

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Строительные конструкции и сооружения»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент
_____ Д.В. Ульрих
_____ 2021 г.

Реставрация церкви Илии Пророка в с. Сугояк,
Красноармейского района Челябинской области

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 08.03.01.2021.405-04.128

Консультанты:

Раздел «Архитектурно-строительный»

Д.т.н., профессор

_____ В.Д. Оленьков

_____ 2021 г.

Руководитель проекта:

Ст. преп.

_____ А.О. Колмогорова

_____ 2021 г.

Раздел «ТСП и ОСП»

К.т.н., доцент

_____ В.Н. Кучин

_____ 2021 г.

Автор проекта:

_____ И.В.Филатов

_____ 2021 г.

Раздел «Расчетно-конструктивный»

К.т.н., доцент

_____ И.С.Дербенцев

_____ 2021 г.

Нормоконтролер:

Ст. преп.

_____ А.О. Колмогорова

_____ 2021 г.

Челябинск 2021

Аннотация

Филатов И.В. Реставрация церкви Илии Пророка в с. Сугояк, Красноармейского района Челябинской области.
- Челябинск: ЮУрГУ, АСИ-422; 2021; 213 с., библиогр. список – 68 наим., 12 чертежей ф. А1,

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрены решения по реставрации церкви Илии Пророка в с. Сугояк Красноармейского района Челябинской области.

В архитектурном разделе разработаны архитектурные и конструктивные решения по реконструкции, составлены обмерочные чертежи, произведен теплотехнический расчет ограждающих конструкций здания, произведена фотофиксация здания, составлены схемы дефектов фасадов и сводная таблица дефектов.

В расчетно-конструктивном разделе произведены лабораторные испытания кирпичей и раствора, рассчитан коэффициент вариации для испытаний неразрушающим ударно-импульсным способом. Также произведен статический расчет несущих стен колокольни при помощи методов строительной и технической механики.

В разделе технологии строительного производства разработаны технологические карты на восстановление кровли и монтаж шатра колокольни, выбраны основные машины и механизмы, определены объемы работ и трудоемкости работ, составлен график производства работ, описаны требования по контролю качества.

В разделе организации строительного производства разработан календарный план и стройгенплан на основной период строительства.

						08.03.01.2021.305-04.128		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Зав.каф.		Ульрих Д.В.			Реставрация церкви Илии Пророка в селе Сугояк, Красноармейского района Челябинской области	Стадия	Лист	Листов
Н.контр.		Колмогорова				ДП	3	
Руководит.		Колмогорова				ЮУрГУ Кафедра ГИСиС		
Диплом		Филатов						

ОГЛАВЛЕНИЕ

Аннотация.....	3
ВВЕДЕНИЕ	6
1 КРАТКАЯ ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА	8
2 ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	12
2.1 Архитектурные обмеры памятника	12
2.3 Фотофиксация существующего состояния здания	14
2.4 Исследование несущей способности кладки	15
3 АРХИТЕКТУРНО – СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ	17
3.1 Природно-климатические условия площадки строительства.....	17
3.2 Градостроительный план участка.....	18
3.3 Объемно-планировочные решения здания	18
3.4 Конструктивные решения здания	21
3.5 Теплотехнический расчет ограждающей конструкции (наружная стена)	23
3.5.1 Исходные данные	23
3.5.2 Расчет из условий энергосбережения.....	23
3.5.3 Расчет по санитарно-гигиеническим и комфортным параметрам	24
3.5.4 Сопротивление теплопередаче.....	24
3.5.5 Расчет температурного поля в многослойной конструкции.....	25
3.5.6 Сопротивление теплопередачи стены притвора	25
3.5.7 Сопротивление теплопередачи стены трапезной.....	28
3.5.8 Сопротивление теплопередачи стены купольного храма	31
3.5.9 Сопротивление теплопередачи стены апсиды	33
4 РАСЧЕТНО – КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ.....	36
4.1 Определение предела прочности кирпича при сжатии и чистом изгибе	36
4.2 Проведение испытаний	38
4.2 Статистическое определение прочности кладки по результатам обследования каменных стен методом неразрушающего контроля.....	40
4.3 Определение предела прочности кирпичной кладки.....	54
4.4 Историческая справка по сводам	55
4.5 Принципы работы сводов	57
4.8 Восстановление сводов	64

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

5	ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	69
5.1	Технология ремонтно-реставрационных работ монтажу шатра колокольни	69
5.2	Требования к качеству и приемке работ.....	75
5.3	Выбор монтажного крана	78
6	ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	80
6.1	Календарный план производства работ	81
6.1.1	Ведомость объемов работ по реставрации церкви	82
6.1.2	Калькуляция затрат труда.....	82
6.2	Строительный генеральный план	84
6.2.1	Обоснование потребности строительства в рабочих кадрах	84
6.2.2	Обоснование потребности строительства во временных зданиях	85
6.2.3	Обоснование потребности строительства в складах	86
6.2.4	Обоснование потребности строительства в водоснабжении	87
6.2.5	Обоснование потребности строительства в освещении.....	89
6.2.6	Обоснование потребности строительства в электроснабжении.....	89
	Библиографический список	91
	ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	96
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б	101
	ПРИЛОЖЕНИЕ В	112
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г	117

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				5

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение культурного наследия — это показатель социального здоровья нации. Очень часто единственной возможностью сохранить объекты культурного наследия является реставрация зданий и сооружений.

Процесс реставрации зданий – это трудоемкая разновидность строительных работ, основная задача которой - восстановить первоначальный вид здания, учитывая его особенности и сохраняя первоначальный архитектурный стиль. Для этого необходимо провести историко-культурные и инженерно-технические исследования. Историко-культурные исследования состоят из камеральных работ, которые подразумевают работу в архивах и библиотечных фондах, без выезда в поле. Данные исследования выполняются для выяснения истории здания и его облика, а также для поиска аналогов. Комплексные инженерно-технические исследования включают обследования оснований и фундаментов здания, состояния конструкций, температурно-влажностного режима и экологического состояния конструкций и помещений, растёт несущих и ограждающих конструкций.

В данной дипломной работе объектом исследований является церковь Илии Пророка Красноармейского района Челябинской области. Дипломным проектом предусмотрены предпроектные исследования, состоящие из камеральных работ, архитектурных обмеров и обследования строительных конструкций, которые мы провели группой в составе Филатов Ивана, Сычёвой Виктории, Клишты Данила и Салатова Сергея; а также предусмотрены разработка эскизного проекта и предложения по восстановлению конструкций здания и его исторического облика.

Сычёва Виктория спроектировала цветной исторический фасад, обмерочный план и разрез, план крыши, стропильной системы, восточный, западный фасады, рассчитала разные своды Монье, составила технологическую карту на торкретирование сводов, составила стройгенплан. Филатов Иван составил отчет по истории объекта реконструкции, техническому состоянию здания, схемы с дефектами фасадов, разрабатывал технологии восстановления шатра колокольни, произвел испытание образцов кирпичей и раствора, рассчитал с помощью математического аппарата коэффициент вариации для различных частей здания.

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

Клишта Данил создал генплан участка, проектные планы и фасады здания, рассчитал сомкнутый четырехлепестковый свод над храмовой частью и составил технологическую карту на восстановление стропильной системы храма.

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

1 КРАТКАЯ ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

«Село Сугояк основано примерно в 1682 г. государственными крестьянами Теченской слободы и по началу состояло из двух деревень: Большого Сугояка и Малого Сугояка.

В очерках бедствий Далматовского монастыря с 1644 по 1742 год протоиерея Григория Плотникова, опубликованных в «Пермских епархиальных ведомостях» за 1869 год, при описании башкирского восстания 1736 года уже упоминается деревня Сугояк. Согласно ревизской сказке 1719 г., в Сугояке насчитывалось 6 дворов (учтена 41 душа мужского пола).

Село часто подвергалось набегам башкир, которые жгли дома, угоняли скот, убивали жителей, поэтому в 1738 по приказу В. Н. Татищева Сугояк был окружен заплотом: «...в крепости 58 дворов, кругом тех дворов забрана крепость в столбы и рогатки, у той крепости одни проезжие ворота, кругом той крепости мерено 390 сажень» (запись от 1741).

В ходе Государственных ревизий в селе было учтено: в 1751 — 45 дворов, в 1776 — 62 (152 души мужского пола), в 1801 — 175 1816 — 790, в 1852 — 1140, в 1908 — 2244, в 1926 — 2516.

С 1781 с. Сугояк являлся центром Сугоякской волости Шадринского уезда (Пермское наместничество). К 1870 г. начала работу земская школа, в 1874 г. - училище.

В начале XX века село относилось к Шадринскому уезду Пермской губернии, в разные периоды советского времени – входило в состав Миасского, Бродоколмакского и Красноармейского районов.» [1].

Церковь Илии Пророка (Красноармейский район, село Сугояк) является объектом культурного наследия регионального значения и в 1999 году была поставлена на государственную охрану.

В 1764 г. Была построена Ильинская церковь в честь апостола Ильи Пророка, поэтому престольным праздником здесь являлся Ильин день. Для служб был открыт только так называемый зимний приход под четырьмя главами, летний приход построен в 1832 г. Решение о строительстве каменной церкви было принято на мирском сходе.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		8

Условно здание можно разделить на 5 частей, расположенных на центральной продольной оси: пятигранная апсида алтаря с трехлепестковым сводом; храм, перекрытый четырехлепестковым сомкнутым сводом; прямоугольного объёма трапезная с перекрытием сводами Монье; притвор с двумя приделами и колокольня.

В результате историко-архивных исследований были найдены 11 черно-белых фотографических снимка (рис.1.1 - 1.11).

В настоящее время храм не используется и постепенно разрушается под действием внешних воздействий (рис.1.12 - 1.19).

Рисунок 1.1 – Юго-западный вид на церковь (фотография Мочалова М.П. 1977 г.)

Рисунок 1.2 – фрагмент северного фасада (фотография Мочалова М.П. 1977 г.)

Рисунок 1.3 – Фрагмент западного фасада (фотография Мочалова М.П. 1977 г.)

Рисунок 1.4 – Юго-восточный вид на церковь (фотография Мочалова М.П. 1977 г.)

Рисунок 1.5 – Юго-восточный вид на колокольню (фотография Мочалова М.П. 1977 г.)

Рисунок 1.6 – Фрагмент южного фасада трапезной (фотография Мочалова М.П. 1977 г.)

Рисунок 1.7 – Юго-западный вид на колокольню (фотография Мочалова М.П. 1977г.)

Рисунок 1.7 – Фрагмент северного фасада (фотография Мочалова М.П. 1977 г.)

Рисунок 1.8 – Юго-западный вид на трапезную и храм (фотография Мочалова М.П. 1977 г.)

Рисунок 1.9 – Фрагмент южного фасада трапезной и храма (фотография Мочалова М.П. 1977 г.)

Рисунок 1.10 – Юго-западный вид на церковь (фотография Мочалова М.П. 1977 г.)

Рисунок 1.11 – Южный фасад храма и апсиды (фотография Мочалова М.П. 1977 г.)

Рисунок 1.12 – Юго-западный вид на церковь (фотография 2011 г.)

Рисунок 1.13 – Юго-восточный вид на церковь (фотография 2011 г.)

Рисунок 1.14 – Западный фасад (фотография 2013 г.)

Рисунок 1.15 – Юго-западный вид на церковь
(фотография Ю. Латышева 17.10.2018)

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		9

Рисунок 1.16 – Северо-восточная внутренняя часть трапезной (фотография 2018 г.)

Рисунок 1.17 – Конструкция свода храма (фотография 2018 г.)

Рисунок 1.18 – Юго-западный вид (фотография 23.02.2019)

Рисунок 1.19 – Восточный вид с высоты полета (фотография 2018 г.)

Рисунок 1.20 – Северо-западный вид с высоты полета (фотография Andy Hafner октябрь 2020 г.)

Рисунок 1.21 – Западный вид с высоты полета (фотография Andy Hafner октябрь 2020 г.)

Рисунок 1.22 – Юго-восточный вид с высоты полета (фотография Andy Hafner октябрь 2020 г.)

Рисунок 1.23 – Восточный вид с высоты полета (фотография Andy Hafner октябрь 2020 г.)

Рисунок 1.24 – Вид на прилегающие территории с высоты полета (фотография Andy Hafner октябрь 2020 г.)

Рисунок 1.25 – Вид на церковь сверху с высоты полета (фотография Andy Hafner октябрь 2020 г.)

Рисунок 1.26 – Вид на шатер колокольни (фотография Andy Hafner октябрь 2020 г.)

Рисунок 1.27 - Северо-западный вид с высоты полета (фотография Andy Hafner октябрь 2020 г.)

По другим данным, Храм в честь Ильи Пророка в селе Сугояк построен и освящен в 1868-1872 гг. Первоначально, церковь существовала как высокий пятиглавый бесстолпный четверик зимнего храма с пятигранной алтарной абсидой, которая, позже расширена боковыми приделами. В 1912 году к церкви пристроили обширную кирпичную трапезную с двухъярусной колокольней.

«В 1932 году местными органами самоуправления было принято решение об закрытии церкви и разрушение здания с помощью стенобитной машины, но всё, что им удалось сделать, это отбить местами штукатурку и сорвать кресты. По рассказам старожилов, советская власть не смогла полностью реквизировать церковное имущество, многие ценности были тайно вывезены церковнослужителями, а по другой версии, что церковное имущество спрятано где-то под зданием церкви, где был подземный ход, возможно, ведущий в поповский

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

дом, руины которого до сих пор находятся напротив церкви. Начало обрушенного подземного хода можно было видеть еще в конце XX в.

В советское время здание использовалось как овощной склад и гараж для техники. Помещение было относительно сухим, благодаря этому ещё довольно долго (до 1980-х гг.) виднелись на стенах остатки росписей. Сейчас их уже трудно разглядеть.» [1]

За годы использования здания в хозяйственных целях внутренняя объемно-планировочная структура была нарушена путем преобразования некоторых оконных проемов в дверные, а также расширением части существующих дверных проемов. К тому же в северном и южном приделах притвора и по всему периметру трапезной наблюдается частичное отсутствие кирпичей в несущих стенах, образующих прямоугольную форму – гнездо, предположительно, для крепления к стенам стеллажей и верстаков.

Местные жители сняли железные листы с куполов, вырвали часть ажурных решеток из окон, но часть таких решеток на окнах осталась; пропала одна из лежавших рядом с церковью мраморных кладбищенских плит. Церковь долгое время стоит под открытым небом. Крыша над трапезной обвалилась, росписи практически не сохранились.

Композицию церкви составляет двусветный четверик зимнего храма с четырёхлепестковым сомкнутым сводом, апсида с пятигранной крышей, летняя трапезная, западный притвором с двумя приделами и восьмигранной колокольной.

Перекрытие в алтаре разрушено, но по некоторым признакам можно считать, что в средней части был сомкнутый свод в сочетании с коробковым, в боковых комнатах совсем не удалось установить тип перекрытия. В храме высокий сомкнутый свод. В трапезной ребристое кирпичное перекрытие сводами Монье по металлическим балкам, которые опираются на продольные прогоны, каждый из которых поддерживается чугунной колонной. Своды Монье в строительной практике России они начали применяться во второй половине XIX века. Помещение под колокольной имеет коробовые сводики; в западном приделе перекрытия плоские.

Длина здания 45,5 м, ширина 20,95 м.

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

2 ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Обследование технического состояния здания (сооружения) – это комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих работоспособность объекта, подвергшегося обследованию, и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления, ремонта.

Для проведения реставрации проведено комплексное обследование технического состояния здания. На основании полученной информации выполнено заключение об эффективности возможной реставрации.

Обследование технического состояния зданий и сооружений должно проводиться в три этапа:

- подготовка к проведению обследования;
- предварительное (визуальное) обследование;
- детальное обследование.

2.1 Архитектурные обмеры памятника

Для подготовки к архитектурно-восстановительным работам по реставрации здания производились архитектурные обмеры церкви Илии Пророка, которые были произведены в октябре и ноябре 2020 года. Перед началом этих работ была изучена необходимая нормативная документация [2]. При проведении обмерных работ использовалась относительная система координат и высот, принятая для данного объекта. Измерения производились тахеометром, дальномером, рулетками, рейками. Полученные данные переносились на кроки (черновые зарисовки), которые являются основным документам полевой стадии работ. Далее результаты полевых работ переведены в электронный вид с помощью графических программ автоматизированного проектирования (AutoCAD), таким образом получены обмерные чертежи. Они выполнены в масштабе и приведены на листе 6. Размеры

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					08.03.01.2021.305-04.128	12

определены с точностью до целых сантиметров. Высоты и отметки зафиксированы в метрах с точностью до тысячных.

Обмеры произведены для установления достоверных формы, размеров и взаиморасположения функциональных частей данного здания и его конструктивных элементов. При обмерах выявлены места расположения дымовых каналов, продухов, размеры помещений, расположение отверстия под лаги, размеры арочных поёмов.

Далее были установлены и другие особенности исследуемого объекта, например, места и плоскости разрезов, места отклонения от вертикали и т.д. Все фрагменты (например, весь фасад или его обособленную часть) измеряют два раза, в двух направлениях. Фиксируются все проемы, выступы и заглабления обмеряемой плоскости. Фиксирование осей проемов необходимо устанавливать с особой тщательностью.

Внутренние обмеры выполнены в каждом отдельном помещении, а также проверены данные, полученные ранее. Для того чтобы наружные и внутренние измерения сошлись - оси в обоих случаях обмеров были точно зафиксированы в процессе измерений. Также важно установить места и толщину всех стен и перегородок. Это позволило получить более точные чертежи. При обмерах по облицованным покрытиям стен определяются толщины материалов, если есть места повреждений отделки, что наиболее часто встречается в зданиях, которые подлежат реставрации.

2.2 Графическая фиксация дефектов и разрушений

Чтобы составить заключение о техническом состоянии здания, имеющего деформации конструктивных элементов, было проведено обследование, так как сведений о предшествующих обследованиях здания (сохранившейся необходимой документации) мало или таковая отсутствует.

Из-за нарастания почвенно-растительного слоя грунта цокольная часть по всему периметру церкви скрыта. Штукатурный слой отсутствует большими участками. Вследствие повреждения гидроизоляции наблюдаются локальные трещины на фасадах. Имеются следы расслоения, выщелачивания солей раствора. Состояние фундаментов: работоспособное. Но при возведении колокольни

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				13

требуется выполнить мероприятия по усилению фундаментов. По всему периметру здания как конструктивный элемент отсутствует отмостка.

На основании результатов обследования, проведенного в соответствии с требованиями, составлены схема дефектов и разрушений фасадов (приложение Б), ведомость дефектов (приложение В) и графическая фиксация дефектов (Лист 5).

2.3 Фотофиксация существующего состояния здания

На основании полученных материалов по фотофиксации церкви (приложение А) было составлено заключение о техническом состоянии строительных конструкций.

В ходе обследования отмечено, что полностью отсутствует свод трапезной и алтарной части, ризницы у алтаря разрушены, приделы в храмовую часть церкви разрушены полностью.

Толщина несущих стен варьируется от 0,85 до 1,15 м, сложены из кирпича, изнутри практически отсутствует штукатурный слой. Большая часть всей поверхности стен не имеет штукатурного и окрасочного слоев; подвержена выветриванию кирпича, раствора; выпадению отдельных кирпичей кирпичной кладки. Северный, восточный и южный фасады имеют растесанные дверные и оконные проемы без заполнений, а также отсутствие оконных заполнений на всех фасадах.

При наружном осмотре выявлено разрушение частей декора фасадов, отсутствие ступеней у входа. Вследствие нарушения водослива у окон произошло разрыхление подоконных поясков и разрушение оконного декора, что нарушило архитектурный облик. Также наблюдается повсеместное выветривание раствора в кирпичной кладке.

При внутреннем осмотре обнаружено, что конструктивные элементы полов, ступеней у входа полностью отсутствуют. Своды подвержены многочисленным поражениям, так как кровля над трапезной, храмовой, алтарной частями, а также колокольня над притвором отсутствуют или имеют повреждения. Имеются обширные участки с растрескиванием, вздутием, отслоением или отсутствием

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

штукатурного и окрасочного слоев на стенах здания. Обнаружены места разрушения кирпичной кладки дверных и оконных проемов.

2.4 Исследование несущей способности кладки

Натурные обследования производятся с целью получения качественной оценки технического состояния объекта, это является важным этапом в процессе реставрации памятника архитектуры.

В результате визуального осмотра и детального обследования церкви составляется техническое заключение. Этот документ является средством для оценки изменений состояния здания во время реставрации, а также качества эксплуатации памятника. После того как произведено обследование, составляется исходная документация для проектирования конструкций, решений об их улучшении, усилении, замене.

Обследование выполнялось в октябре и ноябре 2020 года в соответствии с ГОСТ 31937—2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [3].

Заключение по совокупности дефектов строительных конструкций следующее: сооружение в предаварийном состоянии.

Для восстановления работоспособного состояния строительных конструкций необходимо произвести противоаварийные работы:

- реконструкция колокольни над притвором;
- восстановление и усиление сводчатых перекрытий притвора, трапезной, храма;
- реставрация всех стропильных конструкций крыши и кровли церкви;
- полномасштабная реставрация водосточной системы крыш;
- облицовка штукатурного слоя на стенах снаружи и внутри;
- локальная реставрация кирпичной кладки стен, карнизов, пилястр, декора, карнизных плит, а также ее усиление во всех оконных и дверных перемычках;
- реконструкция сводов, главок, крестов над храмом, колокольней;
- воссоздание оконных и дверных заполнений;
- восстановление полов первого этажа церкви;

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

- расчистка «культурного слоя» возле здания церкви для реконструкции отмостки по периметру здания;
- реконструкция входных групп (крыльца) с трёх сторон (северной, южной, западной).

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

3 АРХИТЕКТУРНО – СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Природно-климатические условия площадки строительства

- Зона влажности территории России в с. Сургояк, Красноармейский район, Челябинская область: зона 3 – сухая;
- влажностный режим помещения – нормальный;
- расчетная температура внутреннего воздуха равняется 18 °С;

За расчетную температуру внутреннего воздуха принято оптимальное значение температуры воздуха в помещениях церкви. Допустимое значение температуры внутреннего воздуха равняется 18 °С по [4].

- Условия эксплуатации ограждающих конструкций здания – А.

Расчетные параметры наружного воздуха представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Расчетные параметры наружного воздуха

Температура Наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92, °С	Период со среднесуточной температурой наружного воздуха, равной или ниже 8°С		Максимальная скорость ветра за январь, м/с
	Продолжительность, z, сут	Средняя температура, t, °С	
-34	218	-6,5	4,5

- Расчетное значение веса снегового покрова на 1м² поверхности земли по III Снеговому району составляет 1,8 Мпа;
- нормативное значение ветрового давления по II ветровому району - 0,3 кПа;
- глубина сезонного промерзания грунтов 1,9 м;
- Сейсмичность района – не выше 5 баллов;
- Рельеф местности – умеренный;
- Грунты – глинистые;
- Роза ветров для г. Челябинска определяется по Приложению 4 [5] и представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Роза ветров города Челябинск

Стороны свет		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	Повторяемость, %	7	3	2	7	20	38	10	13
	Средняя скорость, м/с	4,4	4,2	2,8	2,4	3,1	3,1	3,5	4,5
Июль	Повторяемость, %	20	12	7	5	7	12	12	25
	Средняя скорость, м/с	4,5	4,4	3,7	2,3	2,9	3,2	3,9	4,5

					08.03.01.2021.305-04.128				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					17

3.2 Градостроительный план участка

Объект реконструкции находится в селе Сугояк в 97 км от города Челябинск. Координаты церкви: 55°44'38.3" северной долготы; 62°03'42.5" восточной широты.

Вокруг здания храма имеется круговой обход для проведения Крестного хода во время церковных праздников шириной 3-6 м с площадкой шириной до 90 м против алтаря. Данный обход обеспечивает беспрепятственный проезд пожарной техники, согласно п. 6.19 СНиП 2.07.01-89* "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений" [6].

