слоя износа на жидком битуме (2689,9 руб./т) в сравнении со стоимостью 1 т слоя износа из горячей асфальтобетонной смеси на полимерно-битумном вяжущем (3773,6 руб./т) ниже на 29 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меренцова, Г. С. Повышение трещиностойкости и эксплуатационной надежности асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог : монография / Г. С. Меренцова. – Барнаул : АлтГТУ, 2018 – 107 с.

2. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. Дата введения 2014-11-01. – Москва, 2014. – 54 с.

Меренцова Галина Степановна *– д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: adio-06@mail.ru.*

Мхитарян Армен Арсенович *– магистрант группы 8САД-91 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: pavlyuchenkods @mail.ru.*

УДК 625.7

О ПЛАНИРОВАНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ И ПРИМЕНЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Г. С. Меренцова, А. О. Хребто, М. В. Рассохина
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Планирование работ по ремонту автомобильных дорог в процессе их эксплуатации играет немаловажную роль в процессе жизненного цикла дорожных конструкций, так как позволит своевременно и качественно разработать мероприятия по предупреждению развития и устранению дефектов и разрушений дорожных покрытий, и всей дороги в целом. Данные мероприятия позволят продлить срок службы дорожных конструкций, а также обеспечить бесперебойное и безопасное движение автомобильного транспорта. Рассмотрены вопросы планирования ремонта с применением современных новых технологий при ремонте и эксплуатации автомобильных дорог.

Ключевые слова: *транспортно-эксплуатационное состояние автомобильных дорог, эксплуатация автомобильных дорог, дефекты и разрушения дорожных покрытий, планирование дорожно-ремонтных работ, ремонт автомобильных дорог.*

В процессе эксплуатации автомобильных дорог неизбежно возникают дефекты и разрушения дорожных конструкций под воздействием автомобильного транспорта и природно-климатических факторов. Наиболее распространенными дефектами дорожных покрытий являются: различного вида трещины, шелушение, выкрашивание, выбоины, колейность и др. Одной из актуальных задач работников дорожной службы является своевременное выявление причин снижения транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог из-за возникновения и развития дефектов и разрушений дорожных конструкций, а также разработка и проведение мероприятий по их устранению с применением современных технологий.

Важным мероприятием по оценке транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог является их диагностика [1]. Цель диагностики автомобильных дорог состоит в своевременном получении полной, объективной и достоверной информации о транспортно-эксплуатационном состоянии дорог и изменении условий их работы, на основе которых выполняется оценка технического состояния автомобильных дорог на соответствие нормативным требованиям документов технического регулирования в сфере дорожного хозяйства.

Систематически выполняемая на протяжении всего срока эксплуатации автомобильных дорог диагностика в зависимости от условий выполнения работ разделяется на следующие виды:

- на полную, в ходе которой производится определение всего комплекса заданных параметров и характеристик состояния автомобильных дорог с целью установления начального фактического технического уровня и эксплуатационного состояния и сопоставления с нормативными требованиями;

- приемочную, в ходе которой осуществляется определение всего комплекса установленных параметров при сдаче автомобильных дорог в эксплуатацию после проведения дорожных работ;

- плановую, в ходе которой определяются только переменные параметры и эксплуатационные характеристики состояния дорог, такие как продольная ровность покрытия, коэффициент сцепления, повреждения дорожного покрытия (дефекты), коэффициент прочности дорожной конструкции (может производиться выборочно на участках, требующих ремонта или временного ограничения движения, установленных по результатам анализа ровности и состояния дорожного покрытия по повреждениям), предназначенную для оценки текущего транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог с целью определения потребности в ремонтных работах и обновления базы дорожных данных;

- специализированную, в ходе которой производится выявление такого комплекса параметров и характеристик состояния автомобильных дорог, которое требуется для определения причин их несоответствия установленным требованиям; данный вид диагностики рекомендуется выполнять на участках,

предназначенных для ремонта, капитального ремонта или реконструкции автомобильных дорог.

Диагностика состояния автомобильных дорог включает следующие последовательно выполняемые основные этапы:

- подготовительные работы;
- полевые обследования;
- камеральную обработку полученной информации;
- оформление отчетных материалов.

Особое внимание следует уделять полевым обследованиям автомобильных дорог, в результате которых осуществляется достоверный и полный сбор информации о текущем транспортно-эксплуатационном состоянии дорог.

В процессе полевых обследований осуществляется сбор исходной информации и сведений о состоянии всей автомобильной дороги в целом, а также отдельно по каждому конструктивному элементу: геометрические параметры и характеристики дороги; дорожная одежда и покрытие; искусственные сооружения; обустройство; объекты придорожного сервиса и т. д.

Например, основными характеристиками дорожной одежды и покрытия являются: конструкция дорожной одежды и тип покрытия; состояние дорожной одежды и покрытия (наличие, вид, расположение (координаты) и характеристика дефектов); продольная ровность покрытия; колейность; сцепные свойства покрытия и прочность дорожной одежды.

Все дефекты, обнаруженные на покрытии автомобильной дороги, фиксируются в виде фото (рисунок 1) и видео материалов и заносятся в специальную ведомость дефектов (дефектную ведомость) в соответствии с рисунком 2.

Дальнейшее планирование ремонтно-восстановительных мероприятий осуществляется в несколько этапов [1]:

- на первом этапе определяется полная потребность в проведении дорожных работ и необходимый объем их выполнения;
- на втором этапе производят анализ необходимых видов работ на характерном участке и поглощение более емкой работой менее емких работ;

Рисунок 1 – Фотография дефектов в виде поперечных трещин на асфальтобетонном покрытии автомобильной дороги III категории

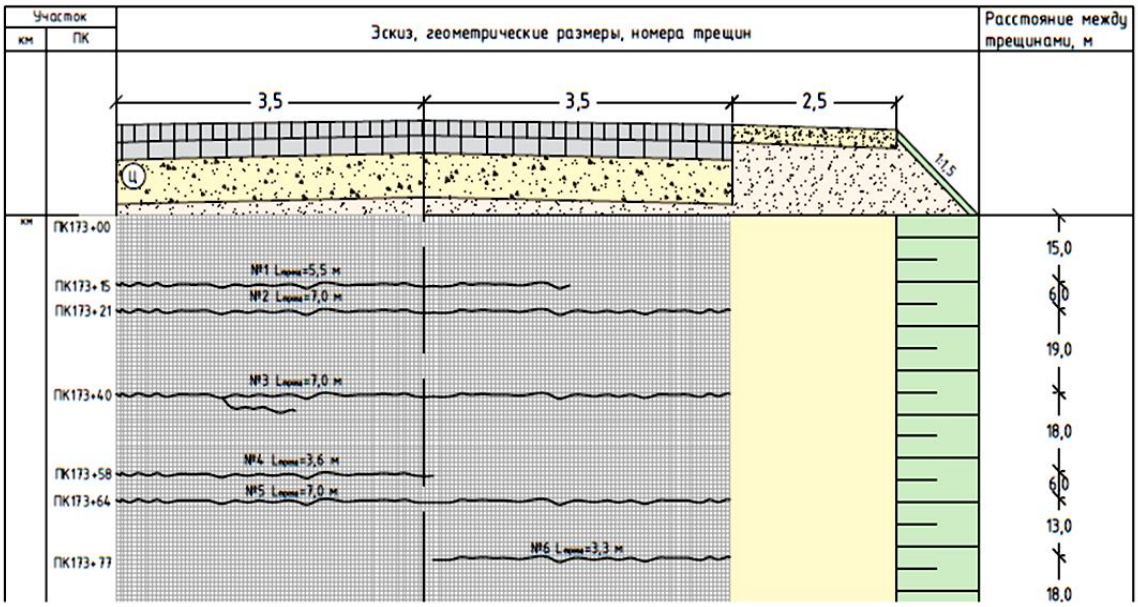


Рисунок 2 – Фрагмент дефектной ведомости автомобильной дороги III категории

Рисунок 3 – Машина для струйно-инъекционного метода ремонта асфальтобетонных покрытий

- на третьем этапе производят укрупнение единичных участков, на которых назначены работы, с целью обеспечения технологической целесообразности проведения различных видов дорожных работ (оптимизация по критерию протяженности участков работ).

Внедрение новых технологий при планировании и выполнении ремонтных работ является первоочередной задачей повышения качества и межремонтного срока службы автомобильных дорог [2].

Одним из примеров использования современных технологий является ямочный ремонт асфальтобетонных покрытий при помощи специальной машины струйно-инъекционным методом (рисунок 3).

Технологическая последовательность выполнения работ состоит из следующих операций: очистка поверхности в месте ремонта сжатым воздухом; предварительная обработка поврежденного места эмульсией; рассыпка мелкого и крупного щебня при помощи сжатого воздуха с предварительной обработкой его в смесительной головке с эмульсией; посыпка отремонтированного места сухим щебнем [3].

Таким образом, своевременное планирование дорожно-ремонтных работ и использование современных технологий позволит значительно увеличить срок службы автомобильных дорог, а также повысить транспортно-эксплуатационные показатели, в том числе безопасность дорожного движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДМ 218.4.039-2018. Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог.: Отраслевой дорожный методический документ/ Издан на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 04.07.2018 № 2481-р. – Москва : Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – 2018. – 64 с.

2. Новые технологии и машины при строительстве, содержании и ремонте автомобильных дорог: учебное пособие для студентов специальности «Строительство дорог и транспортных объектов» вузов / Г. Л. Антипенко [и др.], под ред. А. Н. Максименко. – 2-е изд., стер. – Минск : Дизайн ПРО, 2002. – 223 с.

3. ОДМ 218.3.060-2015. Методические рекомендации по ремонту дорожных одежд, состоящих из цементобетонных покрытий, перекрытых асфальтобетонными слоями, на автомобильных дорогах общего пользования: Отраслевой дорожный методический документ / Принят распоряжением Федерального дорожного агентства от 15.02.2016 № 203-р 4. – Москва : Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – 2016. – 106 с.

Меренцова Галина Степановна *– д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: adio-06@mail.ru.*

Хребто Алексей Олегович *– старший преподаватель кафедры «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: aleksei.hrebto@inbox.ru.*

Рассохина Маргарита Вадимовна *– студент группы 8Сад-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: rita.rassohina@mail.ru*.

УДК 681.3.06

АНАЛИЗ РАЗМЕЩЕНИЯ И ВМЕСТИМОСТИ ПАРКОВОК В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА БАРНАУЛА

И. М. Михаилиди, И. С. Козлов
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Одной из серьезных проблем современных крупных городов является проблема нехватки парковочных мест, что вызвано постоянно растущим уровнем автомобилизации населения. В настоящей работе продолжено исследование размещения и вместимости парковок в городе Барнауле. В частности, с помощью геоинформационной системы (ГИС) выполненен пространственный анализ размещения парковочных мест в центральной части Барнаула, и рассмотрены пути решения проблемы обеспеченности парковками.

Ключевые слова: *парковка, машино-место, транспортные потоки, вместимость парковки, геоинформационные системы, ГИС, геоданные, пространственный анализ, метод ядерной оценки плотности.*

Неуклонный рост уровня автомобилизации населения, особенно в крупных городах, – явление, с одной стороны, положительное: повышается мобильность населения, становятся доступнее товары и услуги. Но, вместе с тем, увеличивается и количество автомобилей на улицах, что приводит к каждодневным пробкам, загрязнению воздуха выхлопными газами и нехватке мест постоянного и временного хранения автомобилей. При этом большую часть автомобильного парка городов составляют легковые автомобили.

По данным, предоставленным аналитическим агентством «АВТОСТАТ», по состоянию на 1-е июля 2020 года количество легковых автомобилей на дорогах России составило 44,6 миллиона машин. Это 84,2 % от общего количества автомобилей (53 миллиона единиц) [0]. Динамика роста уровня автомобилизации в России за последние 5 лет приведена на рисунке 1. Уровень автомобилизации населения рассчитывается как среднее число легковых автомобилей на 1000 человек. Из этих данных видно, что число автомобилей на 1000 жителей постоянно растет, хотя и намечается тенденция к замедлению роста.

Одной из проблем, вызываемых ростом уровня автомобилизации в крупных городах, является проблема растущей нехватки парковочных мест. Согласно статистическим данным агентства «Автостат», в 2019 году парк легковых автомобилей в Барнауле составил 180 тысяч штук (с округлением до тысяч).

С учетом численности населения города уровень автомобилизации в Барнауле равнялся 284 автомобиля на 1000 человек, и по этому показателю Барнаул опережал даже некоторые города-миллионники, в том числе Новосибирск, Пермь, Волгоград, Омск. В то же время количество парковочных мест за это время увеличивалось лишь благодаря росту числа открытых уличных парковкам, которые больше усугубляют проблему, чем решают ее.

Такие парковки бычно располагаются вдоль проезжей части улиц, прямо на обочинах или в неглубоких карманах. Особенно много их в центральной части города. Это серьезно затрудняет движение авторанспорта. И не только потому, что часть проезжей полосы оказывается занятой припаркованными автомобилями, но и потому, что въезд и выезд автомобилей с таких парковок нарушает режим движения транспортного потока и часто создает аварийные ситуации.

Парковки на обочинах являются причиной пробок на дорогах. Автомобили часто паркуются с нарушением правил и мешают не только проезду транспорта, но и создают неудобства и опасные ситуации для пешеходов, занимая часть тротуара.

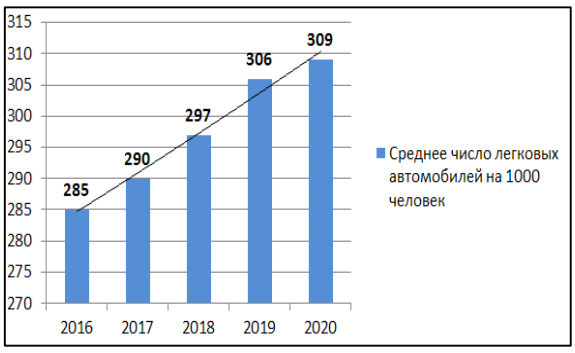


Рисунок 1 – Динамика уровня автомобилизации населения [0]

Проблемой являются и длительные стоянки автомобильного транспорта во дворах многоквартирных домов, Парковочных мест для всех жильцов, как правило, не хватает и машины паркуются на тротуарах и газонах в нарушение всех санитарно-защитных норм.

Все это приводит к необходимости тщательного анализа размещения и структуры парковок в городе. Одним из действенных методов решения этой задачи является пространственный анализ, выполняемый в ГИС, который, позволяет анализировать и оценивать пространственные отношения между объектами и явлениями дает не только количественный, но визуальный материал.

Данная работа является продолжением выполненной ранее работы по анализу размещения и вместимости парковок в Железнодорожном районе города Барнаула. В базу геоданных были добавлены парковки Октябрьского района, также частично занимающего центральную часть города, и появилась возможность проанализировать парковки всей центральной части города.

В таблице 1 представлены данные для сравнительного анализа количества и вместимости платных и бесплатных парковок в центральной части г. Барнаула. Из этих данных следует, что открытые бесплатные парковки в городе преобладают: соотношение составляет 1 к 65 в пользу бесплатных парковок, однако средняя вместимость бесплатных парковок примернов 6 раз ниже средней вместимости платных парковок. Наконец, для бесплатных парковок, такой показатель, как медиана равен 8, то есть половина бесплатных парковок вмещает не более восьми автомобилей. При этом открытые наземные парковки, занимают гораздо бóльшие площади, по сравнению с многоуровневыми платными парковками.

Для центральной части г.Барнаула в ГИС ArcGIS была рассчитана плотность парковочных мест с использованием метода ядерной оценки плотности, и получены карты плотности машино-мест. По карте плотности парковочных мест (рисунок 2) хорошо просматривается, что большинство парковок в городе расположены вдоль проезжей части улиц со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями.

Таблица 1 – Сравнительный анализ вместимости платных и бесплатных парковок в центральной части г. Барнаула

Автостоянки/ парковки	Всего	Вместимость (количество машино-мест)	Минимальное количество машино-мест	Максимальное количество машино-мест	Среднее количество машино-мест	Медиана
Бесплатные	1497	16416	1	500	11,0	8
Платные	23	1514	20	280	65,8	35
Всего	1521	17955	1	500	11,8	8

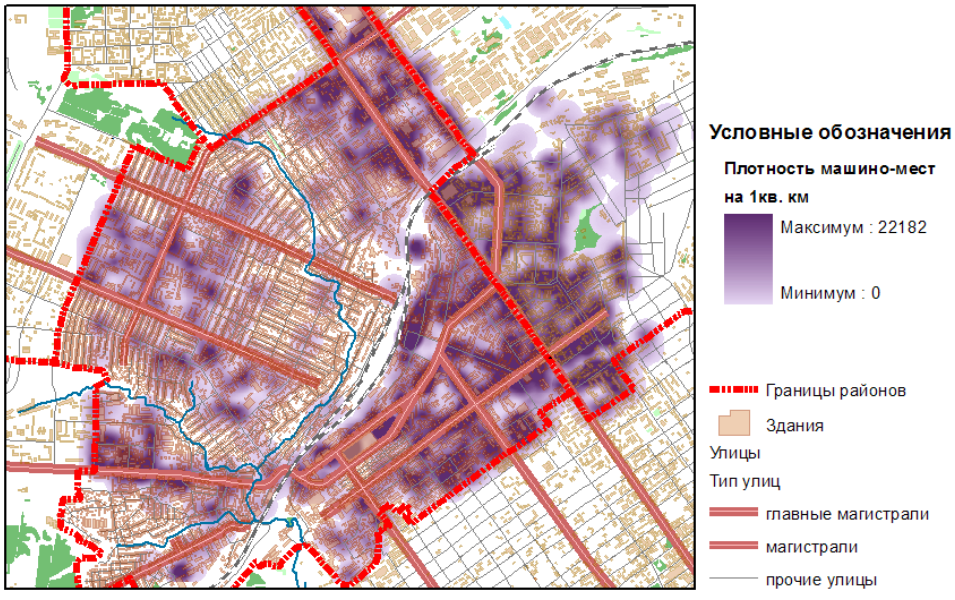


Рисунок 2 – Плотность парковочных мест центральной части г. Барнаула

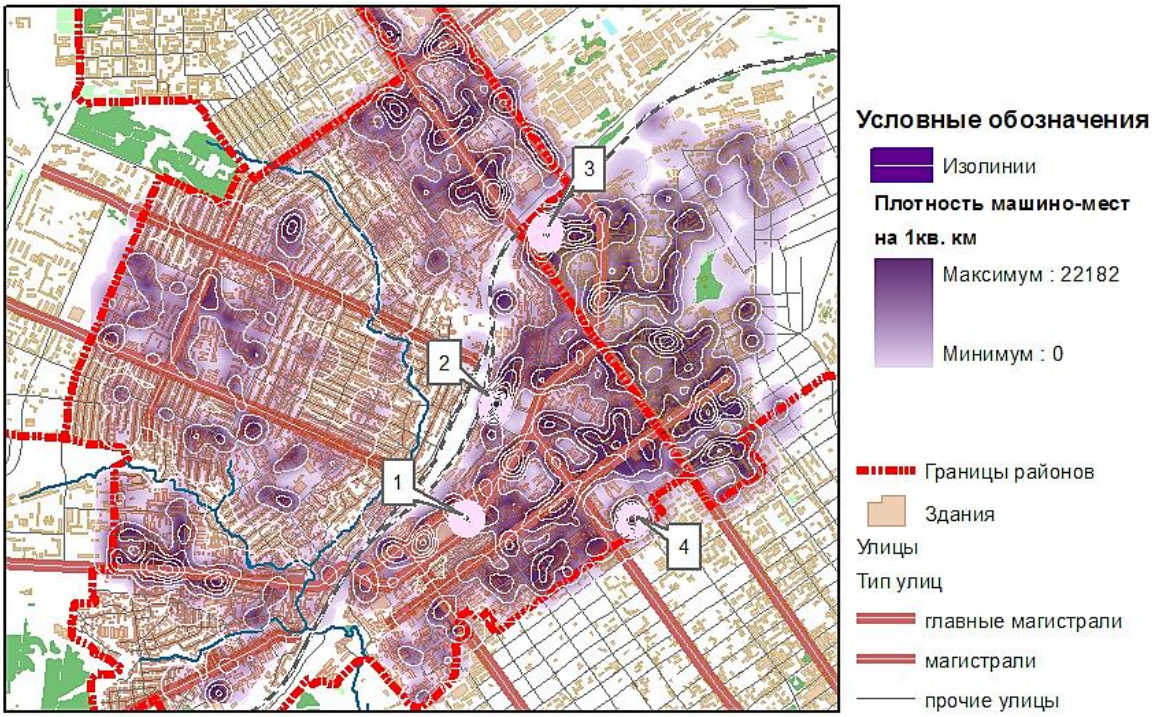


Рисунок 3 – Карта плотности парковочных мест центральной части г. Барнаула с изолинями

Таковыми являются 708 из 1497 бесплатных парковок, то есть почти половина всех бесплатных парковок с суммарным количеством машино-мест 7380 – не многим меньше половины суммарной вместимости всех бесплатных парковок, как видно из таблицы 1.

На рисунке 3 показана эта же карта с изолиниями, (линиями одинаковой плотности машино-мест), которые позволяют четко выделить 4 точки наибольшей плотности парковочных мест. При этом на карте отмечены цифрами:

1 - самая большая бесплатная наземная парковка в городе с вместимостью до 500 машин, точка;

2 - сеть платных наземных парковок в районе вокзала; – 360 машино-мест;

3 - две платные парковки (подземная и наземная крытая) торгово-развлекательного центра «Пионер»-280 машино-мест;

4 - платная подземная парковка теннисного корта «Горизонт» 194 машино-места.

Как видно, несмотря на малое количество, платные парковки могут обеспечить гораздо большее количество машино-мест на существенно меньшей площади. Проведенный в ГИС анализ плотности парковочных мест показывает, что пора изменить сложившуюся в городе структуру парковок, используя для этого и экономические (плата за стоянки), и регулятивные меры (установка выделенных полос и запреты на въезд определенные зоны).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российский парк автомобильной техники - 53 млн. единиц. «Автостат». Аналитическое агентство. 2019, — [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.autostat.ru/news/45216/.

2. Сколько автомобилей приходится на тысячу жителей в России? – URL: https://www.autostat.ru/news/46352/.

Михаилиди Ирина Михайловна *– к. т. н., доцент кафедры «Архитектура и дизайн» Института архитектуры и дизайна ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: ingem@mail.ru*.

Козлов Илья Сергеевич *– магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: mnogokozlov@yandex.ru.*

УДК 631.421.1

АНАЛИЗ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ИЕРИХОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ АЭРОЗОНДИРОВАНИЯ

И. В. Носков, А. А. Н. АбедРабу
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Статья посвящена исследованию изменения почвенного покрова Иерихона в геоинформационной среде с использованием данных аэрозондирования. Приводится описание трех основных типов аэрозондирования Земли, которые в зависимости от диапазонов длин волн могут быть: аэрозондирование видимого и ближнего инфракрасного диапазонов; аэрозондирование теплового инфракрасного диапазона; аэрозондирование микроволнового диапазона. Определено, что данные аэрозондирования, полученные в видимом и отраженном инфракрасном диапазонах, зависят, главным образом, от отражательной способности объектов на подстилающей поверхности. Описываются используемые программные продукты, приводится методика картографирования динамики ландшафтов Иерихона в программах ENVI и ArcGIS. В работе анализируются данные за 1997, 2006 и 2017 гг. В конце статьи на основе ГИС-анализа приводятся выводы по основным изменениям ландшафтов Иерихона. Проведенный анализ показывает, что в настоящее время основные изменения ландшафта в Иерихоне сводятся к периодически увеличивающейся площади городской застройки, развитию инфраструктуры, деградации естественной растительности и появлению культурной растительности. В результате проведенных исследований сделан вывод о том что, аэрозондирование можно успешно использовать для анализа и картографирования динамики ландшафтов в геоинформационной среде.

Ключевые слова: *аэрозондирование, диапазон, ландшафт, анализ, динамика, почвенный покров, индекс NDVI, картографирование динамики ландшафтов, классификация данных, природно-территориальные комплексы.*

На сегодняшний день обитателям планеты Земля приходится сталкиваться с глобальными проблемами. И одной из них является проблема сохранения биологического и ландшафтного ее разнообразия [1-4]. Территория Земли начинает терять свой первоначальный облик в связи с быстрым, а иногда стремительным, сокращением площади естественных ландшафтов. Для решения этой проблемы необходимо приложить усилия, как на глобальном, так и на региональном уровнях. Целью проведенных исследований являлось выполнение картографирования и анализ динамики ландшафтов Иерихона с помощью данных аэрозондирования (АЭЗ) [5, 6].

В существующую классификацию входят три типа аэрозондирования Земли, в зависимости от диапазонов длин волн:

1 – аэрозондирование видимого и ближнего инфракрасного диапазонов;

2 – аэрозондирование теплового инфракрасного диапазона;

3 – аэрозондирование микроволнового диапазона.

Эти типы аэрозондирования классифицируются с учетом диапазонов длины волны источника энергии, используемой в аэрозондировании видимого и отраженного инфракрасного диапазонов солнца, которое излучает электромагнитную энергию с длиной волны 0,5 мм в своей пиковой области. Данные аэрозондирования, полученные в видимом и отраженном инфракрасном диапазонах, зависят, главным образом, от отражательной способности объектов, расположенных на земной поверхности. Поэтому информация наземных объектов может быть получена аэрозондированием по спектральной отражательной их способности. Исключением в этом случае является использование лазерного радара, потому что он использует в своей работе и обработке данных не энергию солнца, а лазерную энергию датчика самого радара. Источник отраженной солнечной энергии, используемой при аэрозондировании поверхностных земных объектов теплового инфракрасного диапазона, является непосредственно объектом наблюдения, потому что от любого поверхностного объекта с нормаль-

ной температурой исходит электромагнитное излучение с длиной волны 10 мм в пиковой его области.

Применение аэрозондирования позволяет сравнить и определить разность спектрального излучения между солнцем и поверхностным объектом на Земле с нормальной температурой. Однако следует отметить, что для упрощения работы при аэрозондировании приходится пренебрегать атмосферным поглощением части излучения, хотя коэффициент отражения и излучательная способность и температура поверхностного объекта оказывают влияние на получаемую спектральную кривую.

В представленной работе для анализа изменения городской застройки города Иерихона (Палестина) использовались данные аэрозондирования, доступные на веб-сайте Геологической службы США с 1997 по 2017 гг. Данные, полученные с использованием аэрозондирования, обрабатывались с использованием статистических методов, реализуемых посредством программы MicroSoft Office.

Для обработки данных аэрозондирования также использовались программы ENVI 5.3, позволяющая корректировать и применять спектральные индексы; ArcGIS, используемая для первоначального дешифрирования, и MapInfo, QGIS для измерения площадей ландшафтов.

В настоящее время в мировой практике существует довольно много методик для ландшафтных исследований. Их условно можно подразделить на косвенные и прямые. К косвенным относится моделирование, а также аэрозондирование.

В настоящее время наиболее известной системой космической сканерной съемки для аэрозондирования поверхностных объектов на Земле, является система «Landsat». При каждом обороте спутника «Landsat» вокруг Земли его датчики могут снять полосу местности шириной до 185 километров.

Количественное изменение площади ландшафтов определяется индексом NDVI. NDVI – вегетационный индекс, в переводе с английского – «нормализованный относительный индекс растительности», представляет собой простой суммарный показатель, определяющий количество фотосинтетически активной биомассы. Это один из самых распространенных в настоящее время индексов для решения задач по количественной оценке изменения растительного покрова, а соответственно площади ландшафтов.

Программа ENVI 5.3 позволяет обрабатывать космический снимок земной поверхности и автоматически рассчитывает индекс NDVI. Для расчета используется формула

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра; RED – отражение в красной области спектра.

Согласно этой формуле, плотность растительности, согласно вегетационного индекса NDVI, в определенной точке земной поверхности, равняется разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазонах, деленной на сумму их интенсивностей [4].

Существует определённая теория, что каждому значению вегетационного индекса NDVI соответствуют определённый тип объекта, расположенного на поверхности Земли (таблица 1). Например, величины вегетационного индекса NDVI до величины -0,33 определяют водные акватории, в интервале от -0,1 до 0,1 – горные массивы, песчаные отложения, снежный покров, а индекс до 0,2 соответствует открытой почвенной поверхности.

В ходе анализа применённого индекса NDVI выявлено, что на картографируемом районе NDVI до -0,5 соответствуют городской застройке (зданиям), от -0,3 до 0 объектам инфраструктуры (дороги и др.), от 0,1 до 0,2 – участкам с пустынной растительностью, от 0,3 до 0,5 – травянистой растительности (газонам).

Таблица 1 – Вегетационный индекс NDVI для различных земных природных объектов

Тип объекта	Значение NDVI
РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ГУСТАЯ	0,7
РАСТИТЕЛЬНОСТЬ РАЗРЯЖЕННАЯ	0,5
ПОЧВА ОТКРЫТАЯ	0,025
ОБЛАКА	0
СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И ЛЕД	-0,05
ВОДНАЯ АКВАТОРИЯ	-0,25
ИСКУССТВЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ (бетон, асфальт, плитка)	-0,5

Таблица 2 – Изменение площади ПТК исследуемой территории, км^2

Год	Городская застройка (здания)	Объекты инфраструктуры (дороги и др.)	Травянистая растительность (газоны)	Участки с пустынной растительностью	Площадь картографируемой территории	Численность населения тыс. человек
1997	4,52	16,65	8,53	121,20	150,9	14,674
2006	7,12	19,24	12,70	115,22	154,28	18,110
2017	6,58	25,95	15,87	102,49	150,89	33990

Дальнейшая работа выполняется в программном продукте ArcGIS, начиная с классификации данных. Результатом данного действия является разделение растра на классы по заданным параметрам. Затем растровые районы с разным NDVI преобразовываются в векторные полигоны, они конвертируются в формат SHAPE для дальнейшей работы в MapInfo или QGIS (измерение площадей от классифицированных по NDVI ландшафтов). Итогом выполненной работы является сводная таблица, отображающая площади таких природно-территориальных комплексов (ПТК), как городская застройка, объекты инфраструктуры, травянистая растительность, участки с опустыниванием – за 1997, 2006 и 2017 гг. (таблица 2).

Путём сравнения значений площади можно сделать следующее заключение. В период с 1997 по 2006 гг. наблюдался быстрый рост городской застройки из-за политики развития государства Палестины с 1993 г. Иерихон, так же как и Газа, был первым городом, который стал быстро застраиваться. Однако параллельно с постройкой новых зданий с 1967 г. из-за оккупации Палестины Израилем на территории проводилась политика разрушения строений (метод «дом под снос»). Кроме того, существовали ограничения на постройки домов в определённых районах. Этим объясняется незначительное уменьшение городской застройки в период 2006-2017 гг. Политика разрушения строений не отразилась на строительстве объектов инфраструктуры, ввиду чего в период с 1997 по 2017 гг. увеличивались площади инфраструктуры. В плане растительности в 1997-2017 гг. из-за развития города естественная растительность постепенно заменялась культурной (газонами), ввиду чего анализ изменения площади ареалов (таблица 2) показывает увеличение за данный период площади травянистой растительности (газонов) и уменьшение площадей пустынной растительности.

Заключение

Основные изменения ландшафта в Иерихоне сводятся к следующему:

– периодически увеличивается площадь городской застройки, однако темпы увеличения невелики;
– развивается инфраструктура;
– происходит деградация естественной растительности;
– появляется культурная растительность.

Таким образом, аэрозондирование можно успешно использовать для анализа и картографирования динамики ландшафтов в геоинформационной среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морфологическое изучение географических ландшафтов / Г. Н. Анненская [и др.] // Ландшафтоведение. — М. : Изд-во АН СССР, 1963. — С. 5-28.

2. Беручашвили, Н. Л. Вопросы классификации состояний природно-территориальных комплексов / Н. Л. Беручашвили // Вопросы географии. Сб.121. — М. : Мысль, 1982. — С.73-80.

