

УДК 691.327

Шелихов Н.С. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: shelihov@kgasu.ru

Смирнов Д.С. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: denis27111974@yandex.ru

Мавлиев Л.Ф. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: lenarmavliev@yandex.ru

Сагдиев Р.Р. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: ruslan-kgasu@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Обследование материалов исторических конструкций при восстановлении Собора Казанской иконы Божьей Матери

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования выявить физико-технические свойства и состояния найденных остатков исторических полов и кирпичной кладки Пещерного храма собора Казанской иконы Божьей Матери, а также возможности их использования в постоянном и многолюдном режиме эксплуатации храма.

Результаты. Основные результаты состоят в исследовании строительных материалов с применением стандартных методов и методов неразрушающего контроля и установления характеристик руинированных остатков бетонного пола и кирпичной кладки Пещерного храма собора Казанской иконы Божьей Матери.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли архитектуры состоит в установлении характеристик и состава мелкозернистого бетона остатков покрытия пола для оценки возможности реставрации Пещерного храма собора Казанской иконы Божьей Матери.

Ключевые слова: руинированные остатки, бетонные полы, кирпичная кладка, обследование зданий.

Введение

Президентом Татарстана Р.Н. Миннихановым 4 ноября 2015 г. был подписан Указ № УП-1066 «О создании Болгарской исламской академии и воссоздании Собора Казанской иконы Божьей матери».

2 декабря 2015 г. своё благословение на это дал Святейший Патриарх Московский и всея Руси Кирилл, поставивший на эскизном проекте собора резолюцию: «Благословляю воссоздание Казанско-Богородицкого монастыря, которое является восстановлением исторической справедливости и залогом братского взаимопонимания и совместного мирного жития православных и мусульман на земле Татарстана».

Собор Казанской иконы Божьей Матери [1-5] был заложен в 1798 г. на месте снесенного по ветхости древнего каменного собора 1595 года, построенного на месте обретения в 1579 г. чудотворной Казанской иконы Божьей Матери.

На месте непосредственного обретения чудотворной иконы было решено реконструировать под часовню и храм подвальные помещения собора. Работы были завершены к весне 1913 г. Открытие храма, названного по положению «Пещерным», состоялось 20 апреля 1913 г. В 1932 году храм был разрушен.

Проектом воссоздания собора Казанской иконы Божьей Матери в качестве действующего храма предусмотрено воссоздание и Пещерного храма с часовней. Однако, в процессе строительных работ на Пещерном храме возникли противоречия.

С одной стороны при проведении археологических раскопок Собора в 2016 были обнаружены исторические полы по грунтовому основанию, которые включены в «предмет охраны» и не подлежат демонтажу, а также остатки кирпичных стен и кладочного раствора.

С другой стороны предусмотренное проектом воссоздания собора устройство теплых полов требует частичного демонтажа исторических полов.

Для разрешения этого противоречия необходимо исключение из списка «предмета охраны» пункта – «исторические полы» или замены его на «фрагментарное сохранение отдельных участков исторических полов». Достаточным основанием для этого являются результаты оценки состояния бетона исторических полов [6-8].

Цель работы

Целью настоящей работы являются установление физико-технических свойств и состояния найденных остатков исторических полов и кирпичной кладки, а также возможности их использования в постоянном и многолюдном режиме эксплуатации храма.

Экспериментальная часть

1. Визуальный осмотр, отбор проб и методика исследования руинированных остатков «Пещерного» храма

Визуальный осмотр и отбор проб для определения физико-механических характеристик проводился сотрудниками КГАСУ совместно со специалистами «ГУП «Татинвестгражданпроект», и представителями ООО «Евростройхолдинг+».

При обследовании руинированных остатков «Пещерного храма» установлено, что во всех помещениях на высоту примерно от 0,5 до 1,8 м сохранена старая кладка из керамического кирпича со штукатурным раствором (рис. 1). Выше этого уровня стены продолжены современной кладкой из керамического кирпича.