Подъездная дорога предусмотрена к западному (главному входу в храм) и южному фасаду церкви. Дороги, площадки и обход вокруг храма имеют травяное покрытие.

В непосредственной близости от здания отсутствуют инженерные коммуникационные системы, за исключением газопровода, проходящий в 100 м от выступающей части здания. Так как реставрируемый объект требует постоянного электроснабжения, то планируется использовать профессиональные дизельные электростанции мощностью от 10 кВт, в составе которой имеется профессиональный высокоресурсный двигатель.

Рисунок 3.1 – Фотография участка вокруг церкви

3.3 Объемно-планировочные решения здания

Был произведен типологический анализ церкви Илии Пророка и подобраны аналоги с целью восстановления утраченного исторического облика храма. В качестве источников информации использовались сеть интернет, «Атлас планов и фасадов церквей, иконостасов к ним и часовен» 1911 года выпуска, МДС 31.9-2003 «Православные храмы. Том 3. Примеры архитектурно-строительных решений» [7]. Поиск аналогов церквей производился в близлежащих областях к Челябинской области и в самой области.

В качестве архитектурно-конструктивного решения колокольни церкви были рассмотрены три церкви:

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

1. Богоявленская церковь в селе Семендяевское Тверской области;
2. Вознесенская церковь в деревне Вознесенье, Кашинского района Тверской области; Возведена в 1910 году.
3. Храм Рождества Пресвятой Богородицы, расположенный в Ландшафтном парке Пресвятой Богородицы Московской области; возведена в 1862-1868 годах, а колокольня завершена к 1877 году. Архитектором храма был Р.Т. Водо, колокольню спроектировал А.Н. Стратиллов.

В качестве внешнего облика стен колокольни и трапезной и устройство пятиглавого храма за основу была принята церковь Богоявленская церковь (рисунок 3.2).

Рисунок 3.2 – Богоявленская церковь

Внешний облик четырехлепесткового сомкнутого свода храма и восьмигранной колокольни был принят в аналогии с Вознесенской церковью (рисунок 3.3).

Рисунок 3.3 – Вознесенская церковь

В качестве архитектурно-планировочного решения купола и пятиглавой крыши над храмом принята в соответствии с храмом Покрова Пресвятой Богородицы (рисунки 3.4 и 3.5).

Рисунок 3.4 – Храм Рождества Пресвятой Богородицы

Рисунок 3.5 - Храм Рождества Пресвятой Богородицы

Данные церкви были выбраны за аналоги по причине их схожести в архитектурно-планировочном решении: наличие подобных элементов облицовки окон, схожие внешние облики, и т.д.

Планировочное решение церкви - четырехчастная продольно-осевая композиция, состоящая из апсиды, храма, трапезной, притвора. К объему апсиды с севера примыкает ризница, а с юга – помещения для хранения церковной утвари. Сама апсида завершена многоскатной крышей и увенчана одной большой луковичной главой на глухом барабане.

К объему четверика собственно храма примыкает с востока апсида, а с запада трапезная, соединяющая храм с притвором и расположенной над ней колокольней; Ядро композиции - бесстолпный храм с алтарной частью в виде значительно

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

выступающей полукруглой апсиды с двумя оконными проемами и приделами с южной и северной стороны. Храм был завершен бесстолпным сомкнутой кирпичным сводом и крышей, увенчанной одной большой луковичной главой на глухом барабане. Четыре небольшие луковичные главы на шейках расположены на углах кровли четверика.

Трапезная с двумя алтарями в восточной части завершена кирпичными сводами Монье по металлическим балкам и многоскатной крышей, увенчанной одной большой луковичной главой на глухом барабане и двумя небольшими луковичными главами на шейках расположены на углах кровли с восточной стороны.

Над притвором располагается двухъярусная колокольня, сам притвор прямоугольный в плане, а верхние ярусы решены как «восьмерик на четверике». Восьмерик яруса звона с высокими арочными проемами завершен шатром со шпилем, подкрестным яблоком и восьмиконечным православным крестом.

Обобщенные сведения об объемно-планировочном решении церкви Илии Пророка приведены в следующей таблице:

Таблица 3.3– Объемно-планировочные решения церкви Илии Пророка

Объекты объемно-планировочных решений	Решения
Количество нефов	Однонефный
Количество столпов	Бесстолпный
Структура плана	Четырехчастная: алтарь - храм – трапезная – притвор с колокольней
Форма плана	Корабельная
Расположение приделов	С севера и юга притвора и апсиды
Расположение колокольни (звонницы)	Надстроена над притвором
Расположение апсиды	Пристроена с восточной стороны
Расположение хоров	Отсутствуют
Форма кровельного покрытия	Колокольня – восьмискатная; притвор – двухскатная; трапезная – многоскатная (12); храм – четырехскатная;

	апсида – трехскатная;
Количество глав в завершении	Притвор – одна глава; Трапезная – три главы; Храм – пять глав; Апсида – одна глава.
Количество этажей (ярусов)	Один
Размеры здания в плане: длина - 45,48 м; ширина – 20,93 м.	
За относительную отметку 0,000 принят уровень чистого пола первого этажа.	

3.4 Конструктивные решения здания

Фундаменты:

В здании применены ленточные фундаменты. Фундамент состоит из двух частей: стены фундамента и подошвы

Стены фундамента выполнены из глиняного сплошного кирпича на известково-песчаном растворе. Подошва фундамента выполнена из бута на известково-песчаном растворе. В стенах фундамента предусмотрены отверстия для проветривания подпольной части и перемещения теплого воздуха для отопления здания.

Стены:

Стены и арки выполнены из глиняного обыкновенного сплошного кирпича на известково-песчаном растворе. Толщина наружных стен от 0,85 до 1,15 м.

Перекрытия:

Притворная часть храма перекрыта парусным сводом. Трапезная перекрыта сводами Монье по металлическим балкам. Приделы к притвору перекрыты коробовыми сводами. Второй уровень трапезной выполняется из деревянных ферм. Крестово-купольный храм перекрыт четырехлепестковым сомкнутым сводом. Приделы к крестово-купольному храму перекрыты цилиндрическими сводами. Апсида перекрыта конхой. Перекрытия в колокольне из досок по деревянным балкам.

Кровля:

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

Покрытие шатра над колокольной выполняется из стальной кровли с металлическими замками по деревянной обрешетке. Также над трапезной необходимо выполнить покрытие из стальных листов по деревянной обрешетке многоскатной деревянной фермы. Над крестово-купольной частью храма выполнить покрытие из стальных листов по деревянному каркасу деревянных ферм. Над апсидой необходимо сделать покрытие из стальных листов по деревянному каркасу конхи. Над трапезной выполнить стропильную деревянную систему с покрытием из кровельных картин

Полы:

Напольное покрытие следует выполнить из керамогранита толщиной 30 мм, который укладывается на цементно-песчаную стяжку толщиной не менее 70 мм. Нижние слои полов состоят из утеплителя – минеральной ваты толщиной 200 мм и железобетонного перекрытия толщиной не менее 150 мм, которое укладывается на специальное основание из бетона В10 или В15 или на щебеночное основание.

Пол алтарной части поднять над общим уровнем пола на 200 миллиметров. Кроме этого, следует предусмотреть отверстия для поступления теплого воздуха от печей. Кроме того, необходимо предусмотреть в полах храма гидроизоляцию, пароизоляцию и теплоизоляцию.

Лестницы:

Лестница располагается в притворной части здания. Она необходима для возможности перемещения на второй уровень колокольной части, чердака трапезной части. Лестницу изготовить деревянной, шириной 800 мм. Предусмотреть поручни для безопасного подъема и спуска, а также пространство между маршами в 100 мм по требованиям пожарной безопасности. Лестничные площадки выполнить деревянными с опиранием на стены здания. На площадках предусмотреть перила для безопасности движения по ним.

Система отопления, вентиляции и кондиционирования

Спроектирована система отопления трапезной - теплый пол совместно с конвекторами, в остальных помещениях используются только конвекторы «ИзоТерм» под каждым световым проемом.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		22

Вентиляция спроектирована естественная, приточно-вытяжная во всех помещениях, воздухораспределительные решетки АМН прокладываются в стенах, приток воздуха в приточной системе вентиляции происходит по каналам внутри наружных ограждающих конструкций, вытяжная вентиляция производится по каналам внутри стен во внутренних помещениях.

Спроектирована отдельно стоящая газовая котельная в 10 метрах от южного фасада, с распределением тепловой мощности на конвекторное отопление (Т1 и Т2), на отопление с помощью теплых полов (Т3 и Т4).

3.5 Теплотехнический расчет ограждающей конструкции (наружная стена)

3.5.1 Исходные данные

- Район строительства – село Тургойк, Красноармейский район, Челябинская область;
- Зона влажности – сухая (по Приложению В [8]);
- Расчётные параметры наружного воздуха:
 - температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [9] $t_n = -32 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - период со среднесуточной температурой воздуха равной или ниже $8 \text{ }^\circ\text{C}$: продолжительность, в сутках $Z_{от}$ равняется 212, средняя температура $t_{от}$ равняется $-6,6 \text{ }^\circ\text{C}$ [9];
 - влажностный режим помещений – нормальный;
 - температурный режим внутри помещения t_v равняется $+ 18 \text{ }^\circ\text{C}$ (категория помещения 3В [4]);
 - условия эксплуатации ограждающих конструкций – А.

Приведённое сопротивление теплопередаче R_0 ограждающих конструкций следует принимать не менее нормируемых значений $R_{0 \text{ норм}}$, определяемых по таблице 3 [8] в зависимости от градусо-суткоотопительного периода района строительства ГСОП, $\frac{^\circ\text{C}\cdot\text{сут}}{\text{год}}$.

3.5.2 Расчет из условий энергосбережения

Градусо-сутки, $\frac{^\circ\text{C}\cdot\text{сут}}{\text{год}}$, рассчитываются по следующей формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_v - t_{от})Z_{от} \quad (3.1)$$

						Лист
					08.03.01.2021.305-04.128	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

$$\text{ГСОП} = (18 - (-6,6)) \cdot 212 = 5212,2 \frac{\text{°C} \cdot \text{сут}}{\text{год}}$$

Требуемое сопротивление теплопередаче для стен определяется по формуле:

$$R_0^{\text{ТР}} = a \cdot \text{ГСОП} + b \quad (3.2)$$

где a и b – коэффициенты, определяемые по таблице 3 [8]. Принимаем согласно п.2 таблицы 3 [8] a для стен равным 0,0003, b равным 1,2.

$$R_0^{\text{НОРМ}_1} = 0,0003 \cdot 5212,2 + 1,2 = 2,7637 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

3.5.3 Расчет по санитарно-гигиеническим и комфортным параметрам

Нормируемое значение сопротивление теплопередаче стен в случае реконструкции зданий, для которых по архитектурным или историческим причинам невозможно утепление стен снаружи определяется по следующей формуле:

$$R_0^{\text{НОРМ}_2} = \frac{t_{\text{В}} - t_{\text{Н}}}{\Delta t_{\text{Н}} \cdot \alpha_{\text{В}}} \quad (3.3)$$

где $\Delta t_{\text{Н}}$ – нормируемый перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции °C; принимается по таблице 5 [8];

$\alpha_{\text{В}}$ – коэффициент теплопередачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт·°C; принимается по таблице 4 [8].

$$R_0^{\text{НОРМ}_2} = \frac{18 - (-32)}{4,5 \cdot 8,7} = 1,2771 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

3.5.4 Сопротивление теплопередаче

Условное сопротивление теплопередачи конструкции определяется по следующей формуле:

$$R_0^{\text{ПРИВ}} = \frac{1}{\alpha_{\text{В}}} + \sum R_s + \frac{1}{\alpha_{\text{Н}}} \quad (3.4)$$

где $\alpha_{\text{Н}}$ – коэффициент теплопередачи наружной поверхности ограждающей конструкции (стены), $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$; принимается по таблице 6 [8];

R_s – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента, $\frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$; определяется для материальных слоев по следующей формуле:

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					08.03.01.2021.305-04.128	24

$$R_s = \gamma_s^{усл} \cdot \frac{\delta_s}{\lambda_s} \quad (3.5)$$

где $\gamma_s^{усл}$ – коэффициент условий эксплуатации материала слоя, доли единицы; принимаем равным 1;

δ_s – толщина слоя, м;

λ_s – расчетная теплопроводность материала слоя, $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$; при отсутствии данных принимается согласно приложению Т [8].

Так как во всех частях здания толщина стен δ_s меняется, то необходимо произвести расчет для каждой стены отдельно.

3.5.5 Расчет температурного поля в многослойной конструкции

Температура на границе слоя определяется по формуле:

$$t_x = t_B - \frac{t_1 - t_2}{\sum R} R_x \quad (3.6)$$

где $\sum R$ – сумма сопротивлений слоев конструкции, $\frac{м \cdot ^\circ C}{Вт}$;

$\frac{t_1 - t_2}{\sum R}$ – тепловой поток q ;

R_x – сопротивление слоя конструкции, $\frac{м \cdot ^\circ C}{Вт}$;

$$\frac{x}{\delta_{i-x}} = \frac{|t'_H|}{|t'_B|} \quad (3.7)$$

3.5.6 Сопротивление теплопередачи стены притвора

В таблице 3.4 приведены параметры для стены притвора.

Таблица 3.4 – Теплотехнические характеристики материалов стен притвора

№ слоя	Материал слоя	Толщина слоя, м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)	Удельный вес γ , кг/м ³
1	Известково-песчаный раствор (ИПР)	0,04	0,78	1600
2	Кирпич полнотельный	0,77	0,81	1800

3	Известково-песчаный раствор (ИПР)	0,04	0,78	1600
---	-----------------------------------	------	------	------

Сопротивление стен притвора будет по формуле (3.4) составлять:

$$R_0^{\text{прив}} = \frac{1}{8,7} + 1 \cdot \frac{0,77}{0,81} + 2 \cdot \frac{0,04}{0,78} + \frac{1}{23} = 1,2116 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Состав стены представлен на рисунке 3.7

Рисунок 3.7 – конструктивный состав стены притвора

Стена как наружная ограждающая конструкция должна соответствовать следующим требованиям:

1. Приведенное сопротивление теплопередаче должно быть больше или равно нормируемого:

$$R_0^{\text{прив}} \geq R_0^{\text{норм}}$$

$$1,2116 \leq 2,7637$$

Из этого следует, что данный состав стены не удовлетворяет требованиям.

2. Расчетному температурному перепаду Δt_o между температурой внутреннего воздуха (t_v) и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции ($\Delta \tau_{\text{НОК}}$).

Расчетный температурный перепад (Δt_o) определяется по формуле:

$$\Delta t_o = \frac{n(t_v - t_n)}{R_0 \cdot \alpha_v} \quad (3.8)$$

$$\Delta t_o = \frac{1(18 - (-32))}{1,2116 \cdot 8,7} = 4,7434 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Расчетный температурный перепад должен соответствовать следующему требованию:

$$\Delta t_o \leq \Delta t_n$$

$$4,7434 \geq 4,5$$

Из этого следует, что данный состав стены не удовлетворяет требованиям.

3. Минимальная температура на всех участках внутренней поверхности наружных ограждений (τ_v) при расчетных условиях внутри помещения (t_v и ϕ_v) должна быть большей или равной температуре точки росы (t_d):

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

$$\tau_B \geq t_d$$

где t_d - температура точки росы, °С; принимается равной 8,84°С при влажности 55% и внутренней температуре помещения равной 18 °С.

Минимальная температура на всех участках внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции определяется по следующей формуле:

$$\tau_B = t_B - \Delta t_0 \quad (3.9)$$

$$\tau_B = 18 - 4,7434 = 13,2566$$

$$13,2566 \geq 8,84$$

Из расчетов по требуемым теплотехническим параметрам стены следует, что не выполняются условия приведенного сопротивления теплопередаче и расчетный перепад температур между внутренней и наружной поверхностью стены. Это устраняется добавлением слоя утеплителя в конструктивный состав стены, однако из-за архитектурных и исторических причин добавление слоя утеплителя не предоставляется возможным. Таким образом не соответствие стены притвора теплотехническим требованиям следует компенсировать дополнительной нагрузкой на систему отопления.

Также необходимо определить температурный поток (рисунок 3.8)

Рисунок 3.8 – Схема температурного потока стены притвора

Сопротивление материала слоев R составляет:

$$R_1 = R_3 = \frac{0,04}{0,78} = 0,0513 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$$

$$R_2 = \frac{0,77}{0,81} = 0,9059 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$$

Общее сопротивление стены составляет:

$$\sum R = 0,0513 + 0,9059 + 0,0513 = 1,0532 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$$

Температуры на границах слоев составляют:

$$t_1 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,2116} \cdot \frac{1}{8,7} = 13,26 \text{ °С}$$

$$t_2 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,2116} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,0513 \right) = 11,14 \text{ °С}$$

$$t_3 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,2116} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,0513 + 0,9059 \right) = -28,09 \text{ °С}$$

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

$$t_4 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,2116} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,0513 + 0,9059 + 0,0513 + \frac{1}{23} \right) = -32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Следовательно, точка промерзания конструкции находится в толще кирпичный слоя стены, при этом по формуле (3.7) толщина не промерзающей толщи будет составлять:

$$\frac{x}{0,85 - x} = \frac{|28,09|}{|11,14|}$$

Из уравнения следует, что x равняется 0,5513 м.

Таким образом глубина промерзания составляет:

$$\delta_{\text{пр}} = 0,04 + (0,77 - 0,5513) = 0,2587 \text{ м}$$

На рисунке 3.9 представлен температурный поток стены притвора

Рисунок 3.9 – Температурный поток стены притвора

3.5.7 Сопротивление теплопередачи стены трапезной

В таблице 3.5 приведены параметры для стены трапезной.

Таблица 3.5 – Теплотехнические характеристики материалов стен трапезной

№ слоя	Материал слоя	Толщина слоя, м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)	Удельный вес γ , кг/м ³
1	Известково-песчаный раствор (ИПР)	0,04	0,78	1600
2	Кирпич полнотелый	0,85	0,81	1800
3	Известково-песчаный раствор (ИПР)	0,04	0,78	1600

Сопротивление стен трапезной будет по формуле (3.4) составлять:

$$R_0^{\text{прив}} = \frac{1}{8,7} + 1 \cdot \frac{0,85}{0,81} + 2 \cdot \frac{0,04}{0,78} + \frac{1}{23} = 1,3104 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Состав стены представлен на рисунке 3.10

Рисунок 3.10 – конструктивный состав стены трапезной

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				28

Стена как наружная ограждающая конструкция должна соответствовать следующим требованиям:

1. Приведенное сопротивление теплопередаче должно быть больше или равно нормируемого:

$$R_0^{\text{прив}} \geq R_0^{\text{норм}}$$
$$1,3104 \leq 2,7637$$

Из этого следует, что данный состав стены не удовлетворяет требованиям.

2. Расчетному температурному перепаду Δt_o между температурой внутреннего воздуха (t_b) и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции ($\Delta \tau_{\text{НОК}}$).

Расчетный температурный перепад (Δt_o) определяется по формуле:

$$\Delta t_o = \frac{n(t_b - t_n)}{R_0 \cdot \alpha_b} \quad (3.8)$$
$$\Delta t_o = \frac{1(18 - (-32))}{1,3104 \cdot 8,7} = 4,3859 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Расчетный температурный перепад должен соответствовать следующему требованию:

$$\Delta t_o \leq \Delta t_n$$
$$4,3859 \leq 4,5$$

Из этого следует, что данный состав стены удовлетворяет требованиям.

3. Минимальная температура на всех участках внутренней поверхности наружных ограждений (τ_b) при расчетных условиях внутри помещения (t_b и ϕ_b) должна быть большей или равной температуре точки росы (t_d):

$$\tau_b \geq t_d$$

где t_d - температура точки росы, $^\circ\text{C}$; принимается равной $8,84^\circ\text{C}$ при влажности 55% и внутренней температуре помещения равной 18°C .

Минимальная температура на всех участках внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции определяется по следующей формуле:

$$\tau_b = t_b - \Delta t_o \quad (3.9)$$
$$\tau_b = 18 - 4,3859 = 13,6141 \text{ } ^\circ\text{C}$$
$$13,6141 \geq 8,84$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		29

Из расчетов по требуемым теплотехническим параметрам стены следует, что не выполняется условие приведенного сопротивления. Это устраняется добавлением слоя утеплителя в конструктивный состав стены, однако из-за архитектурных и исторических причин добавление слоя утеплителя не предоставляется возможным. Таким образом не соответствие стены трапезной теплотехническим требованиям следует компенсировать дополнительной нагрузкой на систему отопления.

Также необходимо определить температурный поток (рисунок 3.11)

Рисунок 3.11 – Схема температурного потока стены притвора

Сопротивление материала слоев R составляет:

$$R_1 = R_3 = \frac{0,04}{0,78} = 0,0513 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

$$R_2 = \frac{0,85}{0,81} = 1,0494 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

Общее сопротивление стены составляет:

$$\sum R = 0,0513 + 1,0494 + 0,0513 = 1,1519 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

Температуры на границах слоев составляют:

$$t_1 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,3104} \cdot \frac{1}{8,7} = 13,61 \text{ °C}$$

$$t_2 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,3104} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,0513 \right) = 11,66 \text{ °C}$$

$$t_3 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,3104} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,0513 + 1,0494 \right) = -28,38 \text{ °C}$$

$$t_4 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,3104} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,0513 + 1,0494 + 0,0513 + \frac{1}{23} \right) = -32 \text{ °C}$$

Следовательно точка промерзания конструкции находится в толще кирпичного слоя стены, при этом по формуле (3.7) толщина не промерзающей толщи будет составлять:

$$\frac{x}{0,93 - x} = \frac{|28,38|}{|11,66|}$$

Из уравнения следует, что x равняется 0,6593 м.

Таким образом глубина промерзания составляет:

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					08.03.01.2021.305-04.128	30

$$\Delta t_o = \frac{1(18 - (-32))}{1,3598 \cdot 8,7} = 4,2266 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Расчетный температурный перепад должен соответствовать следующему требованию:

$$\begin{aligned} \Delta t_o &\leq \Delta t_n \\ 4,2266 &\leq 4,5 \end{aligned}$$

Из этого следует, что данный состав стены удовлетворяет требованиям.

3. Минимальная температура на всех участках внутренней поверхности наружных ограждений (τ_B) при расчетных условиях внутри помещения (t_B и ϕ_B) должна быть большей или равной температуре точки росы (t_d):

$$\tau_B \geq t_d$$

где t_d - температура точки росы, $^\circ\text{C}$; принимается равной $8,84^\circ\text{C}$ при влажности 55% и внутренней температуре помещения равной 18°C .

Минимальная температура на всех участках внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции определяется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} \tau_B &= t_B - \Delta t_o & (3.9) \\ \tau_B &= 18 - 4,2266 = 13,7734 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 13,7734 &\geq 8,84 \end{aligned}$$

Из расчетов по требуемым теплотехническим параметрам стены следует, что не выполняется условие приведенного сопротивления. Это устраняется добавлением слоя утеплителя в конструктивный состав стены, однако из-за архитектурных и исторических причин добавление слоя утеплителя не предоставляется возможным. Таким образом не соответствие стены трапезной теплотехническим требованиям следует компенсировать дополнительной нагрузкой на систему отопления.