3. Беручашвили, Н. Л. Методика ландшафтно-геофизических исследований и картографирования состояний природно-территориальных комплексов / Н. Л. Беручашвили. — Тбилиси : ТГУ, 1983. — 199 с.

4. Братков, В. В. Вегетационные индексы и их использование для картографирования горных ландшафтов российского Кавказа / В. В. Братков, З. В. Атаев // APRIORI. Серия: естественные и технические науки. – 2017. – № 1. — 6 с.

5. Никольский, В. В. Основы проектирования автоматических космических аппаратов: учебник / В. В. Никольский. – С-Пб. : БГТУ «Военмех», 2007. – 230 с.

6. Габрук, С. В. Космические системы дистанционного зондирования Земли / С. В. Габрук, В. Е. Гершензон. – М. : Изд-во А и Б, 1997. – 296 с.

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

АбедРабу Ахмад А. Н. *– аспирант кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: eng_ahmad1993@yahoo.com.*

УДК 528. 721.221.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ГЕОТЕХНИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В Г. БАРНАУЛЕ

И. В. Носков, Б. Ф. Азаров, К. И. Носков
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В представленной статье рассмотрены работы по геотехническому мониторингу состояния существующих частных жилых домов № 120 и № 120-а по ул. Крупской при строительстве многоквартирного жилого дома с объектами общественного назначения, расположенного по адресу ул. Крупской, 118. Для геотехнического мониторинга использовался наземный лазерный сканер Stonex X300 (Италия) и программное обеспечение (ПО) Stonex Reconstructor Survey для обработки данных сканирования. Программное обеспечение Stonex Reconstructor Survey позволяет получать 3D данные, обрабатывать их и анализировать.Проведенные работы по геотехническому мониторингу с использованием лазерного наземного сканирования и визуальному обследованию объектов, позволили сделать вывод о физическом износе и техническом состоянии конструкций и всего сооружения в целом.

Ключевые слова: *здание, обследование, износ, состояние, мониторинг, деформации, крен, сканирование, геотехнический мониторинг, наземное лазерное сканирование.*

Для геотехнического мониторинга и контроля состояния существующего жилого дома № 120 и жилого дома № 120-а по ул. Крупской, при строительстве многоквартирного жилого дома с объектами общественного назначения, расположенного по адресу ул. Крупской, 118 в г. Барнауле, использовался лазерный сканер Stonex X300 (Италия) и программное обеспечение (ПО) Stonex Reconstructor Survey для обработки данных сканирования, позволяющее получать 3D данные, обрабатывать их и анализировать [1, 2]. В июне 2020 года на обследуемых объектах были выполнены следующие работы:

- рекогносцировка объектов (визуальный осмотр с фото фиксацией, выбор мест установки лазерного сканера);
- задание для каждого здания условной системы координат и высот;
- производство работ по сканированию каждого здания;
- обработка результатов сканирования с целью получения характеристик пространственного положения каждого здания.

При рекогносцировке объекта мониторинга был осуществлен выбор метода производства работ по наземному лазерному сканированию зданий, подлежащих контролю. Ниже на фотографиях (рисунки 1-3) представлен вид зданий, расположенных в зоне влияния строящегося объекта. По результатам рекогносцировки был сделан вывод о целесообразности выполнения сканирования каждого объекта отдельно в локальной системе координат, задаваемой центром сканирующего модуля прибора Stonex 300. При этом для дома № 120 было намечено две стоянки прибора: одна стоянка со стороны ул. Крупской и одна со стороны двора. Дом № 120-а сканировался с одной стоянки прибора.

Для определения деформаций контролируемых зданий на них выбирались характерные точки, для которых в процессе сканирования определялись трехмерные прямоугольные координаты в условной системе. Так, для дома № 120, при сканировании фасада-1, расположенного со стороны ул. Крупской, было выбрано 12 контрольных точек (рисунок 4). При сканировании фасада-2, расположенного внутри двора, было выбрано 4 контрольные точки (рисунок 5). На скане, полученном при сканировании фасада-3 дома № 120-а, было выбрано 6 точек, положение которых показано на рисунке 6.

Рисунок 1 – Вид жилого дома №120 с улицы Крупской

Рисунок 2 – Вид жилого дома №120 со двора

Рисунок 3 – Вид здания перехода 1-4 со стороны жилого дома по адресу А. Петрова, 128а

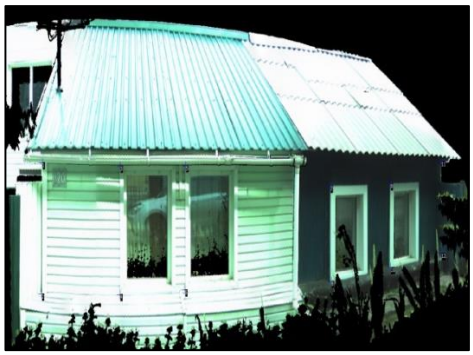


Рисунок 4 – Положение контрольных точек на фасаде-1 дома № 120

Рисунок 5 – Положение контрольных точек на фасаде-2 дома № 120

Рисунок 6 – Положение контрольных точек

Поскольку наблюдаемые объекты представляют собой одноэтажные здания, то для них целесообразно установить наличие (или отсутствие) крена стен и архитектурных деталей (окон), для которых в результате сканирования были получены точки лазерных отражений.

В качестве крена здания принималась линейная величина, которую находили по формуле

$$Q = \sqrt{Q_X^2 + Q_Y^2},$$

$$Q_X = X_B - X_H \; ; \qquad Q_Y = Y_B - Y_H \; ,$$

где Q_X, Q_Y – составляющие крена по двум взаимно перпендикулярным направлениям, найденные по разностям соответствующих координат выбранных верхней (X_B, Y_B) и нижней (X_H, Y_H) точки, лежащих на одной вертикали «следа» точек лазерных отражений элемента здания.

Для каждого здания пара точек («верхняя» и «нижняя») выбиралась отдельно с учетом его размеров. Так, на фасаде-1 дома № 120 на скане было выбрано 6 пар точек (рисунок 4), для которых средствами программы Stonex Reconstructor Survey были определены трехмерные прямоугольные координаты в заданной системе координат.

В результате были составлены таблицы с расчетом кренов элементов фасада-1 дома № 120 по координатам выбранных точек. Через Q обозначены линейные величины кренов, вычисленные как результирующие составляющих крена по координатным осям X(N) и Y(E).

Согласно полученным результатам, кренов элементов фасада-1 дома № 120 составляют от 9 до 22 мм. На фасаде-2 дома № 120 были выбраны 2 пары точек (рисунки 5), для которых средствами программы Stonex Reconstructor Survey были определены трехмерные прямоугольные координаты в заданной системе координат.

Анализ полученных результатов свидетельствует о наличии незначительного крена

(в пределах от 13 до 17 мм) фасада-2 дома № 120. Для дома № 120-а крены определялись с одной стоянки сканера в системе координат самого прибора для трех пар точек (рисунок 6). Крены фасада-3 дома № 120-а составили от 16 до 28 мм.

Заключение

Работы по геотехническому мониторингу состояния существующего жилого дома № 120 и жилого дома № 120-а по ул. Крупской при строительстве многоквартирного жилого дома с объектами общественного назначения, расположенного по адресу ул. Крупской, 118, позволили сделать следующие выводы:

1. Проведенные работы по геотехническому мониторингу с использованием лазерного наземного сканирования и визуальному обследованию объектов: существующего жилого дома № 120 и жилого дома № 120-а по ул. Крупской при строительстве многоквартирного жилого дома с объектами общественного назначения, расположенного по адресу ул. Крупской, 118, проведенное согласно: ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния», СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» и ВСН 53-86(р) «Правила оценки физического износа жилых и гражданских зданий», позволило сделать вывод о физическом износе и техническом состоянии конструкций и всего сооружения в целом.

2. Выполненные работы по геотехническому мониторингу показали, что объекты: существующий жилой дом № 120 и жилой дом № 120-а по ул. Крупской при строительстве многоквартирного жилого дома с объектами общественного назначения, расположенного по адресу ул. Крупской, 118, находятся в состоянии, соответствующем категории – работоспособное состояние. Работоспособное техническое состояние: Категория технического состояния, при которой некоторые из числа оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта или норм, но имеющиеся нарушения требований в конкретных условиях эксплуатации не приводят к нарушению работоспособности, и необходимая несущая способность конструкций и грунтов основания с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений обеспечивается.

3. Дальнейшая эксплуатация объектов: существующего жилого дома № 120 и жилого дома № 120-а по ул. Крупской при строительстве многоквартирного жилого дома с объектами общественного назначения, расположенного по адресу ул. Крупской, 118 в г. Барнауле, возможна при продолжении работ по геотехническому мониторингу до окончания строительства объекта и в этом случае не будут представляет угрозу для жизни и здоровья людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, А. В. Разработка методики геодезического контроля инженерных объектов на основе данных наземного лазерного сканирования: дисс…канд. техн. наук / А. В. Иванов. – Новосибирск, 2012. – 150 с.

2. Наземное лазерное сканирование: монография / В. А. Середович [и др.]. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с.

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

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

Носков Кирилл Игоревич *– магистрант кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: nki88@yandex.*

УДК 624.154.001.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АНТИКОРРОЗИЙНОГО ПОКРЫТИЯ ВИНТОВЫХ СВАЙ ООО «БАУ ГРУПП» ПРИ ИХ ПОГРУЖЕНИИ В АГРЕССИВНЫЕ ГРУНТОВЫЕ УСЛОВИЯ

И. В. Носков, Б. Ф. Азаров, К. И. Носков
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Объектом представленной работы являлись винтовые лопастные сваи ООО «БАУ групп» при их погружении в агрессивные грунты Новосибирской области. Целью работы являлась разработка рекомендаций по оценке степени повреждения антикоррозийного покрытия и определения «остаточной» долговечности винтовых свай ООО «БАУ групп» при их погружении в агрессивные грунтовые условия, как эффективного и экономически целесообразного метода фундирования, при возведении зданий и сооружений в сложных и агрессивных инженерно-геологических условиях Новосибирской области. По результатам обработки полевых экспериментов винтовых лопастных свай ООО «БАУ групп» при их многократном погружении в агрессивные грунтовые условия, с помощью технологии наземного лазерного сканирования, замеров изменения толщины антикоррозийного покрытия, получена оценке степени повреждения антикоррозийного покрытия и определена «остаточная» долговечность винтовых свай. В результате выполненных работ продемонстрирована возможность применения технологии наземного лазерного сканирования для количественной оценки изменения параметров винтовых свай ООО «БАУ групп» при их многократном погружении в агрессивные грунтовые условия.

Ключевые слова: *грунт, винтовая свая, погружение, эксперимент, долговечность, оценка, антикоррозийное покрытие, агрессивные грунтовые условия, наземное лазерное сканирование, степень повреждения.*

Для проведения научно-исследовательской работы по определению долговечности антикоррозийного покрытия винтовых свай ООО «БАУ групп» при их погружении в агрессивные грунтовые условия Новосибирской области были использованы сваи SVL–KBAU F 114(4,5) × 350(6) × 350(6) × 4000, имеющие защитное покрытие из цинка толщиной не менее 100 мкм по ГОСТ 9.307-89 (ИСО 1461-98) и ЛКП (лакокрасочное покрытие), состоящего из 6-ти слойного покрытия грунтовкой и покраской эмалью, общей толщиной 200 мкм. Толщина стальной стенки сваи составляет 4,5 мм. Для исследований были получены 4 сваи: эталонная (без погружения); 1 – свая погруженная и извлеченная из грунта 1 раз; 2 – свая погруженная и извлеченная из грунта 6 раз: 3 – свая погруженная и извлеченная из грунта 8 раз (рисунок 1). Для выполнения поставленных целей были применены следующие методы выполнения работ:

- обмеры с целью установления фактических размеров винтовых свай;
- определение толщины защитного слоя (суммарного, включающего цинковое покрытие и слой грунтовки и краски, а также отдельно цинкового слоя).

Обмеры выполнялись средствами программы КРЕДО 3D СКАН по облакам точек лазерных отражений (ТЛО), полученным в результате лазерного сканирования свай.

Сканирование выполнялось прибором GTL-1000 фирмы TOPCON.

Рисунок 1 – Исследуемые сваи

Рисунок 2 – Прибор GTL-1000 – роботизированный тахеометр с интегрированным компактным высокоскоростным сканером

Рисунок 3 – Толщиномер Etari ET 444

Для обработки данных сканирования использовалось программное обеспечение ПО MAGNET Collage. Для каждой сваи по результатам сканирования определялась ее длина, диаметр в нескольких местах и размеры винтов. Для определения размеров свай использовался прибор GTL-1003. GTL-1003 – новый прибор компании TOPCON, который представляет собой роботизированный тахеометр с интегрированным компактным высокоскоростным сканером (рисунок 2). GTL-1003 – это единый инструмент для съемки, разбивки и сканирования с высоким разрешением, в котором возможности роботизированного тахеометра GT-1003 совмещены с компактным сканером. Помимо функции сканирования сканер с помощью встроенной фотокамеры позволяет при необходимости делать сферические панорамные фотоснимки. Использование тахеометра в сочетании со сканером позволяет сократить время выполнения работ на 50 % при регистрации большого количества стоянок, выполненных с помощью сканера.

Для обработки данных сканирования используется программа MAGNET Collage. MAGNET Collage – это программное обеспечение, которое позволяет выполнять обработку данных в одной среде с различных устройств, таких как лазерный сканер Topcon GLS-2000, системы мобильного сканирования и картографирования Topcon IP-S3, системы сканирования дорожного полотна RD-M1, робосканера GTL-1003 и беспилотных летательных аппаратов. Обработка данных в программе MAGNET Collage включает в себя набор функций, предоставляющий пользователю возможности создания чертежей, трехмерных элементов, сечений, поперечников, моделей сложных поверхностей.

Обмеры свай выполнялись средствами программы КРЕДО 3D СКАН по облакам точек лазерных отражений (ТЛО), полученным в результате лазерного сканирования свай. Сканирование выполнялось прибором GTL-1000 фирмы TOPCON (рисунок 1). GTL-1000 – новый прибор компании TOPCON, который представляет собой роботизированный тахеометр с интегрированным компактным высокоскоростным сканером. Скорость сканирования составляет 100000 точек в секунду. Погрешность измерения углов ±3″, погрешность измерения расстояний ±7 мм. Для обработки данных сканирования используется ПО MAGNET Collage. Для каждой сваи по результатам сканирования определялась ее длина, диаметр в нескольких местах и размеры винтов.

Каждая свая была размечена через 0,5 метра, начиная от оголовка. В каждой отмеченной точке трижды определялась толщина суммарного слоя ЛКП. Определение толщины защитного слоя выполнялось толщиномером

Etari ET 444 (рисунок 3). Данный прибор используется для замера толщины краски на поверхности из черных и цветных металлов. Диапазон измерений составляет от 0 до 2000 мкм. Принцип измерения – магнитный.

Допустимые погрешности измерения от ±(3 % + 10 единиц) до ±(5 % + 10 единиц) и зависят от величины измеряемой толщины: так, точность составляет от ±3 % для диапазона от 0 до 199 мкм, ±(3 % + 10 единиц) для диапазона от 200 до 1000 мкм, ±(5 % + 10 единиц) от 1001 до 1999 мкм. Рабочая температура от -25 °С до +50 °С. Измерения выполнялись в закрытом помещении при температуре воздуха +20 °С. Затем в тех местах, где в результате завинчивания-вывинчивания сваи обнажался защитный слой цинка, также трижды выполнялось измерение толщины защитного слоя.

Использую полученные результаты для оценке степени повреждения антикоррозийного покрытия [1, 2] и определения «остаточной» долговечности винтовых свай ООО «БАУ групп» при их погружении в агрессивные грунтовые условия, как эффективного и экономически целесообразного метода фундирования, при возведении зданий и сооружений в сложных и агрессивных инженерно-геологических условиях Новосибирской области предлагается использовать следующую эмпирическую зависимость

$$N(1-n/10) + T_ц / 8{,}4 + T_с/0{,}04,$$

где N – срок службы (эксплуатации) ЛКП, год;
n – количество погружений свай в грунт;
$T_ц$ – цинкового покрытия, мкм;
$T_с$ – толщина стальной стенки сваи, мм.

Заключение

В результате выполненных работ можно сделать следующие выводы:

1. Продемонстрирована возможность применения технологии наземного лазерного сканирования для количественной оценки изменения параметров винтовых свай ООО «БАУ групп» при их многократном погружении в агрессивные грунтовые условия.

2. По результатам обработки выполненных полевых экспериментов винтовых свай ООО «БАУ групп» при их многократном погружении в агрессивные глинистые грунты Новосибирской области, с помощью технология лазерного сканирования, замеров изменения толщины антикоррозийного покрытия, оценки степени повреждения ЛКП и цинкового покрытия определена «остаточная» долговечность винтовых свай и получена эмпирическая зависимость по ее прогнозу.

3. Оценка степени повреждения антикоррозийного покрытия и определение «остаточной» долговечности винтовых свай ООО «БАУ групп» показали эффективность и экономическую целесообразность данного метода устройства фундаментов при возведении зданий и сооружений в сложных и агрессивных инженерно-геологических условиях Новосибирской области.

4. Продолжить исследования по оценка степени повреждения антикоррозийного покрытия и определение «остаточной» долговечности винтовых свай ООО «БАУ групп» для других грунтовых условий (супесчаные грунты, крупные пески, дресвяные грунты и т.п).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО 02494680-0034-2004. Система защиты металлических конструкций от коррозии. Покрытия защитные термодиффузионные цинковые на элементах металлических конструкций и крепежных изделиях. Общие технические условия : дата введения 2014-14-04. – Москва : ЦНИИПСК им. Мельникова, 2004. – 11 с.

2. СП 28.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии: дата введения 2013-01-01. – Москва : Минрегион России, 2013. – 120 с.

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

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

Носков Кирилл Игоревич *– магистрант кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: nki88@yandex.*

УДК 624.05

ХАРАКТЕРИСТИКА ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И. В. Носков, С. А. Ананьев, А. Э. Магомадов
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Болота в центральной части Западно-Сибирской равнины – один из основных ее ландшафтов. Болотообразовательные процессы протекают очень интенсивно на поверхности плоских слаборасчлененных междуречных равнин, надпойменных террас и пойм. Широкое и интенсивное развитие этого процесса определяет высокую степень заболоченности района, которая даже по самым скромным подсчетам в среднем составляет не менее 38 %. Различия в геоморфологическом строении и расчлененности отдельных участков территории определяют неравномерное распределение торфяных болот в их пределах.

Ключевые слова: *территория, грунт, свойства, толща, плита, режим, процесс, этап, геологическое строение, Западно-Сибирская равнина, этапы геологического развития, торф.*

Степень заболоченности междуречья рек Обь-Пайдугина-Кеть составляет 52 %, Обь-Васюган – 38 %, а Тым-Пайдугина – 22 %. Неравномерно размещаются торфяные болота и в пределах самих междуречий. С удалением от речных долин степень заболоченности увеличивается от 10-20 % до 60-70 %, а в пределах Обь-Иртышского водораздела она достигает 90-100 %. Уменьшается степень заболоченности в южном направлении, а также к повышенным – восточной и западной окраинам плиты. Физико-географические особенности таежной зоны способствовали развитию интразональной (болотной) растительности, которая стала здесь преобладающей. Значительные площади болота занимают и в зоне лесостепи. Поскольку на растительность болот откладывают отпечаток физико-географические особенности зон, ее следует считать интразонально-зональной.

Оптимальное развитие болота имеют в подзонах средней и южной тайги. Заболоченность отдельных районов здесь достигает 50-80 %, местами – 90 % и даже 100 %. По интенсивности протекающего здесь болотообразовательного процесса эти подзоны относятся к поясу интенсивного торфонакопления, где расположены крупнейшие в мире торфяные бассейны. Бедный водно-минеральный режим и подзолистые почвы обеспечивают преимущественно сфагновый тип заболачивания. Основная толща залежи болот формировалась в условиях атмосферного питания. Отсутствие постоянного стока болотных внутризалежных вод, периодический подпор грунтовых вод многочисленными реками создали благоприятные условия для формирования высокообводненных залежей, влажность которых доходит до 94-96 %.

Степень разложения торфа в таких условиях формирования довольно низкая. Средняя степень разложения верховых залежей, сложенных травяно-моховыми и моховыми видами торфа, колеблется в пределах 15-25 %. Залежи, формирующиеся на дренированных участках, у суходолов и речек, характеризуются несколько повышенной степенью разложения – 30-40 %. Залежи смешанного типа, в сложении которых принимают участие травяные и древесно-травяные виды торфа, имеют степень разложения 25-35 %. Степень разложения торфов залежей низинного типа колеблется в пределах 25-45 %.

Сложный рельеф минерального дна болот, их различное геоморфологическое положение определяют значительные колебания глубины в пределах торфяных массивов. Наиболее мощные по глубине торфяные залежи отмечены в центральных частях олиготрофных болот, расположенных на высоких террасах и склонах, на участках, занятых олиготрофными грядово-мочажинными и грядово-озерково-мочажинными комплексами. Здесь глубина залежи составляет 4,5-6,0 м, снижаясь к окрайковым частям и внутренним суходолам до 4,0-1,0 м. Значительная глубина торфяной залежи массивов отмечена на участках с фильтрационными и прибереговыми топями (4,0-6,0 м), у истоков речек (5 м), нередко у берегов озер (5,0-6,0 м), покрытых евтрофными и мезотрофными осоковыми, осоково-сфагновыми фитоценозами. На дренированных участках болот глубина залежи обычно снижается до 2-3 м.

По окрайкам болот с древесно-травяной растительностью мощность залежи составляет 3-5 м. В прибереговых, транзитных и фильтрационных топях, покрытых евтрофной растительностью, формируются залежи с глубиной 3,5-4,5 м; в топях выклинивания – 3,0-3,5 м; на склонах к речкам – 3,0-3,5 м.

Виды залежи, откладывающиеся на водораздельных равнинах, характеризуются несколько пониженной степенью разложения в отличие от идентичных видов залежи более дренированных болот террас. Комплексная залежь слагает обычно центральные, наиболее обводненные участки болот с грядово-мочажинными и грядово-озерковыми комплексами. Часто встречается эта залежь на обводненных участках между внутренними суходолами и у окраек некоторых болот, реже она формируется у подтопляемых берегов озер или в топях выклинивания.

В условиях высокого обводнения на болотах вторых террас, в прибереговых и застойных топях, между внутренними суходолами центральных участков болот, покрытых грядово-озерковыми, грядово-мочажинными и сфагновыми комплексами, формируется сфагновая мочажинная залежь. Фускум-залежь формируется на несколько дренированных участках болот, у внутренних суходолов и между ними, часто в центральных, наиболее дренированных участках болот и у берегов внутренних озер. Шейхцериево – сфагновая и шейхцериевая виды залежи формируются в условиях сильного подтопления в окрайковых прибереговых топях, среди внутренних суходолов с застойной водой и мелких вторичных озерков, на небольших центральных плоских регрессивных участках, покрытых сфагновыми, грядово-озерковыми, грядово-мочажинными и шейхцериево-сфагновыми фитоценозами. На некоторых дренированных участках болот высоких террас, покрытых грядово-мочажинными, фускум и сосново-кустарнич-ковосфагновыми фитоценозами, доминирует медиум-залежь. Встречается она в центральных частях небольших верховых болот у озер, между внутренними суходолами; на крутых склонах верховых участков между озерками, у дренируемых окраек торфяников и по краям топей выклинивания. Залежь отдельных участков болот на террасах и водоразделах, продолжительное время находившаяся под влиянием грунтовых вод, сложена видами смешанного типа: смешанной топяной и смешанной лесотопяной. Формируются эти виды залежи на участках между внутренними суходолами, у дренирующей и питающей окрайковой части массивов, на контакте с евтрофными и мезотрофными прибереговыми топями, иногда у озер и часто между озерами. Залежь переходного типа встречается на болотах всех геоморфологических уровней, но наиболее характерна она для вторых террас. Доминирует и здесь топяной вид строения. На первых надпойменных террасах переходная топяная залежь формировалась в центральных частях болот у внутренних суходолов вблизи окраек евтрофных болот. На торфяных болотах высоких террас и водораздельных равнин залежи переходного типа формировались на сильно обводненных участках вблизи суходолов, в топях выклинивания, прибереговых топях [1].

Менее обводненные участки мезотрофных болот сложены лесотопяными залежами. Залежи низинного типа в основном характерны для торфяных болот первых надпойменных террас рек Оби, Тыма, Кети, Ваха и их мелких притоков. Наиболее обводненные участки сформированы осоково-гипновыми и шейхцериевыми видами залежи. У внутренних суходолов с выходом грунтовых вод, в окрайковых топях и в поймах болотных речек формировались осоковые виды залежи. В окрайковых частях болот, в прибереговых и транзитных топях у внутренних суходолов и по берегам крупных болотных озер формируются многослойная лесотопяная и топяно-лесная виды залежи, реже древесно-осоковые и древесные. Так как залежи этого типа образуются под влиянием грунтовых, речных и поверхностно-сточных вод, степень разложения слагающих видов торфа в этом случае независимо от положения в рельефе связана с интенсивностью минерализации и степенью обводненности торфяников в целом. Условия образования торфяных болот, расположенных на определенных геоморфологических уровнях в течение всего периода их формирования (особенно на первых стадиях), нашли отражение в различной сложности напластований видов торфа залежей. Особенная пестрота в строении залежи зоны наблюдается на торфяных болотах склонов, где благодаря различиям в водно-минеральном питании, в уклонах поверхности, дренирующем действии рек можно встретить залежи, сложенные многими видами торфа. На болотах первых террас, террас высоких уровней и реже водоразделов встречаются залежи, сложенные каким-либо одним видом торфа. Некоторое отличие водно-минерального режима торфяных болот водораздельных равнин, высоких террас, склонов и первых надпойменных террас нашло за-

метное отражение в закономерности напластования отдельных видов торфа. По мере перехода болот с водораздельных равнин на более низкие геоморфологические уровни изменяются условия их водно-минерального режима и соответственно изменяется соотношение типов торфов, слагающих залежи. Так, если верховые виды торфа в залежах водоразделов составляют около 70 %, а низинные около 20 %, на болотах высоких террас соответственно около 60 и 18 %, то на болотах первых террас в основном преобладают в залежи виды торфа низинного типа (90 %). Торфяные залежи водораздельных равнин и высоких террас больше чем наполовину сложены видами торфа верхового типа и лишь небольшие пласты, образованные переходными и низинными видами, подстилают толщи верховых торфов. На болотах склонов мощность верховых торфов заметно снижается, часто встречаются участки, сложенные почти нацело переходными и низинными видами. В залежи верхового типа откладывались главным образом фускум, комплексный, шейхцериево-сфагновый, а в южной части зоны медиум виды торфа. Они слагают залежи болот в основном в наиболее глубоких обводненных их частях. Как правило, они малозольны, с низкой и средней степенью разложения. Небольшими прослойками формировались мочажинный, ангустифолиум, папиллозум, пушицево-сфагновый, пушицевый виды торфа, совсем незначительное участие в сложении верховых толщ залежи принимают сосново-сфагновый, сосново-пушицевый, сосново-кустарничковый и очень редко сосновый виды торфа. Лесотопяные и лесные подтипы торфов встречаются в верховых залежах южной части зоны, где они формировались в процессе суходольного заболачивания. Здесь отмечены небольшими прослойками среди малоразложившихся моховых торфов пушицево-сфагновый и пушицевый виды с повышенной степенью разложения. Иногда, и в основном в окрайковых частях болот, сформированных в процессе заболачивания суходолов, прослойками или небольшими слоями откладывался сосновый, сосново-пушицевый, сосново-кустарничковый, сосново-шейхцериевый, сосново-осоковый и сосново-сфагновый виды торфа. Реже окрайковые мелкозалежные участки болот водораздельных равнин и высоких террас на всю глубину залежи бывают сложены пушицево-сфагновым, пушицевым, сосново-сфагновым и сосново-пушицевым видами торфа [2]. Залежи переходного типа в основном сложены сфагновым, шейхцериевым, осоково-сфагновым и осоковым видами торфа с небольшим участием гипнового, осоково-гипнового, травяно-сфагнового, комплексного, пушицевого, травяного, шейхцериево-сфагнового, древесно-осокового, древесно-травяного, древесно-сфагнового и древесного видов торфа. Они, как правило, подстилают пласты верховых торфов или слагают нацело различные по площади участки торфяников. Среди видов торфа переходного типа преобладает шейхцериевый. Из низинных торфов в залежи олиготрофных сфагновых торфяников формировались в основном шейхцериевый, осоковый, гипновый, древесный и в меньшей степени сфагновый, осоково-сфагновый, осоково-гипновый, вахтовый, травяной, травяно-сфагновый, древесно-сфагновый, древесно-травяной, древесно-хвощовой виды. Низинные виды торфа встречаются в залежах водораздельных болот и высоких террас в основном в придонных слоях или слагают нацело небольшие участки в поймах болотных речек или окрайковых топей. Здесь преобладает осоковый вид торфа, реже встречается шейхцериевый, древесно-осоковый и травяной виды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков, И. А. Палеоценовая кора выветривания как важнейший хронологический репер в геологии Западной Сибири // И. А. Волков, С. П. Казьмин / Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2007. – № 2. – С. 221-223.

2. Ершов, С. В. Палеобатиметрия позднеюрско-неокомского бассейна севера западной Сибири и влияние на нее природных процессов // С. В. Ершов / Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57. – № 8. – С. 1548-1570.

Носков Игорь Владиславович *– к. т. н., заведующий кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: noskov.56@ mail.ru.*

Ананьев Сергей Анатольевич *– старший преподаватель кафедры «Технология и механизация строительства», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: ananda_hasita@mail.ru.*

Магомадов Алан Эмранович *– магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: mazay@ mail.ru.*

УДК 528.482

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОМОНИТОРИНГА ЗА ОБЪЕКТАМИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

И. В. Носков, А. В. Прохоров
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Изучение существующих нормативных и технических инструментов Российской Федерации, Соединенных Штатов Америки и стран Европейского Союза в области трехмерной наземной лазерной съёмки показало, что до настоящего времени не существует нормативного метода, который бы устанавливал заявки на наземную лазерную съёмку РВС для определения их фактического пространственного положения и фактической геометрической формы. Был разработан метод проведения трехмерного наземного лазерного сканирования резервуаров с целью определения их фактического пространственного положения и их реальной геометрической формы. Метод включает требования по уменьшению ошибок лазерного сканирования на земле, снижению влияния внешних факторов (метрологических свойств снимаемого объекта, погодных условий и т. д.) на точность результатов и сокращению времени выполнения. Также был разработан метод камеральной обработки результатов трехмерного наземного лазерного сканирования РВС. Этот метод позволяет получить следующие данные: высоты краев днища и отклонения формирующих стен резервуара от вертикали; трехмерная модель стенки резервуара, позволяющая оценить ее НДС с учетом эффективного пространственного положения и фактической геометрической формы. Декомпозиция в трехмерном пространстве позволяет эффективно визуализировать сложные объекты и оценивать их стабильность, генерировать объемные данные и анализировать взаимодействие между искусственными объектами друг с другом и окружающей средой.

Ключевые слова: *наземное лазерное сканирование РВС, 3D-ГИС для геотехнического мониторинга, метод, технология, скан, модель, резервуар, геомониторинг, 3D-пространство, трехмерная точечная модель, цифровая модель.*

Трехмерное сканирование – это последовательный процесс определения координат точек поверхности объектов, а затем получения пространственных моделей.

Смысл наземного лазерного сканирования (НЛС) заключается в том, что измерение расстояния от сканера (излучатель) до объекта съемки происходит с высокой скоростью (фиксируется счетчиком времени) и в приемнике происходит запись полученных результатов (рисунок 1).

Наземное лазерное сканирование представляет собой современный метод получения и регистрации пространственных данных объектов.