Видимые трещины по штукатурному раствору наблюдаются только в левой части помещения часовни (рис. 2). Также имеются незначительные участки отслоения штукатурного раствора в помещении часовни у стен иконостаса, по всей видимости, вызванные механическими воздействиями на него в процессе строительства.



Рис. 1. Сохранившаяся и новая кирпичная кладка

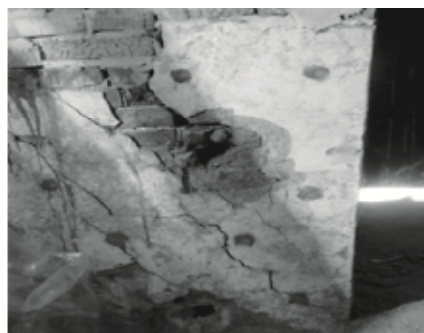


Рис. 2. Видимые трещины по штукатурному раствору

Для определения характеристик материалов стен проводилось выборочное контрольное зондирование кладки.

Пробы материалов для зондирования отбирались из различных слоев конструкции для последующего определения влажности, средней плотности, прочности и деформативных свойств.

Образцы керамического кирпича с остатками кладочного раствора были отобраны на участке в основании арочного свода и на участке в основании бетонного пола. Образцы штукатурного раствора были отобраны с колонны и со стены иконостаса в помещении часовни.

Прочность кирпича, кладочного и штукатурного раствора дополнительно оценивали с помощью методов неразрушающего контроля прибором ИПС (метод ударного импульса).

На каждом участке производилось по 15 единичных измерений. Среднеквадратическое отклонение результатов измерений составило не более 9 %. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты неразрушающего контроля

№ п/п	Исследуемый материал	Участки	Прочность при сжатии, $R_{сж}$ МПа
1	Керамический кирпич	2	16,5
		3	17,0
		4	11,9
		12	11,8
2	Кладочный раствор	8	12,8
3	Штукатурный раствор	5	9,0
		6	7,6
		7	7,5
		9	8,5
		10	7,7
		11	8,0

Для определения несущей способности грунта и бетонного пола применялся метод основанный на прямых измерениях амплитуды перемещения штампа и ударной силы, действующей на круглый жесткий штамп. Измерения производили прибором «ZORN» (рис. 3), позволяющий определить динамический модуль деформации, который при отсутствии необратимых деформаций грунта совпадает с динамическим модулем упругости, табл. 2.

Таблица 2

Результаты штамповых испытаний

№ п/п	Исследуемый материал	Участки	Динамический модуль упругости на поверхности слоя E_d , МПа
1	Поверхность бетонного пола	18	118,5
		19	119,1
		20	93,8
2	Поверхность грунта под слоем бетона с обломочными включениями боя керамического кирпича и щебня из осадочных пород.	14	79,2
3	Поверхность грунта на глубине 25 см с незначительным содержанием обломочных включений боя керамического кирпича и щебня из осадочных пород.	14a	32,1



Рис. 3. Штамповые испытания прибором «ZORN»

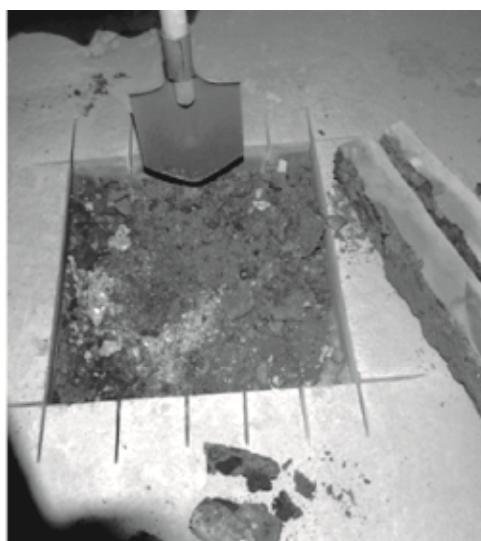


Рис. 4. Отбор проб бетона из покрытия пола

Для оценки прочностных и деформативных характеристик материала бетонного пола на участке (13) было отобрано 5 образцов (рис. 4). Образцы выпиливались из пола с помощью углошлифовальной машины «Makita». Ширина и высота образцов колеблется в интервале от 3-7 см, длина 40 см. Образцы отобранных проб (керамического кирпича, штукатурного и кладочного раствора, бетонного пола) были доставлены в лаборатории КГАСУ:

1. Лаборатория кафедры «Строительных материалов»;
2. Лаборатория ИДНПЦ.