Также необходимо определить температурный поток (рисунок 3.11)

Рисунок 3.11 – Схема температурного потока стены храма

Сопротивление материала слоев R составляет:

$$\begin{aligned} R_1 = R_3 &= \frac{0,04}{0,78} = 0,0513 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \\ R_2 &= \frac{0,89}{0,81} = 1,0988 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \end{aligned}$$

Общее сопротивление стены составляет:

$$\sum R = 0,0513 + 1,0988 + 0,0513 = 1,2013 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				08.03.01.2021.305-04.128	32

Температуры на границах слоев составляют:

$$t_1 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,3598} \cdot \frac{1}{8,7} = 13,77 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,3598} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,0513 \right) = 11,89 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,3598} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,0513 + 1,0988 \right) = -28,52 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_4 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,3598} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,0513 + 1,0988 + 0,0513 + \frac{1}{23} \right) = -32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Следовательно, точка промерзания конструкции находится в толще кирпичного слоя стены, при этом по формуле (3.7) толщина не промерзающей толщи будет составлять:

$$\frac{x}{0,97 - x} = \frac{|28,52|}{|11,89|}$$

Из уравнения следует, что x равняется 0,6846 м.

Таким образом глубина промерзания составляет:

$$\delta_{пр} = 0,04 + (0,89 - 0,6846) = 0,2454 \text{ м}$$

На рисунке 3.12 представлен температурный поток стены притвора

Рисунок 3.12 – Температурный поток стены храма

3.5.9 Сопротивление теплопередачи стены апсиды

В таблице 3.7 приведены параметры для стены апсиды.

Таблица 3.7 – Теплотехнические характеристики материалов стен апсиды

№ слоя	Материал слоя	Толщина слоя, м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)	Удельный вес γ , кг/м ³
1	Известково-песчаный раствор (ИПР)	0,04	0,78	1600
2	Кирпич полнотелый	0,66	0,81	1800
3	Известково-песчаный раствор (ИПР)	0,04	0,78	1600

Сопротивление стен трапезной будет по формуле (3.4) составлять:

$$R_0^{\text{прив}} = \frac{1}{8,7} + 1 \cdot \frac{0,66}{0,81} + 2 \cdot \frac{0,04}{0,78} + \frac{1}{23} = 1,0758 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				33

Состав стены представлен на рисунке 3.10

Рисунок 3.10 – конструктивный состав стены храма

Стена как наружная ограждающая конструкция должна соответствовать следующим требованиям:

1. Приведенное сопротивление теплопередаче должно быть больше или равно нормируемого:

$$R_0^{\text{прив}} \geq R_0^{\text{норм}}$$
$$1,0758 \leq 2,7637$$

Из этого следует, что данный состав стены не удовлетворяет требованиям.

2. Расчетному температурному перепаду Δt_o между температурой внутреннего воздуха (t_v) и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции ($\Delta \tau_{\text{нок}}$).

Расчетный температурный перепад (Δt_o) определяется по формуле:

$$\Delta t_o = \frac{n(t_v - t_n)}{R_0 \cdot \alpha_v} \quad (3.8)$$
$$\Delta t_o = \frac{1(18 - (-32))}{1,0758 \cdot 8,7} = 5,3422 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Расчетный температурный перепад должен соответствовать следующему требованию:

$$\Delta t_o \leq \Delta t_n$$
$$5,3422 \leq 4,5$$

Из этого следует, что данный состав стены удовлетворяет требованиям.

3. Минимальная температура на всех участках внутренней поверхности наружных ограждений (τ_v) при расчетных условиях внутри помещения (t_v и ϕ_v) должна быть большей или равной температуре точки росы (t_d):

$$\tau_v \geq t_d$$

где t_d - температура точки росы, $^\circ\text{C}$; принимается равной $8,84^\circ\text{C}$ при влажности 55% и внутренней температуре помещения равной 18°C .

Минимальная температура на всех участках внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции определяется по следующей формуле:

$$\tau_v = t_v - \Delta t_o \quad (3.9)$$
$$\tau_v = 18 - 5,3422 = 12,6578 \text{ } ^\circ\text{C}$$
$$12,6578 \geq 8,84$$

Из расчетов по требуемым теплотехническим параметрам стены следует, что не выполняется условие приведенного сопротивления. Это устраняется

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				08.03.01.2021.305-04.128	34

добавлением слоя утеплителя в конструктивный состав стены, однако из-за архитектурных и исторических причин добавление слоя утеплителя не предоставляется возможным. Таким образом не соответствие стены трапезной теплотехническим требованиям следует компенсировать дополнительной нагрузкой на систему отопления.

Также необходимо определить температурный поток (рисунок 3.11)

Рисунок 3.11 – Схема температурного потока стены апсиды

Сопротивление материала слоев R составляет:

$$R_1 = R_3 = \frac{0,04}{0,78} = 0,0513 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

$$R_2 = \frac{0,66}{0,81} = 0,8148 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

Общее сопротивление стены составляет:

$$\sum R = 0,0513 + 0,8148 + 0,0513 = 0,9174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

Температуры на границах слоев составляют:

$$t_1 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,3598} \cdot \frac{1}{8,7} = 12,66 \text{ °C}$$

$$t_2 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,3598} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,0513 \right) = 10,27 \text{ °C}$$

$$t_3 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,3598} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,0513 + 0,8148 \right) = -27,60 \text{ °C}$$

$$t_4 = 18 - \frac{18 - (-32)}{1,3598} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,0513 + 0,8148 + 0,0513 + \frac{1}{23} \right) = -32 \text{ °C}$$

Следовательно точка промерзания конструкции находится в толще кирпичного слоя стены, при этом по формуле (3.7) толщина не промерзающей толщи будет составлять:

$$\frac{x}{0,74 - x} = \frac{|27,60|}{|10,27|}$$

Из уравнения следует, что x равняется 0,5393 м.

Таким образом глубина промерзания составляет:

$$\delta_{\text{пр}} = 0,04 + (0,74 - 0,5383) = 0,1607 \text{ м}$$

На рисунке 3.12 представлен температурный поток стены притвора

Рисунок 3.12 – Температурный поток стены храма

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				08.03.01.2021.305-04.128	35

4 РАСЧЕТНО – КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ

В рамках данного раздела произведен расчет несущей способности стены и трапезной, а также определение исходных характеристик прочности кладки и основания. Перед выполнением данного расчета проектом предусмотрено определение сопротивления кладки при сжатии эмпирическим методом.

4.1 Определение предела прочности кирпича при сжатии и чистом изгибе

В ходе выполнения обследования технического состояния церкви были проведены лабораторные испытания образцов кирпичей с целью определения их прочностных характеристик по [10]. Были взяты элементы кирпичной кладки из нижнего яруса стен, а также проба кладочного раствора. Испытания были проведены студентами группы АС-422 Филатовым И.В., Сычёвой В.В. и Клиштой Д.С. в лаборатории кафедры «Строительные материалы» ЮУрГУ под руководством заведующего лабораторией Кожухова Сергея Ивановича.

Предел прочности кирпичей при сжатии и изгибе был определен в соответствии с [11].

Подготовка к испытаниям:

1. Были отобраны образцы для испытаний;
2. исследуемые образцы кирпичей были очищены от пыли и остатков раствора, так как это могло повлиять на корректность измерений в ходе испытаний;

Рисунок 4.1 – Подготовка образцов кирпичей к испытаниям Филатовым И.В. и Клиштой Д.С. (фотография Сычёва В.В. 17.02.2021)

3. измерение геометрических и физических параметров таких, как вес, длина, ширина и высота;

Рисунок 4.2 – Измерение веса кирпичей (фотография Сычёва В.В. 17.02.2021)

4. проверка образцов на соответствие требованиям нормативно-технической документации на испытания кирпичей, в установленном порядке;
5. проведение опытов на изгиб кирпичей на прессе лаборатории строительных материалов ЮУрГУ (НИУ) марки ЗИМ, тип П – 10, № 2588 в соответствии с ГОСТ 8905-73. В местах опирания и приложения нагрузки опорная

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					08.03.01.2021.305-04.128	36

поверхность выравнивалась с помощью применения войлочных прокладок.

Сами испытания проводятся на целых образцах кирпича;

6. после проведения испытаний на изгиб были получены по две половинки каждого образца, которые в соответствии с [10] допускается использовать для дальнейших испытаний на сжатии при соответствующей подготовке образцов;

Рисунок 4.3 – Получение половинок кирпича (фотография Филатов И.В.

17.02.2021)

7. подготовка образцов для испытаний на сжатие: две половинки одного образца укладываются друг на друга постелями и размещаются поверхностями раздела в противоположные стороны, создавая перевязку швов;
8. При подготовке образцов следует выровнять поверхности кирпичей, которые располагались перпендикулярно направлению сжимающей нагрузки в испытательной установке.

Рисунок 4.4 - Изготовление образцов для испытаний на сжатие (фотография

Сычёва В.В. 17.02.2021)

9. Образцы для испытаний на сжатие из двух половинок кирпичей, скрепленных цементно-песчаным раствором, были изготовлены в следующей последовательности:
 - Предварительно был изготовлен цементно-песчаный раствор из цемента марки 400 и песка, просеянного через сито № 0,25, в соотношении 1:2, при этом водоцементное отношение равнялось 0,4 ($V/C = 0,40$);
 - На постели получившихся половинок укладывается получившийся раствор толщиной не более 10 мм. Лишний раствор удаляется, а нижняя и верхняя поверхность образца, на которую нанесен раствор – выравнивается. Отклонение от параллельности выровненных поверхностей образца, определяемых как разность высот, не должно превышать 2 мм.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		37

- После этого следует поместить образцы в помещение со специальными условиями (температура $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ и относительная влажность воздуха 60-80%) на срок не менее 7 суток.

4.2 Проведение испытаний

1. Определение геометрических параметров образцов.

Геометрические размеры образцов были измерены с погрешностью до 1 мм. Каждый линейный размер образца вычисляется как среднее арифметическое значение результатов измерений двух средних линий противоположащих поверхностей образца. Для определения длины и ширины изделий замеры производились в трех местах – по ребрам и середине постели, толщины изделий – середине тычка и ложка. За конечный результат принимается разность наибольшего и наименьшего из измеренных значений (табл.4.1).

2. Испытание образцов на изгиб.

Образец установили на двух опорах пресса (рис. 4.5, 4.6). Нагрузка прикладывается в середине пролета и равномерно распределяется по ширине образца согласно чертежу. Нагрузка на образец возрастает непрерывно и равномерно со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20-60 с. после начала испытания.

Рисунок 4.5 – Схема испытания кирпича на изгиб

Рисунок 4.6 – Проведение испытаний на изгиб (фотография Сычёва В.В.)

3. Испытание образцов на сжатие.

На боковые поверхности образца наносятся вертикальные осевые линии. Образец устанавливается в центре плиты испытательной машины пресса кафедры строительных материалов ЮУрГУ (НИУ) марки MATEST, тип H011 в соответствии с ГОСТ 8905 (рис.4.7), совмещая геометрические оси образца и плиты, затем прижимается верхней плитой гидравлического пресса. Нагрузка на образцы возрастает непрерывно и равномерно со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20-60 с. после начала испытания.

Рисунок 4.7 – Проведение испытаний на сжатие (фотография Филатов И.В.)

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					08.03.01.2021.305-04.128	38

Рисунок 4.8 – Трещинообразование кирпича в результате исследований

(фотография Филатов И.В.)

Предел прочности на сжатии $R_{сж}$, МПа ($\frac{кгс}{см^2}$), образца вычисляется по следующей формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{F} \quad (4.1)$$

где P – разрушающая нагрузка, установленная в ходе лабораторных испытаний образца, МН (кгс);

F – площадь поверхности опирания образца; определяется как среднее арифметическая величина верхней и нижней площадей его поверхности, $м^2$ ($см^2$).

Предел прочности при изгибе $R_{изг}$, МПа ($\frac{кгс}{см^2}$), образца вычисляется по следующей формуле:

$$R_{изг} = \frac{3P \cdot l}{2b \cdot h^2} \quad (4.2)$$

где P – наибольшая нагрузка, полученная при испытании образца, МН (кгс);

l – расстояние между осями опор, м;

b – ширина образца, м;

h – высота образца посередине пролета без выравнивающего слоя, м;

Таким образом, предел прочности при изгибе образцов в партии вычисляется с точностью до 0,05 МПа ($0,5 \frac{кгс}{см^2}$) как среднее арифметическое значение результатов испытаний установленного числа образцов.

При вычислении предела прочности при изгибе образцов в партии не учитывались образцы, пределы прочности которых имеют отклонение от среднего значения предела прочности всех образцов более чем на 50% и не более чем по одному образцу в каждую сторону. Вычисленные прочностные характеристики записаны в соответствующую таблицу (табл.4.2).

Таблица 4.1 – Исходные данные при испытаниях

№ образца	Размеры, см			Масса, кг	Плотность ρ , $\frac{кг}{см^3} \cdot 10^{-6}$	F, $см^2$	l, см	R _{изг} , кг	R _{сж} , кН
	l	b	h						
1	26	12	7	3,650	1671,2	126,5	20	280	59,5
2	25	13	6,5	4,015	1900,6	137,5	20	390	96,7
3	26	13,5	7	4,355	1772,5	144	20	250	45,4

4	24,5	12	6,5	3,485	1823,7	138	20	220	43
5	25	12	6,5	3,780	1938,5	63	20	240	32,4

Таблица 4.2 – Определение прочностных характеристик

№ образца	R _{изг} , кг	R _{сж} , кН	R _{изг} , кг/см ²	R _{изг} , МПа	R _{сж} , кг/см ²	R _{сж} , МПа
1	280	59,5	18,5714	1,8571	0,4704	4,7036
2	390	96,7	26,6272	2,6627	0,7033	7,0327
3	250	45,4	14,7392	1,4739	0,3153	3,1528
4	220	43	15,9467	1,5947	0,3116	3,1159
5	240	32,4	17,7515	1,7751	0,5143	5,1429
Итог			20,6832	2,0683	0,5093	5,0928

Испытания раствора на сжатие производится аналогично, в той же технологической последовательности, которая приведена выше, а результаты приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – результаты испытания раствора стен на сжатие

№ образца	Размеры		R _{сж} , кгс/см ²	R _{сж} , МПа
	Площадь, см ²	толщина, см		
1	26,17	0,6	65,7241	6,44096
2	23,55	0,9	49,2569	4,82718
3	14,13	0,9	76,4331	7,49045
4	28,26	0,9	71,4791	7,00495
5	28,26	0,7	65,1097	6,38075
Среднее арифметическое			65,60	6,42886

Таким образом раствор соответствует современной марке растворов М75, который применяется в строительстве без ограничений и применяется в том числе для кладки несущих кирпичных стен.

4.2 Статистическое определение прочности кладки по результатам обследования каменных стен методом неразрушающего контроля.

В целях наиболее полного и точного технического обследования церкви Илии Пророка также входит статистическое определение требуемых расчетных характеристик кладки несущих стен с помощью прибора неразрушающего контроля методом импульсного удара по «» [10] и математического аппарата. Данная операция необходима, так как показания прибора отличались от значений,

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				40

полученных в результате опыта на сжатие и изгиб кирпичей и раствора. Требовалось определить величину условного коэффициента приведения $k_{пр}$ для более точного определения требуемого предела прочности камня при сжатии.

Испытания проводились прибором склерометром – измерителем прочности бетона и раствора импульсным неразрушающим способом ИПС-МГ4, предназначенного для оперативного неразрушающего контроля прочности кирпича, строительной керамики и раствора по [10].

Измерение прочности кладки несущих стен заключается в нанесение на измеряемом участке стены серии из 15 ударов. Далее электронный блок прибора по параметрам ударного импульса, поступающего от склерометра, определяет твердость и упругопластические свойства испытываемого материала, а затем формирует итоговое значение прочности кирпича и раствора.

Автоматизированный алгоритм обработки результатов измерений:

- Усреднение промежуточных значений.
- Сравнение промежуточного значения со средней величиной.
- Отбраковка значений со значительным отклонением, превышающим 10-ти процентный уровень.
- Усреднение оставшихся после отбраковки значений.
- Вывод и запись результатов конечного значения прочности кирпича и раствора.

Параметры прибора ИПС-МГ4 приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Параметры прибора ИПС-МГ4

Наименование характеристик	ИПС-МГ4.01
Диапазон измерений прочности, МПа	3...100
Предел погрешности измерений, %	10
Объем архивируемой информации, значений	500
Питание автономное, элемент типа «Корунд»	6LR61 (9 Вольт)
Потребляемый ток, не более, мА	10
Количество индивидуальных градуируемых зависимостей, шт	9

Количество базовых градуированных значений, шт	1
Габаритные размеры:	
- электронного блока	175x90x30
- склерометра	180x130x70
Масса, не более, кг	1,3

Испытания проводятся с соблюдением следующих правил:

- Участок стены должен иметь размеры не менее 100 м².
- Толщина обследуемой стены не менее 50 мм.
- Граница участка испытания не ближе 50 мм от края стены.
- Расстояние между точками исследования не менее 15 мм.
- Перед испытанием поверхность должна быть зачищена абразивным камнем от пыли, грязи и других помех, которые могут повлиять на результаты измерений.

Рисунок 4.1 – Проверка работоспособности прибора ИПС-МГ 4 на контрольном образце (фотография Сычёва В.В.)

Исследования проводились в четырех местах с целью комплексного обследования прочности кирпичных стен церкви Илии Пророка. Эти точки нанесены на план церкви и предоставлены на рисунке 4.2.

Рисунок 4.2 – Схема обследования церкви Илии Пророка методом неразрушающего ударного импульса

Рисунок 4.3 – Обследование прочности кирпичной кладки несущей стены колокольни (фотография Филатов И.В.)

Полученная выборка случайных промежуточных величин приведена в регистрируемом журнале (табл. 4.4).

Таблица 4.5 – Журнал записи выборки случайных величин

Показания прочности R, Мпа	№ точки			
	1	2	3	4
1	3,6	5,9	5,5	6

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				42

2	3,4	4,7	6,4	6,1
3	3,2	6,2	7,1	6,4
4	4,1	5,7	3,8	8,1
5	5,6	5,1	11	4,9
6	3,4	10,3	8	7,2
7	3,4	12,7	8,7	11,1
8	3,4	8,7	7,8	7,6
9	3,8	5,9	5,5	9,5
10	4,5	5,6	5,1	4,6
11	3,8	9,5	5,4	15,2
12	4	6,5	7	4,7
13	4,7	8,6	4,8	6,4
14	6,7	9,4	3,3	18,1
15	4,7	4,7	4,7	4,7
Среднее:	4,2	7,3	6,3	8,0

Таким образом в данной выборки получено получена количество случайных величин для каждой обследуемой точки:

Таблица 4.6 – Количество случайных величин

Точка № 1			Точка № 2			Точка № 3			Точка № 4		
№	R _{квр.} МПа	количество	№	R _{квр.} МПа	количество	№	R _{квр.} МПа	количество	№	R _{квр.} МПа	количество
1	3,2	1	1	4,7	2	1	3,3	1	1	4,6	1
2	3,4	4	2	5,1	1	2	3,8	1	2	4,7	2
3	3,6	1	3	5,6	1	3	4,7	1	3	4,9	1
4	3,8	2	4	5,7	1	4	4,8	1	4	6	1
5	4	1	5	5,9	2	5	5,1	1	5	6,1	1
6	4,1	1	6	6,2	1	6	5,4	1	6	6,4	2
7	4,5	1	7	6,5	1	7	5,5	2	7	7,2	1
8	4,7	2	8	8,6	1	8	6,4	1	8	7,6	1
9	5,6	1	9	8,7	1	9	7	1	9	8,1	1
10	6,7	1	10	9,4	1	10	7,1	1	10	9,5	1
			11	9,5	1	11	7,8	1	11	11,1	1
			12	10,3	1	12	8	1	12	15,2	1
			13	12,7	1	13	8,7	1	13	18,1	1
						14	11	1			

Для построения гистограмм для каждой обследуемой точки необходимо найти количество интервалов h для разбиения графика по следующей формуле:

$$h = 1 + 3,322 \lg(n) \quad (4.3)$$

где n – количество значений случайной величины

Для всех исследуемых точек количество интервалов будет составлять:

$$h_1 = h_2 = h_3 = h_4 = 1 + 3,322 \cdot \lg(15) = 4,91$$

											Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							
											43

08.03.01.2021.305-04.128

Затем определяем размах выборки R по следующей формуле:

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (4.4)$$

где X_{\max} и X_{\min} – максимальное и минимальное значение случайных величин соответственно.

Для первой исследуемой точки размах выборки будет составлять:

$$R_1 = 6,7 - 3,2 = 3,5$$

После этого следует определить длину каждого интервала по следующей формуле:

$$k = \frac{R}{h} \quad (4.5)$$

Для первой исследуемой точки длина каждого интервала будет составлять:

$$k_1 = \frac{3,5}{4,91} = 0,7$$

Для всех точек принимаем 5 интервалов в соответствии с рассчитанной длиной интервала k .

Расчет для остальных исследуемых точек производится аналогично, а значения приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Расчетные значения каждой исследуемой точки

№ точки	h	R	k	Количество интервалов
1	4,91	6,7-3,2=3,5	0,71	5
2	4,91	12,7-4,7=8,0	1,63	5
3	4,91	11-3,3=7,7	1,57	5
4	4,91	18,1-4,6=13,5	2,75	5

Все повторяемые величины были разбиты по интервалам и собраны в общую сводную таблицу по исследуемым точкам и представлены в таблице 4.7

Таблица 4.8 – Повторяемость случайных величин

Точка № 1				Точка № 2			
№	$R_{\text{квр}}$, Мпа	Количество	P (R_i)	№	$R_{\text{квр}}$, Мпа	Количество	P (R_i)
1	3,2-3,9	8	0,5333	1	4,7-6,3	8	0,5333

2	3,9-4,6	3	0,2000	2	6,3-7,9	1	0,0667
3	4,6-5,3	2	0,1333	3	7,9-9,5	3	0,2000
4	5,3-6,0	1	0,0667	4	9,5-11,1	2	0,1333
5	6,0-6,7	1	0,0667	5	11,1-12,7	1	0,0667
Точка № 3				Точка № 4			
№	R _{квр} , Мпа	Количество	P (R _i)	№	R _{квр} , Мпа	Количество	P (R _i)
1	3,3-4,9	4	0,2667	1	4,6-7,3	9	0,6000
2	4,9-6,5	5	0,3333	2	7,3-10,0	3	0,2000
3	6,5-8,1	4	0,2667	3	10,0-12,7	1	0,0667
4	8,1-9,7	1	0,0667	4	12,7-15,4	1	0,0667
5	9,7-11,3	1	0,0667	5	15,4-18,1	1	0,0667

1. Определим среднее арифметическое значение по следующей формуле:

$$a_{\text{ариф}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4.6)$$

Для исследуемых точек среднее арифметическое будет составлять:

$$a_{\text{ариф}}^{(1)} = 4,2; a_{\text{ариф}}^{(2)} = 7,3; a_{\text{ариф}}^{(3)} = 6,3; a_{\text{ариф}}^{(4)} = 8,0$$

2. Определим среднее геометрическое для каждой исследуемой точки по следующей формуле:

$$a_{\text{геом}} = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n x_i} \quad (4.7)$$

Таким образом, среднее геометрическое будет составлять:

$$a_{\text{геом}}^{(1)} = \sqrt[15]{1,36 \cdot 10^9} = 4,06$$

$$a_{\text{геом}}^{(2)} = \sqrt[15]{4,41 \cdot 10^{12}} = 6,97$$

$$a_{\text{геом}}^{(3)} = \sqrt[15]{4,48 \cdot 10^{11}} = 5,98$$

$$a_{\text{геом}}^{(4)} = \sqrt[15]{9,6 \cdot 10^{12}} = 7,34$$

3. Определим среднее гармоническое значение, то есть среднюю величину показаний измерений по следующей формуле:

$$a_{\text{гарм}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}} \quad (4.8)$$

$$a_{\text{гарм}}^{(1)} = \frac{15}{\frac{1}{(3,2 \cdot 1)} + \frac{1}{(3,4 \cdot 4)} + \dots + \frac{1}{(6,7 \cdot 1)}} = 7,71$$

$$a_{\text{гарм}}^{(2)} = 8,96$$

$$a_{\text{гарм}}^{(3)} = 6,36$$

								Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128			45

$$a_{\text{гарм}}^{(4)} = 9,12$$

4. Определим математическое ожидание, то есть среднее значение случайной величины по следующей формуле:

$$M(x) = \sum p_i \cdot x_i \quad (4.9)$$

$$M(x)^{(1)} = \frac{1}{15} \cdot 3,2 + \frac{4}{15} \cdot 3,4 + \dots + \frac{1}{15} \cdot 6,7 = 4,15$$

$$M(x)^{(2)} = 7,30$$

$$M(x)^{(3)} = 6,27$$

$$M(x)^{(4)} = 8,04$$

5. Определим дисперсию случайной величины $D(x)$, то есть математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания:

$$D(x) = \sum p_i (x_i - M(x))^2 \quad (4.10)$$

$$D(x)^{(1)} = \frac{1}{15} (3,2 - 4,15)^2 + \frac{4}{15} (3,4 - 4,15)^2 + \dots + \frac{1}{15} (6,7 - 4,15)^2 = 3,61$$

$$D(x)^{(2)} = 39,24$$

$$D(x)^{(3)} = 24,12$$

$$D(x)^{(4)} = 119,09$$

6. Определим среднее квадратическое отклонение σ , то есть показатель рассеивания значений случайной величины относительно ее математического ожидания по следующей формуле:

$$\sigma = \sqrt{D(x)} \quad (4.11)$$

$$\sigma^{(1)} = \sqrt{3,61} = 1,9$$

$$\sigma^{(2)} = \sqrt{3,61} = 6,26$$

$$\sigma^{(3)} = \sqrt{3,61} = 4,91$$

$$\sigma^{(4)} = \sqrt{3,61} = 10,91$$

7. Определим **Моду**, то есть то значение случайной величины (наблюдения), которое наиболее часто встречается во множестве чисел (наблюдений). Таким образом для первой исследуемой точки и для других соответственно мода будет составлять:

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

$$M_0^{(1)} = 3,4$$

$$M_0^{(2)} = 4,7; M_0^{(2)} = 5,9$$

Для второй исследуемой точки принимаем значение 5,9, так как оно наиболее близко к математическому ожиданию.

$$M_0^{(3)} = 5,5$$

$$M_0^{(4)} = 4,7; M_0^{(4)} = 6,4$$

Для второй исследуемой точки принимаем значение 6,4, так как оно наиболее близко к математическому ожиданию.