В отличие от традиционных методов съемки, базирующихся на использовании тахеометров или спутниковых приемников, при НЛС объекта выполняется автоматическая регистрация расположения (координат) точек на его поверхности с заданным исполнителем шагом и на большой скорости, от нескольких десятков тысяч до миллиона и больше точек в секунду. При этом точность определения координат точек составляет от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров.

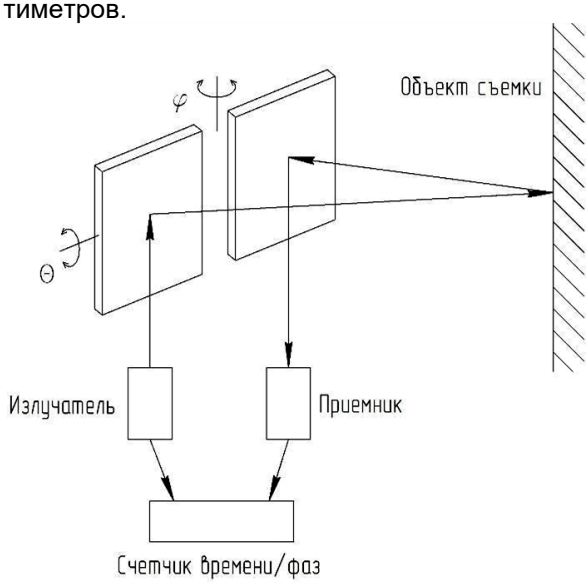


Рисунок 1 – Принципиальная схема работы наземного лазерного сканирования

Современные лазерные сканеры имеют высокую степень автоматизации измерений и их обработки. С помощью наземного лазерного сканирования, помимо получения простых геометрических размеров, имеется возможность проведения мониторинга состояния поверхности того или иного объекта. При помощи НЛС появилась возможность определить точное положение в пространстве и геометрические характеристики резервуаров вертикальных стальных (РВС) (рисунок 2) [1, 2].

Данный способ позволяет выполнять измерения с минимальными затратами, определить отклонение от вертикальной проекции стенки резервуара вертикального стального и получить информацию о величине осадки утора резервуара. При этом строится 3D-модель резервуара , которая позволяет оценить его напряженно-деформированное состояние, принимая во внимание его реальную форму и реальное его положение в пространстве.

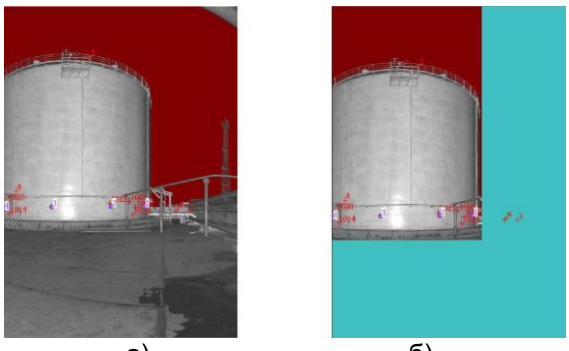
Предлагаемый способ камеральной обработки итогов наземного лазерного сканирования базируется на применении программного комплекса Geomagic Studio 2014.

Обработка результатов наземного лазерного сканирования, запись сведений, приобретенных с разных станций сканирования, сшивание в единое облако точек, с созданием общей модели плоскости резервуара, определение отклонений стенок резервуара от вертикали, а так же измерения амплитуды колебаний нижнего края, преобразование сведений облака точек в открытые форматы хранения данных, построение 3D-модели стенки резервуара, используется для дополнительного анализа его напряженно-деформированного состояния (НДС), принимая во внимание истинное пространственное положение и геометрические формы РВС, анализ и интерпретация полученных результатов и подготовка технического отчета. На рисунке 3 показаны предварительные и постобработанные сканы результатов наземного лазерного сканирования РВС.

Для того чтобы получить общее облако точек поверхности резервуара в ходе регистрации сканов, необходимо осуществить внешнее ориентирование сканов, снятых с разных станций сканирования в общую систему координат. Регистрация сканов обязана соответствовать ходу сканирования стенок резервуара и проходить по замкнутому ходу, чтобы исключить накопление ошибок, измерения должны выполняться относительно первого сканирования, и выполненого с первой стоянки сканера. Таким образом, все сканы будут переориентированы на общую систему координат первого скана (рисунок 4).

Вначале необходимо вручную очистить 3D-модель резервуара от конструкций, не относящиеся к его стенке (ограждения, трубчатые конструкции, площадки, лестницы и т. д.). В результате получается точечная модель стенки резервуара, которая содержит только точки поверхности стенки резервуара. Модель резервуара, в этом случае, будет полностью очищена от структур (конструкций), которые ранее могли закрывать области наземного лазерного сканирования.

Рисунок 2 – Результаты наземного лазерного сканирования вертикального стального резервуара



а) б)

Рисунок 3 – Результат НЛС (скан) участка РВС на этапе предварительной подготовки: а – сканы до обработки, б – сканы постобработанные

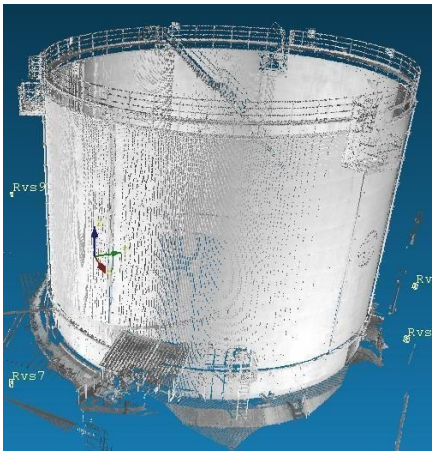


Рисунок 4 – Трехмерная единая точечная модель вертикального стального резервуара

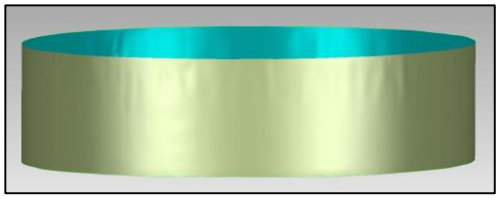


Рисунок 5 – Завершенная полигональная модель стенки резервуара вертикального стального (РВС)

Рисунок 6 – Трехмерная модель стенки резервуара вертикального стального (РВС)

На рисунке 5 показана завершенная полигональная модель стенки резервуара РВСП-20000. Для получения трехмерной модели стенки вертикального стального резервуара используется полученная завершенная полигональная модель (рисунок 6). В программном обеспечении для информации о напряженно-деформирован-ном состоянии оболочечной (трехмерной) модель преобразуется в форматы хранения данных 3D-моделей, например, igs, iges, catia и др.

Заключение

Основными преимуществами 3D ГИС и НЛС являются:

- 3D визуализация местности, а также территории ремонтных работ;
- установление местоположение находящихся под землей коммуникаций;
- составление плана работ (мероприятия по развитию, реконструкции, поддержанию инфраструктуры) в реальном времени;
- позволяет узнать истинное положение и геометрические свойства объекта, обнаружить отклонения от проекта;
- возможность рассчитать ожидаемые объемы работ;
- повышение точности при выполнении сложных технических решений.

Результаты 3D-моделирования могут быть использованы без дополнительных затрат в программных пакетах ANSYS, PLAXIS. Кроме этого, полученные результаты могут служить основой для параметрического моделирования и создания BIM-моделей.

Использование 3D-моделирования эффективно не только в целях геомониторинга объектов резервуаров вертикальных стальных (РВС), но также для решения других актуальных задач таких как:

- создание обучающих технологических моделей возведения РВС;
- планирование земляных и монтажных работ;
- планирование работ по устранению аварийных ситуаций;
- проведение обследовательских и научно-исследовательских работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кафтан, В. И. Полевая калибровка наземных лазерных сканеров на эталонных базисах / В. И. Кафтан, М. В. Никифоров // Материалы 8 Междунар. науч.-практ. конф. «Геопространственые технологии и сферы их применения». – Москва : Информационное агентство «ГРОМ», 2012. – С. 98-100.

2. РД 153-112-017-97. Инструкция по диагностике и оценке остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров : дата введения 1997-06-01. – Уфа : ЗАО «Нефтемонтаждиагностика», 1997. – 74 с.

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

Прохоров Алексей Васильевич *– аспирант кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: Aleck.prohorov2013 @yandex.ru.*

УДК 69.04

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ

И. П. Панков, Г. М. Бусыгина
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Рассматривается проектирование конструкций с использованием BIM-технологий. Информационная модель реализована продуктом AutoDesk Revit. Расчет конструкций выполнен в Autodesk Robot Structural Analysis, это позволяет организовать двухстороннюю связь для передачи элементов конструкции, нагрузок и граничных условий. Рассмотрены возможности расчета, предоставляемые Autodesk Robot Structural Analysis

***Ключевые слова**: Autodesk Robot Structural Analysis, AutoDesk Revit, информационная модель, расчет конструкций.*

В настоящее время при проектировании сооружений активно используются BIM-технологии, позволяющие реализовать параметрическое моделирование. Информационную модель объекта можно реализовать различными программными средствами, например, такими как AutoDesk Revit, Tekla Structures, Renga, однако наибольшее распространение получил продукт AutoDesk Revit. Он реализует технологию информационного моделирования, и сочетает в себе возможности для моделирования архитектурных и несущих конструкций [2]. Достоинством Revit является активное развитие и его интегрированность в среду программных комплексов Autodesk для промышленного и гражданского строительства таких, как Autodesk Civil 3D, Autodesk Robot Structural Analysis Professional, Autodesk Advance Steel.

Расчет строительных конструкций, проверка и подбор требуемых сечений производится в сторонних специализированных расчетных комплексах. В Revit имеется возможность передавать данные в расчетные программы и возвращать результаты расчета. Наиболее эффективно взаимодействие с расчетными комплексами LIRA SOFT и Autodesk Robot Structural Analysis. При использовании продукта Лира Софт передача расчётной схемы в него выполняется напрямую или с помощью международного формата IFC. Данный продукт ориентирован на рынок России и стран СНГ и имеет функционал, необходимый для расчёта конструкций в соответствии с действующими на территории Российской Федерации сводами правил.

Однако продукт Autodesk Robot Structural Analysis Professional позволяет организовать двухстороннюю связь с аналитической моделью строительной конструкции, обеспечить непрерывный рабочий процесс при взаимодействии с Autodesk Revit. Autodesk Robot Structural Analysis (RSA) является необходимым и важным элементом BIM-решения Autodesk [1].

RSA выполняет расчеты самых разнообразных конструкций – стержневых, поверхностных, объемных и смешанных, а также предоставляет средства проектирования и создания моделей. Большинство расчетных программ ориентировано на конкретные регионы и используют ограниченный набор нормативных документов. Хотя RSA создавался ориентированным на рынок Западной Европы и Америки, тем не менее, он позволяет выбрать русский язык проектирования. В RSA реализован расчёт и подбор сечений согласно требованиям СП 16.13330.2011 и СП 63.13330.2012, а для задания нагрузок и их сочетаний возможно использование СП 20.13330.2011 и СНиП 2.01.07-85*.

Программным комплексом поддерживаются межгосударственные стандарты: английские, французские, румынские, испанские, немецкие, российские, польские, японские, китайские и др. Autodesk Robot Structural Analysis Professional содержит более 40 типов марок стали и 30 типов железобетонных элементов. В RSA имеется возможность расширять базы данных элементов и материалов в соответствии с запросами проектировщиков в конкретных странах. При этом материалы и элементы можно брать из готовых шаблонов и библиотек типовых конструкций или задавать по определенным по определенным параметрам и правилам

RSA реализует значительный набор возможностей для расчета строительных конструкций, при этом производятся следующие типы производимых расчетов:
- статический линейный;
- динамические (модель, спектр, сейсмика);

- гармонические колебания;
- кратковременная нагрузка;
- нелинейный расчет кратковременной нагрузки;
- потеря устойчивости;
- упруго-пластическая деформация;
- продавливания;
- расчет вибрационного воздействия от жизнедеятельности человека;
- отклик-спектр;
- вантовые элементы;
- дополнительные диаграммы результатов расчетов.

В модуле проектирования конструкций из стали/алюминия можно в первую очередь выполнять проверочный расчет для элементов и групп элементов, назначая для них материал и типы сечений. Параметры проверки зависят от выбранных норм проектирования. Предельные состояния относятся к группе основных предельных состояний (ПС1) и предельных состояний по пригодности к нормальной эксплуатации (ПС2). При подборе сечений групп элементов металлоконструкций имеется возможность подключить опции оптимизации, например, вес, минимальная/максимальная высота сечения, и подобрать наиболее рациональные сечения в соответствии с заданными нормами.

В RSA реализовано проектирование стальных соединений. Расчет стальных соединений происходит в два этапа: определение геометрии соединения (типа соединения) и его параметров. Соединение создается в пределах конструкции по выбранным стержням конструкции, образующим узел. Расчет соединений ведется по нормам Еврокода, типов соединения, например, узел рамы, жесткая база колонны, фасонка-узел пояса фермы – большое количество.

Между Autodesk Revit Structure и Autodesk Robot Structural Analysis поддерживается прямая двусторонняя связь. Передача аналитической модели из Revit выполняется с помощью специальной команды, при этом передаются элементы конструкции, нагрузки и граничные условия, что позволяет практически сразу переходить к расчету. После завершения расчета конструкцию с внесенными изменениями в Autodesk Robot Structural Analysis можно обновить в Autodesk Revit Structure.

При использовании RSA имеется возможность выполнять первоначально расчет конструкции, а затем передавать данные в информационную модель [3]. Перед созданием конструкции выбирается шаблон, например, ферма и с помощью окна «Рабочие настройки» (рисунок 1) можно выбирать региональные параметры в соответствии с национальными стандартами стран по вопросам национальных норм; материалов; правил (например, правила сочетания нагрузок).

С помощью списка Компоновки (рисунок 2) осуществляются последовательные операции формирования, расчета и проектирования конструкции, например, при выборе «Стержни» (рисунок 3), можно задать не только геометрию, но и тип элемента, сечение, материал.

Тип стержня отличается от КЭ, используемых в SCAD и Лире, к тому же имеется возможность конструирования собственного типа. Элемент - это основной расчетный объект в модулях проектирования.

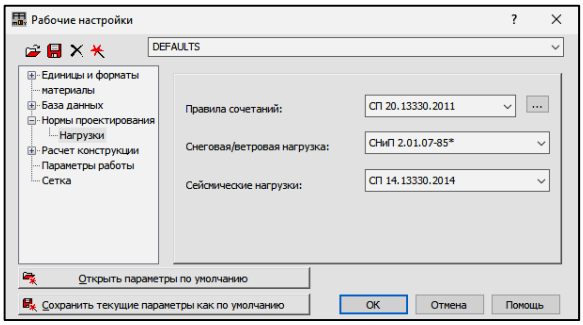


Рисунок 1 – Окно «Рабочие настройки»

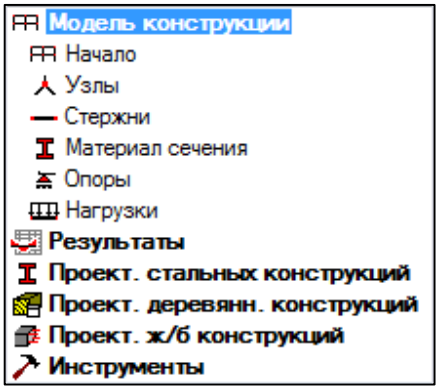


Рисунок 2 – Список «Компоновки»

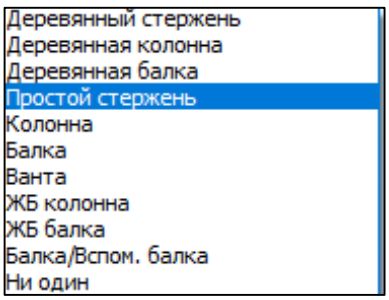


Рисунок 3 – Типы стержней

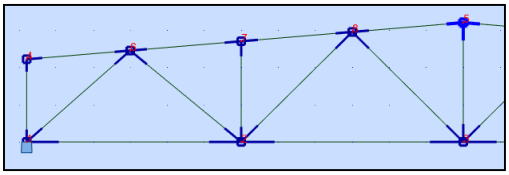


Рисунок 4 – Расчетная схема фермы

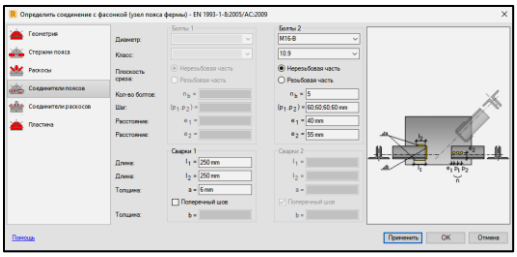


Рисунок 5 – Задание параметров расчета

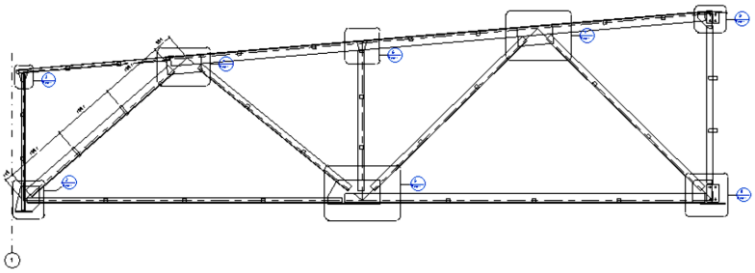


Рисунок 6 – Чертеж фермы в Revit

Обычно элементом модели является реальный элемент конструкции конкретного типа, например, балка, колонна, крепление, связь и т. д. Определив элемент, можно провести соответствующие расчеты, например, теоретической (требуемой) арматуры в соответствии с основными требованиями норм.

При задании нагрузок на конструкцию указываются виды нагружений, а затем – сами нагрузки. Имеется возможность задания сочетания нагрузок по трем типам состояний: ПС1, ПС2, ПСО. При автоматическом создании сочетания выбирается нормативный документ, а затем через «Редактор правил сочетаний» можно корректировать правила.

Результатами статического расчета являются таблицы, эпюры, карты, в т. ч. карты напряжений. Проверка и расчет (подбор) стальных сечений выполняется после расчета, при этом формируется группа конструктивных элементов со своими параметрами. Для каждой группы после расчета открывается окно с детализированной информацией о сечении: свойства, материал, коэффициенты сечения, местная устойчивость элементов сечения (стенка, полка), внутренние усилия и коэффициенты, напряжения в характерных точках поперечного сечения, параметры расчета продольного изгиба (относительно оси Y относительно оси Z), проверочные формулы (проверка сечения, проверка устойчивости), коэффициент. Дальнейшим этапом является проектирование стальных соединений (рисунок 4). Для каждого узла задаются параметры по выбору: сварное или болтовое, затем выполняется расчет (рисунок 5). После передачи информации в Revit формируется Чертеж общего вида (рисунок 6). На видах: слева, справа, снизу и сверху следует проставить основные размеры, указывающие на положение элементов: расстояние между прокладками, базовые размеры фасонок, а также нанести марки элементов. В дальнейшем для печати формируется общий лист с узлами и спецификацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухоруков, В. В. Autodesk Robot Structural Analysis Proftssional. Проектно-вычислительный комплекс / В. В. Сухоруков – М. : Изд-во АСВ, 2009. – 128 с.

2. Талапов, В. В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий / В. В. Талапов. – Саратов : Профобразование, 2017. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: http://www.iprbookshop.ru/63943.html (дата обращения: 04.12.2020).

3. Адамчук, Н. В. Металлическая ферма [Электронный ресурс] – URL: https://structure-drawing.blogspot.com/2015/07/robot-revit.html (дата обращения: 04.12.2020).

Панков Иван Павлович *– магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: vanya_pankov_1997@mail.ru.*

Бусыгина Галина Михайловна *– к. э. н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ, e-mail: galinab14 @yandex.ru.*

УДК 621.643

СОЗДАНИЕ ТРУБ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ В REVIT

М. В. Пантелеев, Н. Е. Еськова, И. А. Бахтина
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Рассмотрен процесс создания труб с индивидуальными параметрами при проектировании инженерных систем в программном комплексе Revit.

Ключевые слова: *внутренний диаметр, номинальный диаметр, наружный диаметр, спецификация, материал.*

При проектировании любых инженерных систем в различных программных комплексах (ADSK, Revit и др.) необходимо использовать различные семейства трубопроводов.

В основном, трубопроводы с нужными характеристика в типовых шаблонах по умолчанию и в шаблонах от ADSK не содержатся.

В программном комплексе Revit трубы представляют собой системные семейства. Выгрузить в отдельный файл семейства их нельзя, однако возможно копировать их типы внутри шаблона, между шаблонами или проектами.

Рассмотрим этапы создания семейства труб с индивидуальными характеристиками из пустого проекта в метрической системе в программном комплексе Revit 2019 [1].

Первым этапом является создание каталога диаметров. Оно включает следующие операции.

1. Нужно зайти в настройки систем ОВиВК. Это возможно сделать двумя способами. Первый – вызов настроек отопления, вентиляции и водоснабжения, канализации (ОВиВК) на вкладке «Управление» → «Настройки MEP» → «Настройки ОВиВК (рисунок 1)», второй – зайти в «Настройки ОВиВК» на вкладке «Системы» на любой из панелей «ОВК», «Сантехника и трубопроводы» или «Оборудование» (рисунок 2).

2. Далее необходимо на вкладке «Настройки ОВиВК» перейти в пункт «Типоразмеры» в параметрах труб. Окно настроек и список доступных типоразмеров будет доступно в правой части окна.

3. В программном комплексе Revit каталог типоразмеров для трубы называется «сегментом». Создание нового семейства осуществляется с помощью кнопки белого листка с жёлтой звёздочкой, которая называется «Создать новый» и далее кнопку «Создать новый сегмент трубы» [2]. После этого необходимо выбрать режим создания нового сегмента. Возможно три основных варианта:

1) на основе выбора материала. Это можно осуществить выбором существующего или нового материала трубы из стандартного каталога материалов, затем копируем диаметры труб из существующего сегмента. Более целесообразно взять готовый каталог труб и заменить для него только внешнее изображение;

2) на основе сегмента труб. Для этого материал и диаметры труб копируем из существующих каталогов. Это возможно сделать, если при проектировании создаём трубу с существующим материалом и диаметрами;

3) на основе сочетания материала и спецификации/типа трубы. Для этого задаются требуемый материал и своё название сегмента, а диаметры труб возможно скопировать из существующих. Данный вариант бо-

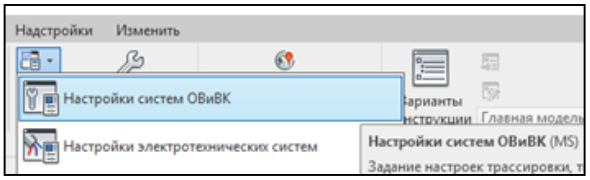


Рисунок 1 – Первый вариант вызова настроек канализации ОВиВК

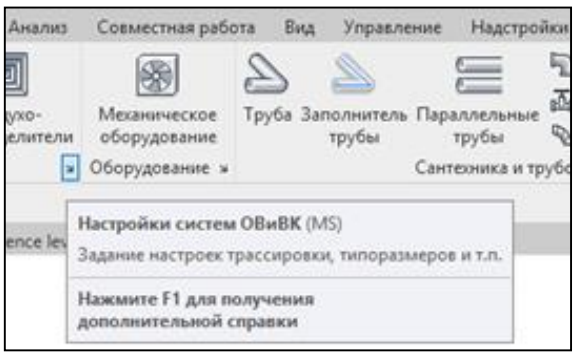


Рисунок 2 – Второй вариант вызова настроек ОВиВК

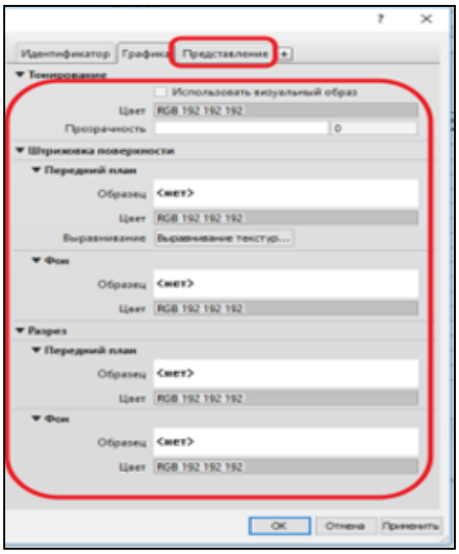


Рисунок 3 – Диспетчер материалов

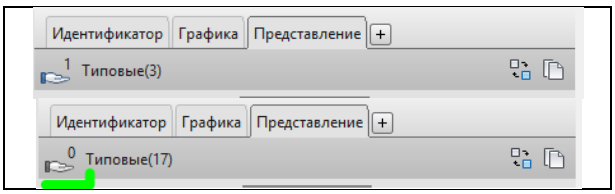


Рисунок 4 – Вкладка «Представление»

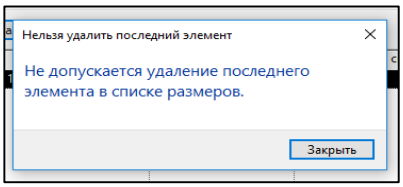


Рисунок 5 – Удаление диаметров

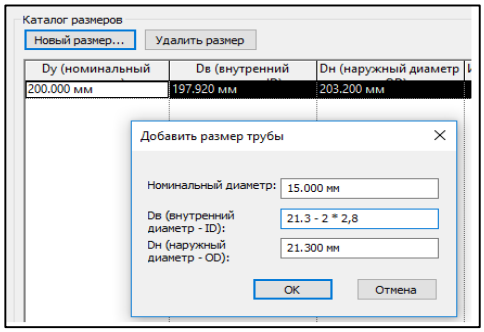


Рисунок 6 – Создание нового размера

лее предпочтителен при создании трубопроводов с индивидуальными характеристиками (рисунок 3). Для идентификации создаваемого сегмента целесообразно в его названии комбинировать название материала и текста из графы «Спецификация/тип».

В «Спецификация/тип» вводим текст, например, водогазопроводные трубы. Напротив графы с материалом нажать на многоточие и выбирать в стандартном редакторе материал. В данном примере скопирован существующий материал – «Сталь, углеродистая», для него заданы свои цветовые параметры, и он был переименован.

Необходимо обращать внимание, после выполнения операции копирования материала на вкладке «Представление» (рисунок 4) необходимо нажать кнопку «Белые листы», иначе скопированный параметр будет наследовать реалистичное представление из того материала, с которого создавали копию. Это можно проконтролировать, т. к. после нажатия кнопки слева над рукой число 1 заменится на 0. Также необходимо помнить, что выбранный материал трубы будет приводить к окрашиванию трубы в этот цвет, если не задана система (тип системы «Не определено») или не задана система, но в этой системе не присвоен материал. В программном комплексе Revit системы более важны, чем материал трубы, поэтому при задании системы труба будет окрашена в цвет той системы, который присвоен трубе. Каталог, из которого дублируются диаметры, возможно оставить любой, т. к. при создании семейства потребуется удалить оттуда все диаметры.

На основании сочетания названия сегмента и материала трубы, например создаваемый сегмент будет называться: VM_Сталь_Труба – Водогазопроводная_ГОСТ 3262-75. Т. е. это соединение имени материала и названия спецификации/типа путём разделения через пробел, дефис и пробел.

4. Таким образом, после создания нового сегмента, после нажатия ОК открывается окно настройки типоразмера. В данном окне можно задать либо шероховатость, если выполняется гидравлический расчёт, либо, указать описание сегмента, а затем данной информацией можно в дальнейшем воспользоваться, например, в скриптах Динамо. Далее необходимо удалить все диаметры, кроме одного (рисунок 5). После этого нажимать на «Новый размер...», появится окно с указанием диаметров (рисунок 6).

Следующий этап – создание нового диаметра для трубы. Для этого необходимо ориентироваться в основных характеристиках трубы: номинальный, наружный и внутренний диаметр.

Номинальный диаметр – это диаметр, по которому соединяются все элементы системы. Т. е. именно данный диаметр должен

быть у всех элементов: фитингах, арматуре, у оборудовании, сантехники, т. к. если это не соблюсти, то потребуются переходники. В одном каталоге возможен только один номинальный диаметр, т. е. невозможно сочетание труб одного номинального диаметра с разной толщиной стенки.

Dн (наружный диаметр OD) – это диаметр с учётом толщины стенки трубы. Данный диаметр входит в некоторые марки труб, например, электросварной, и в дальнейшем будет учтён в расчёте толщины стенки. Необходимо учесть, что, например, такой системный параметр трубы как «Площадь» определяется по номинальному диаметру, а площадь изоляции и её объём рассчитываются по наружному диаметру.

Dв (внутренний диаметра ID) – это диаметр внутреннего живого сечения трубы. По данному диаметру будет рассчитываться скорость течения жидкости в трубе, определяться потери давления на участках и отметка дна. На рисунке 7 приведена формула, по которой рассчитывается внутренний диаметр, т. к. в ГОСТе приводится наружный диаметр трубы и толщина стенки. В данном примере принята обыкновенная труба.

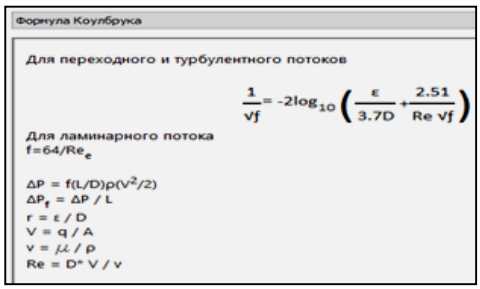


Рисунок 7 – Расчет диаметра

Если не важны конкретные значения наружного и внутреннего диаметра, а необходима только толщина стенки трубы для определённой марки, то можно указать в значениях диаметров любые с учётом того, что арифметически их разница, поделённая пополам, давала толщину стенки. На графическое отображение труб это не повлияет. Данные значения необходимо указывать разделением точкой, иначе Revit сбросит значение к тому, что было. Таким образом, создаются все необходимые диаметры.

Наличие галочки справа показывает, будет ли данный диаметр указан в выпадающем списке диаметров при построении трубы, или он будет использоваться при автоматическом подборе диаметров труб. Если снять галочку, например, на 32 трубе, то при подборе трубы по скорости воды, диаметр 32 будет игнорироваться, и Revit перейдёт к следующему типоразмеру 40.

Заключительным этапом является создание нового типа трубы. Для этого необходимо в диспетчере проектов в категории «Трубы» выбрать любой существующий, а, далее копированием создаём новый и присваиваем ему нужное имя. Например, после щелчка правой кнопкой мыши по нашей трубе → нажимаем «Свойства типа...» и попадаем в свойства типы трубы. Далее необходимо нажать в свойстве «Настройка трассировки» – Изменить...

Заключительным шагом является выбор в окне настроек трассировки в самом первом поле «Сегменты» нового каталога с диаметрами. При этом необходимо указать минимальный и максимальный диаметр, т. к. именно данные диаметры будут доступны для данного типа трубы.

Данные операции позволяют создать новые типы трубопроводов с индивидуальными настройками и необходимо только указать в настройке трассировки фитинги и можно отрисовать системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Продукты Revit. Создание трубопроводных систем. – URL: https://knowledge.autodesk.com /ru/support/revit-products/learn-explore/caas/ CloudHelp/cloudhelp/2018/RUS/Revit-Model/files/ GUID (дата обращения 18.01.2021).

2. Еськова, Н. Е. Параметризация семейств в Revit на примере фитингов канализационных трубопроводов / Н. Е. Еськова, И. А. Бахтина, А. Н. Корнеев // В сборнике: Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2020. – С. 167-173.

Пантелеев Максим Вячеславович *– студент группы 8С$_{ОИМ}$-91 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: maks_panteleev@mail.ru.*

Еськова Надежда Евгеньевна *– студент группы 8С$_{ОИМ}$-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: nadyaeskova @mail.ru.*

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

УДК 69.001.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕДОВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ В Г. БАРНАУЛЕ

В. В. Перфильев, Д. Д. Шершнева
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Рассмотрены проблемы, возникающие при комплексном развитии территорий. Проанализирован положительный опыт их решения. Внесены предложения по повышению эффективности использования территории Барнаула, в особенности микрорайона Поток.