Перед испытаниями отобранные пробы материалов предварительно высушивались до постоянной массы сначала при температуре 60°C в течение 4 часов, а затем при 85°C в течение еще 6 часов (рис. 5).

После определения влажности из отобранных проб с помощью камнерезного станка «Cedima» (рис. 6) вырезались образцы правильной формы в виде куба или параллелепипеда.



Рис. 5. Высушивание образцов



Рис. 6. Подготовка образцов

Определялись параметры состояния материалов стандартными методами. Так как получить образец правильной геометрической формы из отобранных проб кладочного раствора не было возможности, его плотность определяли методом гидростатического взвешивания.

У образцов керамического кирпича дополнительно определялось водопоглощение. Результаты определения прочности на сжатие штукатурного раствора приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты определения прочности штукатурного раствора на сжатие

№ п/п	Участок	Геометрические размеры, см		Площадь, см ²	Нагрузка, кг	Прочность при сжатии, кг/см ²
		а	в			
1	15	3,51	3,57	12,5	795	63,44
2		3,66	4,11	15,0	1075	71,46
3		3,03	3,85	11,7	780	66,86
4		3,69	4	14,8	1014	68,70
5		3,71	3,89	14,4	1085	75,18
6		3,38	3,8	12,8	810	63,06
7		3,47	3,89	13,5	994	73,64
8	16	3,4	4,4	14,96	1095	73,2
9		3,4	4,35	14,79	1170	79,11
10		2,95	3,95	11,653	935	80,24

Поскольку толщина слоя штукатурного раствора на стене иконостаса в помещении часовни была недостаточной (10-18 мм) образцы проб склеивали между собой (рис. 7) цементно-песчаным раствором состоящего из равных по массе частей цемента марки 400 и песка, просеянного через сито с сеткой № 1,25 (В/Ц = 0,40-0,42).



Рис. 7. Склеенные образцы штукатурного раствора

Образцы штукатурного раствора погружали в воду на 1 мин. Затем на горизонтальную поверхность одной пробы штукатурного раствора наносили слой раствора толщиной не более 5 мм и сверху на раствор укладывали вторую пробу штукатурного раствора. Через 3 суток выдержки в помещении при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 60-80 % склеенные пробы штукатурного раствора распиливались на образцы правильной кубической формы и испытывались на сжатие.

Результаты определения прочности бетонного пола на сжатие приведены в табл. 4, а на растяжения при изгибе в табл. 5.

Таблица 4

Результаты определения прочности бетонного пола на сжатие

№ п/п	Участок	Геометрические размеры, см		Площадь, см^2	Нагрузка, кг	Прочность при сжатии, кг/см^2
		а	в			
1	13	6,8	6,4	43,5	6285	144,42
2		6,5	6,5	42,3	6400	151,48
3		6,7	6,5	43,6	8000	183,70

Таблица 5

Результаты определения прочности бетонного пола на растяжение при изгибе

№ п/п	Участок	Геометрические размеры, см		Расстояние между опорами, см	Нагрузка, кг	Прочность на растяжение при изгибе, кг/см^2
		в	h			
1	13	9,1	6,1	20	142	12,58
2		6,9	6,7	20	115	11,14
3		8,4	6,2	20	124	11,52

Результаты определения прочности керамического кирпича на сжатие приведены в табл. 6.