8. Определим **медиану**, Me , то есть такое значение признака, которое приходится на середину ранжированного ряда и делит его на две равные по числу единиц части.

$$Me^{(1)} = 3,8$$

$$Me^{(2)} = 6,2$$

$$Me^{(3)} = 5,5$$

$$Me^{(4)} = 6,4$$

9. Определим коэффициент вариации v , то есть коэффициент, на который отличается значение, полученное косвенным методом измерения (неразрушающим методом ударного импульса) от прямого метода измерения (испытания в лаборатории), по следующей формуле:

$$v = \frac{G_x}{M(x)} \cdot 100\% \quad (4.12)$$

$$v^{(1)} = \frac{1,9}{4,15} \cdot 100\% = 46\%$$

$$v^{(2)} = \frac{6,26}{7,3} \cdot 100\% = 86\%$$

$$v^{(3)} = \frac{4,91}{6,27} \cdot 100\% = 78\%$$

$$v^{(4)} = \frac{10,91}{8,04} \cdot 100\% = 136\%$$

Нормальное распределение случайных величин выполняется, когда $v < 15\%$. Вследствие большого разброса чисел выборки из случайных величин получаем такой результат. Для того, чтобы нивелировать получившееся нарушение условия

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

сокращаем объем выборки (таблица 4.8). Далее повторяем все аналогичные действия по приведенным выше формулам и алгоритму.

Таблица 4.9 – Выборка случайных величин после исправления

Точка № 1			Точка № 2			Точка № 3			Точка № 4		
№	R _{квир} , МПа	количество	№	R _{квир} , МПа	количество	№	R _{квир} , МПа	количество	№	R _{квир} , МПа	количество
1	3,2	1	1	4,7	2	1	5,1	1	1	6	1
2	3,4	4	2	5,1	1	2	5,4	1	2	6,1	1
3	3,6	1	3	5,6	1	3	5,5	2	3	6,4	2
4	3,8	2	4	5,7	1	4	6,4	1	4	7,2	1
5	4	1	5	5,9	2				5	7,6	1
6	4,1	1	6	6,2	1						

Результаты расчетов количества интервалов, размаха выборки, длины и количества интервалов, произведенных аналогично представлены в таблице 4.9

Таблица 4.10 - Расчетные значения каждой исследуемой точки после исправления

№ точки	h	R	k	Количество интервалов
1	4,32	4,1-3,2=0,9	0,21	5
2	4,00	6,2-4,7=1,5	0,37	4
3	3,32	6,4-5,1=1,3	0,39	4
4	3,59	7,6-6,0=1,6	0,45	4

Все повторяемые величины были разбиты по интервалам и собраны в общую сводную таблицу по исследуемым точкам и представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.11 - Повторяемость случайных величин после исправления

Точка № 1				Точка № 2			
№	R _{квир} , МПа	Количество	P (R _i)	№	R _{квир} , МПа	Количество	P (R _i)
1	3,2-3,4	1	0,100	1	4,7-5,1	2	0,250
2	3,4-3,6	4	0,400	2	5,1-5,5	1	0,125
3	3,6-3,8	1	0,100	3	5,5-5,9	2	0,250
4	3,8-4,0	2	0,200	4	5,9-6,3	3	0,375
5	4,0-4,2	2	0,200				
Точка № 3				Точка № 4			
№	R _{квир} , МПа	Количество	P (R _i)	№	R _{квир} , МПа	Количество	P (R _i)
1	5,1-5,5	2	0,400	1	6,0-6,4	2	0,3333
2	5,5-5,9	1	0,200	2	6,4-6,8	2	0,3333
3	5,9-6,3	1	0,200	3	6,8-7,2	1	0,1667
4	6,3-6,4	1	0,200	4	7,2-7,6	1	0,1667

Для полученных рядов построим гистограмму относительных частот ряда случайных величин (рис.4.4-рис.4.7).

Рис. 4.4 – Гистограмма относительных частот ряда случайных величин первой исследуемой точки

Рис. 4.5 – Гистограмма относительных частот ряда случайных величин второй исследуемой точки

Рис. 4.6 – Гистограмма относительных частот ряда случайных величин третьей исследуемой точки

Рис. 4.7 – Гистограмма относительных частот ряда случайных величин четвертой исследуемой точки

Результаты расчетов среднего арифметического, геометрического и гармонического ряда случайных величин, математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратичное отклонение, мода, медиана и коэффициент вариации, произведенных аналогично представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.12 – Сводная таблица значений случайных величин после исправления

№ иссл. точки	$a_{\text{ариф}}$	$a_{\text{геом}}$	$a_{\text{гарм}}$	$M(x)$	$D(x)$	σ	M_o	Me	v
1	3,68	1,82	7,76	3,61	0,29	0,54	3,4	3,4	14,97
2	5,53	1,88	8,86	5,48	1,29	1,09	5,9	5,6	19,91
3	5,60	2,30	7,96	5,58	1,06	1,03	5,5	5,5	18,43
4	6,66	2,09	8,83	6,62	1,97	1,38	6,4	6,4	19,98

Так как для каждой исследуемой точки выполняется условие выполняется, что коэффициент вариации меньше 20% ($v < 20\%$) то, распределение случайных величин является нормальным. Принимаем данные ряды к дальнейшим расчетам допустимыми.

Построим функцию нормального закона распределения случайных величин в одномерном случае по следующему закону, выражаемого по формуле:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				49

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - M(x))^2}{2 \cdot \sigma_x^2}} \quad (4.13)$$

Для первого значения первой исследуемой точки функция нормального распределения по формуле (4.13) будет составлять:

$$f(x) = \frac{1}{0,54 \cdot \sqrt{2 \cdot 3,14}} e^{-\frac{(3,2 - 3,61)^2}{2 \cdot 0,54^2}} = 0,99$$

Расчеты для остальных случайных величин выполняются аналогично, а результаты сведены в таблицу 4.12.

Таблица 4.13 – Значения плотностей функции

Точка № 1			Точка № 2			Точка № 3			Точка № 4		
№	R _{квр} , Мпа	f(x)	№	R _{квр} , Мпа	f(x)	№	R _{квр} , Мпа	f(x)	№	R _{квр} , Мпа	f(x)
1	3,2	0,99	1	4,7	0,47	1	5,1	0,43	1	6	0,32
2	3,4	0,80	2	5,1	0,39	2	5,4	0,39	2	6,1	0,31
3	3,6	0,74	3	5,6	0,37	3	5,5	0,39	3	6,4	0,29
4	3,8	0,79	4	5,7	0,37	4	6,4	0,53	4	7,2	0,32
5	4	0,96	5	5,9	0,39				5	7,6	0,37
6	4,1	1,12	6	6,2	0,46						

По полученным значениям построим графики плотности распределения случайных величин для каждой исследуемой точки (рис.4.8-4.11)

Рис.4.8 – График плотности случайных величин по полученной выборке для первой исследуемой точки

Рис.4.9 – График плотности случайных величин по полученной выборке для второй исследуемой точки

Рис.4.10 – График плотности случайных величин по полученной выборке для третьей исследуемой точки

Рис.4.11 – График плотности случайных величин по полученной выборке для четвертой исследуемой точки

Далее следует определить значение асимметрии А графика, то есть это такое свойство распределения выборки случайных величин, которое характеризует несимметричность распределения случайной величины. Асимметрия рассчитывается по следующей формуле:

$$A_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - a_{\text{ариф}})^3}{\sigma_x^3 \cdot n} \quad (4.14)$$

Для первой случайной величины первой исследуемой точки значение асимметрии будет составлять:

$$A_s = \frac{(3,2 - 3,68)^3}{0,54^3 \cdot 10} = -0,07$$

Остальные расчеты выполняются аналогично и сведены в общую сводную таблицу 4.13.

Таблица 4.14 – Таблица значений асимметрии

Точка № 1			Точка № 2			Точка № 3			Точка № 4		
№	Ркир, МПа	количество	№	Ркир, МПа	количество	№	Ркир, МПа	количество	№	Ркир, МПа	количество
1	3,2	-0,07	1	4,7	-0,06	1	5,1	-0,02	1	6	-0,02
2	3,4	-0,01	2	5,1	-0,01	2	5,4	0,00	2	6,1	-0,01
3	3,6	0,00	3	5,6	0,00	3	5,5	0,00	3	6,4	0,00
4	3,8	0,00	4	5,7	0,00	4	6,4	0,09	4	7,2	0,01
5	4	0,02	5	5,9	0,00				5	7,6	0,05
6	4,1	0,05	6	6,2	0,03						
Σ		-0,02	Σ		-0,03	Σ		0,07	Σ		0,03

Далее определим полученный показатель с критическим значением асимметрии A_{cr} , которое определяется по следующей формуле:

$$A_{cr} = 3 \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot (n-1)}{(n+1) \cdot (n+3)}} \quad (4.15)$$

$$A_{cr}^{(1)} = 3 \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot (10-1)}{(10+1) \cdot (10+3)}} = 1,84$$

$$A_{cr}^{(2)} = 1,95$$

$$A_{cr}^{(3)} = 2,12$$

$$A_{cr}^{(4)} = 2,07$$

Необходимо выполнения следующего условия:

$$A_s < A_{cr}$$

То есть значение асимметрии графика плотности распределения случайных величин было меньше чем критическое значение асимметрии, а также чтобы выполнялось условие, что асимметрия меньше значения равного 0,2. При соблюдении обоих условий асимметрия считается незначительной, а знак величины асимметрии символизирует сторону отклонения графика. Правостороннее

отклонение будет с положительным знаком асимметрии и левостороннее с отрицательным знаком.

У всех исследуемых точек значение асимметрии является несущественной по величине, для первой и второй исследуемой точки с положительным характером асимметрии, а для третьей и четвертой точки – с отрицательным характером асимметрии.

Далее следует определить величину эксцесса графика, то есть меру, характеризующую островершинность или пологость распределения относительно нормального распределения. При этом знак эксцесса характеризует, что положительное значение означает островершинность, а отрицательное – пологость. Данная величина рассчитывается по следующей формуле:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - a_{\text{ариф}})^4}{\sigma_x^4 \cdot n} - 3 \quad (4.15)$$

Для первой случайной величины первой исследуемой точки значение эксцесса будет составлять:

$$E = \frac{(3,2 - 3,68)^4}{0,54^4 \cdot 10} - 3 = -2,94$$

Остальные расчеты выполняются аналогично и сведены в общую сводную таблицу 4.15.

Таблица 4.15 – Таблица значений эксцесса

Точка № 1			Точка № 2			Точка № 3			Точка № 4		
№	Ркир, Мпа	количество	№	Ркир, Мпа	количество	№	Ркир, Мпа	количество	№	Ркир, Мпа	количество
1	3,2	-2,94	1	4,7	-2,96	1	5,1	-2,99	1	6	-2,99
2	3,4	-2,99	2	5,1	-3,00	2	5,4	-3,00	2	6,1	-3,00
3	3,6	-3,00	3	5,6	-3,00	3	5,5	-3,00	3	6,4	-3,00
4	3,8	-3,00	4	5,7	-3,00	4	6,4	-2,93	4	7,2	-3,00
5	4	-2,99	5	5,9	-3,00				5	7,6	-2,96
6	4,1	-2,96	6	6,2	-2,98						
Σ		-17,88	Σ		-17,94	Σ		-11,92	Σ		-14,95

Далее определим полученный показатель с критическим значением асимметрии A_{cr} , которое определяется по следующей формуле:

$$E_{cr} = 5 \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot n \cdot (n-2) \cdot (n-3)}{(n+1)^2 \cdot (n+3) \cdot (n+5)}} \quad (4.16)$$

$$E_{cr}^{(1)} = 5 \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot 10 \cdot (10-2) \cdot (10-3)}{(10+1)^2 \cdot (10+3) \cdot (10+5)}} = 3,77$$

$$E_{cr}^{(2)} = 3,53$$

$$E_{cr}^{(3)} = 2,50$$

$$E_{cr}^{(4)} = 2,98$$

Необходимо выполнения следующего условия:

$$E_s < E_{cr}$$

То есть значение эксцесса графика плотности распределения случайных величин было меньше чем критическое значение эксцесса. При соблюдении условия эксцесс считается что полученный закон распределения близок к нормальному закону распределения.

Из полученных данных выбираем значение математического ожидания без учета среднего квадратического отклонения, так как целью было приведения значений, полученных в результате разрушающего метода и неразрушающего метода с помощью прибора ИПС-МГ4. Проведенные математические операции были необходимы для подтверждения закона о нормальном распределении случайной величины по полученным данным.

$$M(x)^{(1)} = R_{н.к.} = 3,61 \text{ МПа.}$$

$$M(x)^{(2)} = R_{н.к.} = 5,48 \text{ МПа.}$$

$$M(x)^{(3)} = R_{н.к.} = 5,58 \text{ МПа.}$$

$$M(x)^{(4)} = R_{н.к.} = 6,62 \text{ МПа.}$$

Основной целью было приведения полученной средней прочности кладки в первой части раздела к эмпирическим значениям, полученным в результате разрушения образцов кладки, через коэффициент приведения.

Коэффициент приведения – это величина, характеризующая отношение экспериментальной прочности кирпича, полученной прямым методом – разрушение в лабораторных условиях на специальном оборудовании с соблюдением определенных условий, к прочности кирпича, полученной в результате проверки прочности методом неразрушающего контроля импульсного удара, который является косвенным способом определения прочности. Таким

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		53

образом, коэффициент приведения это такая величина при умножении на которую прочности полученной в результате измерений прибором ИПС-МГ4 будет получаться истинная прочность кирпича, измеренная в лаборатории. Данный коэффициент определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{пр}} = \frac{R_{\text{сж}}}{R_{\text{н.к.}}} \quad (4.17)$$

$$k_{\text{пр}}^{(1)} = \frac{5,0928}{3,61} = 1,4107$$

$$k_{\text{пр}}^{(2)} = \frac{5,0928}{5,48} = 0,9293$$

$$k_{\text{пр}}^{(3)} = \frac{5,0928}{5,58} = 0,9127$$

$$k_{\text{пр}}^{(4)} = \frac{5,0928}{6,62} = 0,7693$$

Таким образом, получено значение коэффициента приведения для различных частей здания; 1 – для алтаря, где получилось отклонение прочности в меньшую сторону, что означает что кирпич имеет фактическую прочность меньше чем средняя; 2 – для храма; 3 – для стен колокольни; 4 – для стен трапезной и притвора.

4.3 Определение предела прочности кирпичной кладки

а) Определение расчетного сопротивления кладки сжатию произведем по формуле Л.И. Онищика.

$R_1 = 0,5093 \text{ кг/см}^2 = 5,0928 \text{ МПа}$ – предел прочности камня при сжатии;

$R_2 = 65,6 \text{ кгс/см}^2 = 6,42886 \text{ МПа}$ – предел прочности раствора (кубиковая прочность);

R_u – предел прочности кладки при сжатии, определяемый по формуле профессора Л.И. Онищика (4.18):

$$R_u = A \cdot R_1 \left(1 - \frac{a}{b + \frac{R_2}{2 \cdot R_1}} \right) \cdot \gamma, \quad (4.18)$$

						Лист
					08.03.01.2021.305-04.128	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		54

где A – конструктивный коэффициент (характеризует максимально возможную, так называемую «конструктивную» прочность кладки), определяемый по формуле (4.19):

$$A = \frac{100 + R_1}{100m + n \cdot R_1}, \quad (4.19)$$

где a, b, m, n – коэффициенты, определяемые по табл. 2 [11 ‘пособие к проектированию каменных и армокаменных конструкций’] и равные соответственно 0.2, 0.3, 1.25, 3.

$$A = \frac{100 + 5,0928}{100 \cdot 1,25 + 3 \cdot 5,0928} = 0,7492$$

γ – коэффициент, принимаемый по формуле (4.20) равным при:

$$R_2 > R_{2,1}; \gamma = 1$$

$$R_2 < R_{2,1};$$

$$\gamma = \frac{\gamma_0 \cdot R_{2,1} + (3 - \gamma_0) \cdot R_2}{R_{2,1} + 2R_2} \quad (4.20)$$

Для кладки из кирпичей и камней правильной формы $R_{2,1} = 0,04 R_1; \gamma_0 = 0,75$.

В нашем случае $R_{2,1} = 0,04 R_1 = 0,04 \cdot 5,0928 = 0,2037$ МПа, следовательно $R_2 = 6,42886$ МПа $> R_{2,1} = 0,2037$ МПа; $\gamma = 1$

Тогда

$$R_u = 0,7492 \cdot 5,0928 \left(1 - \frac{0,2}{0,3 + \frac{6,42886}{2 \cdot 5,0928}} \right) \cdot 1 = 2,996 \text{ МПа}$$

Расчетное сопротивление кладки $R = 0,5R_u = 0,5 \cdot 2,996 = 1,498$ МПа.

4.4 Историческая справка по сводам

Свод (от «сводить» — соединять, смыкать) — в архитектуре тип перекрытия или покрытия пространства (помещения), ограниченного стенами, балками или столбами — конструкция, которая образуется наклонными поверхностями (прямолинейными или криволинейными).

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				08.03.01.2021.305-04.128	55

Своды позволяют перекрывать значительные пространства без дополнительных промежуточных опор, используются преимущественно в круглых, многоугольных или эллиптических в плане помещениях.

Известно, что своды были впервые применены римлянами и персами и в течение 2,5 тысяч лет вплоть до внедрения металла и железобетона в строительстве были основным видом перекрытия в гражданском, культурной и оборонной архитектуре. Арки и своды были также главным эстетическим элементом в римской, византийской, романской, готической и ренессансной архитектуру. За многовековой период строительства и научно-исследовательских изучения сводов были выявлены их неоспоримые конструктивные особенности: высокая пространственная жесткость, стойкость к нарушению сплошности кладки, возможность искусственного перераспределения усилий между элементами и другие достоинства. Именно опытным путем были получены все рациональные соотношения частей в распорных системах и достигнуто совершенство в использовании сводов как конструкция перекрытия и архитектурных форм.

«Проблемы сводчатых покрытий в их основных геометрических формах была решена римлянами. Тогда была достигнута предельная пролетность для каменных сводов (крестовых в базилике Константина пролетом 25 м и купола Пантеона пролетом 43 м), которая оставалась непревзойденной до конца XIX века. Исключительный технический и художественный сдвиг в архитектуре сводов мы имеем в средневековый период. Расчленение поверхности свода на рабочий видимый каркас и заполнение завершило последний этап в развитии конструкций сводов. Это расчленение и является основным для современных решений;» [12]

Несгораемость конструкции свода из кирпичной кладки является одним из главных факторов массового применения в храмах данного типа перекрытия. В практике строительства православных храмов наибольшее распространение получили следующие виды сводов (рис.1).

Рис. 4.12 –схемы основных видов сводов

1 –цилиндрический; 2 – четвертьцилиндрический; 3 – купольный; 4 – купольный на парусах без барабана; 5 – купольный на барабане; 6 – конха; 7 –вспарушенный

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		56

крестовой; 8 – крестовый; 9 – шатровый; 10 – двухскатный; 11 – сомкнутый без распалубок; 12 – лотковый; 13 – парусный; 14 – сомкнутый на граненом основании.

Сводами обычно именуется арочные распорные конструкции сплошного сечения, протяженность которых в направлении, перпендикулярном оси, соизмерима с пролетом. Арки представляют собой частный случай свода, его плоскую модель. Также основное различие, что арки служат преимущественно для перекрытия отверстия в стенах, а главное назначение свода – образовать сводчатый потолок.

Составные части свода или арки представлены на рисунке 2.

Рис. 4.13 – Составные части свода

1 – тело свода или свод; 2 – опорные стены свода; 3 – щековые стены (ограничивают перекрываемое сводом помещения, не участвуя в восприятии веса сводчатой кладки. При отсутствии щековых стен свод называется открытым, в противном случае, боковая поверхность – щекою свода); 4 – внешняя поверхность свода; 5 – внутренняя поверхность свода; 6 – вершина свода; 7 – щельга свода (линия, соединяющая ряд вершин свода); 8 – начало свода (нижняя часть сводчатой кладки, лежащей на опоре); 9 – пята свода или опора (верхняя плоскость кладки опорных стен, воспринимаемая тяжесть сводчатой кладки); 10 – подъем, стрела свода; 11 – камни свода (наивысший камень – замок свода или ключ, камни, лежащие вначале свода – пятовые камни. Первые образуют щельгу, вторые – начало свода); 12 – пазуха свода (пространство, остающееся между началом внешней поверхности свода и опорными стенами).

4.5 Принципы работы сводов

Главным параметром свода является его способность выдерживать заданную нагрузку. Для определения этой нагрузки необходимо провести статический расчет и проверить его несущую способность. Также следует проанализировать качества свода и ориентировочную возможную нагрузку. Для это необходимо узнать следующий факторы:

1. Если целостность и сплошность свода не нарушена или в нем присутствуют повреждения, которые оказывают незначительное негативное воздействие на

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				08.03.01.2021.305-04.128	57

несущую способность, то тогда можно сделать вывод о том, что свод выдержал испытание временем.

2. При толщине свода в замке в пол кирпича или пролете от 5,5 до 10 м свод может нести только собственный вес. При таком устройстве свода обычно организуют над сводом плоское покрытие, которое должно воспринимать полезную и конструктивную нагрузку.
3. При толщине свода в замке в 1 кирпич свод способен нести полезную нагрузку до 2 Мпа, а при толщине свода в замке в 2 кирпича полезная нагрузка может достигать 5 Мпа.