Ключевые слова: *генплан, комплексное развитие территорий, реновация, аварийное жилье, застройщик, финансирование.*

В настоящее время особую актуальность приобретает проблема развития существующей городской застройки, обновления и реконструкции инфраструктуры, вследствие роста износа жилых домов, дорог и коммуникаций в городах. Однако наблюдается дефицит свободных территорий при развитии городов и необходимости нового жилищного строительства [1, 2]. Поэтому, на наш взгляд, необходимо изучить и провести анализ накопленного положительного опыта в реконструкции и обновлении городской территории.

Комплексное развитие застроенных территорий происходит в следующих направлениях:

1) Реконструкция устаревших зданий в целях преобразования их в новые комплексы различного назначения.

2) Уплотнение существующей застройки за счет свободных участков с использованием существующей инженерно-технической и транспортной инфраструктуры.

3) Разукрупнение больших по площади кварталов для использования свободных земельных участков и проездов внутри территорий в качестве зон отдыха.

4) Применение смешанной застройки для создания комфортной для проживания городской среды.

Пример характерный для первого направления можно увидеть в г. Лешно (Польша). На территории, где ранее располагалось два корпуса сельскохозяйственной фермы, возвели современный центр для пожилых людей. На данной территории располагалось два исторических здания: двухэтажная кирпичная конюшня, построенная ещё в 19 веке, и бетонное хранилище для зерна. Архитекторами из фирмы «NA PNO WO design group» было решено перестроить, что являлось достаточно трудной задачей, поскольку функционал старых зданий совершенно не соответствовал проектируемым (рисунок 1).

Так в здании конюшни появился подземный этаж, в котором сейчас располагается всё необходимой техническое оборудование.

Рисунок 1 – Реновация бывшей сельскохозяйственной фермы, г. Лешно (Польша)

Над зданием надстроили дополнительный этаж и сделали верхний свет. Сейчас в нем находится гостиница, зал мероприятий для жильцов, небольшая капелла и ресторан с уличным кафе, помимо этого на крыше здания появилась уютная терраса. Бывшее зернохранилище теперь стало медицинским центром и центром реабилитации со спортивными залами. Для этого пришлось расширить оконные проемы и надстроить этаж. В целом, после реконструкции здания центра обладают архитектурной целостностью и выразительностью, являясь достопримечательностью города.

Далее рассмотрим пример интенсивного развития территорий в городских границах столице Норвегии г. Осло.

Стратегия уплотнения существующей застройки является устойчивой моделью развития. К её преимуществам можно отнести использование существующей инженерно-технической и транспортной инфраструктуры с возможной реконструкцией.

В Осло необходимость уплотнения жилого фонда в центре города достигается с помощью застройки свободных узких земельных участков.

В Мастер-плане города не только определены участки, предназначенные для размещения новой застройки, а также прописан регламент их развития с привязкой к остановкам общественного транспорта и основным транспортным коридорам. Согласно расчетам, такой путь комплексного развития удовлетворит потребности в новом жилье до 2025 г. Однако, чтобы здание новой застройки гармонично смотрелось с существующим, вводятся требования и рекомендации по включению новой застройки в сложившуюся. Так, к примеру, в центре города запрещается возводить здания выше 42 м.

Следующий пример развития территорий подразумевает разукрупнение квартала существующей застройки.

Для примера рассмотрим проект реновации большого по площади участка Кингс-Кресент в Лондоне. Его территорию разделили на шесть кварталов. Внутриквартальные проезды стали переулками с зонами отдыха, а по центру территории организовали бульвар.

Здания в центре территории были снесены, а существующая застройка сохранена лишь по периметру Кингс-Кресента. В ходе реконструкции и обновления в этих зданиях были организованы балконы. Взамен гаражей на первых этажах организовали жилые ячейки. Также на территории запланировано размещение коммерческих объектов и строительство нового общественного центра.

Развитие территорий с помощью смешанной застройки рассмотрим на примере города Новосибирска. Компания «Сибакадемстрой» ведет строительство нового квартала, который расположен на пересечении центральных улиц Декабристов и Никитина в районе метро «Речной вокзал» и ул. Кирова.

Проект планировки данной территории предусматривает застройку, состоящую из восьми многоквартирных домов высотой от семи до девяти этажей. Кроме того на территории квартала возводится одна доминанта в виде башни (рисунок 2).

Также запроектирована поземная парковка на 260 мест с выездом на ул. Декабристов и несколькими выходами во двор. Одним из преимуществ квартала является близкое расположение образовательных учреждений, университета, магазинов и отделений банков, а также остановок общественного транспорта. Первые этажи возводимых зданий имеют коммерческую направленность: здесь откроются магазины, кафе, аптеки и другие полезные сервисы для жителей.

Рассмотрим возможность применения передового опыта в комплексном развитии застроенных территорий для г. Барнаула.

В августе 2019 г. был принят Генеральный план развития городского округа – г. Барнаула (далее – генплан), который предполагает реконструкцию и обновление существующей застройки.

Например, в центре планируется снести частный сектор между переулком Ядринцева и улицей Челюскинцев и на этом месте возвести высотные здания. Реновация коснется и микрорайона Поток, который является объектом данного исследования.

Рисунок 2 – Смешанная застройка в г. Новосибирске

Рисунок 3 – Исследуемая территория

Расположена данная территория на севере г. Барнаула. Около 1550 человек проживают аварийных малоэтажных жилых домах, которых в данном районе насчитывается порядка 50, а общая площадь составляет примерно 34, 4 тыс.кв.м. Расселить данные здания можно за счет национального проекта «Жилье и городская среда».

На данный момент территория, расположенная в центре микрорайона и ограниченная улицами П. Сухова – Смирнова – Чудненко (рисунок 3) является наименее привлекательной в городе. Поэтому внесем предложения по комплексному развитию данного микрорайона [3].

Поскольку на сегодняшний день сюда невозможно привлечь частного инвестора, реновацию данной территории за счет бюджетных средств необходимо выполнить в первую очередь.

Чтобы создать полноценную внутриквартальную социальную инфраструктуру, предлагается объединить три квартала на данной территории в один. Стоит отметить, что замеры интенсивности дорожного движения на улицах внутри исследуемой территории уже произведены преподавателями и студентами АлтГТУ им. И. И. Ползунова.

По результатам было предложено сделать тупиковой наименее загруженную часть улицы 5-я Западная (на рисунке выделена толстой линией). Это позволит не только объединить три квартала в единую территорию, но и сделает перемещение жителей внутри квартала безопасным и удобным.

В целях повышения комфортности проживания, микрорайон необходимо обеспечить социально-транспортной инфраструктурой. А именно, предлагается возвести детский сад, торгово-развлекательный центр и транспортно-пересадочный узел с конечными остановками новых автобусных маршрутов.

Помимо этого, необходимо организовать зону отдыха и развлечений, а также спортивно-оздоровительный центр с открытыми спортивными площадками и бассейном.

Первый этаж одного из многоэтажных жилых домов предлагается использовать для развивающего центра для детей, который можно будет объединить в единый кластер со школой и детским садом.

В итоге отметим, что реализация комплекса предложенных мероприятий повысит не только комфортность проживания горожан, но и архитектурную привлекательность микрорайона, который на сегодняшний день является непрестижным. Что в конечном итоге поспособствует повышению имиджа Барнаула.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грабовый, П. Г. Реконструкция и обновление сложившейся застройки города: учебное пособие для вузов / Под общей ред. П. Г. Грабового, В. А. Харитонова. – М. : Изд-во АСВ. – 2006. – С.624.

2. Стулова, И. А. Развитие застроенных территорий города Барнаула / И. А. Стулова, В. В. Перфильев // Вестник Алтайской науки. – 2014. – №4. – С. 302-307.

3. Харламов, И. В. Обновление существующей жилой застройки Барнаула / И. В. Харламов [и др.] // Ползуновский альманах. -- 2017 – №2. – С. 264-267.

Перфильев Виктор Васильевич *– к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова», e-mail: v.v. perf@mail.altstu.ru.*

Шершнева Диана Дмитриевна *– студент группы 8Соим-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: sasori.0811@gmail.com.*

УДК 621.31.004.18

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ В ГОРОДЕ БИЙСКЕ

П. В. Петреков[1], В. В. Логвиненко[2], Е. А. Панченко[3]

[1] Бийский технологический институт, Бийск, Россия

[2] Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

[3] Управляющая компания ООО «Чистый город», Бийск, Россия

Установление классов энергетической эффективности многоквартирных жилых домов является актуальной задачей для Алтайского края. Для получения акта о классе энергоэффективности дома собственник представляет декларацию с большим объемом данных. Отмечены основные затруднения при получении данных для составления декларации. Определен класс энергоэффективности 47 домов в городе Бийске.

Ключевые слова: *класс энергетической энергоэффективности многоквартирного дома, правила определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов.*

На первых этапах в России для оценки энергоэффективности жилых домов применялись энергетические паспорта, в основном для промышленных предприятий. Сейчас разработана единая процедура присвоения жилым многоквартирным домам (МКД) классов энергоэффективности на основании установленных градаций удельных расходов энергетических ресурсов на отопление, вентиляцию, водоснабжение и электроснабжение мест общего пользования [1]. Федеральный закон № 261 [2] предназначен для повышения энергетической эффективности жилых домов путем применения правовых, экономических и организационных стимулов энергосбережения.

Для выполнения положений закона [2] в части энергоэффективности жилых зданий Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации разработало приказ от 6 июня 2016 г. № 399 «Об утверждении правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» [3]. Таким образом, при определении класса энергетической эффективности жилых домов основополагающим стало не уменьшение энергопотребления, а соответствие нормируемому удельному расходу энергетических ресурсов.

Базовый удельный годовой расход энергетических ресурсов определен в приказе [3], значения его приведены в таблице 1.

В нормативной литературе приняты такие расчетные условия, как температура внутреннего воздуха в квартирах 20°С; заселение 20 м^2 общей площади помещения на одного жителя, что соответствует нормативному воздухообмену 30 м^3/ч на одного жителя и удельные бытовые внутренние теплопоступления 17 Вт/м^2 общей площади. В соответствии с этими расчетными условиями фактические значения удельного годового расхода энергетических ресурсов приводятся к расчетным условиям. Качество коммунальных услуг определяется в соответствии с [4]. Классы энергетической эффективности приведены в таблице 2.

Необходимо отметить, что надо учитывать долгосрочную динамику повышения требований [5] по энергоэффективности МКД. По новой динамике изменения энергопотребления для «нормального» класса D диапазон отклонений становится от 0 до 25 %, для «повышенного» класса С от 25 до 40 %, для «высокого» класса В от 40 до 50 %, для «очень высокого» класса А+ от 50 до 60 %, для класса А++ от 0 до 70 %, для класса А+++ от 70 % и ниже.

Таблица 1 – Базовый уровень удельного годового расхода энергетических ресурсов

Наименование	°С·сут.	Этажность многоквартирного дома					
		2	4	6	8	10	12
Расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, ГВС и электроэнергии на ОВД	2000	215	206	203	201	199	198
	3000	228	216	212	208	205	203
	4000	256	239	234	229	225	223
	5000	284	263	256	251	245	242
	6000	312	287	278	272	265	262
	6122	316	290	281	275	268	265
	8000	370	337	326	317	308	304
	10000	426	384	370	359	348	342
в т. ч. тепловой энергии на отопление и вентиляцию	3000	100	83	67	63	60	58
	4000	133	111	89	84	80	78
	5000	167	139	111	106	100	97
	6000	200	167	133	127	120	117
	6122	203	170	135	129	122	119
	8000	253	211	169	160	152	148
	10000	317	264	211	201	190	185

Таблица 2 – Классы энергетической эффективности

A++	Высочайший	-60 включительно и менее
A+	Высочайший	от -50 включительно до -60
A	Очень высокий	от -40 включительно до -50
B	Высокий	от -30 включительно до -40
C	Повышенный	от -15 включительно до -30
D	Нормальный	от 0 включительно до -15
E	Пониженный	от +25 включительно до 0
F	Низкий	от +50 включительно до +25
G	Очень низкий	более +50

По результатам фактических измерений существующих МКД можно расширить пределы отклонений низших классов: для «пониженного» класса E от +35 до 0 %, для «низкого» класса F от +70 до +35 %, «очень низкого» класса G – выше +70 %.

В данной работе при определении класса энергетической эффективности МКД мы руководствовались значениями, указанными в таблице 2.

Для проведения анализа теплопотребления МКД в городе Бийске потребовались архивные данные показаний узлов учета тепловой энергии, показаний узлов учета тепловой энергии на ГВС, расход электрической энергии на ОДН.

Эти данные были получены в отделе главного инженера управляющей компании ООО «Чистый город» в г. Бийске.

В таблице 3 приведены данные для расчета класса энергетической эффективности МКД в городе Бийске.

Ряд требований правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов [4] оказались невыполнимыми. Мало данных для распределения расходов тепловой энергии на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию из-за установки в тепловом пункте только одного счетчика тепловой энергии.

Практически всегда мало данных по качеству коммунальной услуги, перерывам в предоставлении услуги, превышающими установленную продолжительность.

При перерывах в предоставлении коммунальной услуги в пределах установленной продолжительности перерывов, объем коммунальной услугу за расчетный период подлежит уменьшению.

Как правило, нет данных по фактической средней температуре в помещения за отопительный период. Гораздо проще получить данные по средней температуры наружного воздуха за отопительный период, но в приказе [3] не указано, кто должен предоставлять эти температуры.

Заключение

Собраны и систематизированы данные по конструкции 47 зданий г. Бийска, их системам отопления, узлам учета тепловой, электрической энергии.

Собраны и обработаны исходные данные для расчета классов энергетической эффективности этих зданий.

Анализ данных таблицы 3 показывает, что классу энергетической эффективности A++ «Высочайший» соответствует 2% домов, классу энергетической эффективности A+ «Высочайший» соответствует 4% домов.

Таблица 3 – Расчет класса энергетической эффективности МКД в городе Бийске

№	Адрес	Бытовые внутренние теплопоступления КВт	Базовый уровень годового расхода на ОДН	Расход тепловой энергии на отопление, горячее водоснабжение	Базовый уровень удельного годового расхода электроэнергии	Норматив м q reg, КВт*ч/м2	Отклонение, %	Класс энергетической эффективности
1	Гастелло, 1	102,65	10	596087	5401	285	48,3	**F**
2	Васильева, 7	78,336	10	106708	6734	285	-50,0	**A+**
3	Кутузова, 23	98,492	10	151851	5253	285	-36,3	**B**
4	Коммунарский, 37	28,519	10	265485	1680	281	-11,2	**C**
5	Красноармейская, 41	37,529	10	470104	2069	290	16,8	**D**
6	Ленина, 244	144,11	7	677133	9590	268	8,3	**D**
7	Ленинградская, 33	84,534	7	549082	821,8	271	67,6	**G**
8	Ленинградская, 33/1	134,45	7	724729	4524	271	9,1	**D**
9	Ленинградская, 37	105,03	7	556005	7254	271	64,3	**G**
10	Ленинградская, 37/1	61,643	10	480191	3321	285	92,2	**G**
11	Ленинградская, 59	137,76	10	271755	13103	285	-11,6	**C**
12	Ленинградская, 59/2	22,577	10	47202	2394	285	20,2	**D**
13	Ленинградская, 61	51,363	10	95111	4300	285	-4,8	**C**

Классу энергетической эффективности B «Высокий» соответствует 9 % домов, классу энергетической эффективности C «Повышенный» соответствует 6 % домов.

Классу энергетической эффективности D «Нормальный» соответствует 41 % домов, классу энергетической эффективности E «Пониженный» соответствует 4 % домов, классу энергетической эффективности F «Низкий» соответствует 13 % домов, классу энергетической эффективности G «Очень низкий» соответствует 21 % домов.

Таким образом, больше всего зданий с классом D «Нормальный», затем с классом G «Очень низкий», затем с классом F «Низкий».

Меньше всего домов с классом A «Высочайший», всего 6 %, которым соответствуют новые дома, введенные в эксплуатацию в 2018-2019 году.

«Высокий» и «Повышенный» класс энергоэффективности имеет дома 2010-2015 годов строительства.

«Пониженный» и «Очень низкий» класс энергоэффективности имеют дома, которые строились много лет назад, когда еще не было требований по энергоэффективности многоквартирных зданий. В таких домах отсутствуют индивидуальный тепловой пункт с функцией автоматического регулирования температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха, а также индивидуальные приборы учета. Однако основной причиной является чрезмерный износ инженерных сетей и конструкций.

Полученные данные могут использоваться для определения районов реновации г. Бийска.

В дальнейшем предусмотрена разработка дифференцированных налоговых ставок на объекты недвижимого имущества по признаку их энергетической эффективности. Это в позволить собственникам МКД с наивысшим классом энергетической эффективности получать налоговые льготы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

3. Плясунов, Д. В. Определение и подтверждение классов энергетической эффективности многоквартирных домов // Энергосбережение. – 2018. – № 1.– С. 8-14.

4. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон № 261 от 23 ноября 2009 г // Собрание законодательства РФ. – 2009 г. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_ 93978/.

5. Об утверждении правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 6 июня 2016 г. № 399. – Режим доступа: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=278092.

6. Правила предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 6 мая 2011 г. № 354. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_114247/.

7. Об уточнённой таблице классов энергоэффективности зданий, отражающей предложенную Правительством РФ долгосрочную динамику повышения требований // СОК. – 2020. – № 11. – С. 50-55.

Петреков Павел Васильевич *– к.т.н., доцент, и. о. заведующего кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция, процессы и аппараты химической технологии» БТИ ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: petrekov@bti.secna.ru.*

Логвиненко Владимир Васильевич *– к.т.н., и. о. заведующего кафедрой «Инженерные сети, теплотехники и гидравлики», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: logvinvv@mail.ru.*

Панченко Елена Анатольевна *– главный инженер управляющей компанией ООО «Чистый город».*

УДК 69.058:004.42

СТРАТЕГИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕМОНТА ЗДАНИЯ. К ЧЕМУ ПРИВОДИТ НАРУШЕНИЕ ГРАФИКА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТОВ

М. А. Подъяпольская, Е. В. Вербицкая
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассматриваются вопросы касательно стратегии планирования ремонта здания, проведения планово-предупредительных ремонтов (ППР), влияния несоблюдения графика ППР на последующее функционирование здания. В настоящее время остро стоит проблема грамотного составления плана предупредительных ремонтов и обеспечения своевременного качественного обслуживания здания. Любое, даже самое искусно выполненное сооружение, со временем изнашивается, физически и морально устаревает. В связи с этим необходимо грамотно составлять стратегии планирования ремонта здания, тем самым предупреждая преждевременный износ оборудования, аварии. К сожалению, индустрия капитального ремонта на сегодняшний день не способна похвастаться новыми инновационными подходами к ремонту зданий и сооружений. Многие методы и способы ремонта зданий морально устарели, как и технологии, использующиеся в данном процессе. Несмотря на это, проведение планово-предупредительных ремонтов играет одну из главных ролей в жизненном цикле здания. От правильно составленной стратегии ремонта зависит вся дальнейшая судьба сооружения, жизнь и здоровье жильцов. Цель данного исследования заключается в выявлении закономерностей между нарушением графиков ППР и соответствующими последствиями. Преимущественный метод исследования – аналитический. По результатам анализы были определены связи между стратегией планирования ремонта здания и результатом ремонта.

Ключевые слова: *ремонт здания, планово-предупредительный ремонт, капитальный ремонт, стратегия ремонта, планирование ремонта, здание, сооружение, график ремонта, нормы, подготовительные мероприятия.*

В течение жизненного цикла здания, в частности многоквартирного дома, все объекты общего и частного имущества, а также их части, со временем подвергаются износу, вследствие старения материалов, силовых нагрузок, геодезических и природно-климатических факторов.

Капитальный ремонт представляет собой замену или восстановление отдельных частей, целых конструкций и инженерно-технического оборудования здания для устранения их физического износа, своевременного предупреждения последующего разрушения, поддержания исправного функционирования дома.

В общем случае капитальный ремонт служит для ликвидации физических и функциональных неисправностей дома.

В зависимости от масштаба работ капитальный ремонт подразделяется на комплексный и выборочный. Рассматривая комплексный капитальный ремонт, речь в первую очередь идет об объеме работ, затрагивающих все здание, либо его важнейшие функциональные части. Данный ремонт проводится с заменой конструктивных элементов, модернизацией или заменой инженерного оборудования.

Выборочный капитальный ремонт охватывает лишь определенные неисправные части дома, действуя тем самым в рамках замены и восстановления функционирования отдельных конструктивных элементов или их частей [3].

Переходя к стратегии планирования капитального ремонта важно отметить, что все виды капительного ремонта предусматривают комплексное устранение неисправностей всех изношенных элементов здания и его частей, модернизацию отдельных элементов для повышения их срока службы и более экономичного последующего использования.

Необходимо также не забывать и об экологии и по мере возможностей внедрять все более экологичные и менее электропотребляемые приборы.

Плановые сроки начала и окончания капитального ремонта зависят от норм продолжительности капитального ремонта жилых и общественных зданий [4].

Планирование капитального ремонта должно обеспечивать:

- комплексное приведение зданий в исправное состояние и повышение уровня инженерного обеспечения сооружений;

- оптимальное использование выделяемых на ремонт экономических средств и соответствие планов ремонта с финансовыми, трудовыми и материально-техническими ресурсами;

- плановое назначение ремонта зданий, в соответствии с необходимой периодичностью, но с учетом технического состояния сооружения в данный момент времени [1].

Выборочный капитальный ремонт не подразумевает особых подготовительных мероприятий, отражающихся на жильцах дома, но проводя капитальный ремонт с вынужденным частичным отселением проживающих, необходимо соблюдать ряд требований. В первую очередь владелец дома обязан проинформировать всех жильцов о сроках начала и окончания планового капитального ремонта.

При проектировании плана капитального ремонта должны быть обеспечены условия жизнедеятельности маломобильных групп населения.

В обязательном порядке необходимо произвести ограждение участка, на котором производится ремонт, обеспечение охраны и недопущение входа посторонних лиц в отселенные помещения, отключение в отселенных квартирах санитарно-технических, газовых и электрических устройств. Все конструкции, находящиеся в аварийном состоянии, должны быть обеспечены охранными устройствами, предупреждающие их обрушение.

Отбор зданий для проведения капитального ремонта осуществляется городским жилищным управлением, жилищно-коммунальным отделом предприятия или ведомства.

По результатам соответствующих осмотров здания, инженерного оборудования и внешнего благоустройства дома принимается решение о виде капитального ремонта и сроках его осуществления.

Возможно также проведение и внеплановых ремонтов, назначенных по результатам текущих неисправностей для устранения повреждения и отказов конструкций и технического оборудования, ремонт которых нельзя отложить до планового ремонта.

Планово-предупредительный ремонт (ППР) – или же проект производства работ, представляет собой один из основных организационно-технологических документов, в котором описываются применяемые организационно-технологические решения, обеспечивающие оптимальную технологичность производства и безопасность проведения соответствующих видов работ [2].

Системой ППР предусмотрены ремонты оборудования следующих двух видов: текущий и капитальный.

Текущий ремонт, как было сказано ранее, включает устранение проблем, связанных с заменой и устранением неисправностей быстроизнашивающихся элементов, не требующих соблюдения определенной стратегии.

Для выполнения ППР используются годовые и месячные графики, составленные по определенной форме. К сожалению, подобные графики не всегда работают должным образом, возникают факторы, напрямую влияющие на ход работы, среди которых отсутствие полного объема необходимой сметной документации, ошибки в изначальном проекте, недостаточная инженерная оснащенность организации подрядчика. Вследствие этого страдает качество выполнения работ, и нарушаются заявленные сроки [5].

Не редки случаи, когда еще недоработанный проект, с «сырыми» планами и недостаточной технической оснащенностью, претворяется в жизнь.

Среди подрядчиков возникает тенденция к преувеличению своих возможностей касательно осуществления планируемых проектов.

Стремление сделать все быстро, с минимальными затратами и максимальной прибылью влечет за собой логичные изъяны в процессе и, как следствие, некачественный результат работы.

Учитывая то, что законодательством не предусмотрено конкретной прозрачной системы возмещения подрядчиком неустоек, связанных со срывом срока ремонтных работ, на выходе приходится ожидать лишь «результат ради результата».

Многие последствия некачественного ремонта здания дают о себе знать лишь через несколько месяцев после завершения работ.

Все недочеты, допущенные во время планово-предупредительного ремонта, во многом объясняются вынужденной необходимостью работы в ускоренном темпе. Когда подрядчик чувствует острую нехватку во времени, предусмотренном графиков, срок выполнения ремонта искусственно сокращается за счет некачественной работы сотрудников на объекте.

Неграмотно составленный ППР грозит расплывчатыми сроками работ, экономией на

необходимых материалах, и, как следствие, плачевной картиной конечного результата.

Нарушение графиков планово-предупредительных ремонтов приводит к вполне логичным последствиям в виде некачественно выполненных работ, недовольством жильцов и собственников, скорая необходимость в осуществление следующего ремонта, вследствие ненадлежащего уровня выполнения предыдущего.

Все это требует дополнительных затрат со стороны жильцов и управляющей компании, не считая принесенного морального ущерба заказчику.

В заключение отметим, что основная стратегия осуществления ремонта здания состоит в своевременном выявлении и скором устранении неисправностей, возникших в здании.

Техническое обслуживание здания включает комплекс мер по поддержанию надлежащего состояния сооружения, в соответствии с предписанными нормами и правилами.

Любые планово-предупредительные работы необходимо составлять с учетом целой группы факторов, влияющих на последующий ход ремонта, так как любые недочеты в изначальном плане, несомненно, окажут свое влияние на будущее состояние здания до следующего планового ремонта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева, Н. В. Управление развитием жилищной сферы в регионах России: факторы эффективности: монография / Н. В. Васильева. – СПб : СПбГИЭУ, 2012. – 271 с.

2. Владимиров, В. В. Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий / В. В. Владимиров. – М : Архитектура-С, 2015. – 240 с.

3. Горохов, В. А Инженерное благоустройство городских территорий и населенных мест / В. А. Горохов. – М : Стройиздат, 2017. – 359 с.

4. Комков, В. А. Техническая эксплуатация зданий и сооружений / В. А. Комков. – М : ИНФРА-М, 2017. – 287 с.

5. Симионов, Ю. Ф. Жилищно-коммунальное хозяйство / Ю. Ф.Симионов. – М : Ростов н/Д, 2016. – 272 с.

Подъяпольская Мария Александровна *– студент группы СУЗ-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: mariapodyapolskaya@mail.ru.*

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

УДК 691.542

ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ РАСТВОРОВ ДЛЯ МОНТАЖА ПАНЕЛЕЙ ЗДАНИЙ КПД

П. Д. Поморцев, И. Е. Рыбалко, А. В. Викторов, Г. И. Овчаренко
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассматривается проблема усадки высотных зданий, возводимых в зимний период. Исследовано влияние добавки сухого поташа на сохраняемость подвижности и изменение линейных деформаций раствора, последовательно твердеющего в условиях замораживания и в нормальных условиях. Добавку сухого поташа вводили в количестве 10 и 15 % от массы вяжущего дополнительно к заводскому составу, также содержащему пластификатор и противоморозную добавку. Из исследуемых составов формовали образцы-балочки размерами 40 × 40 × 160 мм с реперами. Линейные деформации образцов измеряли на приборе с индикатором часового типа. Также образцы-балочки испытывали на прочность (изгиб и сжатие). Оценка линейных деформаций позволяет сделать вывод о том, что оба исследуемых состава (заводской и с добавкой 10 % сухого поташа) показывают тенденцию к постепенной усадке при твердении в замороженном состоянии. При изменении условий твердения на нормальные оба состава раствора демонстрируют резкое линейное расширение, что может быть обусловлено увеличением скорости реакции гидратации цемента.

Ключевые слова: *линейные деформации, усадка высотных зданий, усадка растворных швов, противоморозные химические добавки, поташ.*

По известным причинам застройщики увеличивают этажность возводимых зданий, в том числе и жилых домов КПД.

Наблюдения показали, что в некоторых случаях в зданиях отмечаются избыточные деформации, которые могут накапливаться с возрастающей этажностью. Одной из причин могут являться деформации растворных швов в зданиях, возводимых в зимний период. Проблема заключается в том, что растворы на строительную площадку поставляются с дозировкой противоморозных добавок в 5 и более раз меньшей, чтобы только обеспечить доставку и укладку. Но в момент укладки тонкого слоя раствора на панель с температурой минус 15-25 градусов он должен замерзать с соответствующими деформациями, которые изменятся при оттаивании в весенне-летний период.

Поэтому целью данной работы была проверка собственных деформаций растворного камня при быстром замораживании растворов с последующим выдерживанием в нормальных условиях.

Согласно СП 82-101-98 [3] при морозах до 30 °С в качестве противоморозной химической добавки следует применять поташ (K_2CO_3). В связи с этим эксперименты проводились с добавкой поташа 15 и 10 % на минус 30 и 15 °С.

Материалы и методы исследования

В настоящем исследовании использовали портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н АО «Искитимцемент» (удельная поверхность $S_{уд} = 2201\ см^2/г$) и речной обской песок с модулем крупности 1,0.

В качестве добавки для заводского строительного раствора использовали поташ полуторараводный ($K_2CO_3 \times 1{,}5H_2O$), вводимый на строительном объекте дополнительно в виде сухого измельченного порошка (10 и 15 % по массе от цемента).

Состав заводского раствора (расход на один кубический метр):

- портландцемент 450кг,
- песок ($М_{кр}$ = 1) 1180кг,
- криопласт Экстра (противоморозная добавка) 9 кг,
- криопласт Экстра (противоморозная добавка) 0,3 л,
- вода – до обеспечения марки по подвижности Пк3 (погружение конуса 10 см).

Подвижность исследуемых составов определяли с помощью прибора для определения подвижности растворной смеси (согласно ГОСТ 5802-86 [2]).

После достижения требуемой подвижности формовали образцы-балочки размера 40 × 40 × 160 мм с реперами для измерения линейных деформаций.

По условиям эксперимента контрольные образцы находятся в следующих условиях твердения: в морозильной камере 28 суток при температуре *-22* ℃, после этого перемещены в нормальные условия еще на 28 суток.

Линейные деформации контрольных образов фиксировались с помощью устройства для измерения деформаций усадки (согласно ГОСТ 24544-81* от 01.01.1982 [1]) через одни сутки.

Прочность образцов-балочек определяли на изгиб – прибором МИИ-100 и на сжатие – испытанием половинок балочек, сдавливаемых через металлические накладки с фиксированной площадью 25 см^2 на прессе П-10.

Результаты эксперимента отражены на рисунке 1.

Результаты и их обсуждение

Заводской строительный раствор с добавлением 15 % поташа очень быстро теряет подвижность и схватывается (от момента добавления в раствор – проходит 5-7 мин). Поэтому данный состав сразу был отвергнут как неперспективный для дальнейшего изучения.

Как видно из рисунка 1, раствор с дополнительным добавлением 10 % сухого поташа показывает несколько более высокие значения погружения конуса. За 4 часа подвижность заводского раствора снижается до величины погружения конуса 4,5 см, а раствора с добавкой 10 % сухого поташа – около 6,5 см.

То есть для работы на строительной площадке более пригоден именно раствор с добавкой сухого поташа в количестве 10 %.

Однако оба состава строительного раствора показывают значительное водоотделение (это видно по перепадам на графике контроля сохраняемости подвижности), поэтому для обеспечения требуемой консистенции раствора при работе с ним на строительной площадке раствор необходимо регулярно перемешивать.

Оценка линейных деформаций (график на рисунке 1) позволяет сделать вывод о том, что оба исследуемых состава показывают тенденцию к постепенной усадке при твердении в замороженном состоянии, хотя состав с добавлением сухого поташа в начальные сроки твердения демонстрирует некоторое расширение.