Таблица 6

Результаты определения прочности керамического кирпича на сжатие

№ п/п	Участок	Геометрические размеры, мм		Площадь, см^2	Нагрузка, кг	Прочность при сжатии, кг/см^2
		а	в			
1	1	68	76	51,7	3000	58,0
2		60,5	74	44,8	2210	49,3
3		78	70	54,6	2700	49,5
4	17	62	63,5	39,4	5960	151,3
5		60	65	39,0	6220	159,5
6		59	61	36,0	6710	186,4

2. Анализ состава отобранных проб бетонного пола и штукатурного раствора

Анализ состава бетона исторических полов и кладочного раствора проводился на отобранных пробах.

Визуальный осмотр

Для полов применялся мелкозернистый бетон без крупного заполнителя. Установлено, что макроструктура бетона неоднородная. Нижние слои имеют включения битого кирпича, кусков карбонатных пород и других случайных материалов.

По всей толщине бетон карбонизирован. При обработке соляной кислотой наблюдается вскипание, что свидетельствует о наличии в бетоне карбонатной составляющей. Обработка сколов бетона фенолфталеином показала отсутствие щелочной среды, т.е. наличия CaO и MgO .

Определение вещественного состава

Отобранные пробы бетона дробились до крупности 5 мм с помощью молотка или пресса. Раздробленный таким образом бетон рассыпается ровным слоем и подвергался квартованию до количества 0,5 кг, после чего высушивался при температуре 110°C до постоянной массы (обозначили как B_1).

Подготовленные пробы на поддоне переносились в муфельную печь «Snol-1300» (рис. 8), нагревались до температуры 550°C и выдерживались в течение 3 ч. После термообработки пробы охлаждались и взвешивались (обозначили как B_2).

В процессе выдержки бетона при температуре 550°C происходит дегидратация цементного камня и удаление химически связанной воды (обозначили как B). [9]

Поскольку для полной гидратации гидравлически активных минералов цемента необходимо 18-23 % воды, а также учитывая более 100 летнюю выдержку бетона (полная гидратация), количество цемента можно определить как:

$$\text{Ц} = 100 \cdot B / (18 + 23), \quad (1)$$

где $B = (B_1 - B_2)$ количество химически связанной воды в бетоне.



Рис. 8. Муфельная печь «Snol-1300»

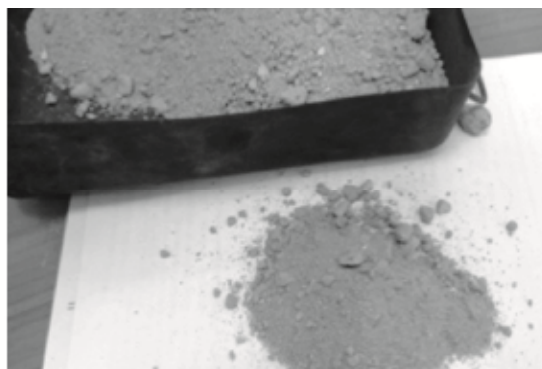


Рис. 9. Проба бетона после обжига

При термообработке бетон распадается на составные части, чему способствует легкое постукивание и разминание обожженных частиц (рис. 9).

Количество заполнителя определили как:

$$\text{П} = B_1 - \text{Ц} - B. \quad (2)$$

Одной из составляющих бетона является карбонатная фаза, количество которой определялось по результатам вторичного обжига бетона при температуре 1000°C . Потери при этом будут соответствовать количеству выделившегося CO_2 , а количество карбонатной фазы определится по реакции разложения:



При вторичном обжиге бетона и штукатурки количество разложившейся карбонатной фазы, определенной по реакции разложения, значительно меньше расчетного количества заполнителя, из чего следует, что заполнитель не карбонатный.

Разложившаяся при обжиге карбонатная фаза образовалась из извести, вследствие её карбонизации за более чем 100 летний период.

Результаты определения вещественного состава бетона исторических полов представлены в табл. 7.