Каждый тип свода может быть представлен как система элементарных арок или полуарок, образующих форму свода и несущих собственную часть нагрузки, соответствующей грузовой площади. Распределение нагрузок по элементам на любой стадии работы соответствует возможностям каждого отдельно элемента – его сечению, относительной (погонной) жесткости, устойчивой формы, состоянию материала и так далее, то есть его несущей способности.

Равномерное распределение нагрузки вдоль цилиндрической части свода обеспечивает каждой его элементарной арке одинаковый режим работы, то есть равные напряжения и деформации, то есть равноустойчивость, что позволяет не учитывать влияние соседних участков. Сосредоточенная нагрузка, деформирующая данный участок, включает совместную работу и соседние полосы, причем ширина «подключения» зависит от толщины свода и прочности кладки.

Расчет любого типа свода включает:

- Выбор оптимальной рабочей схемы, то есть такой системы главных и второстепенных арочных элементов, которая бы наиболее соответствовала характеру распределения усилий и действительной значимости каждого элемента.
- Определение габаритов расчетных элементов.
- Сбор и распределение нагрузки.
- Определение реакций R , распора H , внутренних усилий M и нормальной силы N расчетных элементов.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		58

- Проверка их несущей способности по величине сжимающих напряжений в кладке.

В связи с выявленными дефектами распорных конструкций требует проверить несущую способность стен колокольни, находящихся в неудовлетворительном состоянии. Выполним проверку несущих стен колокольни.

Расчет несущей способности стены колокольни

Во время обследования церкви Ильи пророка в селе Сугояк визуальным осмотром были выявлены ряд дефектов конструкций колокольни, а именно:

- Трещины в сводах колокольни
- Выветривание кирпича
- Выкрашивание раствора на глубину до 20 мм
- Выпадение отдельных кирпичей
- Нарушение штукатурного слоя

Данные дефекты были вызваны разрушением кровли, отсутствием организованного водостока и как следствие регулярным замачиванием несущих стен колокольни. Также выпадение отдельных кирпичей в результате большого давления, эксцентриситета и замачивания уменьшают поперечное сечение стены и уменьшают несущую способность стен.

Следует провести расчет несущей способности стены и определить проектную прочность и конструктивную способность стены воспринимать нагрузку от собственного веса, веса вышележащих конструкций, ветровой и снеговой нагрузки для определения коэффициента запаса, а в случае недостаточной прочности провести дополнительные исследования и составить проект по реконструкции колокольни.

Исходными данными являются значения, полученные в результате полевых работ по замерам и обследованию церкви и испытания кирпича и раствора, привезенного с объекта реконструкции, на сжатие и изгиб в лаборатории ЮУрГУ под руководством заведующего лабораторией Кожухова Сергея Ивановича. Также нами было проведено исследование прочности кирпичной кладки методом

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				59

ударного импульса прибором ИПС-МГ4 научно-исследовательского и проектного центра Наследие.

Исходные данные:

- Материал стены: керамического кирпича на известковом растворе.
- Высота стены колокольни: 4600 мм от уровня цоколя.
- Толщина стены: 1020 мм.
- Длина стены в плане: 6300 мм.
- Ширина простенка: 2200 мм.
- Нагрузка: собственный вес конструкции колокольни.

Нагрузки от конструкций колокольни передается на стены через восьмерик.

Полученные значения нагрузок приведены в общей сводной таблице 5.x.

Таблица 4.16 – Сбор нагрузок:

№ п/п	Наименование нагрузки	Объем конструкции, м ³	Объемный вес конструкции, кг	Вес конструкции, кг	Нормативное значение нагрузки, кг/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетное значение нагрузки, кг/м ²
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Собственный вес шатра	0,4	1800	720	40,77	1,1	44,85
2	Собственный вес креста	0,0021	7850	16,49	0,93	1,1	1,03
3	Сталь оцинкованная кровельная $\delta=0,8$ мм	0,008	7850	65,15	3,69	1,05	3,87
4	Собственный вес обрешетки	0,178	500	89,00	5,04	1,1	5,54
5	Собственный вес перекрытий колокольни $\delta=250$ мм	21,96	500	10980,00	621,74	1,1	683,92
6	Собственный вес лестниц колокольни	2,2	500	1100,00	62,29	1,1	68,52
7	Собственный вес кирпичной кладки колокольни	104,856	1800	188740,80	10687,47	1,1	11756,22
8	Собственный вес пола колокольни $\delta=120$ мм	9,68	500	4838,40	273,98	1,1	301,37
Итого				206549,83	11695,91	8,75	12865,32

Геометрическая схема и схема нагрузок на стену колокольни приведены на рисунках 4.14 и 4.15

Рис 4.14 – План колокольни

Рис 4.15 – Разрез колокольни

Определим несущую способность простенка длиной 2200 мм ($l = 2200$ мм).

Расчетная распределенная нагрузка по площади основания g , кгс/м², равняется 12865,32 кгс/м². Данная нагрузка распределена по площади восьмерика, а площадь восьмерика S_8 , м², равняется 17,66 м².

Расчетная сосредоточенная нагрузка от веса конструкции колокольни определяется по следующей формуле:

$$P = g \cdot S_8 \quad (4.21)$$

$$P = 12865,32 \cdot 17,66 = 227191,75 \text{ кгс}$$

Расчетная сосредоточенная нагрузка от веса конструкция колокольни, приходящаяся на одну грань восьмерика, определяется по следующей формуле:

$$P_1 = \frac{P}{8} \quad (4.22)$$

$$P_1 = \frac{227191,75}{8} = 28398,97 \text{ кгс}$$

Равномерно распределенная нагрузка от конструкций колокольни по длине стены определяется по формуле:

$$q = \frac{P_1}{L} \quad (4.23)$$

где L – длина стены колокольни в плане, м.

$$q = \frac{28398,97}{6,4} = 4437,34 \frac{\text{кгс}}{\text{м}}$$

Таким образом определим величину сосредоточенной нагрузки на простенок:

$$N_1 = q \cdot l \quad (4.24)$$

$$N_1 = 4437,34 \cdot 2,2 = 9762,15 \text{ кгс}$$

Определим собственный вес простенка по следующей формуле:

$$N_{с.в} = \rho_{\text{кирп}} \cdot H \cdot h \cdot l \quad (4.24)$$

где $\rho_{\text{кирп}}$ – удельный вес кирпичной кладки; принимается равным 1800 кг/м³;

H – высота простенка, м;

h – толщина простенка в плане, м.

$$N_{с.в} = 1800 \cdot 4,6 \cdot 1,02 \cdot 2,2 = 18580,32 \text{ кгс}$$

Таким образом определим суммарную нагрузку путем сложения нагрузку от конструкций колокольни и нагрузку от собственного веса простенка:

$$N = 9762,15 + 18580,32 = 28342,47 \text{ кгс}$$

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

Определим несущую способность стены с трещинами при внецентренном сжатии.

На рисунке 4.17 представлена расчетная схема приложения нагрузок.

Рис 4.16 – Схема приложения нагрузок

Рис. 4.17 – Расчетная схема приложения нагрузок

Расчет внецентреносжатой неармированной каменной конструкции производится по формуле (13) из [13]:

$$N \leq k_{\text{тр}} \cdot m_g \cdot \varphi_1 \cdot R \cdot A_c \cdot \omega \quad (4.25)$$

где $k_{\text{тр}}$ – коэффициент, учитывающий снижение несущей способности при наличии трещин; принимается равным 75% или 0,75;

m_g – коэффициент, учитывающий снижение несущей способности при наличии трещин; определяется по следующей формуле:

$$m_g = 1 - \eta \cdot \frac{N_g}{N} \cdot \left(1 + \frac{1,2 \cdot e_0}{h}\right) \quad (4.26)$$

где N_g – расчетная продольная сила от длительных нагрузок, кгс;

η – коэффициент, принимаемый по таблице 21 [13];

e_0 – эксцентриситет от действия длительных нагрузок, м.

φ_1 – коэффициент продольного изгиба, определяемый по формуле:

$$\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2}$$

φ – коэффициент продольного изгиба для всего сечения в плоскости действия изгибающего момента, определяемый по расчетной высоте элемента l_0 , по таблице 19 [13];

l_0 – расчетная высота стены при упругой верхней опоре и жестком защемлении в нижней опоре для однопролетных зданий по п. 7.3 [13]; определяется по следующей формуле:

$$l_0 = 1,5 \cdot H$$

φ_c – коэффициент продольного изгиба для сжатой зоны сечения, определяемый по фактической высоте элемента H в плоскости действия

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				08.03.01.2021.305-04.128	62

изгибающего момента; принимается по таблице 19 [13] в зависимости от величин λ_{hc} и λ_h ; Данные коэффициенты рассчитываются по следующей формуле:

$$\lambda_h = \frac{l_0}{h} \quad (4.27)$$

$$\lambda_{hc} = \frac{H}{h_c} \quad (4.28)$$

где h_c – высота сжатой зоны поперечного сечения, м; принимается по п.7.7 [13] по следующей формуле:

$$h_c = h - 2 \cdot e_0 \quad (4.29)$$

где e_0 – эксцентриситет приложенной нагрузки относительно поперечного сечения, м; определяется по следующей формуле:

$$e_0 = \frac{N_1 \cdot e}{N} \quad (4.30)$$

R – расчетное сопротивление кладки. Принимается по рассчитанному ранее значению равному 1,5 МПа или 15 кгс/см²;

A_c – площадь сжатой зоны сечения при прямоугольной эпюре напряжений, определяемая из условия, что ее центр тяжести совпадает с точкой приложения расчетной продольной силы N и определяется по следующей формуле:

$$A_c = A \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot e_0}{h}\right) \quad (4.31)$$

где A – площадь сечения элемента, м²;

ω – коэффициент, определяемый по таблице 20 [13] по следующей формуле:

$$\omega = 1 + \frac{e_0}{h} \leq 1,45 \quad (4.32)$$

Таким образом получаем следующие значения:

$$e_0 = \frac{9762,15 \cdot 0,085}{28342,47} = 0,03 \text{ м}$$

Однако, согласно п. 7.9 [13] при расчете несущего простенка толщиной 250 мм и более следует учитывать случайный эксцентриситет e_v , который должен суммироваться с эксцентриситетом продольной силы. При этом величину случайного эксцентриситета для несущих стен принимают 20 мм. Таким образом итоговое значение эксцентриситета принимаем:

$$e_0 = 0,03 + 0,02 = 0,05 \text{ м}$$

$$\omega = 1 + \frac{0,05}{1,02} = 1,05 \leq 1,45$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		63

$$A_c = 1,02 \cdot 2,2 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 0,05}{1,02}\right) = 1,98 \text{ м}^2$$

$$h_c = 1,02 - 2 \cdot 0,05 = 0,92 \text{ м}$$

$$l_0 = 1,5 \cdot 4,6 = 6,90 \text{ м}$$

$$\lambda_h = \frac{6,9}{1,02} = 6,76$$

$$\lambda_{hc} = \frac{4,6}{0,92} = 4,99$$

Из полученных величин определяем по таблице 19 методом интерполяции коэффициенты $\varphi = 0,86$, $\varphi_c = 0,952$

$$\varphi_1 = \frac{0,86 + 0,952}{2} = 0,91$$

η для кладки из керамического кирпича с процентом армирования 0,1 и менее принимается равным 0.

$$m_g = 1 - 0 \cdot \frac{9762,15}{28342,47} \cdot \left(1 + \frac{1,2 \cdot 0,05}{1,02}\right) = 1$$

Выразим из формулы R – нормативное сопротивление кладки:

$$R^{\text{расч}} = \frac{N}{k_{\text{тр}} \cdot m_g \cdot \varphi_1 \cdot A_c \cdot \omega}$$

$$R^{\text{расч}} = \frac{28347,47}{0,75 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 1,98 \cdot 1,05} = 2,01 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$$

Данное значение не должно превышать фактической прочности кирпичной кладки.

$$R^{\text{расч}} \leq R$$

$$2,01 < 15$$

Условие выполняется и из этого следует, что несущая способность простенка обеспечена с достаточным запасом прочности.

4.8 Восстановление сводов

В результате визуального осмотра, было установлено наличие трещин в конструкциях свода храма, свода под колокольней, а также в несущих стенах трапезной, апсиды и храма. Следовательно, следует предусмотреть усиление этих конструкций.

Изучение трещин, выявление причин их возникновения и динамики их развития является одним из самых ответственных этапов обследования зданий,

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					08.03.01.2021.305-04.128	64

выполненных из кирпича. Наличие трещин снижает конструктивную прочность и надежность каменной конструкции, снижает эксплуатационные параметры здания, а значительные трещины создают угрозу обрушения конструкции или здания.

Особенно большое влияние на несущую способность каменной конструкции оказывают горизонтальные трещины в простенках и вертикальные трещины в конструкциях над простенками – перемычками и сводами.

Также стоит отметить, что трещины являются индикаторами растяжения кирпичной кладки, так как конструкция, выполненная из кирпича, переносит сжимающие усилия значительно лучше, чем растягивающие.

Надлежащий, своевременный и квалифицированный ремонт кирпичной кладки, заделка трещин позволяют значительно увеличить срок эксплуатации конструкций, сохранить проектную прочность и надежность.

Трещины в стенах квалифицируются по следующим признакам:

1. По причине возникновения

- a. Деформационные.
- b. Конструктивные.
- c. Температурные.
- d. Усадочные.
- e. В следствие износа.

2. По направлению развития

- a. Вертикальные.
- b. Горизонтальные.
- c. Наклонные.

3. По очертанию

- a. Прямолинейные.
- b. Криволинейные.
- c. Замкнутые.

4. По глубине раскрытия

- a. Поверхностные.

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

b. Сквозные.

5. По состоянию развития

a. Стабилизированные.

b. Прогрессирующие.

6. По величине раскрытия

a. Волосяные (до 0,01 мм).

b. Мелкие (до 0,03 мм).

c. Развитые (от 0,03 до 0,05 мм).

d. Большие (от 0,5 мм).

7. По степени опасности

a. Неопасные.

b. Ухудшающие архитектурный облик.

c. Опасные трещины (вызывают ослабления сечения)

d. Промежуточной группу (ухудшение эксплуатационных параметров, но не способных привести к разрушению конструкции).

В данном случае появление трещин в несущих стенах апсиды, трапезной, колокольни, а также сводов трапезной и колокольни могло быть вызвано следующими факторами:

- Неравномерная осадка фундаментов, приводящая к изменению напряженно-деформированного состояния конструкций.
- Физический износ кладки, вызванный температурно-влажностными колебаниями воздуха, большим сроком службы кладки без надлежащего контроля и ремонта.
- Механическое воздействие, которое оказывалось во время попытки демонтажа здания стенобитными машинами в советское время.

Для ремонта рассмотрим систему RSA [статья Оленькова], разработанной и реализуемой ООО «РСА», являющейся официальным партнером Союза реставраторов России, а сама система спирального анкера RSA прошла

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				66

аккредитацию в КГИОП СПб и одобрена к применению на Объектах Культурного Наследия.

Принцип работы системы спирального анкера RSA для ремонтов кладки стен, перемычек и сводов заключается в следующем:

Система спиральных анкеров для ремонта и усиления кирпичной кладки состоит из спиралевидных нержавеющей анкеров длиной до 10 метров, устанавливаемых в кладочные швы перпендикулярно трещине на специальный монтажный состав на цементном вяжущем. На рисунках XX приведены схемы устройства данной системы.

Рис. 4.18 – Схема усиления стены

Рис. 4.19 – Схема усиления перемычки

Рис. 4.20 – Схема спирального анкера RSA

Стратегия применения системы спиральных анкеров основывается на том, что после устранения причины деформации фундаментов, их укрепления, производится ремонт трещин в кирпичных стенах. Благодаря особой конструкции самих спиральных анкеров, особым свойствам монтажного состава система дает возможность стабилизировать и надежно соединить элементы кладки, сохраняя их согласованную эластичность и способность воспринимать и передавать естественные (в основном температурные) деформации. Применение спиральных анкеров препятствует слишком сильному раскрытию трещин при охлаждении конструкции (зимой трещина имеет максимальное раскрытие), при повышении температуры «стягивая» конструкцию обратно. При раскрытии трещины спиральные анкера растягиваются, как стальные пружины, и испытывают растягивающие напряжения.

Спиральные анкера применяют с целью восстановить способность имеющей трещины и отремонтированной каменной кладки к восприятию растягивающих усилий. Вследствие этого существенно уменьшается ширина трещины, которая неизбежно образуется снова на месте старой трещины, отремонтированной

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		67

«традиционными» способами. Упругое скрепление краев трещины спиральными анкерами способствует, при разгрузке, полному закрытию трещины.

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		68

5 ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В данном разделе разработана технология реставрации колокольни над притвором: восстановление кирпичной кладки и монтаж шатра колокольни церкви Илии пророка в селе Сугояк Красноармейского района Челябинской области. На монтажные работы разработана технологическая карта.

Все конструктивные элементы доставляются на строительную площадку с завода или баз поставщиков автомобильным транспортом. Данный процесс заключается в погрузке, транспортировке, разгрузке и складировании.

Доставка автомобильным транспортом был выбран из-за ряда преимуществ перед другими способами, а именно незначительные расходы на погрузочно-разгрузочные работы, возможность доставлять грузы непосредственно на строительную площадку с достаточной скоростью и с соблюдением графика разработанного графика поставок материалов и других ресурсов согласно требуемой технологической последовательностью производства ремонтно-реконструкционных работ.

Возведение кирпичной кладки производится с монтажных лесов, которые устанавливаются внутри здания в осях притвора и снаружи колокольни для восстановления кирпичных стен. Поддоны с кирпичом и бункеры с раствором подаются к месту производства работ автомобильным краном.

Конструкция шатра колокольни собирается на площадке перед притвором с помощью выбранного автокрана, а затем монтируется в проектное положение. Закрепление шатра производится привариванием к закладным деталям в кирпичной кладке.

На основании ведомости дефектов составляется ведомость объемов работ (табл. 6.1) и калькуляция трудозатрат (табл. 6.2).

5.1 Технология ремонтно-реставрационных работ монтажу шатра колокольни

В данном разделе рассмотрена технология монтажа стропильной системы шатра колокольни над притвором, расположенным в осях 1-2.

До начала монтажа стропильной системы следует выполнить следующие организационно-подготовительные мероприятия и работы:

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		69

Отклонение от проектных размеров не должны превышать допускаемых СНиПом.

После сборки стропильной системы и установки обрешетки, начинают устройство фальцевой кровли.

Фальцевая кровля - это металлическая кровля, в которой соединения отдельных элементов покрытия (картин) выполнены с помощью специальных фальцевых соединений.

Картина - элемент кровельного покрытия, у которого кромки подготовлены для фальцевого соединения.

Фальц (фальцевое соединение) - вид шва, образующегося при соединении листов металлической кровли. Различают фальцевые соединения лежащие и стоячие. Боковые длинные края полос стали, идущие вдоль ската, соединяют стоячими соединениями, а горизонтальные - лежащими.

До начала устройства металлической кровли должны быть выполнены организационно-подготовительные мероприятия в соответствии со СНиП 301.01-85* «Организация строительного производства».

Закончены все монтажные и сопутствующие работы, оформлены акты на скрытые работы в соответствии со СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции».

Подготовительные работы включают:

- проверку соблюдения проектных уклонов скатов кровли;
- проверку правильности устройства обрешетки;
- сортировку и проверку качества поставляемых металлических листов.

Основными материалами для кровель из листовой стали являются тонколистовая сталь кровельная оцинкованная. Кроме листовой стали, при кровельных работах применяются:

- кровельные гвозди толщиной 3,5-4 мм, длиной 40-50 мм с крупной шляпкой для прибивки листов стали к обрешетке и крепления кляммер;
- кляммеры (изготавливаются из обрезков кровельной стали) для крепления кровельных листов к обрешетке;

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					08.03.01.2021.305-04.128	71

Обрешетка под кровлю из листовой стали должна быть ровной, прочной, жесткой, без выступов и углублений. Между контрольной рейкой длиной 1 м и обрешеткой допускается просвет размером не более 5 мм.

От правильного устройства обрешетки зависит долговечность кровли, так как даже незначительный прогиб листов на ней ослабляет плотность стыков (фальцев), что приводит к протечкам и разрушению покрытия.

Заготовленные заранее кровельные картины монтируют при помощи автомобильного крана.

Покрытие крыши листовой сталью производится из заранее заготовленных листов, называемых картинами.

Картины могут быть одинарными и двойными (из двух листов), соединенными по коротким сторонам (рисунок 6.1.). Последний способ более производительен, так как уменьшает затраты труда на соединение листов и позволяет применять укрупненные элементы кровельного покрытия.

Заготовка картин заключается в отгибе кромок листа с четырех сторон для последующего соединения их фальцами. Она может производиться вручную или механизированным способом на фальцегибочных станках.

Кровельные листы обычно соединяют между собой по короткой стороне листа лежащими фальцами, а по длинной - стоячими (гребневыми). При покрытии скатов кровли гребневые фальцы располагаются по скату, а лежащие - поперек (параллельно коньку кровли), что не препятствует стоку воды со скатов. Фальцевые соединения могут быть одинарными и двойными.

Рис. 5.1 – Схема двойной кровельной картины

Рис. 5.2 – Схема одинарной кровельной картины

Покрытие скатов кровли одна из наиболее трудоемких операций при устройстве кровель из листовой стали.

В комплекс выполняемых работ по устройству рядового покрытия скатов наибольшие трудовые затраты приходятся на соединение картин гребневыми фальцами, так как протяженность последних в два раза больше протяженности

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		72

лежащих фальцев, из которых половина выполняется в мастерской при заготовке картин.

Обычно соединение кровельных картин гребневым фальцем производится кровельщиками с помощью молотков или же молотком с помощью бруса-отворотки

Фальцы бывают следующих видов:

- Гребневый одинарный

Рис. 5.3 – Схема одинарного гребневого фальца

- Гребневый двойной

Рис. 5.4 – Схема одинарного гребневого фальца

- Лежачий одинарный

Рис. 5.4 – Схема лежачего одинарного фальца

- Лежачий двойной

Рис. 5.5 – Схема лежачего двойного фальца

В настоящее время применяются электрические фальцезакаточные машины, предназначенные для закрытия предварительно профилированных панелей-картин двойным стоячим фальцем: машина помещается на фальцевый шов непосредственно на кровле, приводится в действие электродвигателем и в один проход производит закрытие двойного стоячего фальца.

Заготовленные ранее и поданные на крышу карнизные картины укладывают поверх костылей по свесу крыши таким образом, чтобы край их, имеющий отворотную ленту, плотно огибал выступающую часть костыля. Не загнутую кромку листов по противоположной стороне прибивают к обрешетке гвоздями с расстоянием между ними 400-500 мм. Шляпки гвоздей в дальнейшем закрывают настенным желобом.

Соединение картин гребневым фальцем бывают следующие:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		73

- Кровельными молотками;

Рис. 5.6 – Схема устройства соединения картин молотками

- С помощью молотка и бруса-отворотки;

Рис. 5.7 – Схема устройства картин молотками и брусами-отворотками

- С помощью фальцезакаточной машины.

Рис. 5.8 – Схема устройства картин фальцезакаточной машиной

Картины раскладывают полосами по скату кровли в направлении от конька к желобу (рисунок 5.9). Картины в каждой полосе соединяют друг с другом лежащими фальцами. Таким способом укладывают несколько полос, которые временно прикрепляют у конька к обрешетке гвоздями (за край отогнутой кромки гребня).

Рис. 5.9 – Схема устройства кровли из листовой стали

1 – картина в рядовой полосе; 2- лежащий фальц; 3 – гребневой фальц; 4 – коньковой гребневой фальц; 5 – доска; 6 – стропильная нога; 7 – обрешетка; 8 – костыль; 9 – карнизный настил; 10 – картина настенного желоба; 11 – крюк; 12 – картина карнизного свеса; 13 – воронка; 14 – лоток; 15 – фронтовая кляммера; 16 – гвоздь кровельный.