При изменении условий твердения на нормальные оба состава раствора демонстрируют резкое линейное расширение, что может быть обусловлено увеличением скорости реакции гидратации цемента.

Однако с течением времени нормального твердения заводской состав снова переходит к усадочным деформациям.

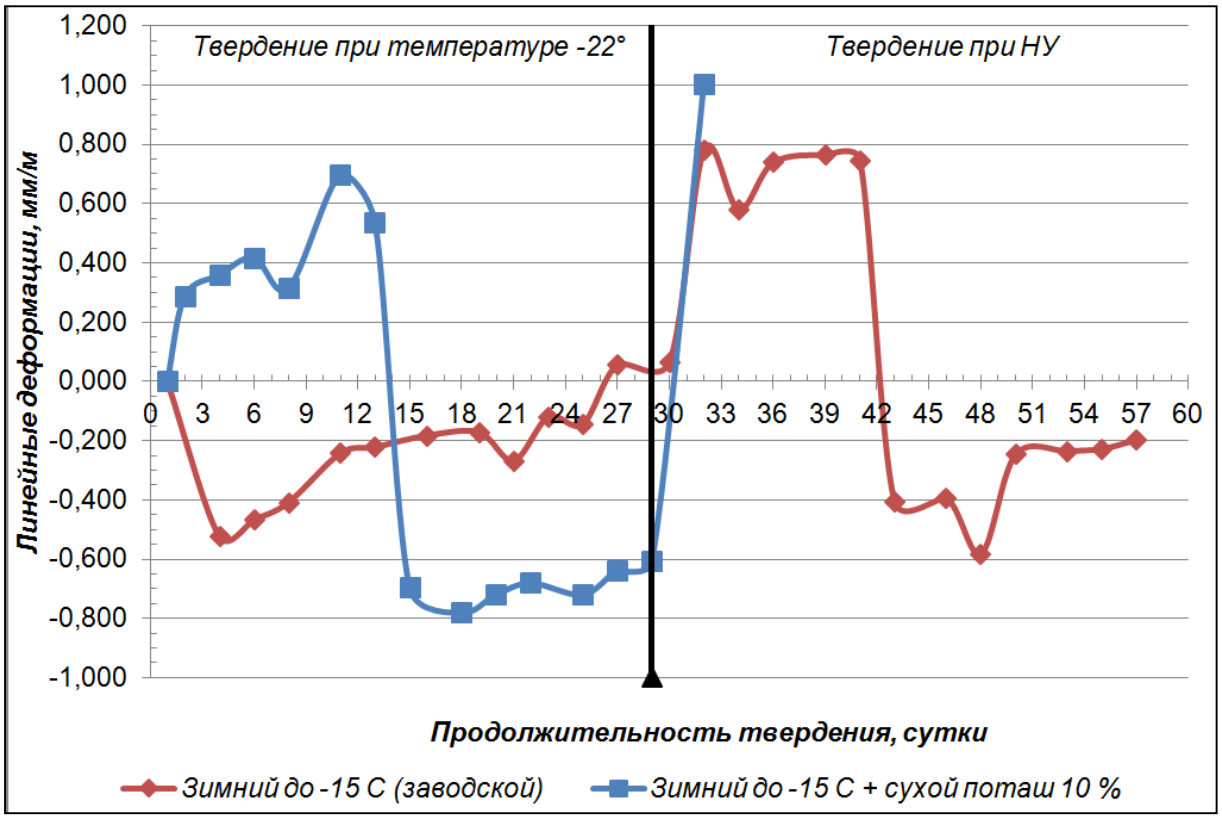


Рисунок 1 – Собственные деформации растворного камня с добавками

Деформации раствора с добавкой сухого поташа требуют дополнительного времени на исследование.

Выводы

1. Добавка поташа в виде сухого порошка способствует снижению «времени жизни» строительного раствора, увеличению водоотделения раствора, снижению его первичной адгезии (прилипания).

2. Собственные деформации растворного камня с поташом имеют специфику, но не сильно отличающуюся от основных тенденций деформаций заводского состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 24544-81. Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести: утвержден Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 31 декабря 1980 г. № 237: дата введения 1982-01-01. – URL: http://docs.cntd.ru/document/9056242 (дата обращения: 17.02.2021). – Текст: электронный.

2. ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 11.12.85 № 214: дата введения 1986-07-01. – URL: http://docs.cntd.ru/document/gost-5802-86 (дата обращения: 17.02.2021). – Текст: электронный.

3. СП 82-101-98. Приготовление и применение растворов строительных. Свод правил по проектированию и строительству: принят и введен в действие письмом Госстроя России от 17 июня 1998 г. № АБ-20-218/12: дата введения 1998-07-15. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200003842 (дата обращения: 17.02.2021). – Текст: электронный.

Поморцев Пётр Денисович *– студент группы Спр-71 4 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: pomorcevpetr@gmail.com.*

Рыбалко Иван Евгеньевич *– студент группы Спр-71 4 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: wot.te@mail.ru.*

Викторов Артём Владимирович *– ассистент кафедры «Строительные материалы» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: artem.viktorov2011@yandex.ru.*

Овчаренко Геннадий Иванович *– д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: egogo1980@mail.ru.*

УДК 69.059.22

ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА ЗДАНИЙ УЧЕБНЫХ ТЕПЛИЦ

Д. О. Синицын, Е. Р. Кирколуп
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье проанализировано техническое состояние 19 зданий учебных теплиц, расположенных на территории муниципальных общеобразовательных учреждений г. Барнаула, для возможности размещения в них центров дополнительного образования, исследовательских лабораторий совмещенных с теплицами. Исследование показало, что многие здания учебных теплиц имеют плохое техническое состояние и используются не по назначению. Здания теплиц находятся в удовлетворительном состоянии, поэтому на их базе можно размещать центры дополнительного образования для школьников после проведения капитального ремонта.

Ключевые слова: *учебная теплица, центр дополнительного образования, физический износ, функциональный износ, дефекты стен, реконструкция.*

Массовое строительство школьных теплиц началось с 1950-х годов во многом благодаря принципу воспитания в ребенке всесторонне развитой личности, в том числе и через труд, главенствующему в то время в системе общего образования. В советское время труд считался неотъемлемой частью воспитания, поэтому школьники на уроках труда обучались навыкам различных специальностей, в том числе и сельскохозяйственным, работая на пришкольных участках. Это привело к тому, что во время строительства новых школ, помимо стадионов и хозяйственно-бытовых строений на школьных участках строились и учебные теплицы.

Сейчас дополнительное образование детей и подростков также является одним из важных направлений развития современной системы образования в Российской Федерации. Затраты бюджетов всех уровней на дополнительное образование детей и подростков рассматриваются как долгосрочные инвестиции в будущее российского общества [1]. Поэтому создание региональных центров выявления, поддержки и развития способностей и талантов у детей, детских технопарков, направленных на обеспечение доступности дополнительных общеобразовательных программ естественнонаучной и технической направленности одна из приоритетных задач развития общества. Подобного рода центры необходимо организовывать в непосредственной доступности для школьников, а исследовательские лаборатории, например, совмещать с теплицами для выращивания растений для того чтобы расширить возможности биологических исследований, проводить опыты, ставить эксперименты с растениями круглый год. Школьные теплицы как нельзя кстати могут подойти под эти цели. Но прежде чем приступить к проектированию подобного рода центра на базе школьной теплицы следует проанализировать их физическое состояние, т. к. большинство зданий теплиц эксплуатируются свыше 30 лет.

В данной работе было выбрано 19 муниципальных общеобразовательных учреждений, расположенных на территории г. Барнаула, имеющих здание теплицы на своей территории, и проанализировано состояние их учебных теплиц. Все эти 19 объектов были условно разделены на три категории. Каждая категория отражала сходство объёмно-планировочного решения рассматриваемых зданий. К первой категории были отнесены 6 зданий теплиц построенных до 1980 года, ко второй – 11 зданий, построенных по типовому проекту 224-9-95, и к третьей категории – 2 здания, построенных по типовому проекту 224-9-30.

Школьные теплицы, построенные по типовым проектам, не обладают гибким внутренним пространством. Их главные помещения – непосредственно сами теплицы – сложно приспособить для другого функционального процесса. Вспомогательные помещения таких зданий составляют зооуголок, кладовые, сантехнические помещения. Их внутренние пространства более гибкие, но небольшая площадь подсобных помещений сокращает возможность изменения их функционального назначения. Всё это свидетельствует о том, что моральная долговечность школьных теплиц достаточно низкая. Кроме того, объем-

но-планировочные решения существующих учебных теплиц перестали удовлетворять потребностям современного образовательного процесса, что и привело их к моральному износу.

Только 32 % исследуемых зданий учебных теплиц соответствуют своему назначению. Остальные выполняют другие функции. 42 % теплиц заброшены. Внутренние пространства зданий переделаны в складские помещения, светопрозрачные конструкции теплиц заменены на металлические листы или металлопрофиль, оконные проемы заколочены досками или металлическими листами. Эти здания не отапливаются. Техническое обслуживание и ремонты таких зданий практически не проводятся, поэтому они имеют множество дефектов, ухудшающих их технические и эксплуатационные характеристики.

В 26 % исследуемых зданий изменилось их функциональное предназначение. Они были переделаны в учебные или лабораторные помещения, здания административно-хозяйственного назначения. Некоторые из этих зданий были реконструированы: имеются пристройки, заменено покрытие, деревянные оконные рамы заменены на пластиковые, а стекла на стеклопакеты, защищена цокольная часть здания от воздействия атмосферных осадков, заменена отмостка и др. Как правило, собственники и арендаторы таких зданий регулярно проводят их техническое обслуживание.

Все исследуемые строения имеют стеновую конструктивную систему, при этом у большинства зданий наблюдается физический износ стен. Из 19 рассмотренных зданий в 18 стены выполнены из мелкоштучных каменных материалов, а одно здание выполнено из железобетонных стеновых панелей. В основном стены выполнены из силикатного кирпича, иногда некоторые части стен выполнены из керамического кирпича. Из-за высокого влагопоглощения силикатного кирпича [2] и неправильной организации наружного водостока, а в некоторых случаях и его отсутствия, учебные теплицы школ в г. Барнауле имеют множество дефектов и степень их физического износа высока. Так, например, неорганизованный водоотвод у большинства учебных теплиц приводит к тому, что вода попадает на кирпичные стены здания. Силикатный кирпич в результате влияния на него воды, знакопеременных температур, разрушается, а несущая способность стен снижается. Такие дефекты наблюдаются у многих исследуемых зданий.

Помимо этого, из-за неорганизованного водостока происходит замачивание грунтов оснований зданий теплиц. Это приводит к неравномерной просадке фундамента и, как следствие, появлению трещин на стенах зданий.

Оценку физического износа зданий учебных теплиц проводили по методике определения физического износа гражданских зданий [приказ Министерства коммунального хозяйства РСФСР от 27.10.1970 г. № 404] на примере здания школьной теплицы МБОУ «Лицей № 121» (таблица 1). Данное здание было выбрано по трем причинам:

– территориальная близость к району активной застройки многоэтажными жилыми домами [3];

– высокая степень физического износа здания теплицы из всех исследуемых объектов;

– высокая степень морального износа (ограждающие конструкции не защищают внутренние помещения от перепада температур окружающей среды, системы отопления и электроснабжения устарели, не предусмотрены условия беспрепятственного, безопасного и удобного передвижения маломобильных групп населения внутри здания, здание не подходит для занятий исследовательской, биолого-опытнической деятельностью).

Физический износ здания теплицы в целом оценивали руководствуясь сборником № 28 «Укрупненных показателей восстановительной стоимости жилых, общественных зданий и сооружений коммунально-бытового назначения для переоценки основных фондов». Величину износа отдельных конструктивных элементов определяли, перемножая удельные веса конструктивных элементов, взятых для административных одноэтажных кирпичных зданий, на величину износа участка этих элементов. Величину износа для здания в целом определяли суммированием рассчитанных величин. Результаты расчёта, приведенные в таблице 1, показывают, что физический износ здания учебной теплицы МБОУ «Лицей № 121» составляет ~39 %. Согласно шкале, приведенной в методике определения физического износа гражданских зданий, техническое состояние здания учебной теплицы удовлетворительное.

Таблица 1 – Оценка физического износа здания учебной теплицы МБОУ «Лицей № 121»

Наименование участков	1	2	3	4	5
Ленточные фундаменты крупноразмерные под помещением теплицы	45	50	22,5	4	1,8
Ленточные фундаменты крупноразмерные под вспомогательными помещениями	55	40	22,0		
Стены наружные кирпичные	90	40	36,0	35	13,3
Перегородки кирпичные	10	20	2,0		
Сборные железобетонные плиты перекрытий над вспомогательными помещениями	100	30	30,0	24	7,2
Кровля из рулонных материалов	50	40	20,0	5	2,3
Стеклянное ограждение теплицы	50	50	25,0		
Цементные полы	85	30	25,5	6	1,8
Полы из керамических плиток	15	30	4,5		
Двери	45	60	27,0	7	3,0
Окна	55	30	16,5		
Окраска водными растворами потолков и стен вспомогательных помещений	40	60	24,0	8	3,8
Окраска масляными красками стен вспомогательных помещений	50	40	20,0		
Облицовка керамическими плитками вспомогательных помещений	10	30	3,0		
Отопление	40	50	20,0	11	5,7
Водопровод и канализация	40	60	20,0		
Электрооборудование	20	60	12,0		
				ИТОГО	38,9

Примечание: 1 – удельный вес участка к общему объему элемента (%), 2 – процент износа участка элемента, 3 – величина износа участка (%), 4 – удельный вес отдельных конструктивных элементов (%), 5 – величина износа элемента (%).

Конструктивные элементы в целом пригодны для эксплуатации, но требуют некоторого капитального ремонта, реконструкции фундаментов и стен здания.

Проведенное исследование показало, что большинство зданий учебных теплиц имеют плохое техническое состояние и используются в основном не по назначению. Но, несмотря на это, здания теплиц еще находятся в удовлетворительном состоянии. Поэтому на их базе после проведения капитального ремонта можно размещать центры дополнительного образования для школьников, содержащие исследовательские лаборатории совмещенные с учебными теплицами.

В ходе мероприятий реконструкции необходимо довести функциональные показатели помещений и здания в целом до современных требований, учесть наличие лаборантских, гардероба, помещений для хранения инвентаря, оборудования и реагентов, обеспечить доступ для маломобильных групп населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буйлова, Л. Н. Дополнительное образование детей: инновационная деятельность в контексте новой общественной реальности / Л. Н. Буйлова. // European Social Science Journal. – 2014. – № 8-1 (47). – С. 159-165.

2. Структурные и физико-химические изменения в силикатном кирпиче на интервале 70-ти летней эксплуатации / А. И. Бедов, В. В. Бабков, А. И. Габитов, Н. С. Самофеев // Вестник МГСУ. – 2011. – №5. – С 261-266.

3. Генеральный план городского округа – города Барнаула Алтайского края. Карта функциональных зон: [сайт] / Комитет по строительству, архитектуре и развитию города Барнаула. – Барнаул, 2020. – URL: https://ksar.barnaul-adm.ru/uploads/files/2019/09/karta_funkcionalnyh_zon_gorodskogo_okruga.pdf (дата обращения: 12.02.2021).

Синицын Даниил Олегович *– магистрант группы 8С-82 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: sinitsyndo@gmail.com.*

Кирколуп Евгений Романович *– к. т. н., доцент кафедры «Строительных конструкций» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: kirkolup@mail.ru.*

УДК 692.115

ВЫБОР ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ НА ЛЕССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

А. А. Скопинцева, Б. М. Черепанов
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассматриваются методы устройства фундаментов в условиях распространения лёссовых просадочных грунтов при малоэтажном индивидуальном строительстве. В качестве альтернативы свайным фундаментам предлагаются фундаменты мелкого заложения на искусственном основании. Рассмотрены два наиболее доступных и простейших методов создания искусственных оснований: уплотнением тяжёлыми трамбовками и устройством грунтовых подушек. Для всех трёх вариантов фундаментов, включая свайные, выполнен расчёт технико-экономических показателей и выбран наиболее рациональный вариант – фундаменты мелкого заложения на основании, уплотнённом тяжёлыми трамбовками.

Ключевые слова: *улучшение лессовых просадочных грунтов, устройство грунтовых подушек, уплотнение тяжелыми трамбовками, свайный фундамент, ленточный фундамент.*

В Алтайском крае в последние годы активно развивается малоэтажное строительство, в связи с этим актуальным является и проектирование таких зданий наиболее экономически выгодными. Для этого необходимо рассматривать и просчитывать разные варианты конструкций.

Лессовые грунты в Алтайском крае распространены практически повсеместно. Под термином «лессовые грунты» понимают лессовые отложения, которые различаются по происхождению на типичный лесс и лессовидные суглинки. Границу между этими типами провести достаточно сложно, именно поэтому их объединяют в единый термин «лессовые породы».

Вследствие влияния сухого климата и малой влажности сформировалась такая особенность лессовых грунтов как просадочность. В результате создаются структурные связи, которые способствуют появлению и сохранению в лессовой толщи «недоуплотненного состояния».

Процесс просадки проявляется в уменьшении объема лессовых грунтов, а также происходит неравномерное оседание земной поверхности, именно это свойство лессовых просадочных грунтов вызывает деформации в зданиях и сооружениях, даже при небольших нагрузках от малоэтажного строительства.

В качестве примера рассмотрим уже построенный двухэтажный жилой дом и определим для него наиболее экономически выгодный вариант фундаментов (рисунок 1).

Здание расположено в г. Барнауле, п. Центральный, ул. Свердловская, 34. Размеры здания в осях: 9,94 × 18,6 м и пристройка с размерами 3,85 × 3,85 м. Стены здания выполнены из газобетоных блоков, крыша стропильная. Дом был запроектирован со свайным фундаментом, количество свай составляет 52 штуки, а длина каждой сваи 8,5 м. Глубина заложения ростверка составляет 1,25 м. Такой фундамент стал самой простой по проектированию альтернативой из-за сложных инженерно-геологических условий.

Рисунок 1 – Рассматриваемое здание

Согласно проведённым инженерно-геологическим изысканиям грунты строительной площадки сложены следующими инженерно-геологическими элементами.

ИГЭ № 1 - почва мощностью слоя 0,6 м;

ИГЭ № 2 - лессовые просадочные суглинки мощностью слоя 7,4 м (I тип грунтовых условий по просадочности) с природной влажностью *W = 0,143*; влажностью на грани-

це текучести $W_L = 0,27$; влажностью на границе раскатывания $W_p = 0,18$; плотностью сухого грунта $\rho_d = 1,44$ *г/см³*; плотностью частиц грунта $\rho_s = 2,7$ *г/см³*; природной плотностью $\rho = 1,65$ *г/см³*; коэффициентом пористости $e = 0,88$; углом внутреннего трения $\varphi = 20^0$; удельным сцеплением $c = 5$ *кПа*; модулем общей деформации $E = 8$ *МПа*; начальным просадочным давлением $P_{sl} = 60$ *кПа* и относительной просадочностью $\varepsilon_{sl} = 0.05$.

ИГЭ № 3 - суглинок лессовидный непросадочный твердый со следующими физико-механическими характеристиками: $W = 0,164$; $W_L = 0,26$; $W_p = 0,17$; $\rho_d = 1,56$ *г/см³*; $\rho_s = 2,7$ *г/см³*; $\rho = 1,82$ *г/см³*; $e = 0,73$; $\varphi = 21^0$; $c = 13$ *кПа*; $E = 11$ *МПа*.

Грунтовые воды в пределах выработок отсутствуют. В проекте в качестве несущего слоя при устройстве свайных фундаментов был выбран ИГЭ № 3, чем и объясняется большая длина свай при относительно небольшой нагрузке, передаваемой от здания.

Свайный фундамент, являясь простым по проектированию, не является самым экономически выгодным для застройщика. Поэтому нужно рассчитать и другие варианты устройства фундаментов, для того что бы выбрать наиболее экономичный.

Вариант 1. Уплотнение лессового просадочного грунта тяжелой трамбовкой.

Для уплотнения применим трамбовку массой 10 т и диаметром 2 м, сбрасываемую с высоты 6-8 м [1]. Существует несколько методов для определения необходимой глубины уплотнения. Проанализировав все методики и рекомендации по их применению, приходим к выводу, что для проектируемого здания на начальном этапе минимальная глубина уплотнения составляет $h_s = 2,5$ м.

Как известно, наиболее эффективное уплотнение достигается в том случае, когда естественная влажность грунта близка к оптимальной

$$W_{opt} = W_p - (1 \div 3)\ \%, \qquad (1)$$

В нашем случае оптимальная влажность находится в диапазоне от 0,15 до 0,17, что близко к естественной (0,143). Следовательно, никаких дополнительных мероприятий по увеличению влажности грунтового основания перед уплотнением тяжёлыми трамбовками не требуется.

Необходимые ширина и длина, уплотняемой площади составили соответственно 19,4 и 23,9 м. При этом, величина недобора грунта при разработке котлована перед трамбованием – 0,6 м.

В результате уплотнения происходит значительное улучшение свойств грунта. Значение плотности сухого грунта увеличивается более чем на 20 % ($\rho_{d,s} = 1,825$ *г/см³);* удельное сцепление в 2-3 раза ($c = 10$ *кПа*); модуль общей деформации в 3-5 раз ($E = 30$ *кПа*). Кроме того, под зданием создаётся прочное водоустойчивое основание, препятствующее проникновение воды в нижерасположенные, недоуплотнённые слои грунта.

В результате расчёта ленточного фундамента на искусственном основании, уплотнённым тяжёлыми трамбовками, получаем ширину ленты b = 0,8 м.

При данном типе фундамента и основания совместная деформация (осадка + просадка) оказалось более чем в два раза меньше предельной величины

$$S = S_{oc} + S_{sl} = 0,36 + 4,99 = 5,35\ \text{см} < [S]_u,$$

где $[S]_u$= 12 см – предельно допустимое значение деформации для рассматриваемого здания.

Вариант 2. Устройство грунтовой подушки.

Устройство грунтовых подушек под фундаментами представляет собой замену просадочной толщи грунта в пределах деформируемой зоны основания на грунт, полученный путем послойной отсыпки местных грунтов и дальнейшего его уплотнения [2]. Характеристики песчаной подушки: песок средней крупности с углом внутреннего трения $\varphi = 35°$, плотностью сухого грунта $\rho_d = 1,6\ \text{г/см}^3$, модулем деформации $E = 30\ \text{МПа}$, удельным сцеплением $C = 1\ \text{кПа}$, коэффициентом пористости $e = 0,65$. В результате проведённых расчётов толщина грунтовой подушки составила $h_s = 1,85$ м.

Учитывая частое расположение фундаментов, грунтовую подушку, также как и в случае уплотнения тяжёлыми трамбовками, выполняем сплошной под все здание:

- ширина грунтовой подушки: $b_s = 17,15$ м,
- длина грунтовой подушки: $l_s = 21,48$ м.

При данном типе фундамента и основания совместная деформация основания (осадка + просадка) получилась значительно меньше предельно допустимой величины

$$S = S_{oc} + S_{sl} = 0,55 + 2,47 = 3,02\ \text{см} < 12\ \text{см}.$$

При расчёте стоимости каждого способа устройства фундаментов учитываем прямые затраты, накладные расходы и сметную прибыль (таблица 1).

Таблица 1 – Стоимость устройства фундаментов в ценах на I квартал 2021 года

Вид работ	ПЗ, руб	НР, руб	СП, руб	Стоимость работ, руб
Свайные фундаменты				
Разработка грунта	3 372,57	816,76	429,88	4 619,21
Устройство ж/б буронабивных свай	566 344,52	238 160,21	146 560,13	951 064,86
Устройство ростверка	416 603,3	53 393,86	34 261,06	504 258,22
Засыпка котлована	1 534,73	286,18	150,62	1 971,53
			Итого:	1 461 913,92
Уплотнение тяжелыми трамбовками				
Разработка грунта	9 118,43	2 208,27	1 162,25	12 488,95
Уплотнение грунта	24 238,02	6 156,08	3462,8	33 856,9
Устройство ленточного фундамента	876 602,78	112 349,57	72 090,97	1 061 043,32
Засыпка котлована	4 149,45	773,75	407,24	5 330,44
Доуплотнение грунта вибрационным катком	1 135,58	247,99	139,5	1 523,07
			Итого:	1 114 243
Грунтовая подушка				
Разработка грунта	34 641,7	8 389,41	4 415,48	47 446,6
Устройство грунтовых подушек	697 433,49	19 197	10 958,81	727 589,3
Устройство ленточного фундамента	486 037,19	62 292,83	39 971,23	588 301,25
Засыпка котлована	5 788,39	1 079,35	568,08	7 435,82
Доуплотнение грунта вибрационным катком	1 584,4	346,02	194,63	2 125,05
			Итого:	1 372 898

Прямые затраты определены по сборникам территориальных сметных нормативов для Алтайского края и все цены переведены в текущие, т. е. I квартал 2021 г.

Использованы следующие сборники: ТЕР 81-02-01-2001 Часть 1. Земляные работы; ТЕР 81-02-05-2001 Часть 5. Свайные работы. Опускные колодцы. Закрепление грунтов и ТЕР 81-02-06-2001 Часть 6. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные.

Из таблицы 1 видно, что наиболее выгодный способ устройства фундаментов – уплотнение тяжелыми трамбовками, а самым дорогим способом является устройство свайных фундаментов. В процентном соотношении свайные фундаменты на 31,2 % дороже уплотнения тяжелыми трамбовками. Экономия получилась из-за того что отсутствует довольно дорогая работа по устройству свай и стоимость самих свай. Поэтому мы рекомендуем при выборе конструктивных решений при устройстве фундаментов, рассчитывать различные варианты, с целью выбрать наиболее подходящий и экономически выгодный вариант.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черепанов, Б. М. Проектирование оснований, уплотнённых тяжёлыми трамбовками: методические указания к практическим занятиям студентов направления «Строительство» по дисциплине «Основания и фундаменты» / Б. М. Черепанов. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2020. – 11 с.

2. Вяткина, Е. И. Основания и фундаменты. Примеры расчета: учебное пособие / Е. И. Вяткина, И. В. Носков. – 2-е изд. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2019. – 114 с.

Скопинцева Алёна Андреевна *– магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: alena.skopintseva.98@mail.ru.*

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

УДК 69.003.12 (076): 004.9

ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА РИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИМ-ТЕХНОЛОГИЙ

В. В. Соколова, Н. М. Герман
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Рассматривается концепция формата проектирования 5D, обеспечивающая взаимосвязь между средствами 3D-моделирования и сметными программами для определения сметной стоимости строительства. Проанализировано использование БИМ-технологий для определения сметной стоимости строительства средствами программного комплекса РИК на основе программы 5D смета, содержащей средства для интеграции сметных расчетов в BIM-процессы и реально используемую в технологии информационного моделирования.

Ключевые слова: *формат проектирования 5D, интеграция сметных расчетов в BIM-процессы, сметные свойства, сметные программы, BIM-технология, ПК РИК, 5D смета.*

В настоящее время концепция формата проектирования идет к формату 5D: строительный объект представляется не только в 3D пространстве, но и во времени (4D), а также и во взаимосвязи со сметными расчетами – 5D. Наличие в информационной модели объекта строительства данных о сметной стоимости представлено не как фактор, а как комплекс систем технических и стоимостных параметров, с возможностями для выбора наиболее оптимальных проектных решений, не выходя за рамки бюджета строительства. Концепция проектирования в формате 5D включает обеспечение устойчивой взаимосвязи между средствами 3D моделирования и сметными программами, обеспечивающими определение сметной стоимости строительства.

На сегодняшний день на рынке сметных программ имеют реальные разработки и опыт практического применения в области сопряжения со средствами BIM-моделирования только программные комплексы: «АВС-4», «1С-смета», «Смета Wizard», «Гектор: 5D смета», а наиболее распространенными средствами для информационного моделирования объектов строительства являются БИМ-системы Revit и Renga. В таблице 1 приведены сметные программы и БИМ-системы, в которые они интегрированы.

Таблица 1

Сметная программа	БИМ-системы
АВС-4 (АВС-Рекомпозитор)	Revit, Renga
1С: смета 3	Renga
Смета Wizard	Revit
Гектор: 5D смета	Revit

Среди сметных программ, обеспечивающих использование средств BIM-моделирования, отсутствуют программы для определения сметной стоимости строительства, используемые в Алтайском крае: РИК и Гранд-Смета.

Рассмотрим возможность использования БИМ-технологий для определения сметной стоимости строительства средствами программного комплекса РИК.

Проанализировав работу сметных программ, приведенных в таблице 1, во взаимосвязи со средствами BIM-моделирования, можно сделать вывод, что принципы интеграции у всех программ идентичны [1]:

1. В БИМ-систему, в которой создается информационная модель объекта строительства; устанавливается дополнительный модуль (плагин), который предназначен для извлечения из БИМ-модели информации, необходимой для сметных расчетов
2. Элементам и конструкциям модели присваиваются параметризированные сметные свойства;
3. Информация с привязанными сметными нормами и сформированной структурой экспортируется в сметные программные комплексы для выполнения расчета сметной стоимости и получения на выходе готового набора сметной документации.

Для связи РИК с БИМ-моделью была выбрана программа 5D Смета, в связи со следующими ее функциональными возможностями:

- рабочие места проектировщика и сметчика разделены: проектировщик работает с CAD-системой (надстройка «Сметная информация»), сметчик – со сметной программой (программа привязки сметных норм). Переда-

ча информации производится либо автоматически, либо через файл;

- результаты работы выгружаются в любую сметную программу при помощи формата АРПС 1.10 (программа «Преобразование 5D XML – АРПС»;

- вся информация хранится в проекте Autodesk Revit, что соответствует идеологии BIM-проектирования.

Принцип работы 5D Смета представлен на рисунке 1. Расчет сметной стоимости производится в сметных программах.

Рассмотрим последовательность действий для составления проектно-сметной документации с использованием программы «Гектор: 5D смета» и программного комплекса РИК.

Для работы нужно установить 5D смета. После установки в Ревит появится закладка «Сметная информация».

Загрузив информационную модель, средствами РЕВИТ или средствами надстройки «Сметная информация» нужно выделить элементы здания, для которых необходимо выполнить расчет сметной стоимости.

Далее необходимо выделенным элементам назначить сметные нормы (расценки). Для чего по команде вкладки «Сметная информация» осуществляем автоматический переход в модуль привязки сметных норм или выгружаем выделенные элементы цифровой модели с физическими параметрами в файл, чтобы в дальнейшем загрузить этот файл в программу привязки сметных норм. Средствами модуля привязки сметных норм назначаются сметные нормы (расценки) элементам, добавляются неучтенные материалы, корректируются нормы.

Полученные элементы модели с назначенными расценками (сметными нормами) передаются в надстройку «Сметная информация» (непосредственно или через файл). Эти элементы предназначены для расчета сметной стоимости сметной программой.

Чтобы выполнить расчет сметной стоимости средствами ПК РИК нужно получить файл в формате АРПС. Для чего нужно выгрузить информацию в файл в формате XML, который можно использовать непосредственно для программы «Сметчик – строитель», интегрированной с 5D Смета. Для получения файла формата АРПС нужно конвертировать файл XML в файл формата АРПС, используя программу «Преобразование 5D XML – АРПС». Эта программа идет в комплекте с 5D Смета. В ПК РИК создаем смету из файла в формате АРПС и средствами РИК выполняем расчет сметной стоимости.