Вдоль собранной из картин полосы к боковой стороне обрешетки прибавляют кляммеры на расстоянии 600 мм друг от друга. Затем собирают вторую полосу и укладывают ее таким образом, чтобы отогнутая большая кромка первой волны примыкала к малой отогнутой кромке листов второй полосы. При этом соседние полосы сдвигают относительно друг друга на 40-50 чтобы лежащие фальцы соседних картин были расположены в разбежку.

Укладку рядовых полос на скате проводят с выпуском 50-60 мм и выше конька крыши для образования конькового гребня (рисунок 6.5.). Во избежание встречи в коньке двух гребневых фальцев противоположных скатов кровли располагают в разбежку на взаимном расстоянии не менее 50 мм.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					08.03.01.2021.305-04.128	74

Схемы соединения листов стоячим фальцем с креплением их кляммерой к обрешетке бывает следующей:

Рис. 5.10 – Схема соединения листов

Приемка кровли должна сопровождаться тщательным осмотром ее поверхности. Выполненное из листовой стали кровельное покрытие должно удовлетворять следующим требованиям:

- иметь заданные уклоны;
- покрытие во всех соединениях должно быть плотным и водонепроницаемым, представлять собой поверхность без выпуклостей и впадин;
- листы кровельной стали должны прочно прикрепляться и плотно прилегать к обрешетке;
- гребневые фальцы должны быть взаимно параллельными, одинаковыми по высоте и не иметь трещин.

Обнаруженные при осмотре кровли производственные дефекты должны быть исправлены до сдачи здания в эксплуатацию. Приемка готовой кровли должна быть оформлена актом с оценкой качества работ.

Монтаж барабана и главы из стеклопластика, а также металлического креста производится с помощью двух стропов СТП-1, автомобильного крана КС-65715 и автовышки АГП-30-4 на стенде для укрупнительной сборки. Все элементы для монтажа доставляются на стройплощадку автомобильным транспортом.

После установки главы производится окончательный монтаж шатра колокольни на место установки автомобильным краном.

5.2 Требования к качеству и приемке работ

«При устройстве стропильной системы из деревянных элементов осуществляется производственный контроль качества, который включает: входной контроль конструкций, материалов и полуфабрикатов; операционный контроль выполнения строительно-монтажных работ, а также приемочный контроль выполненных работ. На всех этапах работ производится инспекционный контроль представителями технического надзора заказчика.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					08.03.01.2021.305-04.128	75

Изготовитель должен сопровождать каждую партию пиломатериалов и элементов крепления документом о качестве по ГОСТ 13015-2003, в котором должны быть указаны: наименование и адрес предприятия-изготовителя; номер и дата выдачи документа; номер партии; наименование и марки материалов и конструкций; количество; основные физико-механические показатели.

Документ о качестве изделий, поставляемых потребителю, должен быть подписан работником, ответственным за технический контроль предприятия-изготовителя.

Входной контроль качества материалов заключается в проверке внешним осмотром их соответствия ГОСТам, ТУ, требованиям проекта, паспортам, сертификатам, подтверждающим качество их изготовления, комплектности и соответствия их рабочим чертежам. Входной контроль выполняет линейный персонал при поступлении материалов изделий на строительную площадку. Форма и основные размеры изделий должны соответствовать проекту.

Внешнему осмотру подвергаются все партии материалов и изделия в целях обнаружения явных отклонений геометрических размеров от проекта.

Размеры и геометрическая форма проверяются выборочно одноступенчатым контролем.» [68]

Устройство стропильной системы разрешается производить только после приемки опорных конструкций. Схема операционного контроля качества приведена в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Операционный контроль качества

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		76

№ п/п	Технологические операции	Контролируемый параметр, характеристика	Ответственный за контроль	Способ контроля и инструмент
1	2	3	4	5
1	Установка мауэрлатов и лежней	Составление материалов проекту и нормативным требования	Прораб, мастер	Визуально, документы о качестве (паспорта, сертификаты)
		Антисептирование	Прораб, мастер	Визуально, акт освидетельствования скрытых работ
		Огнезащитная обработка	Прораб, мастер	Визуально, акт освидетельствования скрытых работ
		Устройство гидроизоляции	Прораб, мастер	Визуально, акт освидетельствования скрытых работ
		Соответствие расположения проектному	Прораб, мастер	Общий журнал работ
2	Установка элементов стропильной системы	Соответствие материалов проекту и нормативным требования	Прораб, мастер	Визуально, документы о качестве (паспорта, сертификаты)
		Антисептирование	Прораб, мастер	Визуально, акт освидетельствования скрытых работ
		Огнезащитная обработка	Прораб, мастер	Визуально, акт освидетельствования скрытых работ
		Соответствие расположения проектному	Прораб, мастер	Общий журнал работ
3	Устройство обрешетки	Соответствие материалов проекту и нормативным требования	Прораб, мастер	Визуально, документы о качестве (паспорта, сертификаты)

Таблица 5.2 – Технические требования при приемке стропильной системы

№ п/п	Технические требования	Предельные отклонения, мм	Контроль (метод, объем)
1	2	3	4
1	Отклонение глубины вырубki от проектной	2	Измерительный, полный
2	Отклонение размеров между центрами рабочих болтов относительно проектных		Измерительный, выборочный
	для входных отверстий	2	
	для выходных отверстий	5	
3	Отклонение размеров между центрами гвоздей со стороны забивки в гвоздевых соединениях	2	Измерительный, выборочный

Приемка кровли должна сопровождаться тщательным осмотром ее поверхности. Выполненное из листовой стали кровельное покрытие должно удовлетворять следующим требованиям:

- иметь заданные уклоны;
- покрытие во всех соединениях должно быть плотным и водонепроницаемым, представлять собой поверхность без выпуклостей и впадин;
- листы кровельной стали должны прочно прикрепляться и плотно прилегать к обрешетке;
- гребневые фальцы должны быть взаимно параллельными, одинаковыми по высоте и не иметь трещин.

Обнаруженные при осмотре кровли производственные дефекты должны быть исправлены до сдачи здания в эксплуатацию. Приемка готовой кровли должна быть оформлена актом с оценкой качества работ.

5.3 Выбор монтажного крана

Подбор крана осуществляется согласно [15].

Для подачи поддонов кирпича для воссоздания кирпичных сводов на высоту возводимой конструкции необходимо применять кран. Принимаем автомобильный кран ГМК-3050-1, так как объект реконструкции в селе Сугояк находится в сельской труднодоступной местности в достаточном удалении от города Челябинска. При таких условиях эксплуатация автомобильного крана обойдется дешевле, чем транспортировка гусеничного крана с аналогичными характеристиками. Данный кран выбран, так как именно он был выбран для монтажа шатра колокольни и возведения свода над храмом, так как целесообразно использовать один кран на всем протяжении ремонтно-реконструкционных работ.

Рассчитаем максимальную грузоподъемность крана по следующей формуле:

$$Q_k = Q_э \cdot k_1 + (Q_{гр} + Q_{осн}) \cdot k_2 \quad (5.1)$$

где $Q_э$ – масса поднимаемого краном элемента, т;

$Q_{гр}$ – масса грузозахватного приспособления, т;

$Q_{осн}$ – масса оснастки, т;

k_1 и k_2 – коэффициенты перегрузки; принимается 1,2 – для элементов или конструкций, 1,1 – для грузозахватных приспособлений и оснастки.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				08.03.01.2021.305-04.128	78

$$Q_k = 0,874 \cdot 1,2 + (0,01 + 0,005) \cdot 1,1 = 1,06 \text{ т}$$

Рассчитаем максимальную высоту подъема крюка крана по формуле:

$$H_k = \Delta H + H_з + H_э + H_{стр} \quad (5.2)$$

где ΔH – превышение отметки установки элемента над отметкой стоянки крана, м;

$H_з$ – запас по высоте необходимый для безопасной заводки конструкции или элемента к месту установки или переноса через смонтированные конструкции, м; принимается равным 1,5 м;

$H_э$ – высота монтируемого элемента, м;

$H_{стр}$ – высота строповки, м.

$$H_k = 15,6 + 1,5 + 4,9 + 2 = 23,8 \text{ м}$$

Рассчитаем максимальный вылет стрелы крана согласно следующего рисунка:

Рис. 5.9 – Схема расположения крана

Таким образом расчетный вылет стрелы крана составляет 19,37 м.

По рассчитанным и определенным величинам определим рабочую точку крана:

Выбор данного крана для этого вида работ обусловлен удаленностью объекта реконструкции и необходимости использования данного крана в других ремонтно-реконструкционных работах.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				79

6 ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Реставрационный процесс, осуществляемый в целях сохранения памятника архитектуры, складывается из следующих этапов:

- Камеральные исследования.
- Натурные исследования.
- Визуальный, инструментальный осмотр, измерение геометрических параметров, проверка состояний строительных конструкций, обмеры и фотофиксация объекта реконструкции и существующих дефектов.
- Восстановление исторического облика здания.
- Создание проектных чертежей (планов, разрезов и т.п.).
- Выполнение научно-исследовательского проектирования.
- Выполнение реставрационного, ремонтно-реставрационного производства.
- Достижения функционального результата.

Ремонтно-реставрационное производство представляет собой практического действие по восстановлению и сохранению памятника культурного наследия. Главным отличием реставрационного производства от основных строительных работ на современных объектах строительства - это объемы, сроки и продолжительность отдельных видов работ, а также то, что реставрация здания имеет собственную общую технологию производства:

- Каменные работы выполняются при ремонте или реставрации кирпичной кладки или отдельных кирпичей. Сама работа должна производиться только высококвалифицированным каменщиками;
- Деревянные работы охватывают все виды работ с древесными материалами и подразделяются на плотницкие и столярные.
- Работы с металлическими и металлодержащими конструкциями сводятся к замене водосточных труб, желобов, водостоков и водосливов, а также к ремонту и восстановлению разрушенных металлических элементов крыши.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				08.03.01.2021.305-04.128		80

6.1 Календарный план производства работ

Календарный план является проектно-техническим документом, в котором определяется продолжительность ремонтно-реставрационных работ, сроки, состав звена и взаимная увязка выполнения определенных видов работ.

По календарному плану определяют потребность в трудовых, материально-технических ресурсах по времени производства работ. Также немало важной функцией календарного плана является возможность контроля над ходом работ и координация работы исполнителей.

Порядок разработки календарного плана заключается в следующем:

- Составления перечня работ
- Определяется объем работ по перечню
- Выбор методов производства основных работ и ведущих машин
- Рассчитывается нормативная трудоёмкость и машиноёмкость
- Определяется состав бригады и звеньев
- Определяется технологическая последовательность выполнения работ
- Определяется сменность по каждому виду работ
- Разрабатывается график потребности в строительных материалах, основных и вспомогательных машин и механизмов
- Разрабатывается график движения трудовой силы в течение всего срока выполнения работ

До начала реставрационных работ выполняются мероприятия по подготовке строительного производства в объеме, обеспечивающим осуществление работ в запроектированном темпе и режиме, при этом проектируется запас материалов, в случае непредвиденных задержек поставок. Производится общая организационно-техническая подготовка, подготовка к реставрации объекта, поиск организаций, которые будут осуществлять работы.

По приведенным выше алгоритмам был разработан календарный план, который представлен на листе 10.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				81

6.1.1 Ведомость объемов работ по реставрации церкви

Составим ведомость объемов работ по реставрации стен колокольни шатра и крыши колокольни. Все виды работ с указанием единиц измерения, непосредственно объема работ и примечания к выполняемым работам сведены в общую таблицу 6.1

Таблица 6.1 – Ведомость объемов работ по реконструкции элементов колокольни

№	Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ	Примечание
1	2	3	4	5
Подготовительные работы				
1	Срезка растительного слоя бульдозером	1000 м ²	2	Бульдозер Т-100
2	Установка строительных лесов	100 м ²	5,56	Инвентарные леса высотой до 16 м: трубчатых
Демонтажные работы				
3	Разборка деревянных элементов конструкции крыш	100 м ²	0,61	Стропила со стойками из брусьев и бревен
4	Разборка 2х верхних рядов кирпичной кладки стен	м ³	20,24	
Основные работы				
5	Кладка 2х верхних рядов кирпичной кладки стен	м ³	20,24	При высоте этажа до 4 м
6	Сборка деревянного каркаса шатра	100 м ²	0,68	
7	Монтаж шатра	шт	1	Из брусьев
8	Закрепление шатра	шт	1	Из брусьев
9	Покрытие стропильной системы фальцевой кровлей	100 м ²	1,26	без настенных желобов
10	Очистка поверхности стен от ветхой штукатурки	100 м ²	2,42	
11	Декоративное оштукатуривание стен колокольни	100 м ²	2,42	Улучшенная штукатурка ЦПС
12	Штукатурная отделка внутренних стен	100 м ²	2,42	
13	Стекольные работы	100 м ²	0,97	На штапиках по замаске
Завершающие работы				
14	Разборка строительных лесов	100 м ²	5,56	
15	Благоустройство территории	1000 м ²		

6.1.2 Калькуляция затрат труда

Калькуляция затрат труда рабочих является основным из расчетов для определения сроков и продолжительности выполнения работ и для составления календарного плана ремонтно-реконструкционных работ.

Составим сводную таблицу, выполненную на основе ведомости объемов работ (таблица 6.1), с обоснованиями ГЭСН, указанием нормативных параметров

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					82

08.03.01.2021.305-04.128

выполнения работ, при это состав звена и добавочные коэффициенты на выполнение работ (на производство работ на высоте и выполнение работ с помощью автомобильного крана) определялся по ЕНиР.

Таблица 6.2 – Калькуляция трудовых затрат

№ п/л	Наименование работ	Объем работ		Обоснование, ГЭСН	Трудоёмкость		Машиноёмкость			Продолжительность, д	Число смен в день	Кол-во рабочих	Состав бригады
		Ед.изм.	Кол-во		Нвр, чел-ч	Всего, чел-см	Требуемые машины	Нвр, маш-ч	Всего маш-см				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Подготовительные работы													
1	Срезка растительного слоя бульдозером	1000 м ²	2	01-02-112-02	2,08	0,52	T-100	2,08	0,52	1	1	1	Машинист 4р-1
2	Установка строительных лесов	100 м ²	5,56	08-07-001-01	7,23	5,02	ЗИЛ-130	0,07	0,05	3	1	6	Монтажник 4р-2, 3р-2, 2р-2
Демонтажные работы													
3	Разборка деревянных элементов конструкции крыши	100 м ²	0,61	58-1-03	6,77	0,52	ГМК 3050-1	0,42	0,03	1	1	5	Плотник 4р-1, 3р-1, 2р-2, машинист крана 6р-1
4	Разборка 2х верхних рядов кирпичной кладки стен	м ³	20,24	53-2-2	1,13	2,87				3	1	3	Каменщик 4р-1, 3р-2
Основные работы													
5	Кладка 2х верхних рядов кирпичной кладки стен	м ³	20,24	8-02-001-3	1,89	4,77	ГМК 3050-1	0,4	1,01	3	2	4	Каменщик 4р-1, 3р-2, машинист крана 6р-1
6	Сборка деревянного каркаса шатра	100 м ²	0,68	10-01-002	6,02	0,51			0	1	1	5	Плотник 4р-1, 3р-1, 2р-2, машинист крана 6р-1
7	Монтаж шатра	шт	1	10-01-010	2,44	0,30	ГМК 3050-1	0,36	0,05	1	1	3	Монтажник 6р-1, 5р-1, машинист крана 6р-1
8	Закрепление шатра	шт	1	10-01-010	11,25	1,41			0	2	1	2	Плотник 3р-1, 2р-1
9	Покрытие стропильной системы фальцевой кровлей	100 м ²	1,26	12-01-007-08	22,71	3,58	ГМК 3050-1	0,5	0,08	4	1	5	Монтажник 5р-1, 4р-1, 3р-2, машинист крана 6р-1
10	Очистка поверхности стен от ветхой штукатурки	100 м ²	2,42	15-02-001-1	14,18	4,29	Лебедка		0	3	2	5	Штукатур 5р-1, 4р-2, 3р-2
11	Декоративное оштукатуривание стен колокольни	100 м ²	2,42	15-02-001-1	14,18	4,29	Лебедка		0	3	2	5	Штукатур 5р-1, 4р-2, 3р-2
12	Штукатурная отделка внутренних стен	100 м ²	2,42	15-02-015-01	13,13	3,97	лебедка		0	2	2	5	Штукатур 5р-1, 4р-2, 3р-2
13	Стекольные работы	100 м ²	0,97	15-05-002-1	23,6	2,88			0	3	1	4	Монтажник 5р-1, 4р-1, 3р-2
Завершающие работы													
14	Разборка строительных лесов	100 м ²	5,56	08-07-001-01	7,23	5,02			0	3	1	6	Монтажник 4р-2, 3р-2, 2р-2
15	Благоустройство территории	1000 м ²	4	47-01-001	10,2	5,10			0	2	2	10	Рабочие

6.2 Строительный генеральный план

«Строительным генеральным планом (СГП) называется план строительной площадки, на котором отражают состав и взаимную увязку трех основных групп объектов:

- Существующих (включая демонтируемые, переносимые и возводимые)
- Постоянных и временных
- Объекты строительного хозяйства, которые позволяют создать условия для полной и своевременной реализации принятой организации и технологии строительного производства, нормированного обслуживания работающих, выполнение требований по экономии материально-технических и топливно-энергетических ресурсов, соблюдение требований безопасности труда, пожарной безопасности, охраны окружающей среды, гигиенических требований.

Строительный генеральный план является важной частью проекта производства работ (ППР) – основным документов, регламентирующим организацию строительной площадки и объемы временного строительства.» [67]

Строительный генеральный план представлен на листе 12.

6.2.1 Обоснование потребности строительства в рабочих кадрах

Потребность строительства в рабочих и инженерно-трудовых ресурсах определяют по графику движения рабочей силы, составляемого на основе календарного плана. Категории рабочих принимаются по [16]. Полученные данные по потребности строительства в рабочих кадрах приведены в сводной таблице 6.3.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				84

Таблица 6.3 – Калькуляция потребности строительства в категориях работающих

№ п/п	Состав рабочих кадров	Соотношение категорий работающих	Количество рабочих кадров
1	2	3	4
1	Рабочие	85%	10
2	ИТР	8%	1
3	Служащие	5%	1
4	МОП и охрана	2%	1
5	Женщины	30%	4
6	Мужчины	70%	9
7	Всего работающих	100%	13
Количество работающих в наиболее многочисленную смену			10

6.2.2 Обоснование потребности строительства во временных зданиях

«Временные здания и сооружения используются для обеспечения производства строительного-монтажных, ремонтно-реставрационных работ, организации бытового обслуживания строителей и управления ходом строительства.» [67]

Необходимое количество временных зданий и сооружений определяют по следующей формуле:

$$P_v = \frac{N_{вр} \cdot m}{G} \quad (6.1)$$

где $N_{вр}$ – количество пользователей временным помещением, чел;

m – нормативный показатель вместимости здания;

G – вместимость одного здания или сооружения, чел.

Общая численность пользователей зданием (общая вместимость здания) определяется по следующей формуле:

$$N_{вр} = \frac{F - F_n}{F} \cdot N_0 \quad (6.2)$$

где N_0 – одновременное количество пользователей зданием, чел;

F_n – площадь временного помещения, м²;

F – общая потребность в зданиях, шт; определяется по следующей формуле:

$$F = F_n \cdot P \quad (6.3)$$

где P – число работающих в наиболее многочисленную смену, чел;

Номенклатура и серию мобильных зданий определяют по справочнику строителя [14]. По рассчитанным потребностям и вместимости здания или сооружения подбираем необходимое количество. Результат расчетов приведен в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Конструктивные решения временных зданий

№ п/п	Наименования здания	Число пользователей	Серия здания	Полезная площадь, м ²	Размер здания, м	Количество зданий
1	2	3	4	5	6	7
1	Контора производителя работ	2	"Универсал" 1129-022	18	3x6x2,9	1
2	Гардеробная с душевой	14	"Комфорт" Г-14	54	3x9x2,9	2
3	Уборная женская	4	"Днепр" Д-09-К	1,4	1,3x1,2x2,4	1
4	Уборная мужская	9	"Днепр" Д-09-К	3,8	1,3x1,2x2,4	2
5	Столовая-догоготовочная	14	"Геолог" ЗУС	36	6x6x3	1

6.2.3 Обоснование потребности строительства в складах

Склады, располагаемые на площадке строительства или около нее служат для временного хранения материалов, полуфабрикатов, изделий, конструкций. Закрытые склады служат для хранения материалов, подверженных влиянию атмосферных осадков или особо дорогостоящие материалы.

Площадь склада зависит от вида, способа хранения материалов и объема хранения. Площадь склада составляет полезная площадь – непосредственно занятая под хранение площадь, вспомогательной площадки для приемки и отпуска материалов, проездов и проходов.

Площадь открытых складов рассчитывается по следующей формуле:

$$S = P_{\text{скл}} \cdot q \quad (6.4)$$

где $P_{\text{скл}}$ – расчетный запас материалов;

q – норма складирования на 1 м² пола.

						Лист
					08.03.01.2021.305-04.128	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		86

Величина производственных запасов материалов, подлежащих хранению на складе, рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{скл}} = \frac{P_{\text{общ}}}{T} \cdot n \cdot l \cdot m \quad (6.5)$$

где $P_{\text{общ}}$ – общее количество материала, необходимое для выполнения работы на расчетный период;

T – продолжительность потребности в материале;

n – нормативный запас материала;

l – коэффициент неравномерности поступления материала;

m – коэффициент неравномерности потребления материала.

Результаты расчетов сведены в общую таблицу 6.5.

Таблица 6.5 – Расчет площади складов

№ п/п	Материалы и изделия	Продолжительность потребления, дн.	Потребность			Коэффициент неравномерности		Запас материала		Норма склад., м ²	Площадь склада, м ²	
			Ед. изм.	Общ.	Сут.	l	m	n	Расч.		На ед.	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Кирпич	18	тыс шт.	114	7,8	1,1	1,3	10	91	2,5	226	632
2	Кровельная сталь	21	м ²	590	116	1,1	1,3	5	201	1,25	251	
3	Элементы столярной системы	4	100 м ²	5,9	0,88	1,1	1,3	12	25	1,7	43	
4	Столярные и плотнические изделия	33	м ³	6,8	3,4	1,1	1,3	12	4	1,7	6	
5	Малярные	16	м ²	98,8	6,18	1,1	1,3	7	62	1,7	105	

6.2.4 Обоснование потребности строительства в водоснабжении

Временное снабжение строительной площадки хозяйственно-бытовой водой предназначено для обеспечения производственных, бытовых и противопожарных нужд. Потребность в воде вычисляется по следующей формуле:

$$Q_{\text{тр}} = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{х/п}} + Q_{\text{пож}} \quad (6.6)$$

где $Q_{\text{пр}}$, $Q_{\text{х/п}}$ и $Q_{\text{пож}}$ – расход воды соответственно на производственные, хозяйственно-бытовые и противопожарные нужды соответственно, л/с.

Расход воды на производственные нужды вычисляется по следующей формуле:

$$Q_{\text{пр}} = \sum \frac{K_{\text{нy}} \cdot q_{\text{y}} \cdot n_{\text{п}} \cdot K_{\text{ч}}}{3600 \cdot t} \quad (6.7)$$

где $K_{\text{нy}}$ – коэффициент неучтенного расхода воды; принимается равным 1,2;

q_{y} – удельный расход воды на производственные нужды, л/с;

$n_{\text{п}}$ – число производственных потребителей;

$K_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности; принимается равным 1,5;

												Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128							87

t – время водопотребления; принимается 8 ч.

Расход воды на хозяйственно-бытовые нужды определяется по формуле:

$$Q_{x/п} = \sum \frac{q_x \cdot n_p \cdot K_q}{3600 \cdot t} + \frac{q_d \cdot n_d}{60 \cdot t_1} \quad (6.8)$$

где q_x – удельный расход воды на хозяйственные нужды;

n_p – количество рабочих в наиболее загруженную смену;

q_d – удельный расход воды на прием душа одним рабочим;

t_1 – продолжительность использования душа; принимается равным 45 мин;

n_d – число людей, использующий душ; принимается равным 80% от количества рабочих в наиболее нагруженную смену (n_p).

Расход воды на противопожарные нужды принимается из расчета одновременного действия двух струй из гидрантов с расходом воды в 5 л/с;

$$Q_{\text{пож}} = 10 \text{ л/с}$$

Удельные расходы воды принимаются по [17].

Результаты расчетов сведены в общую таблицу 6.7.

Таблица 6.7 – Калькуляция потребности строительства в воде

№ п/п	Наименование потребителя	Ед. изм.	Кол-во потребителей	Продолжительность, дн	Удельный расход, л/с	Коэффициент		Часов в смену	Расход воды, л/с
						$K_{ну}$	$K_{ч}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Кирпичная кладка	тыс шт.	114	18	90	1,2	1,5	8	0,6
Итого на производственные нужды, л/с									0,6
2	Прием душа	чел	8		50			0,45	14,81
3	Умывальники	чел	10		4		1,5	8	0,002
4	Столовая	чел	10		25		1,5	8	0,013
5	Уборная	чел	10		6		1,5	8	0,003
Итого на хозяйственно-бытовые нужды, л/с									14,83
Итого на противопожарные нужды, л/с									10,00
Общий расход воды $Q_{тр}$, л/с									25,47

На водопроводной сети следует предусмотреть не менее 2 гидрантов, располагаемых на расстоянии не более 150 м друг от друга. Также следует определить диаметр труб водонапорной сети, определяемый по следующей формуле:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot Q_{тр}}{\pi \cdot v}} \quad (6.9)$$

где v – скорость движения воды в трубах; принимается равным 0,6 л/с.

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot 25,47}{3,14 \cdot 0,6}} = 232,56 \text{ мм}$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				88

Из этого следует что необходимо использовать два гидранта с диаметром труб 240 мм.

6.2.5 Обоснование потребности строительства в освещении

Необходимо предусмотреть освещение вдоль ограждения строительной площадки только в охранных целях, так как ремонтно-реконструкционные работы предполагается проводить в летнее время. Количество прожекторов для освещения определяется по следующей формуле:

$$n = \frac{p \cdot E \cdot S}{P_{л}} \quad (6.10)$$

где p – удельная мощность прожектора, Вт/м²;

E – освещенность, лк;

S – площадь площадки, подлежащая освещению, м²;

$P_{л}$ – мощность лампы прожектора, Вт.

Принимаем прожектор российского производства ПЗМ-35 со следующими параметрами:

- Мощность лампы прожектора $P_{л}$ равняется 500 Вт;
- Удельная мощность прожектора p равняется 0,4 Вт/м².

Таким образом:

$$n = \frac{0,4 \cdot 0,65 \cdot 3800}{500} = 2$$

Принимаем два прожектора ПЗМ-35 на мачтах высотой 20 м.

6.2.6 Обоснование потребности строительства в электроснабжении

Предполагается, что ремонтно-реконструкционные работы будут производиться в летнее время, следовательно, необходимо определить потребность охранного освещения в электроэнергии прожекторами ПЗМ-35.

Сети электроснабжения предназначены для энергетического обеспечения силовых и энергетических потребителей строительства, а также для энергетического обеспечения наружного и внутреннего освещения строительной площадки, временных зданий и сооружений, мест производства.

Расчетная электрическая нагрузка определяется по следующей формуле:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		89

$$P_p = \sum \frac{K_{1c} \cdot P_c}{\cos\varphi} + \sum \frac{K_{2c} \cdot P_m}{\cos\varphi} + \sum K_{3c} \cdot P_{ов} \cdot \sum P_{он} \quad (6.11)$$

где K_{1c} , K_{2c} , K_{3c} – коэффициенты спроса;

P_c – мощность силовых потребителей, Вт;

P_T – мощность для технологических нужд, Вт;

$P_{ов}$ – мощность устройств внутреннего освещения, Вт;

$P_{он}$ – мощность устройств наружного освещения, Вт.

Результаты расчетов приведены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Калькуляция потребности в электроэнергии

№ п/п	Наименование потребителя	Ед. изм.	Объем потребления	Коэффициент		Удельная мощность, Вт/м ²	Расчетная мощность КВт
				Спроса, Ki	Мощности, cosφ		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Охранное освещение	м ²	3800	1	1	0,4	1,52
Всего на наружное освещение							1,52
2	Контора производителя работ	м ²	18	0,8	1	15	0,144
3	Гардеробная с душевой	м ²	54	0,8	1	10	0,432
4	Уборная женская	м ²	1,4	0,8	1	10	0,011
5	Уборная мужская	м ²	3,8	0,8	1	10	0,030
6	Столовая-доготовчная	м ²	36	0,8	1	15	0,29
Всего на внутреннее освещение							0,91
Расчетная нагрузка							2,43

Библиографический список

- 1- <https://arhistrzh.livejournal.com/156906.html>
- 2- ГОСТ Р 55567-2013 «Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования»
- 3- ГОСТ 31937—2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
- 4- ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.»
- 5- СНиП 2.01.01.82 «Строительная климатология и геофизика»
- 6- СНиП 2.07.01-89* "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений"
- 7- МДС 31.9-2003 «Православные храмы. Том 3. Примеры архитектурно-строительных решений»
- 8- СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»
- 9- СП 131.13330.2018 «Строительная климатология»
- 10- ГОСТ 22690-2015. «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.»
- 11- ГОСТ 8462-85. «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.»
- 12- <http://tehne.com/event/arhivsyachina/v-kuznecov-svody-ih-konstrukciya-i-dekor-1936>
- 13- СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции»
- 14- Уманский А.А. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений – Москва: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1960. – 1043 с.

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		91

- 15- РД-11-06-2007 «Методические рекомендации о порядке разработки проектов производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ».
- 16- ГОСТ 23407-78 «Ограждения инвентарные строительных площадок и участков производства строительного-монтажных работ. Технические условия»
- 17- СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».
- 18- Атлас планов и фасадов церквей, иконостасов к ним и часовень, одобренных для руководства при церковных постройках в селениях / изд. Святейшего Синода. - М. : [Синод. тип.], 1911. - [4], 50 л
- 19- Леденев, В.В. Обследование и мониторинг строительных конструкций зданий и сооружений/ В.В. Леденев, В.П. Ярцев – Тамбов: Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – 253 с.
- 20- Церковный древлехранитель: методическое пособие по сохранению памятников церковной архитектуры и искусства / Тихон (Шевкунов), архим. и др. - Москва, 2015. - 261с.
- 21- СП 31-103-99 «Свод правил по проектированию и строительству здания, сооружения и комплексы православных храмов»
- 22- Анашкевич Н.А. Русский крест. Символика православного надглавного креста/ Н.А. Анашкевич, Э.И. Шейдаев, Н.М. Шулаков – Москва: Издательство ООО «Издательство Арстель», 2005. – 300 с.
- 23- Бессонов Г.Б. Методические рекомендации. Исследование деформации, расчет несущей способности и конструктивное укрепление древних распорных систем/ Г.Б. Бессонов – Москва: издательство Объединение «Росреставрация», 1989. – 91 с.
- 24- Об объявлении историко-культурного наследия памятниками истории и культуры Челябинской области: Законодательное собрание Челябинской области. – 1999. - №457, (28 января). – Ст. 1 п.115.
- 25- Пособие к проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП П-22-81 "Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования") / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.

						08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			92

- 26- СП 48.13330.2019. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. - М.: 2011.
- 27- СНиП III-4-80*. Правила производства и приемки работ. Техника безопасности в строительстве. - М.: Стройиздат, 1983.
- 28- СП 31-103-99. Свод правил по проектированию и строительству. Здания, сооружения и комплексы православных храмов. – М.: 2000.
- 29- ГОСТ 12.3.009-76 (СТ.СЭВ 3518-18). ССБТ. Работы погрузочные разгрузочные. Общие требования безопасности.
- 30- ГОСТ 25032-81. Средства грузозахватные. Классификация и общие технические требования.
- 31- ГОСТ 12.2.071-90. Система безопасности труда. Краны грузоподъемные. Краны контейнерные.
- 32- ГОСТ 24258-80. Требования к средствам подмащивания.
- 33- ГОСТ 18343-80. Поддоны для кирпича и керамических камней. Технические условия.
- 34- СП 11–105–97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ / Госстрой России. – М., 1997. – Ч.1.
- 35- СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.-М.: 2011.
- 36- ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия.
- 37- ТИ РО-012-2003. Типовая инструкция по охране труда для каменщиков.
- 38- ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
- 39- СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям
- 40- ГОСТ Р 53254-2009 Техника пожарная. Лестницы пожарные наружные стационарные. Ограждения кровли. Общие технические требования. Методы испытаний
- 41- СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция, кондиционирование. Требования пожарной безопасности.

						08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			93

- 42- СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
- 43- СП 17.13330.2017 Кровли. Актуализированная редакция СНиП II-26-76
- 44- СП 118.13330.2012* Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009
- 45- СП 258.1311500.2016 Объекты религиозного назначения. Требования пожарной безопасности
- 46- СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты.
- 47- ЕНиР. Общая часть/ Госстрой СССР – М.: Прейскурант, 1987.- 38с.
- 48- ЕНиР. Сборник Е1. Внутривозвездечные транспортные работы.- М.:Прейскурантиздат, 1987.- 40 с.
- 49- 54. ЕНиР. Сборник Е2. Земляные работы. Вып. 1. Механизированные и ручные земляные работы/ Госстрой СССР.– М.: Стройиздат, 1988.–224 с.
- 50- ЕНиР. Сборник Е3. Каменные работы. Вып.1. Механизированные и ручные земляные работы. – М.: Прейскурантиздат, 1987. – 47 с.
- 51- ЕНиР. Сборник Е5. Монтаж металлических конструкций. Вып. 1. Здания и промышленные сооружения.– М.: Стройиздат, 1987. –31 с.
- 52- ЕНиР. Сборник Е6. Плотничные и столярные работы, вып. 1. – М.: Стройиздат, 1979.
- 53- ЕНиР. Сборник Е7. Кровельные работы. Вып. 2. – М.: Стройиздат, 1987. – 23 с.
- 54- ЕНиР. Сборник Е8. Отделочные покрытия строительных конструкций. Вып.1. Отделочные работы. – М.: Стройиздат, 1988. – 152 с.
- 55- ЕНиР. Сборник Е15. Кладка промышленных печей и возведение дымовых труб. – М.: Стройиздат, 1986.-25с.
- 56- ЕНиР. Сборник Е20. Ремонтно-строительные работы. Вып.1. Здания и промышленные сооружения. – М.: Стройиздат, 1987. – 222
- 57- Акимова, Л.Д. Технология строительного производства: учебник для вузов/ Л.Д. Акимова Н.Г. Аммосов, Г.М. Бадьин. - Л.: Стройиздат, 1987.

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		94

- 58- Соколов, Г.К. Технология и организация строительства: учебник/ Г.К. Соколов. - М.: Издательские центр "Академия", 2002.
- 59- Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие/ под ред. Сидорова А.И. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004.
- 60- Бернгард, В.Р. Арки и своды: руководство к устройству и расчету арочных и сводчатых перекрытий, ч. 1 Устройство арок и сводов/ В.Р. Бернгард.- С.-П., 1901.
- 61- Гельфельд, Л.С. Основные технологические принципы реставрации памятников каменного зодчества: методическое пособие/ Л.С. Гельфельд. - М.: Институт Спецпроектреставрация, 1994.
- 62- Дикман, Л.Г. Организация и планирование строительного производства: учебник для вузов/ Л.Г. Дикман. - М.: "Высшая школа", 1988.
- 63- Кутуков, В.И. Реконструкция зданий: учебник для строительных вузов/В.И.Кутуков. - М.: Высшая школа, 1981.
- 64- Реставрация памятников архитектуры учебное пособие для вузов/ С.С. Подъяпольский, Г.Б. Бессонов, Л.А. Беляев, Т.М. Постникова. - М.: Стройиздат, 1988.
- 65- Православные храмы. В трех томах. Том 1. Православные храмы и комплексы: Пособие по проектированию и строительству (к СП 31-103-99). МДС 31-9.2003/АХЦ «Арххрам». -М.: ГУП ЦПП, 2003.
- 66- Православные храмы. В трех томах. Том 2. Православные храмы и комплексы: Пособие по проектированию и строительству (к СП 31-103-99). МДС 31-9.2003/АХЦ «Арххрам». -М.: ГУП ЦПП, 2003.
- 67- Ершов, М. Н. Разработка стройгенпланов: учебное пособие по проектированию/ М. Н. Ершов, Б. Ф. Ширшиков. – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ), 2012. – 128 с.
- 68- Кровля. Современные материалы и технология: учебник / В. И. Теличенко, В. Ф. Касьянов, С. Д. Сокова, И. Н. Доможиллов. – 2-е изд., доп. и исправл. – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ), 2012. – 816 с

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					08.03.01.2021.305-04.128	95

ПРИЛОЖЕНИЕ А

**ФОТОФИКСАЦИЯ ОБЪЕКТА РЕКОСТРУКЦИИ: ЦЕРКОВЬ ИЛИ
ПРОРОКА.**

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		96

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

Рисунок 1 – Западный фасад.....	98
Рисунок 2 - Северный фасад.....	98
Рисунок 3 - Фрагмент северного фасада	98
Рисунок 4 - Фрагмент северного фасада	98
Рисунок 5 - Фрагмент северного фасада	98
Рисунок 6– Восточный фасад	98
Рисунок 7 – Фрагмент южного фасада.....	98
Рисунок 8 – Фрагмент южного фасада.....	98
Рисунок 9 – Фрагмент южного фасада.....	98
Рисунок 10 – Северо-западный вид	98
Рисунок 11 – Северо-западный вид	98
Рисунок 12 – Северо-восточный вид	98
Рисунок 13 – Юго-восточный вид.....	98
Рисунок 14 – Юго-западный вид.....	98
Рисунок 15 – Внутренний вид на главный вход.....	98
Рисунок 16 – Внутренний вид прихода	99
Рисунок 17 - Вид на северный притвор.....	99
Рисунок 18 - Вид на южный притвор	99
Рисунок 19 - Вид на притвор из трапезной.....	99
Рисунок 20 - Вид на северо-восточный угол трапезной.....	99
Рисунок 21 - Вид на юго-западный угол трапезной.....	99
Рисунок 22 - Вид на северо-восточный угол трапезной.....	99
Рисунок 23 - Вид на юго-восточный угол трапезной.....	99
Рисунок 24 - Интерьер южной стороны трапезной.....	99
Рисунок 25 - Вид на северо-восточный угол храма	99
Рисунок 26 - Интерьер свода храма	99
Рисунок 27 - Интерьер северной стороны храма.....	99
Рисунок 28 - Вид на юго-восточный угол храма.....	99
Рисунок 29 - Вид на северо-восточную часть апсиды	99
Рисунок 30 - Вид на северо-западную часть апсиды	99
Рисунок 31 - Вид на южную ризницу	99
Рисунок 32 - Вид на южную сторону колокольни	99

Рисунок 1 – Западный фасад

Рисунок 2 - Северный фасад

Рисунок 3 - Фрагмент северного фасада

Рисунок 4 - Фрагмент северного фасада

Рисунок 5 - Фрагмент северного фасада

Рисунок 6– Восточный фасад

Рисунок 7 – Фрагмент южного фасада

Рисунок 8 – Фрагмент южного фасада

Рисунок 9 – Фрагмент южного фасада

Рисунок 10 – Северо-западный вид

Рисунок 11 – Северо-западный вид

Рисунок 12 – Северо-восточный вид

Рисунок 13 – Юго-восточный вид

Рисунок 14 – Юго-западный вид

Рисунок 15 – Внутренний вид на главный вход

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		98

Рисунок 16 – Внутренний вид прихода

Рисунок 17 - Вид на северный притвор

Рисунок 18 - Вид на южный притвор

Рисунок 19 - Вид на притвор из трапезной

Рисунок 20 - Вид на северо-восточный угол трапезной

Рисунок 21 - Вид на юго-западный угол трапезной

Рисунок 22 - Вид на северо-восточный угол трапезной

Рисунок 23 - Вид на юго-восточный угол трапезной

Рисунок 24 - Интерьер южной стороны трапезной

Рисунок 25 - Вид на северо-восточный угол храма

Рисунок 26 - Интерьер свода храма

Рисунок 27 - Интерьер северной стороны храма

Рисунок 28 - Вид на юго-восточный угол храма

Рисунок 29 - Вид на северо-восточную часть апсиды

Рисунок 30 - Вид на северо-западную часть апсиды

Рисунок 31 - Вид на южную ризницу

Рисунок 32 - Вид на южную сторону колокольни

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				99

СХЕМА ФОТОФИКСАЦИИ АЗ

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		100

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

**ФОТОФИКСАЦИЯ ДЕФЕКТОВ И РАЗРУШЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ
ОБЪЕКТА РЕКОСТРУКЦИИ: ЦЕРКОВЬ ИЛИИ ПРОРОКА.**

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		101

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

Рисунок Б.1 – Вид на главный вход.....	104
Рисунок Б.2 – Дефекты оконного проема западного фасада	104
Рисунок Б.3 – Дефекты Северо-западного угла церкви.....	104
Рисунок Б.4 – Дефекты северной стены притвора	104
Рисунок Б.5 – Дефекты оконного проема северной части трапезной.....	104
Рисунок Б.6 – Дефекты северного фасада храма.....	104
Рисунок Б.7 – Разрушения ризницы	104
Рисунок Б.8 – Разрушение комнаты для хранения ряс	105
Рисунок Б.9 – Дефекты южного окна храма	105
Рисунок Б.10 – Дефекты южного входа храма	105
Рисунок Б.11 – Дефекты южного фасада храма	105
Рисунок Б.13 – Деформация юго-западной угла трапезной.....	106
Рисунок Б.14 – Вид на несущие стены колокольни из трапезной	106
Рисунок Б.15 – Вид на конструкции перекрытия трапезной	106
Рисунок Б.16 – Интерьер северной стены трапезной.....	106
Рисунок Б.17 – Вид на юго-западный угол притвора	106
Рисунок Б.18 – Вход в южное бытовое помещение притвора	106
Рисунок Б.19 – Вид на свод колокольни	107
Рисунок Б.20 – Вид на юго-восточный угол притвора	107
Рисунок Б. 21 – Вид на юго-западный угол южного придела притвора.....	107
Рисунок Б.22 – Вид на западную стену южного придела притвора.....	107
Рисунок Б.23 – Вид на крестовый свод под колокольной	107
Рисунок Б.24 – северный вид на крестовый свод под колокольной.....	107
Рисунок Б.25 – Дефекты южной несущей стены колокольни	107
Рисунок Б.26 – Дефекты северной несущей стены колокольни.....	108
Рисунок Б.27 – Дефекты северо-восточного угла несущих стен колокольни.....	108
Рисунок Б.28 – Дефекты западной стены северного придела притвора.....	108
Рисунок Б.29 – Вид на северо-западную сторону колокольни	108
Рисунок Б.30 – Северный вид на колокольню и несущие стены.....	108
Рисунок Б.31 – Дефекты восточной стены трапезной и храма	109
Рисунок Б.32 – Вид на северо-восточную часть свода храма	109
Рисунок Б.33 – Дефекты несущих стен апсиды и ризницы	109

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		102

Рисунок Б.34 – Вид на северо-восточную стену апсиды.....	109
Рисунок Б.35 – Дефекты дверного проема апсиды	109
Рисунок Б.36 – Дефекты несущих стен апсиды.....	109

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		103

Рисунок Б.1 – Вид на главный вход

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, Отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, разрушение декора, разрушение карнизов. Нарушения дверного заполнителя. Деформация отливов из кровельной стали.

Рисунок Б.2 – Дефекты оконного проема западного фасада

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, Отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, отсутствие оконного заполнителя и водослива, разрыхление подоконных поясков.

Рисунок Б.3 – Дефекты Северо-западного угла церкви

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, Отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, разрушение декора, разрушение карнизов. Отсутствие оконного заполнителя в колокольне.

Рисунок Б.4 – Дефекты северной стены притвора

Отсутствие отмостки и гидроизоляции, выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, разрушение декора, разрушение карнизов.

Рисунок Б.5 – Дефекты оконного проема северной части трапезной

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, Отсутствие оконного заполнителя, решеток и водослива, разрушение карнизов, кирпичной кладки оконного проема. Преобразование оконного проема в дверной.

Рисунок Б.6 – Дефекты северного фасада храма

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, разрушение декора, разрушение карнизов, отсутствие оконного заполнителя, решеток и водослива, разрыхление подоконных поясков. Отсутствие отмостки и гидроизоляции, отсутствие ступеней у входа.

Рисунок Б.7 – Разрушения ризницы

Выветривание кирпича, разрушение кладки кирпичей, отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		104

20 мм, разрушение декора, отсутствие конструкций перекрытия и кровли ризницы, отсутствие оконного заполнителя, решеток и водослива, разрыхление подоконных поясков. Отсутствие отмостки и гидроизоляции. Отсутствие оконной перемычки.

Рисунок Б.8 – Разрушение комнаты для хранения ряс

Выветривание кирпича, разрушение кладки кирпичей, отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, разрушение декора, отсутствие конструкций перекрытия и кровли ризницы, отсутствие оконного заполнителя, решеток и водослива, разрыхление подоконных поясков. Отсутствие отмостки и гидроизоляции, выпадение отдельных камней цоколя. Отсутствие оконной перемычки.

Рисунок Б.9 – Дефекты южного окна храма

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, разрушение декора, отсутствие оконного заполнителя, решеток и водослива, разрыхление подоконных поясков. Отсутствие отмостки и гидроизоляции, выпадение отдельных камней цоколя. Разрушение декора.

Рисунок Б.10 – Дефекты южного входа храма

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, разрушение декора, отсутствие оконного заполнителя, решеток и водослива, разрыхление подоконных поясков. Преобразование дверного проема, разрушение/ отсутствие карнизов. Разрушение стен, перекрытия и крыши арок у входа.

Рисунок Б.11 – Дефекты южного фасада храма

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, разрушение декора, отсутствие оконного заполнителя, решеток и водослива, разрыхление подоконных поясков. Разрушение кладки дверного проема, разрушение/ отсутствие карнизов. Отсутствие отмостки и гидроизоляции, выпадение отдельных камней цоколя, отсутствие ступеней перед входом. Разрушение кирпичной кладки, перекрытия и крыши арок перед входом.

Рисунок Б.12 – Дефекты южной стены трапезной

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, разрушение декора, отсутствие оконного заполнителя и водослива, деформация оконных решеток, разрыхление подоконных поясков, разрушение/ отсутствие карнизов.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		105

Рисунок Б.13 – Деформация юго-западной угла трапезной

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, разрушение карнизов, отсутствие оконного заполнителя и водослива, частичное отсутствие решеток, разрыхление подоконных поясков. Преобразование оконного проема в дверной. Отсутствие отмостки и гидроизоляции, выпадение отдельных камней цоколя.

Рисунок Б.14 – Вид на несущие стены колокольни из трапезной

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, выпадение отдельных кирпичей несущих стен колокольни. Растрескивание, вздутие, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев. Разрушение декора. Полностью отсутствуют конструкции полов во всех частях здания.

Рисунок Б.15 – Вид на конструкции перекрытия трапезной

Растрескивание, вздутие, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев. Разрушение декора. Разрушение/повреждение конструкций перекрытия трапезной. Отсутствие крыши трапезной.