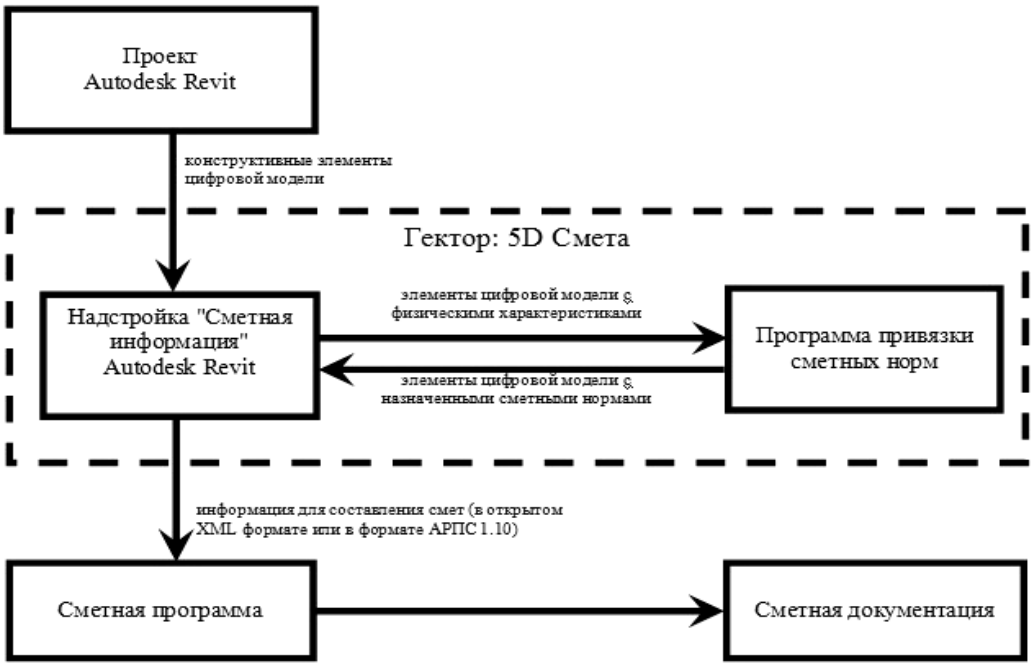


Рисунок 1 – Принцип работы программного обеспечения 5D Смета

Единый формат АРПС 1.10 был создан в 2000 г для обмена документацией между сметными программами, т. к. каждая программа имеет свои собственные форматы

хранения смет и данных, которые не поддерживаются другими программами. Сметы, сохраненные в одной сметной программе, не откроются в другой программе из-за различия в форматах.

Первая версия формата АРПС 1.10 реализована в большинстве сметных программ. Главным достоинством этого формата можно считать корректную передачу основного объема сметной информации. Разработанная позже спецификация АРПС 2.0 на данный момент поддерживается ограниченным количеством программ.

Так как сам формат АРПС устанавливает только способ и структуру записи информации, ни АРПС 1.10, ни АРПС 2.0 не обеспечивают полной совместимости форматов для различных сметных программ, и для полноценной записи всех используемых в РФ способов расчета смет формата АРПС недостаточно.

Однако формат АРПС 1.10, в который конвертируется сметная информация модулем «Преобразование 5D XML – АРПС», хорошо совместим с форматом АРПС 1.10, реализованным в ПК РИК, что и позволяет интегрировать Ревит и ПК РИК, используя 5D Смета.

Кроме специального формата АРПС для передачи данных между сметными программами некоторые разработчики сметных программ поддерживают обмен данными также через формат XML. К сожалению, формат XML не достаточно формализован для использования в сметных программах, поэтому смету в формате XML, выгруженную из одной сметной программы не удается загрузить в другую сметную программу. Вот и формат XML файла, формируемого 5D Сметой для использования в «Сметчик-строитель», оказался несовместимым с форматом XML ПК РИК и Гранд-Смета.

Возникает естественный вопрос, когда будет внедрен единый формат XML для сметной документации для всех сметных программ. На официальном сайте Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 21 октября 2020 года размещена XML-схема формата представления локальных сметных расчетов для проведения государственной экспертизы проектной документации и проверки достоверности определения сметной стоимости строительства.

Также отмечено, что внедрение единого формата XML для сметной документации для всех сметных программ «делает возможным открытие любой сметы в любом сметном программном комплексе», а также «исключит расхождения по итогам расчетов, которые в данный момент возникают в различных программах».

С 21.01.2021 передавать сметы на проверку в Главгосэкспертизу необходимо будет в формате XML. Обеспечит ли формат совместимость при передаче информации между различными сметными программами, покажет время.

Внедрение файлов в едином формате XML позволило бы ускорить процесс интеграции сметных расчетов в БИМ-процессы при определении сметной стоимости средствами программ, не содержащих средств сопряжения с БИМ-моделью, за счет использования уже разработанных средств BIM-моделирования для сметных программ.

Как было отмечено выше, в настоящее время практическим вариантом для использования в программном комплексе РИК разработанных средств интеграции БИМ-технологий со сметными программами является применение формата АРПС 1.10, совместимого с форматом АРПС 1.10 ПК РИК. Такую совместимость обеспечивает 5D Смета и, возможно, другие уже разработанные средства интеграции БИМ-моделей и сметных программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герман, Н. М. Анализ интеграции сметных расчетов в BIM-процессы / Н. М. Герман, В. В. Соколова // Наука и молодежь [Электронный ресурс]: материалы XVII Всерос. науч.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2020. – Ч. 2. – С. 35-37. – URL: https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/46/.

2. 5D Смета. Интеграция проектов Autodesk Revit и сметных расчетов [Электронный ресурс]. – URL: https://5dsmeta.ru/ (дата обращения: 19.02.2021).

3. Группа компаний РИК: Программное обеспечение для ценообразования в строительстве [Электронный ресурс].– URL: https://www.smetarik.ru/ (дата обращения 19.02.2021).

Соколова Валентина Васильевна *– к. т. н., доцент кафедры «Строительные конструкции», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: vvsok@rambler.ru.*

Герман Никита Михайлович *– магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: imshiza92@yandex.ru*.

УДК 728.2.012.27-025.13(571.150)

АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ ПРОЕКТА ДЕСЯТИЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА В Г. НОВОАЛТАЙСКЕ СП 14.13330.2018

А. М. Старовойтова, И. В. Харламов
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье рассматривается, как с принятием новых карт ОСР-2016 изменятся конструктивные решения кирпичных зданий. Данная тема сейчас очень актуальна и вызывает дискуссии в профессиональной среде. Следует отметить, что проект рассматриваемого здания полностью соответствует нормативным документам, которые были действительны на момент его подписания (июнь 2019 года). Начиная рассматривать проект, определим сейсмичность района строительства и сейсмичность строительной площадки. В ходе статьи мы будем проводить параллель между сводом правил и разделом «Конструктивные и объёмно-планировочные решения». Первой характеристикой для сравнения будут геометрические свойства здания. Затем разберем конструкцию фундамента согласно нормам и внесем необходимые корректировки. Поговорим об этажности здания, от чего она зависит и какой может быть. Увидим, какие требования предъявляются к кирпичу, стенам и перегородкам из него. Также обсудим и другие конструкции, вызывающие опасения при сейсмических воздействиях. После принятия конструктивных изменений будет описан новый проект жилого здания. В завершение сделаем вывод о том, как повлияли новые нормативные документы на проектирование и на строительство зданий.

Ключевые слова: *сейсмический район строительства, сейсмическая площадка строительства, карты общего сейсмического районирования, балл, антисейсмический шов, предельная высота здания, этажность здания, керамический кирпич, армирование, конструктивные изменения.*

Правительством Российской Федерации 4 июля 2020 г. были утверждены изменения в СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах». Основным изменением было принятие новых карт общего сейсмического районирования (ОСР-2016 [1]), которые повысили сейсмичность в Алтайском крае и других регионах нашей страны.

В связи с принятием карт ОСР-2016 многие проекты, находящиеся в стадиях проектирования, строительства, сдачи в эксплуатацию, а также здания и сооружения, уже сданные в эксплуатацию и находящиеся в пользовании потребителя, стали вызывать множество вопросов с точки зрения свода правил. Доведение зданий до необходимого уровня сейсмобезопасности требует дополнительных затрат.

Общеизвестно, что повышение сейсмичности на один балл увеличивает сметную стоимость примерно на 10 %. Но кроме увеличения стоимости строительства сейсмичность заставляет вносить существенные конструктивные изменения.

Особенно сильные изменения конструктивной формы возникают при проектировании зданий со стенами из каменной кладки, так как эта конструктивная система наиболее уязвима в случае сейсмических воздействий.

Какие именно конструктивные изменения вынуждены осуществлять, рассмотрено на примере проекта десятиэтажного жилого кирпичного дома, расположенного в городе Новоалтайске.

В плане здание имеет прямоугольную форму с длиной 236,65 м и шириной 14,2 м. Фундаменты запроектированы ленточными сборно-монолитными. Стены и межкомнатные перегородки должны быть выполнены из силикатного кирпича. Перекрытия и лестничные клетки запроектированы из сборных железобетонных элементов. Конструкция межквартирных перегородок предусмотрена из ячеистобетонных блоков. Усиление наружных и внутренних стен выполнено путем армирования стержнями с диаметром 4 мм и 5 мм соответственно. Пилоны лоджий также армируются стержнями диаметра 5 мм. Лоджии выносные, выступают за плоскость фасада здания на 1,56 м.

Для того чтобы начать анализ, необходимо определить сейсмичность района строительства, которая определяется по данным СП 14.13330.2018.

Так как данное здание относится к категории зданий нормального уровня ответственности, то сейсмичность района строительства определяется по карте ОСР-2016-А

[1] и соответствует 7 баллам по шкале МСК-64.

Грунты, составляющие основание здания состоят из песков мелких и пылеватых, а также присутствует слой супеси. Пески представлены средней плотности, маловлажные, что соответствует II категории грунта по сейсмическим свойствам. Данная категория грунта не оказывает особого влияния на сейсмичность, поэтому и в районе строительства, и на строительной площадке она будет составлять 7 баллов по шкале МСК-64.

На основе анализа выявим наиболее существенные несоответствия проекта требованиям свода правил по строительству зданий в сейсмических районах [1, 2].

- Отношение длины здания к его ширине не должно превышать шести. В исследуемом проекте, отношение длины здания к ширине примерно равно семнадцати. Это заставляет принимать решение о разделении здания антисейсмическими швами.
- Информация о том, как будет обеспечена перевязка кладки ленточного фундамента в каждом ряду, а также во всех углах и пересечениях в разделе проекта, который подлежит нашему изучению, отсутствует.
- Антисейсмические швы не предусмотрены, таким образом здание не разделено на независимые деформационные блоки.
- Несущие стены предусмотрены из силикатного кирпича, а это в сейсмических условиях не допустимо, так как не возможно обеспечить необходимую прочность каменной кладки на растяжение в направлении неперевязанных швов.
- Высота здания превышает предельно допустимую для зданий со стенами из каменной кладки.
- Недостаточное армирование стен и перегородок.
- Перегородки не отделены антисейсмическими швами от несущих стен и от перекрытий.
- Не предусмотрено закрепление перегородок к перекрытиям, с целью предотвращения их обрушения из своей плоскости.
- Перекрытия и покрытия не являются горизонтальными дисками жесткости, надежно связанными со стеновыми конструкциями.
- В уровне перекрытий и покрытий не предусмотрено устройство антисейсмических поясов, а, следовательно, не обеспечена их надежная связь со стенами.
- Заделка междуэтажных лестничных площадок в стены меньше требуемой нормами 250 мм.
- Отношение ширины простенка к ширине проема на лоджии равно 0,25; что меньше 0,33;
- Вынос лоджий равен 1,56 м; что больше нормируемых 1,5 м.

Выявленные несоответствия конструктивного решения здания требуют внесения следующих конструктивных изменений, при которых будут выполняться требования норм.

- Здание необходимо разделить на отдельные деформационные блоки антисейсмическими швами, расположив их по длине здания через 40 м. В местах устройства антисейсмических швов следует возвести парные стены;
- Обеспечим перевязку фундаментных блоков стен подвала на глубину не менее 0,5 высоты блока, предусмотрев заделки стен подвала монолитным бетоном;
- Заменим силикатный кирпич керамическим полнотелым кирпичом марки М75. Кладка должна выполняться на цементном растворе марки М100.
- Сократим высоту здания до 20 м, что соответствует 6 этажам, это приведет к сокращению полезной площади помещений в здании на 40 %.
- Выполним армирование кладки стен, которое должно иметь площадь сечения 1 $см^2$ и более.
- Усилим перегородки стержнями общей поперечной площадью 0,2 $см^2$ и более с шагом 700 мм по высоте.
- Устроим в местах сопряжения перегородок со стенами и перекрытиями антисейсмические швы шириной не менее 20 мм, и прикрепим перегородки к перекрытию.
- Выполним сборные железобетонные перекрытия и покрытия, как жесткие горизонтальные диски, путем:

– применения многопустотных плит перекрытия с выпусками рабочей арматуры по их торцам;

– устройства на боковых гранях плит шпонок;

– устройства монолитных железобетонных обвязок (антисейсмических поясов) с анкеровкой в них выпусков арматуры из плит;

– замоноличивания швов между элементами перекрытий мелкозернистым бетоном, что позволит избежать эффекта «клавишности» работы плит.

- Применим глубину заделки междуэтажных лестничных площадок в стены не менее 250 мм;
- Перенесем проем в сторону большего простенка таким образом, чтобы соблюда-

лось соотношение 0,33 между высотой и шириной простенка;

- Вынос лоджий сократим до нормативных величин (150 см).

В соответствии с вышесказанным, принимаем решение: температурные швы превратить в антисейсмические, перегородки выполнить из легких материалов, ввести антисейсмические пояса, сделать перепланировку лоджий.

На наш взгляд большую опасность представляет использование трехслойной конструкции наружных стен с размещением утеплителя внутри каменной кладки. Такое конструктивное решение нарушает принцип монолитности несущих конструкций и может привести к появлению значительных повреждений в случае землетрясений. Более правильно применить стены с наружным утеплением. Для этого можно использовать вентилируемую фасадную систему или систему наружного утепления с последующим оштукатуриванием. На наш взгляд второму варианту следует отдать предпочтение, т. к. при сейсмических воздействиях в конструкциях возникнут меньшие усилия.

Для улучшения работы горизонтальных дисков в уровне перекрытий и покрытий целесообразно перейти на устройство монолитных перекрытий и покрытий. Такое конструктивное решение позволит уйти от необходимости устройства антисейсмических поясов. При этом исчезнет довольно трудоемкий процесс замоноличивания стыков между плитами. Если использовать комплексную конструкцию стен с железобетонными сердечниками появляется очень надежная совместная работа вертикальных и горизонтальных несущих конструкций здания.

Элементы лестничных клеток также целесообразно постараться выполнить из монолитного железобетона. Это позволит повысить надежность работы лестничных клеток, которые являются путями эвакуации.

Для снижения собственной массы конструкций перегородок более правильно выполнить их облегченными на легком стальном каркасе. Это решение позволит уменьшить трудозатраты при устройстве перегородок.

После внесения изменений, мы получим проект шестиэтажного кирпичного жилого дома, разделённого антисейсмическими швами, жёсткость перекрытий и покрытий которого будет обеспечена путем введения антисейсмических поясов. Стены будут выполнены из керамического кирпича и усилены армированием. Конструкция перегородок будет изменена на легкую, введены антисейсмические швы и крепления к перекрытию. Междуэтажные лестничные площадки выполнены с заделкой. Будет сделана перепланировка лоджий.

Таким образом, повышение сейсмичности района строительства потребует очень больших конструктивных изменений. Самым существенным является сокращение этажности здания, а это несет экономические затраты и приводит к увеличению себестоимости строительной продукции. Большой проблемой является переход на каменную кладку стен из керамического кирпича, т. к. в Алтайском крае отсутствует производство качественного керамического кирпича.

Повышение сейсмичности площадок строительства в Алтайском крае, и, в частности, в г. Новоалтайске ставит вопрос о переходе на использование конструктивных систем зданий из монолитного или сборного железобетона, т. к. именно эти конструктивные системы позволят строить здания повышенной этажности.

Существует еще один путь строительства в сейсмических условиях надежных зданий – использование систем активной сейсмозащиты. К сожалению, в настоящее время в Алтайском крае нет ни одного примера построенного здания с активной сейсмозащитой. На наш взгляд, следует изучить опыт строительства зданий с активной сейсмозащитой в России. Наибольший интерес представляет строительство в Краснодарском крае.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. С изменениями; дата введения 2018-11-25. – М. : АО Кодекс, 2018. – 236 с.

2. Кузнецов, В. С. Железобетонные и каменные конструкции многоэтажных зданий / В. С. Кузнецов, Ю. А. Шапошникова. – М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. – 152 с.

Старовойтова Алина Михайловна *– студент группы С-75 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: alina.mikhailovna 75@mail.ru.*

Харламов Иван Викентьевич *– к. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: hiv@mail.altstu.ru.*

УДК 666.972

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВЫСОКОПОДВИЖНЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Д. К. Темешева, Л. Г. Плотникова
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

В статье показаны результаты исследования влияния добавки буроугольной золы на расслаиваемость высокоподвижной бетонной смеси. Приведено сравнение разных вариантов введения золы и добавок пластификаторов в бетонную смесь для увеличения срока сохраняемости удобоукладываемости высокоподвижных бетонных смесей.

Ключевые слова: *бетонная смесь, подвижность, водоотделение, расслаиваемость, сохраняемость, пластификаторы, прочность, зола, автобетоносмеситель, удобоукладываемость.*

В современной строительной индустрии с каждым годом увеличиваются объемы возведения монолитных и сборно-монолитных сооружений. А для этого, как правило, используются высокоподвижные бетонные смеси.

Существенной проблемой высокоподвижных бетонных смесей является высокая степень их расслаиваемости при транспортировке и укладке. Использование мелкодисперсных наполнителей и пластифицирующих добавок позволяет, в определенной степени, снизить расслаиваемость таких смесей, но при этом, как правило, сроки сохранения подвижности бетонной смеси существенно сокращаются.

Целью данного исследования являлось изучение возможности использования высококальциевой буроугольной золы в качестве сырьевого компонента бетона для снижения расслаиваемости бетонной смеси и, второе – поиск способов сохранения ее удобоукладываемости в процессе транспортирования.

Работа выполнялась на сырьевых материалах завода ООО «БКЖБИ № 1 им. В. И. Мудрика» г. Барнаул. За базовый (контрольный) принят состав товарного бетона класса В 30 с удобоукладываемостью П 5 (состав № 1, таблица 1). В бетонную смесь заводского состава вводились пластифицирующие добавки на основе полиоксиэтиленовых производных поликарбоновых кислот и либо лигносульфонатов (Линамикс ПК 107,6), либо полиэтиленгликоля (Линамикс ПК 109,1). Расход добавок составлял: для ПК 107,6 – 0,8 %, а для ПК 109,1 – 0,6 % от массы цемента. В таблице 1 эти составы представлены как № 2 и № 3.

В соответствии с рекомендациями [1], зола добавлялась в бетонную смесь в количестве 30 % от массы цемента, при этом общий расход вяжущего увеличивался на 20 % (состав № 4). В составы № 5 и № 6 зола и пластифицирующая добавка вводились сразу, во время приготовления бетонной смеси.

С целью изучения возможных путей увеличения продолжительности сохранения подвижности бетонной смеси, рассматривались следующие варианты:

1 – бетонная смесь перемешивалась без золы, но с пластификатором. Зола вводилась в смесь через 1,5 часа после приготовления (составы № 7 и № 8);

2 – зола вводилась так же через 1,5 часа после приготовления, но бетонная смесь была с избыточным количеством воды: на 8 % при использовании добавки ПК 107,6 и на 16 % для добавки ПК 109,1 (составы № 9 и № 10).

Расслаиваемость бетонной смеси оценивалась по показателям водоотделения и растворотделения [2]. Как видно из результатов эксперимента, добавление золы полностью исключает водоотделение (рисунок 1) и почти в два раза снижает растворотделение (рисунок 2).

Однако, добавление золы в бетонную смесь существенно снижает время сохранности подвижности смеси (рисунок 3).

Составы бетонной смеси без добавления золы, но с пластификаторами (составы № 2 и № 3), сохраняют подвижность в допустимых пределах на протяжении 1,5 часов и даже немного дольше.

Введение золы в бетонную смесь при ее приготовлении сокращают этот период до 45-60 минут. Этого времени бывает недостаточно для доставки бетонной смеси от места приготовления до места укладки.

Таблица 1 – Содержание компонентов в бетонной смеси разных составов

№ состава / Материал	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Цемент	430			360						
Песок	600			600						
Щебень	1130			1045						
Зола	-			155						
Линамикс «107,6»	-	4,12	-	-	4,12	-	4,12	-	4,12	-
Линамикс «109,1»	-	-	3,09	-	-	3,09	-	3,09	-	3,09
Вода	234	214	200	261	250	214	270	256	270	256

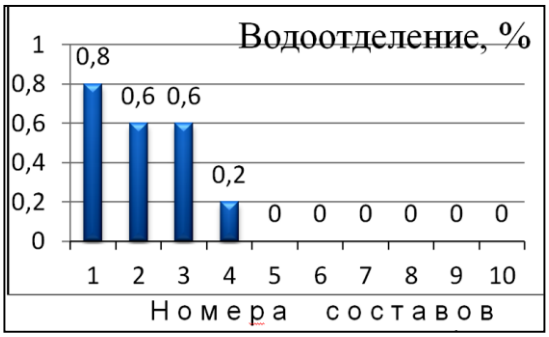


Рисунок 1 – Водоотделение бетонных смесей разных составов

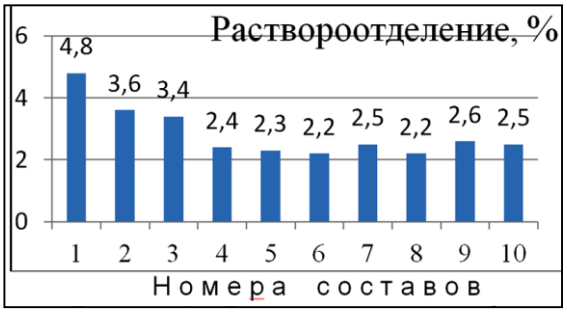


Рисунок 2 – Растворотделение бетонных смесей разных составов

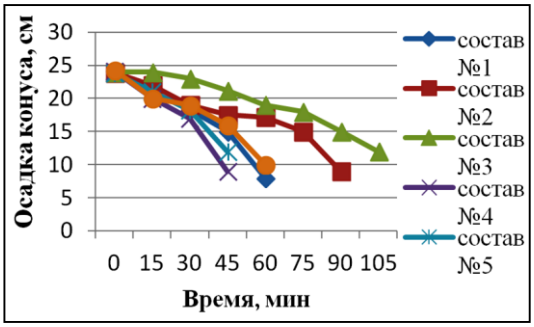


Рисунок 3 – Изменение удобоукладываемости бетонных смесей во времени

Эксперимент с введением золы через 1,5 часа после приготовления, с повторным перемешиванием и доведением подвижности до требуемых значений путем добавления воды (рисунок 4, составы № 7 и № 8) или при изначально избыточном содержании воды (рисунок 4, составы № 9 и № 10), показал возможность увеличить время сохраняемости удобоукладываемости до 135 минут, а для состава № 10 даже до 150 минут. Однако, на практике, при транспортировании смеси в автобетоносмесителе, или на строительной площадке, выполнить такие действия достаточно сложно.

В ходе исследования был проверен еще один вариант, когда зола добавлялась сразу при приготовлении бетонной смеси, а пластифицирующая добавка вводилась отдельными порциями во время транспортирования и перемешивания в автобетоносмесителе [3]. Вода для разведения пластификатора бралась из необходимого количества ее на замес и рассчитывалась из условия, чтобы при каждом введении добавки количество вливаемой суспензии было не более 10 литров.

В лабораторных условиях добавка вводилась три раза – через 30, 60 и 90 минут от момента приготовления и перемешивалась в течение 5 минут. Осадка конуса проверялась через каждые 15 минут. Эти испытания проводились на смеси состава № 8. Результаты показали (рисунок 5), что данный метод позволяет сохранить требуемую подвижность бетонной смеси до двух часов.

Показатели прочности бетонов с добавлением золы, независимо от способа ее введения, практически не отличаются от беззольных контрольных составов.

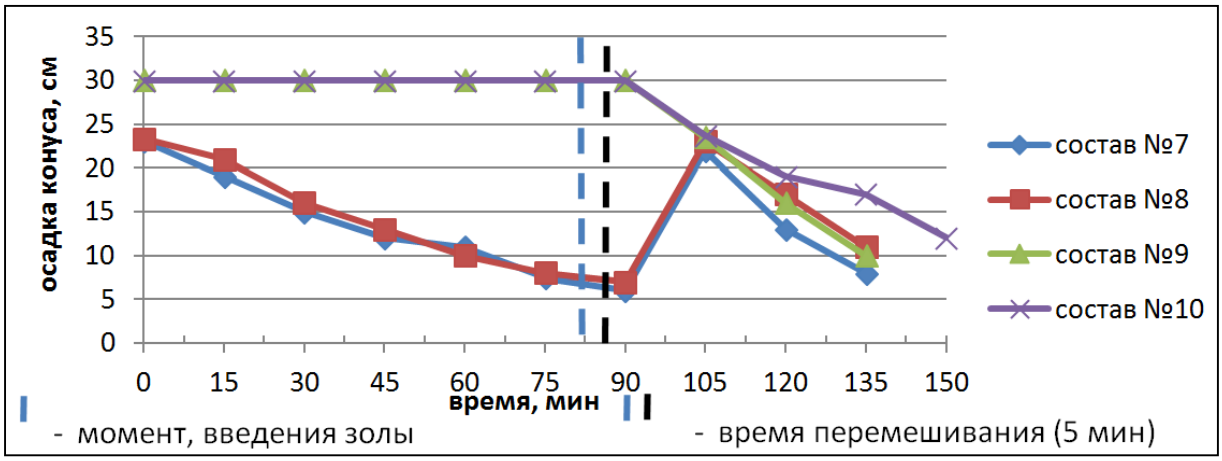


Рисунок 4 – Удобоукладываемость бетонных смесей с введением золы через 1,5 часа после приготовления

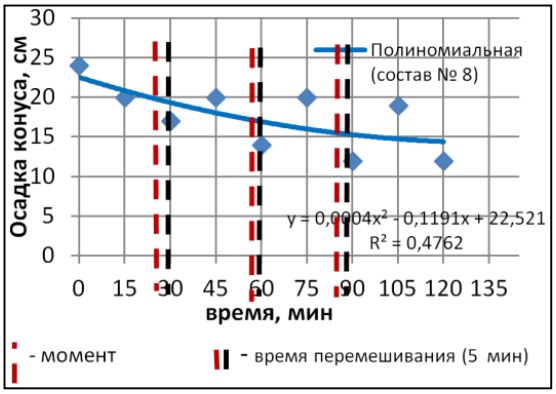


Рисунок 5 – Изменение удобоукладываемости смеси при дробном введении пластификатора

Заключение

На основании данных, полученных в ходе исследования, можно сделать следующие выводы.

1. Добавление золы в бетонную смесь позволяет полностью исключить водоотделение и значительно снизить растворотделение высокоподвижных бетонных смесей.

2. Достичь сохраняемости удобоукладываемости таких смесей с низким водо- и растворотделением до 2,5 часов можно путем введения золы в смесь спустя 1,5 часа после ее приготовления с избыточным количеством воды. При этом прочность соответствует заявленному классу бетона.

3. Более рациональным является дробное дозирование пластифицирующей добавки в смеси, содержащие буроугольную золу, что позволяет сохранять необходимую удобоукладываемость в течение двух часов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчаренко, Г. И. Оценка свойств зол углей КАТЭКа и их использование в тяжелых бетонах / Г. И. Овчаренко, Л. Г. Плотникова, В. Б. Францен. – Барнаул : АлтГТУ, 1997. – 149 с.

2. ГОСТ 10181-2014. Смеси бетонные. Методы испытаний : дата введения 2015-07-01. – Москва, 2014.

3. Шатов, А. Н. Сохраняемость бетонных смесей: современное решение повседневных вопросов / А. Н. Шатов // Технологии бетонов. – 2012. – № 3-4. – С. 30-33.

Темешева Диана Каиркановна *– магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail, temesheva.diana@mail.ru.*

Плотникова Людмила Георгиевна *– к. т. н., доцент кафедры «Строительные материалы», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: lupl47@yandex.ru.*

УДК 624.011-14

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ

В. В. Шварцкопф, Л. Н. Пантюшина, Е. В. Вербицкая
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Статья посвящена возможности применения отходов деревообрабатывающей промышленности, а именно древесной стружки, в качестве утеплителя при изготовлении плит покрытия

***Ключевые слова**: отходы деревообрабатывающей промышленности, древесная стружка, утеплитель, конструкции покрытия, малогабаритные плиты.*

В современном строительстве все большую популярность приобретают стропильные системы крыш с мансардой. Посредством обустройства мансардной крыши, можно ощутимо увеличить полезную площадь и рационально организовать пространство. В настоящее время в качестве ограждающих элементов покрытия все чаще применяются конструкции в виде готовых к монтажу щитов, и в ходе нашей работы нами была разработана малогабаритная утепленная плита покрытия для стропильных крыш. Ее предлагается выполнить в виде каркасной плиты с фанерной обшивкой и средним слоем утеплителя. Чтобы сделать плиту более экономичной, по сравнению с традиционными решениями, предлагается в качестве утеплителя использовать отходы деревообрабатывающей промышленности, а именно, мелкую древесную стружку, закрученную колечками, не в прессованном виде, а в виде пористого среднего слоя, наполненного воздухом, для фиксации древесной стружки внутри каркасной плиты предлагается использовать клей ПВА. Опыта применения утеплителя из древесной стружки и связующего на основе клея ПВА еще не было.

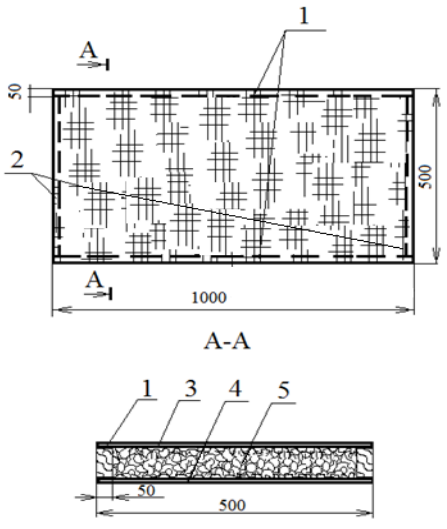
Схема строения малогабаритной утепленной плиты покрытия для стропильных крыш приведена на рисунке 1.

Характеристики плиты:

- каркасная плита с фанерной обшивкой размером 1000 мм × 500 мм;
- каркас выполнен из деревянных досок – сосновые доски 2-го сорта, плотностью $\rho = 5$ кН/м^3;
- обшивка выполнена из фанеры марки ФСФ сорта В/ВВ, наружный и внутренний слой толщиной 6 мм, плотностью $\rho = 6$ кН/м^3;
- средний слой: утепляющий материал с большим содержанием древесной стружки, толщина слоя определяется теплотехническим расчетом.

Для определения свойств утеплителя на основе древесной стружки, нами было проведено два эксперимента.

Эксперимент первый. С экономической точки зрения, необходимо было определить возможность применения в качестве связующего не чистого клея ПВА, а его водного раствора. Для этой цели, клей ПВА был разведен с водой в следующих пропорциях 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5. Затем, в небольшие пластиковые формы была помещена стружка, предварительно покрытая, методом опрыскивания, тонким слоем водного раствора клея ПВА.