Рисунок Б.16 – Интерьер северной стены трапезной

Растрескивание, вздутие, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выпадение отдельных кирпичей. Разрушение декора. Разрушение/повреждение конструкций перекрытия трапезной. Отсутствие крыши трапезной. Полностью отсутствуют конструкции полов во всех частях здания.

Рисунок Б.17 – Вид на юго-западный угол притвора

Растрескивание, вздутие, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выпадение отдельных кирпичей. Разрушение декора. Отсутствие конструкций перекрытия и крыши притвора. Полностью отсутствуют конструкции полов во всех частях здания.

Рисунок Б.18 – Вход в южное бытовое помещение притвора

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, трещина в дверном проеме, отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, разрушение декора, отсутствие заполнителя дверного проема. Полностью отсутствуют конструкции полов во всех частях здания.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		106

Рисунок Б.19 – Вид на свод колокольни

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, трещина в конструкции свода притвора, отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, разрушение декора, отсутствие дверного заполнителя, повреждение перемычки дверного проема. Разрушение/повреждение карнизов.

Рисунок Б.20 – Вид на юго-восточный угол притвора

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отсутствие/разрушение штукатурного слоя, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, разрушение декора, повреждение кладки стен колокольни. Отсутствие дверного заполнителя, но сохранение петель.

Рисунок Б. 21 – Вид на юго-западный угол южного придела притвора

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отслоение или штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм. Повреждение конструкций перекрытия и крыши притвора. Полностью отсутствуют конструкции полов во всех частях здания.

Рисунок Б.22 – Вид на западную стену южного придела притвора

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм. Следы обгорания штукатурного слоя. Отсутствие дверного заполнителя. Полностью отсутствуют конструкции полов во всех частях здания.

Рисунок Б.23 – Вид на крестовый свод под колокольной

Отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев. Трещина в конструкции сводов притвора.

Рисунок Б.24 – северный вид на крестовый свод под колокольной

Отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев. Трещина в конструкции сводов притвора. Повреждение конструкций перекрытия притвора.

Рисунок Б.25 – Дефекты южной несущей стены колокольни

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.305-04.128				107

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм. Отсутствуют дверные заполнители. Полностью отсутствуют конструкции полов во всех частях здания.

Рисунок Б.26 – Дефекты северной несущей стены колокольни

Разрушение кладки несущих стен колокольни, отслаивание перевязки швов, выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм. Полностью отсутствуют конструкции полов во всех частях здания.

Рисунок Б.27 – Дефекты северо-восточного угла несущих стен колокольни

Разрушение кладки несущих стен колокольни, выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отслоение и частичное отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм. Полностью отсутствуют конструкции полов во всех частях здания.

Рисунок Б.28 – Дефекты западной стены северного придела притвора

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм. Полностью отсутствуют конструкции полов во всех частях здания. Отсутствие оконного заполнителя, водослива у окон и разрыхление подоконных поясков. Разрушение/повреждение конструкций перекрытия и крыши притвора.

Рисунок Б.29 – Вид на северо-западную сторону колокольни

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм. Отсутствие оконного заполнителя, водослива у окон колокольни, разрыхление подоконных поясков. Разрушение и повреждение конструкций перекрытия и крыши притвора. Разрушение и повреждение декора колокольни.

Рисунок Б.30 – Северный вид на колокольню и несущие стены

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм. Отсутствие оконного заполнителя, водослива у окон колокольни, разрыхление подоконных поясков. Разрушение конструкций перекрытия и крыши трапезной. Разрушение и повреждение декора колокольни.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		108

Рисунок Б.31 – Дефекты восточной стены трапезной и храма

Выветривание кирпича, выпадение отдельных кирпичей, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм. Отсутствие дверного заполнителя. Полностью отсутствуют конструкции полов во всех частях здания.

Рисунок Б.32 – Вид на северо-восточную часть свода храма

Выветривание кирпича, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, трещины в конструкции сводов храм, отсутствие оконного заполнителя и водослива, разрыхление подоконных поясков.

Рисунок Б.33 – Дефекты несущих стен апсиды и ризницы

Выветривание кирпича, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, трещины в несущих стенах апсиды, разрушение дверных проемов апсиды. Разрушение конструкций перекрытия и кровли апсиды. Отсутствие дверного заполнителя.

Рисунок Б.34 – Вид на северо-восточную стену апсиды

Выветривание кирпича, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, трещины в несущих стенах апсиды, разрушение кирпичной кладки оконных проемов апсиды. Разрушение конструкций перекрытия и кровли апсиды. Полностью отсутствуют конструкции полов во всех частях здания. Отсутствует оконный заполнитель, оконный проем преобразован в дверной.

Рисунок Б.35 – Дефекты дверного проема апсиды

Выветривание кирпича, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, трещины в несущих стенах апсиды, разрушение кирпичной кладки дверных проемов апсиды. Полностью отсутствуют конструкции полов во всех частях здания. Отсутствует дверной заполнитель.

Рисунок Б.36 – Дефекты несущих стен апсиды

Выветривание кирпича, отслоение или отсутствие штукатурного и окрасочного слоев, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, трещины в

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		109

несущих стенах апсиды, разрушение кирпичной кладки дверных проемов апсиды.
Разрушение/повреждение декора и карнизов.

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		110

СХЕМА ДЕФЕКТОВ АЗ

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		111

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Ведомость дефектов и разрушений строительных конструкций

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		112

Таблица В.1 – Ведомость дефектов

№ п/п	Конструкция, элемент	Расположение дефекта	Наименование дефекта	№ фото по Приложению Б	Причина дефекта	Последствия	Класс дефекта	Рекомендации
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Цоколь	По всему периметру здания	Отсутствие отмостки, противоуклона, гидроизоляции, следы увлажнения цоколя	6,7,8,9,11, 13	Приток воды, не спланирована прилегающая поверхность	Замачивание стен, фундаментов, деформация основания	Б	Восстановление отмостки, гидроизоляции, планировка территории
			Выпадение отдельных камней	8, 11, 13	Большое давление, эксцентриситет, замачивание	Продолжение выдавливания, уменьшение сечения	А	Ремонт кладки
		Оси Г-Д/ 5-6	Отсутствие ступеней входа	6	-	Сложность доступа в здание, нарушение требований пожарной безопасности, нарушение архитектурного облика	Б	Восстановление ступеней входа
2	Стены северного фасада	Оси Д-Е/ 1-8	Выветривание кирпича, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, выпадение отдельных кирпичей, нарушения штукатурного слоя	5,6,7	Отсутствие организованного водостока	Выпадение кирпичей, уменьшение поперечного сечения	Б-В	Срочный ремонт водостоков, ремонт кладки
		Оси Е/ 2-3	Преобразование оконного проема в дверной	5	-	Нарушение архитектурного облика	В	Восстановление оконного заполнения
		Оси Е/ 2-3,2-5	Нарушение или отсутствие водослива у окон, разрыхление подоконных поясков, отсутствие/ частичное отсутствие оконного заполнения	5,6, 7	Отсутствие организованного водостока и квалифицированного ремонта	Замачивание стен, нарушение архитектурного облика	Б-В	Восстановление водостоков и водослива, перекладка декора
		Оси Г-Д/ 5-6	Отсутствие дверного заполнения	6	-	Нарушение архитектурного облика	В	Восстановление дверного заполнения
3	Стены южного фасада	Оси А-В/ 1-8	Выветривание кирпича, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, выпадение отдельных кирпичей, нарушения штукатурного слоя	9,10,11, 12,13	Отсутствие организованного водостока	Выпадение кирпичей, уменьшение поперечного сечения	Б-В	Срочный ремонт водостоков, ремонт кладки
		Оси А/ 2-3	Преобразование оконного проема в дверной	13	-	Нарушение архитектурного облика	В	Восстановление оконного заполнения
		Оси Б-В/ 5-6	Преобразование дверного проема в гаражные ворота	10	-	Нарушение архитектурного облика	В	Восстановление дверного заполнения
		Оси Б-В/ 5-6	Разрушение стен, перекрытия и крыши арок входа	10,11	Разрушение перекрытия и кровли, замачивание стен	Снижение несущей способности стен	Б	Срочное восстановление перекрытий и кровли, срочный ремонт кладки стен
		Оси А-В/ 2-6	Нарушение или отсутствие водослива у окон, разрыхление подоконных поясков, отсутствие/ частичное отсутствие оконного заполнения	9, 10,11, 12, 13	Отсутствие организованного водостока и квалифицированного ремонта	Замачивание стен, нарушение архитектурного облика	Б-В	Восстановление водостоков и водослива, перекладка декора
		Оси Б-В/ 5-6	Отсутствие дверного заполнения	10	-	Нарушение архитектурного облика	В	Восстановление дверного заполнения

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2021.305-04.128

Лист

113

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Стены восточного фасада	Оси Б-Д/ 7-8	Выветривание кирпича, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, выпадение отдельных кирпичей, нарушения штукатурного слоя	8,33,35	Отсутствие организованного водостока	Выпадение кирпичей, уменьшение поперечного сечения	Б-В	Срочный ремонт водостоков, ремонт кладки
		Оси Б-Д/ 7-8	Преобразование оконного проема в дверной	34	-	Нарушение архитектурного облика	В	Восстановление оконного заполнения
		Оси Б-Д/ 7-8	Трещины в несущих стенах апсиды	33,35	Разрушение перекрытия и кровли, замачивание стен	Снижение несущей способности стен	Б	Срочное восстановление перекрытий и кровли, срочный ремонт кладки стен
		Оси Б-В/ 7 Оси Г-Д/ 7	Нарушение или отсутствие водослива у окон, разрыхление подоконных поясков, отсутствие/ частичное отсутствие оконного заполнения	8,11	Отсутствие организованного водостока и квалифицированного ремонта	Замачивание стен, нарушение архитектурного облика	Б-В	Восстановление водостоков и водослива, перекладка декора
5	Стены западного фасада	Оси А-Е/ 1-2	Выветривание кирпича, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, выпадение отдельных кирпичей, нарушения штукатурного слоя	1,2,3,4	Отсутствие организованного водостока	Выпадение кирпичей, уменьшение поперечного сечения	Б-В	Срочный ремонт водостоков, ремонт кладки
		Оси Б-В/ 1	Нарушение или отсутствие водослива у окон, разрыхление подоконных поясков, отсутствие/ частичное отсутствие оконного заполнения	2	Отсутствие организованного водостока и квалифицированного ремонта	Замачивание стен, нарушение архитектурного облика	Б-В	Восстановление водостоков и водослива, перекладка декора
		Оси А-Е/ 1-2	Деформация отливов из кровельной стали	1	Отсутствие организованного водостока и квалифицированного ремонта	Замачивание стен, нарушение архитектурного облика	Б-В	Восстановление водостоков и водослива, перекладка декора
		Оси В-Г/ 1	Нарушение дверного заполнителя	1	-	Нарушение архитектурного облика	В	Восстановление дверного заполнения
6	Перекрытия и кровля	Оси Б-Д/ 6-8	Разрушение кровли над апсидой	7,8,33,34	-	Нарушение системы водостока, замачивание/разрушение стен и конструкций перекрытия, снижение несущей способности конструкций, нарушение архитектурного облика	Б-В	Восстановление конструкций перекрытия и кровли
		Оси Б-В/ 7 Оси Г-Д/ 7	Разрушение кровли, отсутствие перемычек в приделах к алтарю	7, 8				
		Оси Б-Д/ 5-6	Разрушение кровли над храмом, наличие почвенно-растительного слоя на перекрытии	33				
		Оси А-Е/ 2-5	Разрушение/ повреждение перекрытия сводами Монье в трапезной, наличие почвенно-растительного слоя на перекрытии	15, 16				

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2021.305-04.128

Лист

114

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Перекрытия и кровля	Оси А-Е/ 2-5	Разрушение кровли трапезной	15,16		Нарушение системы водостока, замачивание/разрушение стен и конструкций перекрытия, снижение несущей способности конструкций, нарушение архитектурного облика	Б-В	Восстановление конструкций перекрытия и кровли
		Оси Б-В/ 1-2	Дыра в конструкции южного придела притвора	21				
		Оси В-Г/ 1-2	Разрушение перекрытия и крыши над притвором	17,29				
		Оси Г-Д/ 1-2	Разрушение перекрытия и крыши над северным приделом притвора	28,29				
7	Полы	По всей площади здания	Полностью отсутствуют конструкции полов	14,16,17,18,20,21,22,25,26,27,30,34,35	Отсутствие ремонта	-	Б-В	Восстановление полов
		Оси Г-Д/ 5-6 Оси Б-В/ 5-6	Отсутствие ступеней входа	6,11	ё	Сложность доступа в здание, нарушение требований пожарной безопасности, нарушение архитектурного облика	Б	Восстановление ступеней входа
8	Внутренние элементы	По всему периметру здания	Выветривание кирпича, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, выпадение отдельных кирпичей, нарушения штукатурного слоя	14,15,16,17,18,19,20,21,22,25,26,27,28,29,30,31,33,34,35	Отсутствие организованного водостока	Выпадение кирпичей, уменьшение поперечного сечения	Б-В	Срочный ремонт водостоков, ремонт кладки
		По всему периметру здания	Следы обгорания, растрескивания, вздутия, отслоения или отсутствия штукатурного и окрасочного слоев стен здания	14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35	Нарушение системы водостока, отсутствие ремонта, повреждение или отсутствие кровли, замачивание стен	Снижение несущей способности стен	Б-В	Восстановление кровли, перекрытия, водостоков, восстановление штукатурно-окрасочного слоя
		Оси В-Г/1-2-3 Оси Б-Д/5-6-7	Отсутствие дверного заполнения	18,19,20,22,25,33,35	-	Нарушение архитектурного облика	В	Восстановление оконного заполнения
9	Колокольня	Оси Б-Д/ 2-3	Выветривание кирпича, выкрашивание раствора на глубину до 20 мм, выпадение отдельных кирпичей, нарушения штукатурного слоя	3,29,30	Отсутствие организованного водостока	Выпадение кирпичей, уменьшение поперечного сечения	Б-В	Срочный ремонт водостоков, ремонт кладки
		Оси В-Г/ 3	Частичное отсутствие кирпичей несущих стен	14	Отсутствие организованного водостока	Выпадение кирпичей, уменьшение поперечного сечения	Б-В	Срочный ремонт водостоков, ремонт кладки
		Оси Б-Д/ 2-3	Нарушение или отсутствие водослива у окон, разрыхление подоконных поясков, отсутствие/частичное отсутствие оконного заполнения	3,29,30	Отсутствие организованного водостока и квалифицированного ремонта	Замачивание стен, нарушение архитектурного облика	Б-В	Восстановление водостоков и водослива, перекладка декора
		Оси Б-Г/ 2	Повреждение перемычки дверного входа	19	Отсутствие организованного водостока и квалифицированного ремонта	Замачивание стен, нарушение архитектурного облика	Б	Срочный ремонт водостоков, сводов

Окончание таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	Колокольня	Оси Б-Г/ 2-3	Трещины в конструкции сводов	23,24	Большое давление, эксцентриситет, замачивание	Замачивание стен, нарушение архитектурного облика	Б	Срочный ремонт водостоков, сводов
		Оси Б-Д/ 2-3	Повреждения кровли	3,29	Отсутствие квалифицированного ремонта, разрушение водостоков	Замачивание стен, снижение несущей способности стен, нарушение архитектурного облика	Б	Срочное восстановление перекрытий и кровли

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		116

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Архитектурно-строительные термины храмовых сооружений

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		117

Алтарь (лат.- высокий жертвенник) - отделенная иконостасом и находящаяся на возвышении главная часть храма, предназначенная для священнослужителей, в которой находится престол; место совершения таинства Евхаристии; символизирует собой небесную сферу, Рай.

Амвон (греч.- восходить) - выступающая в плане храма часть солеи перед Царскими вратами, предназначенная для чтения Евангелия, проповедей и причащения во время Литургии.

Архиерейский амвон - четырехугольное возвышение в центре храма, на которое во время богослужения ставится архиерейская кафедра.

Апсида - ориентированная на восток часть алтаря полукруглой или многогранной формы, перекрытая полукуполом или сомкнутым полусводом (конхой). В трехчастном алтаре может предназначаться собственно для алтаря, для ризницы и для жертвенника.

Барабан - венчающая часть храма, несущая купол или многогранный сомкнутый свод и имеющая цилиндрическую или многогранную форму. В большинстве случаев имеет оконные проемы. Глухой барабан без оконных проемов называется шейей.

Глава - наружная часть купольного перекрытия барабана, как правило, в форме шлема или луковицы.

Горнее место- восточная часть алтарной апсиды, где в кафедральных соборах на возвышении располагается место епископа. Открытый или крытый обход, окружающий здание храма.

Диаконские двери - две одностворчатые двери, расположенные в боковых частях иконостаса (в нешироких иконостасах диаконская дверь делается с одной северной стороны).

Жертвенник - помещение, расположенное в северной части алтаря, где на столе-жертвеннике совершается первая часть Литургии - Проскомидия;

- четырехугольный стол, расположенный слева от Горнего места в алтаре.

Журавец - элемент каркаса главы, крепящийся к центральному столбу, несущему Крест, в виде деревянного шаблона с абрисом поверхности вращения главы.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				08.03.01.2021.305-04.128		118

Закомара - полукруглое или килевидное завершение верхней части одного прясла стены храма, обычно соответствующее форме внутреннего свода.

Звонница - отдельно стоящее, пристроенное к храму или надстроенное над храмом или его западной частью открытое сооружение или стенка с проемами, предназначенными для подвешивания колоколов.

Иконостас - преграда (перегородка), отделяющая алтарь от остального пространства храма, заполненная 1-5 рядами икон, крепящихся к горизонтальным тягам - тяблам, с завершением наверху Распятием.

Кафедральный собор - городской храм, в котором находится кафедра епископа.

Киворий- навес над престолом в алтаре в виде купола, опирающегося на столбы и завершающегося Крестом. Устраивается в соборах и крупных храмах.

Клирос- боковая часть солеи, предназначенная для церковного клира (певчих хора и чтецов).

Кокошники - декоративные ложные закомары полукруглой или килевидной формы с богатой профилировкой или профилированные арки с заполненным полем, иногда с заостренным верхом, служащие декоративным завершением стен, сводов, оконных проемов, обрамлением оснований барабанов, шатров, куполов, с наружным оформлением сводов в виде горки кокошников.

Колокольня - отдельно стоящее или пристроенное к храму сооружение в виде высокой многоярусной башни, предназначенное для подвешивания колоколов, завершающееся главкой.

Конха (греч. - раковина) - перекрытие апсиды в форме полукупола или сомкнутого полусвода.

Корабль (неф) - вытянутая в длину часть храма, отделенная в продольном направлении колоннадами, аркадами или столбами. Различаются средний и боковые нефы.

Крестово-купольный храм - имеет четыре столба в центре, на которые опираются подпружные арки, поддерживающие свод с куполом в световом барабане, переходом к которому служат паруса. В плане крестово-купольный храм образует пространственный крест. К центральному квадрату примыкают

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		119

прямоугольные в плане концы креста, перекрытые цилиндрическими сводами, между которыми расположены угловые помещения, перекрытые сводами. Крестово-купольный храм имеет трехнефный или пятинефный вариант.

Крещальня - здание или помещение, оборудованное купелью, предназначенное для совершения в нем таинства Крещения.

Крипта- погребальная камера под храмом или над которой возводится часовня.

Купол - полусферическое покрытие здания (или его части) круглой, квадратной или многоугольной формы. Куполами называют также многочастные сомкнутые своды. Название "купол" относят и к наружным покрытиям храмов.

Луковица - см."ГЛАВА".

Неф - см. "КОРАБЛЬ".

Паперть - площадка или крыльцо перед входом в храм, иногда крытое или крытое со стенами, а также галерея, устроенная с двух или трех сторон храма (кроме восточной).

Парус - конструкция в виде вогнутого сферического треугольника, являющаяся переходной от прямоугольного основания к круглому в плане купольному покрытию или барабану.

Позакомарное покрытие - кровля, уложенная непосредственно по сводам ("комарам").

Пономарка - подсобное помещение при алтаре.

Придел - дополнительное помещение с алтарем, устроенное внутри основного храма или в боковых пристройках.

Притвор - помещение, пристраиваемое, как правило, к западной стене храма, служащее в качестве входного тамбура. Может быть развит с добавлением трапезной части, служащей для размещения молящихся. Символизирует, в частности, грешную землю.

Прясло- часть стены храма, заключенная между двумя пилястрами или лопатками.

Ризница (диаконник) - помещение в южной части алтаря или под алтарем, предназначенное для хранения облачений священнослужителей, богослужебных принадлежностей и церковной утвари.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					08.03.01.2021.305-04.128	120

Свод - каменная, кирпичная или бетонная конструкция покрытия с криволинейными очертаниями.

Сень - навес на столбах над престолом или купелью.

Скит - отделение монастыря, предназначенное для аскетической жизни монахов, включающее в свой состав храм или часовню и монашеские кельи.

Слухи - открытые проемы в шатровом покрытии колоколен, обрамленные наподобие оконных проемов наличниками.

Собор - главный храм в городе или монастыре, рассчитанный на богослужение архиерея.

Солея - часть храма перед иконостасом, находящаяся на отметке пола алтаря, предназначенная для выходов священнослужителей во время богослужений. В середине солеи находится полукруглый выступ - амвон, а по бокам - клиросы.

Средняя часть храма - основное помещение, предназначенное для молящихся, символизирующее обновленный, безгрешный мир, нижняя часть которой означает земную, а верхняя часть - небесную область бытия.

Столп - массивная опора, прямоугольная, круглая или крестообразная в плане, поддерживающая своды.

Трапезная- помещение, пристроенное к западной части храма, служащее для размещения молящихся;

- здание в монастыре или помещение в церковно-причтовом доме, в котором происходит трапеза.

Трибун- квадратное основание барабана главы храма.

Хоры - антресоли, расположенные внутри храмов, как правило, над западными дверями и предназначенные в основном для церковного хора.

Храм (ЦЕРКОВЬ) - здание, предназначенное для молитвенного собрания верующих, совершения Литургии и имеющее престол, символизирующее в целом Царство Небесное, преображенную Вселенную, возвращенный оправданному человечеству Рай.

Царские врата - двухстворчатая особо украшенная дверь в центральной части иконостаса, расположенная напротив престола, через которую во время Литургии выносятся Святые Дары для причастия.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.03.01.2021.305-04.128		121

Часовня - здание, предназначенное для общественной и частной молитвы. В отличие от храма часовня не рассчитана на совершение Литургии и потому не имеет алтаря.

Четверик - нижняя часть храма, имеющая квадратную форму в плане.

Шатер - покрытие в форме высокой четырехгранной или восьмигранной пирамиды.

Яблоко - основание для креста, который устанавливается на главе храма.

ЦЕРКОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Богослужение - совершается соединением молитвословий, песнопений, чтений и священнодействий, совершаемых священнослужителями по установленному Церковью чину. Является средством выражения христианами религиозной веры и таинственного общения с Богом.

Канон (*греч.* - норма, правило) - совокупность твердо установленных правил, определяющих нормы композиции и колорита, систему пропорций либо иконографию данного типа изображения. В храмовой архитектуре роль канона выполняет "каноническая традиция" - образцовые сооружения, принятые Церковью, как отражающие средствами архитектуры богословское содержание храма.

Литургия- важнейшее общественное богослужение Православной Церкви, во время которого совершается Таинство Причащения. Может совершаться в храме на одном престоле лишь один раз в день. Вне храма совершать литургию разрешается в особых случаях на престолах и переносных антиминсах в приспособленных сооружениях и в открытом месте.

Паникадило, хорос (*греч.* - многосвечие) - центральная люстра с множеством светильников (более 12), подвешиваемая в центре храма.

Поликадило- люстра с количеством светильников до 12, подвешиваемая в боковых нефках храма.

Престол- четырехугольный стол, который располагается в середине алтаря. В соборах и больших храмах над престолом устанавливается сень (киворий).

					08.03.01.2021.305-04.128	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		122