1 – обрамляющие продольные ребра из досок;
2 – обрамляющие поперечные ребра из досок;
3 – верхняя обшивка из фанеры; 4 – нижняя обшивка из фанеры; 5 – средний утепляющий слой из древесной стружки и связующего

Рисунок 1 – Схема строения каркасной плиты с обшивкой из фанеры и средним слоем из древесной стружки

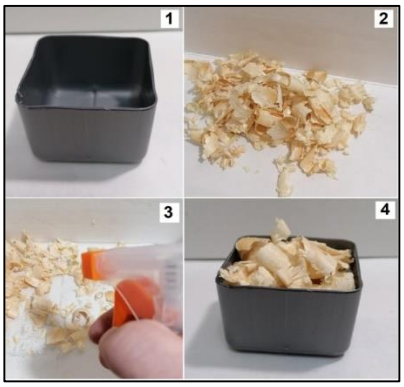


Рисунок 2 – Процесс изготовления опытных образцов

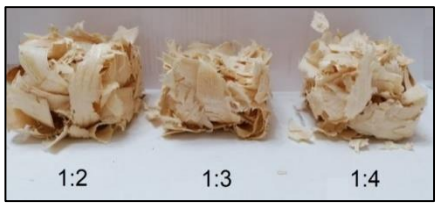


Рисунок 3 – Образцы, полученные в ходе эксперимента

Рисунок 4 – Слои стружки на разрезе опытного образца

Таблица 1 – Результаты теплотехнического расчета

Теплотехнические параметры	Вид утеплителя	
	из древесной стружки	из минваты
Плотность, ρ_0, кг/м^3	50	200
Толщина слоя утеплителя, м	0,10	0,20
Приведённое сопротивление теплопередаче R_0	3,45	3,85
Расчётный температурный перепад Δt_0	1,9	1,7
Минимальная температура на участках внутренней повти наружных ограждений (τ_{int})	19,1	19,3

Процесс изготовления образцов представлен на рисунке 2. Образцы, полученные в ходе эксперимента, приведены на рисунке 3.

В результате эксперимента мы выяснили, что раствор в пропорции 1:5 не склеил стружки, в то время как раствор 1:4 достаточно крепко скрепил их между собой. Таким образом, можно сделать вывод, что для фиксации древесной стружки внутри каркасной плиты можно использовать водный раствор клея ПВА, приготовленный в соотношении 1:4, при этом связующее будет выполнять свою функцию в полной мере. Как видно из рисунка 3, во всех опытных образцах древесная стружка достаточно прочно соединена между собой. Мы использовали древесную стружку в исходном виде, чтобы была сохранена форма завитков. За счет различных размеров и форм завитков древесной стружки образуются промежутки, заполненные воздухом. Повышенная концентрация внутренних полостей обеспечивает хорошие тепло- и звукоизоляционные свойства утеплителя на основе древесной стружки.

Эксперимент второй. Образцы были разрезаны вертикально для проведения визуального и инструментального анализа (рисунок 4). При анализе разреза опытных образцов, было определено:

- Толщина стружки варьируется от 0,1 мм до 1,0 мм, среднее значение толщины стружки принимаем 0,5 мм;
- Толщина воздушных прослоек варьируется от 1 мм до 3 мм, среднее значение толщины воздушной прослойки принимаем 1,5 мм;
- Среднее количество слоев древесины на 1 м составляет 500 слоев;
- Среднее количество слоев воздушной прослойки на 1 м составит (500-1) слоев.

Опираясь на полученные данные, было рассчитано значение коэффициента теплопроводности утеплителя на основе древесной стружки и требуемая толщина утеплителя, которая составила 100 мм для города Барнаула в соответствии с нормами [1-4]. Для сравнения теплоизоляционных свойств предлагаемого утеплителя со свойствами наиболее распространенного – минеральной ваты, нами был произведен сравнительный теплотехнический расчет. Результаты теплотехнического расчета приведены в таблице 1. Как видно из таблицы 1, при практически одинаковой теплозащитной способности, необходимая толщина утеплителя на основе древесной стружки в 2 раза меньше, чем у минеральной ваты.

Таблица 2 – Результаты технико-экономического сравнения вариантов

Строительный материал	Ед. изм.	Цена за ед. изм, руб	Объем, необходимый для изготовления одной плиты	Затраты на изготовление одной плиты, руб.	
				стружка	минеральная вата
Фанера толщиной 6 мм	1 шт	290	0,5	145	145
Обрезная доска (2 сорт) 50 × 120 × 6000 мм	1 м^3	5900	0,03	177	-
Обрезная доска (2 сорт) 50 × 225 × 6000 мм	1 м^3	9750	0,0375	-	365,6
Древесная стружка	1 м^3	150	0,038	5,7	-
Клей ПВА	1 кг	55	1,3	69,3	-
Минеральная вата, 610× 1170 × 100 мм	1 упак.	655	0,285	-	187,1
Итого:				397	697,7

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что применение предлагаемых малогабаритных плит покрытия для стропильных крыш, позволит более рационально организовать пространство и увеличить полезную площадь.

Использование отходов деревообрабатывающей промышленности в качестве утеплителя может быть не только рациональным, с точки зрения экологии, но и экономически выгодным.

Для определения величины экономической выгоды нами был выполнен сравнительный расчет затрат на изготовление одной каркасной плиты размером 1000×500 мм с обшивками из фанеры и средним слоем утеплителя, в первом варианте – утеплитель из древесной стружки, во втором варианте – утеплитель из минеральной ваты.

Результаты технико-экономического сравнения вариантов, приведены в таблице 2. Как видно из таблицы 2, затраты на изготовление одной плиты с утеплителем из древесной стружки составляют 397 руб., а на изготовление одной плиты с утеплителем из минеральной ваты составляют 697,7 руб. Таким образом, ожидаемая экономическая выгода при изготовлении одной плиты составляет 300,7 руб.

В ходе работы нами был определен оптимальный состав утеплителя из древесной стружки: 1,3 л клея ПВА; 5 л воды; 1,9 кг древесной стружки.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что утеплитель из древесной стружки и связующего на основе клея ПВА обладает хорошими теплозащитными свойствами и вполне может составить конкуренцию существующим теплоизоляционным материалам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. – М. : Стройиздат, 2012 – 96 с.

2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. – М.: Стройиздат, 2012 – 98 с.

3. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – М. : Стройиздат, 2004 – 145 с.

4. Филимоненко, Л. А. Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций зданий: Учебное пособие / Л. А. Филимоненко. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 30 с.

Шварцкопф Василий Васильевич *– магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: blackhead79@yandex.ru.*

Пантюшина Лариса Николаевна *– к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: pantushinalarisa@mail.ru.*

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

УДК 614.8:681.5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В REVIT

Е. Д. Яровая, И. А. Бахтина
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

Рассмотрены виды и особенности проектирования различных систем внутреннего противопожарного водоснабжения зданий в программном комплексе Revit.

Ключевые слова: *система противопожарного водоснабжения, спринклерная система, дренчерная система, система с пожарными кранами, программное обеспечение Revit.*

Проектирование систем внутреннего противопожарного водоснабжения представляет собой многопараметрическую задачу. Наиболее наглядно создать 3D-модель системы противопожарного водоснабжения возможно в программном обеспечении Revit, где все элементы расположены в определенном положении и применение сдвигов на планах недопустимо.

Цель противопожарного водоснабжения зданий – подача необходимого расхода воды с требуемым напором в течение нормативного времени тушения пожара.

Основные правила и нормы проектирования систем противопожарного водоснабжения прописаны в СП 31.13330.2016 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84, а, также, в других нормативных документах [1, 2].

Различают неавтоматические системы – с пожарными кранами и автоматические. Автоматические установки подразделятся на спринклерные, дренчерные [3]. Выбор необходимой системы определяется ее назначением, типом зданий и критериями энергосбережения [4].

Спринклерные и дренчерные системы относятся к автоматическим системам пожаротушения и используются для гражданских и промышленных объектов, позволяя контролировать и ликвидировать возгорание в минимально-возможный срок. Спринклерные системы представляют собой автоматические установки водяного или пенного пожаротушения и создают площадное орошение водой во время пожара. Для этого в спринклерных системах устанавливается ороситель – спринклер с тепловым замком в виде легкоплавкой вставки. Данные системы позволяют ограничить и погасить пожар локально в месте его возникновения. Дренчерные системы представляют собой полуавтоматические установки водяного или пенного пожаротушения. Данные системы оборудованы оросителями – дренчерами с открытыми выходными отверстиями или генераторами пены. Дренчерные системы создают водяную или пенную завесу во время тушения пожара и, таким образом, отсекают отдельные площади и позволяют локализовать пожар.

В дежурном режиме все секции подводящих, питающих и распределительных трубопроводов заполнены водой и постоянно находятся под давлением, создаваемым насосной станцией. При возникновении пожара легкоплавкая ставка – тепловой замок, расположенный в спринклере над очагом пожара, – от высокой температуры плавится, при этом падает давление, вскрывается легкоплавкий замок спринклерного оросителя, вследствие чего открывается запорный клапан узла управления, пропуская воду через вскрывшийся ороситель на очаг пожара. При проектировании в Revit у нас есть возможность детально рассмотреть семейства спринклеров разных марок и подобрать необходимый нашему проекту (рисунок 1).

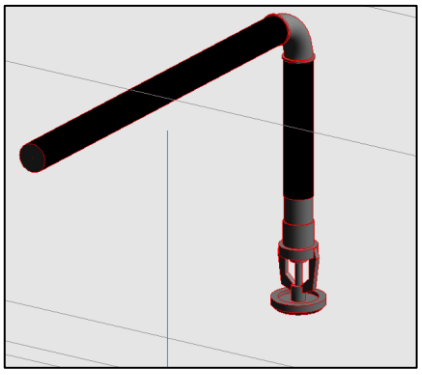


Рисунок 1 – Спринклер тип «зонтик» семейство в Revit

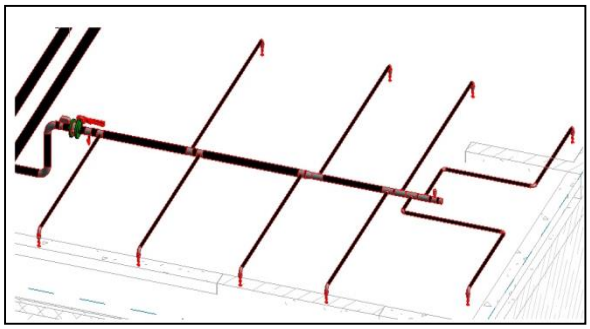


Рисунок 2 – Ветвь спринклерной системы в Revit

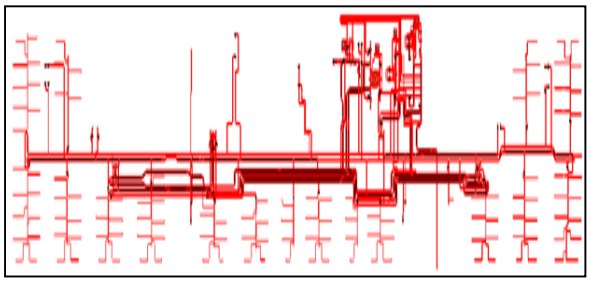


Рисунок 3 – Спринклерная система подвала многоэтажного жилого дома

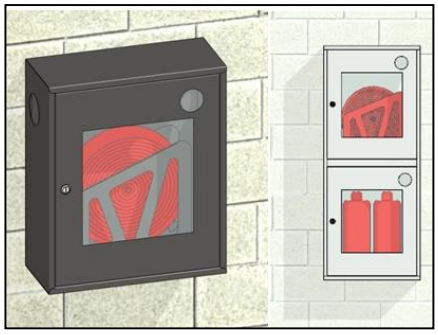


Рисунок 4 – Семейства навесного пожарного шкафа в Revit

Принцип тушения с помощью спринклера – распыление воды/пены. Оросители расставляются с шагом не более 3-3,5 м и не менее 1,8 м друг от друга. От стены до оросителя должно быть не более половины расстояния между оросителями (т. е. не более 1,5 м, не менее 0,8 м). В спринклерной системе расстояние от центра термочувствительного элемента теплового замка оросителей до плоскости покрытия должно быть в пределах 80–300 мм. В случаях, обусловленных конструкцией покрытий (например, наличием выступов), допускается увеличить это расстояние до 400 мм. Широкий спектр возможностей Revit позволяет проработать каждую спринклерную ветвь и создать общий вид системы в высокой детализации (рисунки 2, 3). Таким образом, оросители спринклерных систем имеют тепловой замок в виде легкоплавкой вставки, который разрушается во время пожара и начинается подача воды.

Оросители дренчерных систем не имеют теплового замка, поэтому после срабатывания группового клапана сразу начинается подача воды к дренчерам. Это обеспечивает более быстрый запуск в действие дренчерных систем во время пожара или задымления помещения. Дренчеры ввиду отсутствия теплового замка не требуют замены после срабатывания, в отличие от спринклеров.

Системы с пожарными кранами применяют в жилых и общественных зданиях. Для этого в здании устанавливают пожарные краны. Пожарный кран – это комплект, состоящий из клапана, установленного на пожарном трубопроводе и оборудованного пожарной соединительной головкой, а также пожарного рукава с ручным стволом. В программном обеспечении Revit мы можем проработать семейство пожарного шкафа, таким образом, при просмотре готовой информационной модели в семействе просматривается пожарный рукав и огнетушитель (рисунок 4).

Пожарные краны следует устанавливать таким образом, чтобы отвод, на котором он расположен, находился на высоте (1,35 ± 0,15) м над полом помещения. Спаренные пожарные краны допускается устанавливать один над другим, при этом второй кран устанавливается на высоте не менее 1 м от пола. Расстановка пожарных кранов выполняется из условия обеспечения орошения двумя струями из двух соседних стояков каждой точки помещения.

В водозаполненной секции при возникновении пожара, персонал объекта, прошедший специальное обучение по «технике пожарной безопасности и действии при возникновении пожара», открывает пожарный шкаф, производит разматывание рукава, открывает запорный клапан пожарного крана, в результате чего струя воды, сформированная стволом рукава, подается на очаг возгорания.

Смоделированную противопожарную систему необходимо проверить на наличие коллизий внутри системы. Для этого используем сервис MagiCad. Для этого отмечаем галочкой трубопровод и выбираем свою систему, для исключения ошибки можно выбрать все противопожарные системы, представленные в списке. Далее нажимается кнопка «Запустить проверку коллизий». В следующем окне можно выбрать один, либо несколько уровней, на которых вы осуществляете проверку. Как

правило, наибольшая вероятность возникновения коллизий возникает в подвале, поэтому выбираем уровень -1 (-3.300) (рисунок 5). В окне с результатом поиска можно наблюдать список всех найденных коллизий по заданным характеристикам (рисунок 6).

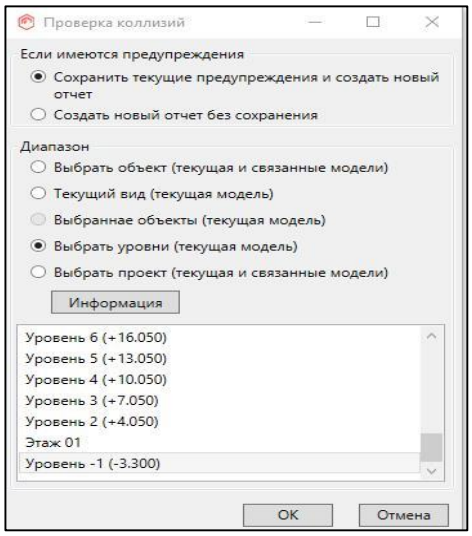


Рисунок 5 – Выбор уровня

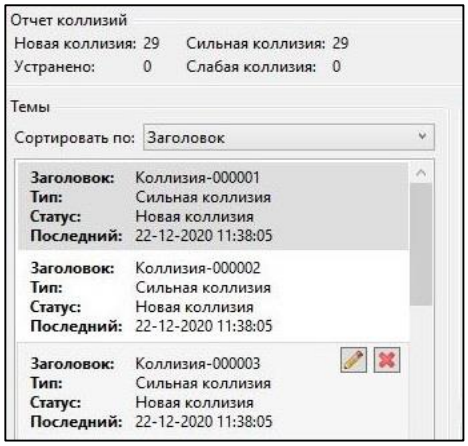


Рисунок 6 – Список коллизий

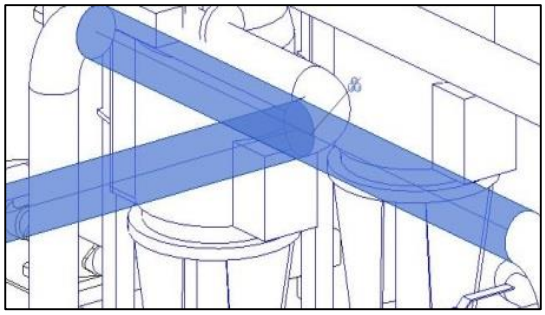


Рисунок 7 – Пример коллизии

После устранения всех коллизий в проект подгружаются все остальные инженерные системы объекта, и для устранения коллизий между разными инженерными системами осуществляются те же самые действия. Это обеспечивает увязку инженерных систем между собой и со строительными конструкциями. Когда пользователь выберет одну из позиций и нажмет на значок «лупы», программа переместит его к месту найденного пересечения. Рекомендуется в этот момент находится на 3D-виде (рисунок 7).

Таким образом, проектирование противопожарного водоснабжения в Revit дает возможность детально проработать все аспекты информационной модели. Наглядное представление здания и инженерных сетей, точное расположение приборов и оборудования, более удачная увязка инженерных систем здания – это на сегодняшний день значительное преимущество BIM-технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.3.046-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования. [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200003194 (Дата обращения 18.01.2020).

2. ГОСТ Р 50680-94. Установки водяного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200006830 (Дата обращения 18.01.2021).

3. Ларичкин, В. А. Проектирование и моделирование систем водяного пожаротушения в программном комплексе Revit / В. А. Ларичкин, И. А. Бахтина, А. Н. Корнеев // В сборнике: Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. – Рубцовск, 2020. – С. 188-193.

4. Бахтина, И. А. Основные направления энергосбережения в системах водоснабжения и водоотведения / И. А. Бахтина, Т. Ю. Иванова, М. С. Христенко // В сборнике: Теоретические и практические аспекты разработки инновационных ресурсосберегающих технологий разделения жидких смесей. – Барнаул, 2016. – С. 128-131.

Яровая Екатерина Дмитриевна *– студент группы 8Спгс-01 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И. И. Ползунова, e-mail: yaed98@mail.ru.*

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

CONTENTS, ABSTRACTS AND KEYWORDS OF PAPERS

USING THE STONEX X300 SCANNER TO DETERMINE GEOMETRIC PARAMETERS ROAD SECTION

B. F. Azarov, I. V. Karelina, O. S. Orlova
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article describes the implementation of ground-based laser scanning technology for a 200-meter-long road section. It is noted that the purpose of the work was to survey and assess the technical condition of the weighing zone of the stationary weight control point before installing special equipment on it. The main technical characteristics of the Stonex X300 scanner, with which the object was scanned, and the Stonex Reconstructor Survey software product, in which the primary processing of ground-based laser scanning data was performed, are presented. The problems that were solved when using ground-based laser scanning technology to determine the geometric parameters (longitudinal and transverse slopes) of the studied section of the highway are indicated.

Keywords: *terrestrial laser scanning, laser reflection points, STONEX X300 laser scanner, survey justification, Stonex Reconstructor Survey program, digital model, highway.*

THE METHOD OF APPLICATION GIS-TECHNOLOGIES FOR DETERMINE THE DEGREE OF WEAR THE SURFACES ROAD WEARING SURFACE

B. F. Azarov, V. L. Sviridov
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article describes in detail the method of using modern geodetic and geophysical tools to determine the actual degree of wear of road surfaces in the Altai krai. The research is based on a permanent geodetic base created from a pair of bench marks and metal sheets-reflectors at each observation site. A screw piles of the structure BAU-Grupp are used as a bench marks, which were screwed below the freezing depth. Determination of the degree of the wear of asphalt concrete surfaces was carried out by long-term cycles of measuring the distance from the surface of the coating to the aluminum foil reflector sheets using the Strato Test 4100 device. Sheets of aluminum foil were laid under the working layers of asphalt concrete coverings during the production of road works. It is shown that the screw piles, which were used as a bench marks are stable in time. The article evaluates the accuracy of the measurements performed.

Keywords: *the road, road concrete mix (RCM), measurement, wear, level, coverings, bench mark, scanner, theodolite, foil, Strato Test 4100.*

TERRESTRIAL LASER SCANNING APPLICATION TO DEVELOP A DESIGN AND EXECUTIVE INFORMATION MODEL OF A BUILDING UNDER CONSTRUCTION

B. F. Azarov, I. A. Filipchenko
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article presents the characteristics of the projected facility - a warehouse of raw storage for 2000 tons. It is noted that terrestrial laser scanning technology was used to determine the planned and high-altitude displacements of the structure of the warehouse building relative to their design position. The main specifications of the GLS-1500 scanner, with which the object was scanned, are given. The tasks that were solved when using terrestrial laser scanning technology during the construction of the building of the warehouse are specified. The description of the filming justification used in the scan is given. The scanning data was processed in the construction system of the coordinates of the object.

Keywords: *terrestrial laser scanning, point of laser reflection, survey justification, column, truss.*

ANALYSIS OF RESOURCE AVAILABILITY AND PREREQUISITES FOR THE CREATION OF A MINING CLUSTER IN THE ALTAI TERRITORY

L. N. Amosova[1], S. V. Kramorenko[2]
[1] Polzunov Altai State Technical University, Barnaul
[2] Limited liability company «CIT», Barnaul

The article analyzes the mineral resource base (MSB) of the Altai Territory, the reserves of polymetal ores, gold and silver. The map of the main mineral deposits of the Altai Territory is given. The mining enterprises of the Altai Territory and the balance reserves of the deposits are listed.

Keywords: *mineral resource complex, mineral deposits, polymetallic ores, investment project, cluster, regional development.*

THEORETICAL BASIS OF SELECTING THE OPTIMAL SCALE OF CENTRIFUGAL SIMULATION

S. A. Ananev
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article discusses the principles of the optimal scale of centrifugal soil modeling and optimization of its choice in various conditions.

Keywords: *centrifugal shallowing, soil compression, compression tests, shear tests, soil mechanics, construction modeling.*

INFLUENCE OF INITIAL CENTRIFUGAL GRADIENT ON SIMULATION OF SOIL COMPRESSION

S. A. Ananev, E. V. Khatina
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article discusses the mechanism of the influence of the initial centrifugal gradient in modeling soil compression and optimizing its selection under various conditions.

Keywords: *centrifugal shallowing, soil compression, compression tests, shear tests, soil mechanics, construction modeling.*

GEOLOGICAL DEVELOPMENT IN LATE PLIOCENE-EARLY QUATERNARY TIME

O. S. Annenkova, S. A. Ananev
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The Late Pliocene-Early Quaternary substage lasting about 2,3 million years was characterized by an increase in the intensity and differentiation of movements within the plate and a change in their sign in a significant part of the territory under consideration. The main feature of this substage was the occurrence of a compensatory Priobsk trough in the southeast of the plate in front of the rising Altai and a vast area of troughs that covered most of the southern half of the plate almost from the Urals to the Yenisei ridge (Vasyugan-Kamenskaya syneclise).

Keywords: *territory, soil, properties, thickness, plate, regime, process, stage, geological structure, West Siberian Plain, stages of geological development.*

ANALYSIS OF EXISTING TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF THREE-DIMENSIONAL PRINTING IN CONSTRUCTION

O. S. Annenkova, E. V. Ovsyannikova
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article discusses the principle of operation of 3D printers used for the additive technology of erection of buildings and structures or the manufacture of individual building structures and architectural elements. The experience of the implementation of this technology in different countries is presented, the analysis of technological solutions presented by various domestic and foreign organizations is made. The advantages and disadvantages of the main types of printers used for construction are revealed. The analysis of the existing problems was carried out and the prospects for the development of technology were identified.

Keywords: *construction, additive technologies, 3D construction, construction 3D printer, layer-by-layer extrusion, construction 3D printing.*

EXPERIENCE OF USING FORM-FORMING TOOLS IN REVIT WHEN PERFORMING A COURSE PROJECT IN THE DISCIPLINE «ARCHITECTURE»

M. A. Aseeva, K. A. Krasulina, Yu. S. Yurina, M. N. Kornitskaya
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

This article evaluates the relevance of the Revit software package from the side of designing complex forms by using form-forming elements. The practical experience of using form-forming elements in Revit when completing a course project in the discipline «Architecture» is considered. The advantages and disadvantages of choosing the software for the project implementation, including the issue of creating a complex geometry of the projected object, are described. The information about the forming elements is systematized. The possibilities and properties of form-forming elements, methods of their construction, as well as the problems solved in the design using forms are considered. The article describes the method of working with forming elements, the use of structures on the faces of the model.

Keywords*: Revit, formative elements, conceptual forms, architecture, BIM, course project, information model.*

ANALYSIS OF PILE FOUNDATIONS BY VARIOUS METHODS IN CONDITIONS OF DENSE URBAN CONSTRUCTIONY

Yu. S. Batrakova, B. M. Cherepanov
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article presents three methods of pile sinking in the construction of pile foundations: the impact of dynamic, vibrational and static loads. The advantages and disadvantages of using each method in conditions of dense urban development are noted. A comparative analysis of the cost of installing pile foundations using different equipment is carried out: a diesel hammer of a digger installation based on an excavator with the use of a trench that dampens dynamic vibrations that occur when driving piles, and a pile-driving installation that acts on the pile by applying a constant static load. As a result of the comparison, a conclusion was made about the economic efficiency of using a diesel hammer with the use of additional measures that isolate the bases of existing buildings and structures from the source of dynamic impact on the territory of Barnaul

Keywords*: conditions of dense urban development, pile foundations, piling installation, piling installation, trench, dynamic load, vibration load, static load, ground mass, vibrations.*

METHODS OF DEEP FOUNDATION PIT DEVELOPMENT FOR UNDERGROUND MULTI-LEVEL PARKING LOTS IN THE CONDITIONS OF URBAN CONSTRUCTION AND METHODS OF QUALITY CONTROL OF PERFORMED WORKS

M. A. Botabaev, V. N. Lyutov
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article discusses and analyzes the features of the of deep foundation pits development for underground multi-level parking lots in the urban development of Barnaul using jet geotechnology (jet grouting), as well as methods of quality control of these types of work using acoustic control of the continuity of soil-cement massifs.

***Keywords**: deep foundation pits for underground multi-level parking lots, jet geotechnology, soil-concrete massifs, work quality control methods, acoustic control of the continuity of soil-cement massifs.*

OPTIMIZATION OF BUILDING MANAGEMENT USING INFORMATION MODEL

M. V. Bukova, Yu. V. Khalturin
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

Technical condition of building structures of an administrative and production building was determined within the scope of the work. It has been found out that as a result of a low quality of masonry work and construction of additional protective layers of a coating, some of the walls are in the state of failure. Thera are significant defects, namely, punched and poorly sealed holes with crosscuted rebars for the passage of utility pipelines in the basement floor slabs. One of the reasons for a such state of the building structures is the low quality of management due to the lack of reliable information about the building structures and technical solutions used for previous repairing works. Based on the results of the research, recommendations were given on strengthening of the building structures that are in the state of failure as well as on the further management of the building. There is every reason to use a management information model as basis for management decisions.

***Keywords:** building management, repairing works, protective layers of a coating, increase of loads, management information model.*

RESEARCH OF OWN DEFORMATIONS OF SHRINKLESS MORTAR

A. V. Viktorov, A. I. Zverev, V. A. Shvets, G. I. Ovcharenko
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article deals with the problem of shrinkage of buildings erected in winter. The influence of the addition of high-calcium ash and potash on the retention of mobility and the change in linear deformations of the solution, which gradually solidifies under freezing conditions and under normal conditions, was studied. Ash was introduced instead of 30 % cement, increasing the total amount of binder by 20 % relative to the factory composition. Potash was introduced in an amount of 10 % by weight of the binder. Samples-beams with dimensions of 40×40×160 mm with benchmarks were molded from the investigated compositions. Linear deformations were measured on an instrument with a dial indicator. Beam samples were also tested for strength (bending and compression). It has been found that a non-shrinking solution with the addition of 10 % potash shows higher mobility values compared to the factory composition. That is, a non-shrinking solution with the addition of potash is more suitable for work on a construction site. Evaluation of linear deformations allows us to conclude that the factory composition is prone to gradual shrinkage during solidification in the frozen state, in contrast to the non-shrinking composition, which exhibits expansion. When the hardening conditions change to normal factory composition, it exhibits linear expansion, which is due to an increase in the rate of cement hydration.

***Keywords:** linear deformations, high-calcium ash, shrinkage of mortar joints, antifreeze chemical additives, potash.*

HIGH-QUALITY CONCRETE BASED ON HIGH-CALCIUM ASH AND HYPERPLASTICIZER

K. E. Voronina, A. E. Makukha, G. I. Ovcharenko
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article discusses the effect of additive 2; 3,5 and 5 % of MasterPolyheed 3553 hyperplasticizer and 20-40 % of high-calcium ash from the thermal power plant for the strength of fine-grained concrete of the UHPC and HPC type after hardening under normal conditions and during steaming. High-performance and ultra-high-performance – UHPC and HPC show examples of obtaining a material with very high technical characteristics due to the low and very low W / C ratios (less than 0,25), which became possible to obtain for cast concrete using hyperplasticizers. However, in addition to the use of hyperplasticizers, such concretes require a high content of powder in the form of cement, ground rocks, ash from thermal power plants. The purpose of this study is to test the possibility and efficiency of the use of high-calcium ash from CHPPs (HCA) in UHPC. For this, an experiment was carried out with the replacement of cement by 20-40 % VKZ in the compositions of concretes on screening from crushing with a particle size modulus Mk = 3,1. Statistical mathematical models and graphs were constructed based on the results obtained. It was found that replacing 20 and even 40 % of cement with HCA insignificantly affects the strength of concrete for all periods of hardening. However, the introduction of HCA in an amount of more than 30 % by weight of the binder has a negative effect both on a decrease in strength due to a decrease in cement, and on the development of destructive processes due to free ash lime.

***Keywords:** high-performance concretes HPC and UHPC, high-calcium ash from the thermal power plant, MasterPolyheed 3553 plasticizer.*

DEVELOPMENT OF DRY MIXES FOR PLASTER FACADE POROUS SOLUTIONS

Yu. V. Gilmiyarova, A. A. Malyasova, S. Yu. Kirillov
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

Currently, in Russia, more and more attention is paid to the thermal preservation of buildings and structures in connection with the increased requirements for thermal protection of building envelopes, ensuring the durability of walls, as well as to give an aesthetic appearance. These requirements lead to the creation and use of new thermal insulation materials. This material should provide minimal heat transfer and retention in the structure. Based on this, binders must be used with the required strength and reduced density. At the initial stage of the research, the effect of modifying additives: C-3 superplasticizer, Ufapore TCO blowing agent and Vinnapas 4042H dispersion polymer powder on the properties of a cement binder was considered. These additives make it possible to obtain a productive binder with a reduced density and the required strength. As a result of the work carried out, it was found that the additives give the modified binders certain properties necessary for plastering work. The next stage of the experiment is to obtain compositions of heat-insulating plaster mixtures of low density and strength based on modified binders obtained earlier. Obtaining a plaster solution is carried out by introducing expanded perlite sand in modified binders in various proportions.

Keywords: *Portland cement, superplasticizer, blowing agent, dispersion polymer powder, heat preservation, modified binder, perlite sand, heat-insulating plaster mixture.*

EARTHQUAKE RESISTANT CONSTRUCTION

E. S. Goncharov, Yu. V. Khalturin, L. V. Khalturina
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

Problems of seismic safety of buildings and structures in Altai region are reviewed in the article. Validity of enacting and repealing of Amendment No.1 for SP 14.13330.2018 is brought up. Development of general seismic zoning maps is considered. Problems of buildings and structures that do not meet the seismic safety standards are described, ways of solving this problem are shown.

Keywords: *earthquake resistance, seismic safety, seismic zoning maps, targeted federal programs, structural survey, seismic retrofit, financing.*

COMPARATIVE PROPERTY STUDIES HYPERCOMPACTED BRICK

N. V. Zhdanova, T. V. Shcherbachenko
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article deals with the use of waste from limestone mining for the production of hypercompacted bricks. Comparative assessment of properties of gy-compressed brick is carried out depending on type of fine aggregate, content of port-land cement in composition of raw material mixture, specific pressure of pressing at hardening of samples under normal conditions. As a result of studies, it was found that the strength characteristics of hypercompressed brick are more influenced by: the content of Portland cement in the raw material mixture and the specific pressing pressure. The type of fine aggregate does not have a significant effect on the strength of the samples under compression, and the best results are shown by compositions with limestone sand № 2, which provide a M150 grade at a binder consumption of 10 % and a M250 grade at a PC of 15 %. For samples made on limestone sand № 2 with a Portland cement content of 10 and 15 % at a specific pressing pressure of 60 and 80 MPa, a number of hydrophysical properties were studied.

Keywords: *hyper-pressed brick, fine aggregate, rock crushing screening, limestone sand, Portland cement, specific pressing pressure, o-sample-cylinder, compressive strength, comparative analysis, average density, water-absorption.*

PERFORMANCE OF WORKS ON INSTALLATION OF STRESSED REINFORCEMENT OF THE WALL OF THE SEALS 1 AND 2

I. K. Kalko, D.I. Ostapova
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article presents the results of the works on the construction of stressed reinforcement of the wall of seals 1 and 2 in Barnaul. According to the results of performed works, it is possible to switch to the device of protective layer of stressed reinforcement

Keywords*: seal, stressed reinforcement, seam, joint of reinforcement. corrosion, formwork, voltage, instruments, gripping, rod, cycle.*

PERFORMANCE OF WORKS ON OMONOLICHIVANIYU JOINTS OF PANELS, REINFORCEMENT AND CONCRETING OF THE WALL STM1, CONCRETING THE SIDE OF THE SILO 1 AND 2

I. K. Kalko, D. I. Ostapova, N. V. Medvedev
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article presents the results of the work on the omonolichivaniyu joints panels, reinforcement and concreting wall STM1, concreting Board silo 1 and 2 in Barnaul. By results of the performed works it is possible to pass to armature tension and other types of works.

Keywords: *sealer, tensioned reinforcement, seam, panel joint, corrosion, mesh, formwork, vibration, protective layer, board.*

EFFECTIVENESS OF DOUBLE C- AND SIGMA-SHAPED COLD-FORMED STEEL PROFILES IN AXIAL COMPRESSED ROD ELEMENTS

A. A. Kikot, K. A. Krasulina
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article provides a comparison of the effectiveness of C- and Sigma-shaped profiles used in axial compressed bar elements. The influence of the section height and the flang width on the efficiency of using the profile for different rod lengths has been investigated. The efficiency criterion is the ratio of the bearing capacity of the profile to the cross-sectional area, which characterizes the steel consumption. The study was carried out using the CFSteel software. By changing the section parameters so that the cross-sectional area (and hence the steel consumption) of the C- and Sigma-shaped sections remained the same, the efficiency criterion was assessed and trends were identified that reflect the effectiveness of the use of profiles.

Keywords: *steel thin-walled cold-formed profiles, C-shaped profile, Sigma-shaped profile, bearing capacity, effective section, CFSteel software.*

SELECTION OF PUMPING EQUIPMENT FOR HEATING SYSTEMS

A. E. Kirillova, I. A. Bakhtina
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

Method of selection of pump equipment for building heating systems is considered.

Keywords: *heating system, pump, characteristics of the pump, characteristic of network, pump parameters, giving, pressure.*

METHODS FOR CALCULATING THE MINIMUM AMOUNT OF CONTRIBUTION FOR THE CAPITAL REPAIRS OF COMMON PROPERTY IN THE ALTAI REGION

L. V. Kulikova
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article presents the main methods for calculating the minimum contribution for the overhaul of common property for objects-representatives of the region, considers the pros and cons of each of them, draws conclusions for all options.

Keywords: *the minimum contribution, the required contribution, the share of expenses of citizens on the payment of premises and housing and communal services, the index of changes in the payment for housing and communal services, affordability, financial sustainability of the regional program/*

PRACTICAL RECOMMENDATIONS FOR THE SURVEY USED BRIDGE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES TO DETERMINE THEIR DEGREE CORROSION DESTRUCTION

V. K. Kozlova, A. V. Wolf, A. M. Manokha, A. V. Kastyurin
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article presents practical recommendations for the survey of used bridge reinforced concrete and concrete structures in order to determine the degree of their corrosion destruction. The method of evaluation of the degree of corrosion destruction of bridge reinforced concrete structures in the framework of the survey, including in the areas of testing, is presented.

Keywords: *reinforced concrete structures, bridges, carbonization degree, corrosion.*

ROLE OF CARBONATE ADDITIVES IN THE PROCESSES OF HYDRATION AND HARDENING OF COMPOSITE PORTLANDCEMENT

V. K. Kozlova, A. V. Wolf, A. M. Manokha, A.A. Kishitskiy
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The paper examines the influence of calcium and magnesium carbonates on the pH of the cement paste and the setting time. It is shown that carbonate additives in the composition of composite portland cements lead to a decrease in the pH of the cement paste and slow down its setting. In the hydration products of such cements, the content of free calcium hydroxide decreases.

Keywords: *Portland cement, cement paste, additives, dolomite, corrosion.*

BUILDING EXECUTIVE MODEL DEVELOPMENT WITH A POINT CLOUD

A. A. Kuntz, E. R. Kirkolup
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article gives the description of the sequence of building executive model development with a point cloud. The research results in a parking building executive model development with the model elements detail level LOD 200. Despite the low model elements detail level, the model can be considered executive, as it has been got with the help of point cloud, it is based on the related documentation and keeps inside the information about the main elements of the constructed building.

Keywords: *Autodesk Revit, point cloud, executive model, information model, supporting framework, cladding structure, detail level.*

APPLICATION OF BIM TECHNOLOGIES AS A TOOL FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF PROJECTS IN CONSTRUCTION

T. V. Kuchina, Ya. G. Mozgovaya
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article discusses the possibility of automating the planning and design of construction using BIM technologies. The main capabilities of software systems, their advantages and disadvantages have been studied. The prospects for increasing the efficiency of construction using modeling in BIM technology programs have been identified.

Keywords: *BIM technologies, construction, planning, design, design automation, information model, automation using BIM, information, application of BIM technologies, BIM software systems.*

DESIGN OF THE HEATING SYSTEM In AUTODESK REVIT

A. V. Larichkin, K. K. Fevraleva, I. A. Bakhtina, E. R. Kirkolup
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The types and features of the design of heating systems in the software package AUTODESK REVIT are considered.

Keywords: *heating system, design, Revit software, model, families.*

DEVELOPMENT OF THE FAMILY OF ELEMENTS «SMART HOME» IN REVIT

V. V. Logvinenko, C. M. Gordienko
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

Developed the family «Wireless sensors» for THE SMART HOME on the basis of equipment firm «ectostroy». Build for Model: ES-LARD-01 Article: ec01007. Revit «Squeezing» and «Rotation» tools were used.

Keywords: *smart house elements, family, pattern, Revit software complex, BIM design, wireless sensors family.*

THE STUDY OF INJURIES AND ACCIDENTS ON THE THERMAL NETWORKS OF BARNAUL

V. V. Logvinenko, A. V. Shhuravlev
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

Conducted an analysis of open data on injuries and accidents on the thermal networks of Barnaul. He showed that injuries and accidents on the thermal networks of Barnaul are at the average Russian level. Injuries and accidents on the thermal networks of Barnaul are much lower than at construction sites. In 2016, the number of pipelines commissioned prevails over 2015 for 24 sites, only 52.

Keywords: *injuries, accidents, heat networks, statistics*.

CALCULATED STUDY OF TEMPERATURE CHARTS OF PLATE HEAT EXCHANGERS GVS AT HIGH TEMPERATURES IN SUMMER IN THE NETWORK

V. V. Logvinenko, A. G. Marikuts
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

One of the most important tasks is to determine the parameters under which it is necessary to determine the design of the monoblock and the capacity of the first and second stage of water heating for GVS. developed a scheme of hot water supply with a monoblock for GVS on the example of an apartment building in Barnaul, defined the parameters of heat carriers in the heat exchangers of the first and second stage of the GVS, with the minimum reserves of heat exchangers in the implementation of the temperature schedule and the cost of network water in Barnaul, taking into account cuts at the temperature of outdoor air in the range of 8 degrees Celsius to -36 degrees Celsius, in the summer and heating periods. Design and de-locplified calculations of heat exchangers have been made and reserves of the surface of monoblocks at the temperature of network water in summer 75°C and 80°C have been determined.

Keywords: *plate-type monoblock heat exchangers for hot water supply systems of residential buildings, parameters of heat carriers in heat exchangers of the first and second stages of the GVA, minimum reserve of the surface of the monoblock at different ambient temperature, schedules of heating networks.*

APPLICATION FOR CALCULATIONS AND VISUALIZATION OF PROJECTS OF DHW HEAT EXCHANGERS AT ELEVATED NETWORK WATER TEMPERATURES

V. V. Logvinenko, V. V. Sokolova
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

An important task is to develop an application for calculating, visualizing and storing data on heat points with DHW. A large number of different DHW schemes, the ratio of the heating load and DHW, the network parameters before the entrances to the central points of the houses make it necessary to transfer calculations, visualization and storage of data on heat points from DHW to electronic form. The software operating in the MS Excel environment is developed for storing and visualizing calculations of DHW heat exchangers at elevated network water temperatures.

Keywords: *plate monoblock heat exchangers for hot water supply systems of residential buildings, graphs of heating networks, software, VBA Excel project.*

ANALYSIS OF THE OPERATING CAPACITY OF VENTILATION SYSTEMS IN APARTMENT BUILDINGS AND THE MAIN REASONS OF REFUSALS IN THE OPERATION OF THEIR ELEMENTS

T. E. Lyutova
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article is devoted to the review and analysis of the operability and the main causes of failures in the operation of ventilation systems in apartment buildings. Based on the analysis of the normative and technical documentation, the main tasks, the procedure and organization of the operation of the maintenance services when servicing the ventilation systems in apartment buildings are determined, the basic requirements are determined.

***Keywords**: ventilation systems, malfunctions in ventilation systems, causes of defects and failures.*

EROSION-ACCUMULATIVE GEOLOGICAL PROCESSES OCCURRING IN THE TERRITORY OF WESTERN SIBERIA

V. N. Lyutov, S. A. Ananev
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

Erosion-accumulative processes are mainly associated with the activity of the modern river network (Ob and its tributaries), which plays a significant role in the formation of the modern relief, and also has a great influence on the intensity of processes occurring on the slopes (talus, landslides). The rate of coastal destruction depends on a number of reasons, of which, first of all, the nature of the rocks composing them, the hydrodynamic pressure of groundwater, a decrease in the strength of rocks under the influence of weathering processes, a decrease in the basis of erosion, exposure of coastal slopes, etc. should be mentioned. The intensity of the development of processes increases within the limits of active recent uplifts.

***Keywords:** territory, soil, properties, thickness, plate, regime, process, stage, geological structure, West Siberian Plain, stages of geological development, peat.*

ON THE PERFORMANCE OF APPLICATION OF THE POLYMER-MINERAL COMPOSITION «NICOFLOK» IN THE DEVICE OF A BASIS OF ASPHALT GRANULATE BY THE METHOD OF COLD RECYCLING ON ROADS

G. S. Merentsova, A. A. Dobrynina
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

A technology has been developed for cold recycling of asphalt-concrete road surfaces reinforced with Portland cement and Nicoflok additive. An experimental section on a highway made of asphalt granulate reinforced with Portland cement with a polymer-mineral composition Nicoflok has been constructed. It was found that the use of the additive «Nicoflok» improves the physical and mechanical properties of the base layer of asphalt granulate reinforced with cement/

***Keywords:** highways, cold recycling, polymer-mineral composition, pavement bases.*

TECHNOLOGICAL FEATURES OF DEVICE OF METAL SMOOTH-WALLED CULVERTS ON ROADS

G. S. Merentsova, N. V. Medvedev, I. V. Dronov
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

It is most appropriate to use metal culverts on roads of low technical categories (III-V categories), which save investment in the technology of their construction, as well as reduce labor costs. But at the same time, there are some technological features that must be taken into account when installing a metal smooth-walled culvert so that the hydraulic structure works in the mode designed in the engineering project.

***Keywords:** culverts, roads, metal smooth-walled culverts, earth bed.*

DEVELOPMENT OF NEW EFFECTIVE METHODS TO COMBAT AGAINST ICES IN THE MAINTENANCE OF ROADS IN THE FOOTLAND REGIONS OF THE ALTAI REGION AND THE REPUBLIC OF ALTAI WITH THEIR ASSESSMENT

G. S. Merentsova, N. V. Medvedev, D. S. Pavlyuchenko
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

Frost remains an urgent problem for many highways in the Altai Territory and the Altai Republic. This is primarily due to the fact that even at the stage of designing highways, the factor of possible occurrence of ice in the future was not always taken into account, especially in those areas where small streams passed through the future road or groundwater was close enough to the earth's surface. In this regard, ice formation occurs on some sections of the road, which can overlap the road surface or flood the openings of culverts and bridges, thereby creating emergency situations for road traffic. Therefore, there is a need to develop and evaluate new effective methods for combating ice in the foothill and mountainous regions of the Altai Territory and the Altai Republic.

***Keywords:** icing, icing, methods of combating icing, highways, culverts, types of icing.*

ANALYSIS OF METHODS TO FIGHT AGAINST NALADY APPLYING ON THE FEDERAL ROADS OF THE REPUBLIC OF ALTAI WITH AN ESTIMATION OF THEIR EFFICIENCY

G. S. Merentsova, N. V. Medvedev, I. A. Taratynov
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

In the Altai Republic, due to the peculiarities of the mountainous terrain, ice formation in winter and spring remains one of the main problems of road maintenance. In addition to regional roads, which often run in places

where it is almost impossible to envisage protective measures to contain ice water away from the roadbed and artificial structures, similar sections can also be found on the P-256 Chuysky tract federal highway. In this regard, the issue of ensuring traffic safety is acute, since this road connects Russia with Mongolia. Therefore, to ensure traffic safety on dangerous sections of the federal highway, it is necessary to apply various anti-ice measures and devices.

Keywords: *icing, icing, methods of combating icing, highways, culverts, types of icing.*

THE USE OF POLYMER-BITUMEN BINDER AND ADHESIVE ADDITIVES TO INCREASE THE CRACK RESISTANCE AND DURABILITY OF ASPHALT CONCRETE COATINGS

G. S. Merentsova, A. N. Minin, A. S. Kvasha
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The formation of cracks on public roads is a danger to the movement of vehicles, therefore, increases the accident rate in the areas of crack formation. Road clothes cannot be absolutely crack-resistant. However, the use of effective methods to combat crack formation would increase the service life of coatings, reduce the cost of their maintenance and repair by increasing the resistance of layers to cracks. In this regard, road services should promptly apply new methods to increase crack resistance in order to prevent further damage to the roadway.

Keywords: *highways; polymer-bitumen binder; adhesive additives; PBB grades; asphalt concrete; positive properties; disadvantages; traffic safety.*

THE APPLICATION OF WEAR LAYERS FROM SELF-HEALING COLD ASPHALT CONCRETE MIXTURES FOR INCREASING THE CRACKING OF ASPHALT CONCRETE COVERINGS OF AUTOMOBILE ROADS

G. S. Merentsova, A. A. Mkhitaryan
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The expediency of using protective wear layers from self-healing asphalt-concrete mixtures on liquid bitumen to reduce cracking has been revealed. Liquid bitumen has the effect of self-healing cracks on the underlying layer of asphalt-concrete pavement made of hot mix asphalt. In terms of physical and mechanical properties, such wear layers meet regulatory requirements and are more economical.

Keywords: *wear layer, cold asphalt concrete, crack resistance, cracks, highways, asphalt concrete pavements.*

ON PLANNING OF REPAIR WORKS AND APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN THE OPERATION OF ROADS

G. S. Merentsova, A. O. Khrebto, M. V. Rassokhina
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The planning of works on the repair of highways during their operation plays an important role in the life cycle of road structures, as it will allow timely and efficient development of measures to prevent the development and eliminate defects and destruction of road surfaces, and the entire road as a whole. These measures will extend the service life of road structures, as well as ensure uninterrupted and safe movement of road transport. The issues of planning repairs using modern new technologies in the repair and operation of highways are considered.

Keywords: *transport and operational state of highways, operation of highways, defects and destruction of road surfaces, planning of road repair works, repair of highways.*

GIS BASED ANALYSIS OF THE PARKING LOT CAPACITY AND PLACEMENT IN THE CENTRAL PART OF THE CITY OF BARNAUL

I. M. Mikhailidi, I. S. Kozlov
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

One of the most pressing problems of modern large cities is the problem of parking space lack, which is caused by the constantly growing level of motorization. This work continues the study of parking lot placement and capacity in the city of Barnaul. In particular, with the help of a geographic information system (GIS), a spatial analysis of parking lot placement in the central part of Barnaul was carried out, and ways for solving the problem of parking space lack were considered.

Keywords: *parking, parking space, traffic flows, parking capacity, geographic information systems, GIS, geodata, spatial analysis, kernel density estimation method (KDE).*

ANALYSIS AND MAPPING OF IERICHO SOIL COVER DYNAMICS USING AEROSONDING DATA

I. V. Noskov, A. A. N. AbedRaboo
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article is devoted to the study of the change in the soil cover of Jericho in the geographic information environment using aerosonding data. Three main types of Earth aerosonding are described, which, depending on the wavelength ranges, can be: aerosonding of the visible and near-infrared ranges; thermal infrared aerosolization; micro-wave band aerosonisation. It has been determined that the aerosonding data obtained in the visible and reflected infrared ranges depend mainly on the reflectivity of the objects on the underlying surface. The used software products are described, the method of mapping the dynamics of Jericho landscapes in ENVI and ArcGIS programs is given. In the article there are analyzes data for 1997, 2006 and 2017 years. At the end of the article,

on the basis of GIS analysis, conclusions are presented on the main changes in the landscapes of Jericho. The analysis shows that at present the main changes in the landscape in Jericho are reduced to the periodically increasing area of urban development, the development of infrastructure, the degradation of natural vegetation and the emergence of cultural vegetation. Research has concluded that aerosonding can be successfully used to analyze and map landscape dynamics in the geographic information environment.

Keywords: *aerosonding, range, landscape, analysis, dynamics, soil cover, NDVI index, mapping of landscape dynamics, data classification, natural-territorial complexes*

USE OF GROUND LASER SCANNING IN GEOTECHNICAL MONITORING OF BUILDINGS AND STRUCTURES IN BARNAUL

I. V. Noskov, B. F. Azarov, K. I. Noskov
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The presented article considers the work on geotechnical monitoring of the state of existing private residential buildings No. 120 and No. 120-a on Krupskaya St. during the construction of an apartment building with public facilities located at ul. Krupskaya, 118. For geotechnical monitoring, the Stonex X300 ground laser scanner (Italy) and the Stonex Reconstructor Survey software were used to process scanning data. The Stonex Reconstructor Survey software allows you to obtain, process, and analyze 3D data. Geotechnical monitoring carried out using laser ground scanning and visual examination of objects made it possible to conclude about physical wear and technical condition of structures and the whole structure.

Keywords: *building, examination, wear, condition, monitoring, deformation, roll, scanning, geotechnical monitoring, ground laser scanning.*

STUDY OF DURABILITY OF ANTI-CORROSION COATING OF SCREW PILES OF BAU GROUP LLC DURING THEIR IMMERSION IN AGGRESSIVE SOIL CONDITIONS

I. V. Noskov, B. F. Azarov, K. I. Noskov
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The object of the presented work was screw blade piles of BAU Group LLC when they were immersed in aggressive soils of the Novosibirsk Region. The purpose of the work was to develop recommendations for assessing the degree of damage to the anti-corrosion coating and determining the «residual» durability of screw piles of BAU Group LLC when they are immersed in aggressive soil conditions, as an effective and economically feasible method of foundation, when erecting buildings and structures in complex and aggressive engineering and geological conditions of the Novosibirsk region. Based on the results of processing of field experiments of screw blade piles of BAU Group LLC during their multiple immersion in aggressive ground conditions, using the technology of ground laser scanning, measurements of changes in the thickness of the anticorrosive coating, an assessment of the degree of damage of the anticorrosive coating was obtained and the «residual» durability of screw piles was determined. As a result of the performed works, the possibility of using the ground laser scanning technology to quantify the change in parameters of the screw piles of BAU Group LLC during their repeated immersion in aggressive soil conditions was demonstrated.

Keywords: *soil, screw pile, immersion, experiment, durability, evaluation, anticorrosive coating, aggressive ground conditions, ground laser scanning, degree of damage.*

CHARACTERISTICS OF PEAT BEDROOM AND VEGETABLE COVER OF WESTERN SIBERIA

I. V. Noskov, S. A. Ananev, A. I. Magomadov
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

Swamps in the central part of the West Siberian Plain are one of its main landscapes. Swamp-forming processes proceed very intensively on the surface of flat, weakly dissected interfluvial plains, above-floodplain terraces and floodplains. The wide and intensive development of this process determines the high degree of waterlogging in the area, which, even according to the most conservative estimates, averages at least 38 %. Differences in the geomorphological structure and dissection of individual parts of the territory determine the uneven distribution of peat bogs within them.

Keywords: *territory, soil, properties, thickness, plate, regime, process, stage, geological structure, West Siberian Plain, stages of geological development, peat.*

MODERN METHODS AND TECHNOLOGIES FOR MONITORING OBJECTS IN THE DEVELOPMENT OF OIL FIELDS

I. V. Noskov, A. V. Prokhorov
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

A study of the current regulatory and technical acts of the Russian Federation, the United States and the European Union countries in the field of three-dimensional ground-based laser scanning has shown that to date there is no standard-based methodology that sets requests for ground-based laser scanning of RVS in order to determine their actual spatial position and real geometric shape. A method has been developed for performing three-dimensional ground-based laser scanning of reservoirs in order to determine their actual spatial position and real geometric shape. A method has been developed for performing three-dimensional ground-based laser scanning of reservoirs in order to determine their actual spatial position and real geometric shape. The method in-

cludes requirements that reduce errors that occur during ground-based laser scanning, reduce the influence of external factors (metrological properties of the object being photographed, meteorological conditions of work, etc.) on the accuracy of the results, and reduce the time required to complete the work. A method for processing the results of three-dimensional ground-based laser scanning of reservoirs has also been developed. This method allows you to get the following data:height marks of the bottom edge and vertical deviations of the reservoir walls;a three-dimensional model of the tank wall that allows you to estimate its VAT taking into account the actual spatial position and real geometric shape. Working in 3D space allows you to effectively visualize complex objects and assess their stability, generate summary data, and analyze the interaction of man-made objects with each other and the environment.

Keywords*: ground-based laser scanning of RVS, 3D GIS for geotechnical monitoring, method, technology, scan, model, reservoir, Geomonitoring, 3D space, three-dimensional point model, digital model.*

SING AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS IN STRUCTURAL DESIGN

I. P. Pankov, G. M. Busygina

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

Consider designing structures using BIM technologies. The information model is implemented by AutoDesk Revit. The design calculation is done in Autodesk Robot Structural Analysis, which allows you to organize a two-way connection to transfer subassemblies, loads, and boundary conditions. Review the calculation capabilities provided by Autodesk Robot Structural Analysis/

Keywords: *Autodesk Robot Structural Analysis, Revit AutoDesk, information model, design calculation.*

NDIVIDUAL PARAMETERS CHARACTERISTICS IN REVIT

M. V. Panteleev, N. E. Eskova, I. A. Bakhtina

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The process of creating pipes with individual parameters in the design of engineering systems in the Revit software package is considered.

Keywords: *inner diameter, nominal diameter, outer diameter, specification, material.*

USE OF BEST DOMESTIC AND FOREIGN EXPERIENCE FOR INTEGRATED DEVELOPMENT OF TERRITORIES IN BARNAUL

V. V. Perfiliev, D. D. Shershneva

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

Issues that appear during the development of built-up territories are examined. Positive experience of their solution is analyzed. The suggestions for improvement of the efficiency of Barnaul's territory usage are made, especially for the area of Potok.

Keywords: *general plan, integrated development of territories, renovation, emergency housing, settlement, developer, financing.*

DEFINITION OF THE ENERGY EFFICIENCY CLASS OF APARTMENT BUILDINGS IN BIYSK

P. V. Petrekov[1], V. V. Logvinenko[2], E. A. Panchenko[3]

[1] Bisky institute of technology, Biysk

[2] Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

[3] The managing company «Clean City», Biysk

To obtain an act on the energy efficiency class of the house, the owner submits a declaration with a large amount of data. There are major difficulties in obtaining data for the drafting of the declaration. The energy efficiency class of 47 houses in the city of Biysk has been determined.

Keywords: *energy efficiency class of an apartment building, rules for determining the energy efficiency class of apartment buildings.*

PLANNING STRATEGY OF REPAIR OF THE BUILDING. WHAT CAUSES THE VIOLATION OF THE SCHEDULE OF PLANNED PREVENTIVE REPAIRS

M. A. Podyapolskaya, E. V. Verbitskaya

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article deals with issues related to the strategy of planning the repair of the building), carrying out planned preventive repairs (PPR), the impact of non-compliance with the schedule of PPR on the subsequent functioning of the building. Currently, there is an acute problem of competent preparation of a plan for preventive repairs and ensuring timely quality maintenance of the building. Any, even the most skillfully executed structure, eventually wears out, physically and morally obsolete. In this regard, it is necessary to correctly draw up strategies for planning the repair of the building, thereby preventing premature wear of equipment, accidents. Unfortunately, the capital repair industry today is not able to boast of new innovative approaches to the repair of buildings and structures. Many methods and methods of repairing buildings are obsolete, as are the technologies used in this process. Despite this, carrying out planned preventive repairs plays one of the main roles in the life cycle.

Keywords: *building repairs, planned preventive repairs, major repairs, repair strategy, repair planning, building, structure, repair schedule, standards, preparatory measures*

RESEARCH OF THE OWN DEFORMATIONS OF MORTARS FOR INSTALLATION OF PANELS OF BUILDINGS KPD

P. D. Pomortsev, I. E. Rybalko, A. V. Viktorov, G. I. Ovcharenko
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article deals with the problem of shrinkage of high-rise buildings erected in winter. The effect of the addition of dry potash on the preservation of mobility and the change in the linear deformations of the solution, which gradually hardens under freezing conditions and under normal conditions, was investigated. The addition of dry potash was introduced in the amount of 10 and 15 % by weight of the binder in addition to the factory composition, which also contained a plasticizer and antifreeze additive. Samples-beams with dimensions of 40 × 40 × 160 mm with benchmarks were molded from the investigated compositions. Linear deformations of the samples were measured on an instrument with a dial indicator. Beam specimens were also tested for strength (bending and compression). Evaluation of linear deformations allows us to conclude that both investigated compositions (factory and with the addition of 10 % dry potash) show a tendency to gradual shrinkage during hardening in a frozen state. When the hardening conditions change to normal, both compositions of the solution demonstrate a sharp linear expansion, which may be due to an increase in the rate of the cement hydration reaction.

Keywords: *linear deformations, shrinkage of high-rise buildings, shrinkage of mortar joints, antifreeze chemical additives, potash.*

EVALUATION OF PHYSICAL SCHOOL GREENHOUSES BUILDINGS DEPRECIATION

D. O. Sinitsyn, E. R. Kirkolup
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article analyses technical state of 19 school greenhouses buildings situated on the municipal general education institutions territory in Barnaul, it also deals with the possibility of children education centers and research laboratories placement inside of these buildings beside the greenhouses. The research has found out that most of the greenhouses buildings are in a bad technical state and are often used for purposes other than intended. The greenhouses buildings are in satisfactory conditions that is why they can be used to place students' education centers but only after managing capital repair work.

Keywords: *school greenhouse, education center, physical depreciation, functional depreciation, walls' defect, renovation of a building.*

THE CHOICE OF AN ECONOMICALLY EFFECTIVE METHOD OF DEVELOPMENT OF FOUNDATIONS ON FOREST SEDIMENTAL SOILS

A. A. Skopintseva, B. M. Cherepanov
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article discusses methods for constructing foundations in the conditions of spreading loess subsidence soils in low-rise individual construction. As an alternative to pile foundations, shallow foundations on an artificial foundation are offered. Two of the most accessible and simplest methods of creating artificial foundations are considered: compaction with heavy rammers and the device of soil cushions. For all three variants of foundations, including pile foundations, the technical and economic indicators were calculated and the most rational option was chosen - shallow foundations on a foundation compacted with heavy rammers.

Keywords: *improvement of loess subsidence soils, installation of soil cushions, compaction with heavy rammers, pile foundation, strip foundation.*

DETERMINING THE ESTIMATED COST OF CONSTRUCTION WITH THE MEANS OF THE RIK SOFTWARE COMPLEX WITH THE USE OF BIM TECHNOLOGIES

V. V. Sokolova, N. M. German
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The concept of a 5D design format is considered, which provides an interconnection between 3D modeling tools and budget programs to determine the estimated cost of construction. The use of BIM technologies for determining the estimated cost of construction by means of the RIK software complex based on the 5D estimate program containing means for integrating estimate calculations into BIM processes and actually used in information modeling technology is analyzed.

Keywords: *5D design format, integration of estimate calculations into BIM processes, estimate properties, estimate programs, BIM technology, PC RIK, 5D estimate.*

ANALYSIS OF CONFORMITY OF THE PROJECT OF A DETAILED RESIDENTIAL BUILDING IN NOVOALTAISK SP 14.13330.2018

A. M. Starovoitova, I. V. Kharlamov
Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article discusses how with the adoption of new maps OSR-2016, will changeconstructive solutions for brick buildings. This topic is now very relevant, and causes discussions in the professional environment. It should be noted that the project of this building fully complies with the regulatory documents that were valid at the time of its signing (June 2019). Starting to consider the project, we will determine the seismicity of the construction area and the seismicity of the construction site. In the course of the article, we will draw a parallel between the set of

rules and the section «Constructive and space-planning solutions». The first characteristic for comparison will be the geometric properties of the building. Then we will analyze the structure of the foundation according to the standards, and make the necessary adjustments. Let's talk about the number of storeys in the building, what it depends on, and what it can be. We will see what the requirements are for brick, walls and partitions made of it. We will also discuss other structures of concern in seismic actions. After the design changes have been made, a new residential building project will be described. In conclusion, we will draw a conclusion about how the new regulatory documents influenced the design and construction of buildings.

Keywords: *seismic construction area, seismic construction site, maps of general seismic zoning, score, antiseismic seam, maximum building height, number of storeys, ceramic bricks, reinforcement, structural changes.*

IMPROVING THE QUALITY OF HIGH-MOVING CONCRETE MIXES FOR MONOLITHIC CONSTRUCTION

D. K. Temesheva, L. G. Plotnikova

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article shows the results of a study of the effect of the addition of lignite ash on the delamination of highly mobile concrete mix. A comparison of different options for the introduction of ash and additives of plasticizers into the concrete mixture to increase the shelf life of the workability of highly mobile concrete mixtures is given.

Keywords: *concrete mixture, mobility, water separation, delamination, preservation, plasticizers, strength, ash, concrete mixer truck, workability.*

POSSIBILITIES OF USING WASTE FROM THE WOODWORKING INDUSTRY FOR THE MANUFACTURE OF COATING PLATES

V. V. Schwarzkopf, L. N. Pantyushina, E. V. Verbitskaya

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article is devoted to the possibility of using waste from the woodworking industry, namely wood shavings, as insulation in the manufacture of roof slabs.

Keywords: *wood processing industry waste, wood chips, insulation, coating structures, small-sized slabs.*

DESIGN OF THE INTERNAL CONTROL SYSTEM FIRE-FIGHTING WATER SUPPLY IN REVIT

E. D. Yarovaya, I. A. Bakhtina

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The types and features of the design of various systems of internal fire-fighting water supply of buildings in the REVIT software package are considered.

Keywords: *fire-fighting water supply system, sprinkler system, drainage system, design, Revit software.*

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

Подписано в печать 30.03.2021. Формат 60×84 1/8.
Усл. п. л. 22,78.
Тираж 50 экз. Заказ 2021 –

Отпечатано в типографии АлтГТУ
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46