Таблица 7

Результаты определения вещественного состава бетона

Показатели	Значения		
	1		2
Масса высушенной пробы, г	270,78		Термообработка усредненной пробы бетона при температуре 550°C в муфельной печи в течение 3 часов
Масса прокаленной пробы, г	246,77		
Потери при прок. 550°C, г	24,01		
Количество хим. связ. воды, г	24,01	8,8 %	
Количество вяжущего, г	120,05	44,4 %	
Количество заполнителя, включая карбонатную фазу, г	126,63	46,7 %	
Масса высушенной пробы, г	246,77		Термообработка пробы бетона при температуре 1000°C в муфельной печи в течение 3 часов
Масса прокаленной пробы, г	257,91		
Потери при прок. 1000°C, г	10,89		
Потери при прок. 1000°C, %	4,4		
Количество карбонатной фазы, г	24,75	9,14 %	
Количество заполнителя, г	101,88	37,62 %	

Результаты и обсуждение

Ниже представлены результаты лабораторного обследования руинированных остатков «пещерного» храма.

Разброс показателей по прочности может быть вызван различными условиями твердения и эксплуатации, а также неоднородностью свойств использованных при строительстве материалов.

Конструкция полов в помещениях «Пещерного храма» выполнена в виде бетонной стяжки по грунту из мелкозернистого бетона. Грунтовое основание под полы должно обеспечивать восприятие распределенной нагрузки, передающейся через подстилающий слой, исходя из условий прочности и максимального снижения величины вертикальных деформаций поверхности пола.

Согласно СП 29.13330.2011 не допускается применять в качестве основания под полы торф, чернозем и другие растительные грунты, а также слабые грунты с модулем деформации менее 5 МПа.

Влажность проб отобранных с разных участков отличается, что говорит разности влажностного режима в помещении храма.

Так, например, влажность керамического кирпича в основании пола алтаря храма выше, чем у керамического кирпича в помещении насосной. А влажность штукатурного раствора колонны в алтаре храма, выше влажности штукатурного раствора отобранного со стены иконостаса в помещении часовни.

Среднее значение плотности кирпича, отобранного в помещении насосной, 1641 кг/м³, а у кирпича, отобранного с основания пола в алтаре храма – 1712 кг/м³.

Среднее значение плотности штукатурного раствора – 1732 кг/м³.

Среднее значение плотности кладочного раствора – 1812 кг/м³.

С учетом полученных результатов средняя прочность бетонного пола на сжатие составила 159,87 кг/см², среднеквадратическое отклонение результатов испытания

$S = 14,8$, коэффициент вариации 9 %, класс бетона по прочности на сжатие В12,5.

Согласно полученных результатов средняя прочность бетонного пола на растяжение при изгибе составила 11,75 кг/см², среднеквадратическое отклонение результатов испытания $S = 0,53$, коэффициент вариации 4,5 %, класс бетона по прочности на растяжение при изгибе В_т 0,8

Первоначальный состав бетона исторических полов:

Заполнитель – 37,62 %;

Вяжущее – 44,40 %;

Известь – 9,14 %;

Вода min 8,8 % (указано количество воды для полной гидратации цемента).

Результаты определения вещественного состава штукатурного раствора представлены в табл. 8.

Таблица 8

Результаты вещественного состава штукатурного раствора

Показатели	Значения	
	1	2
Масса высушенной пробы, г	437,39	Термообработка усредненной пробы штукатурного раствора при температуре 550°C в муфельной печи в течение 3 часов
Масса прокаленной пробы, г	405,74	
Потери при прокаливании, г	31,65	
Количество хим. связ. воды, г	31,65	
Количество вяжущего, г	158,25	
Количество заполнителя включая карбонатную фазу г	247,45	
Масса высушенной пробы, г	405,74	Термообработка пробы штукатурного раствора при температуре 1000°C в муфельной печи в течение 3 часов
Масса прокаленной пробы, г	391,31	
Потери при прок. 1000°C, г	34,43	
Потери при прок. 1000°C, %	9,2	
Количество карбонатной фазы, г	78,25	
Количество заполнителя, г	169,20	

Первоначальный состав штукатурки:

Заполнитель – 38,68 %;

Вяжущее – 36,20 %;

Известь – 17,9 %;

Вода min – 7,2 % (указано количество воды для полной гидратации вяжущего).

Закключение и рекомендации

Проектирование полов должно осуществляться с учетом эксплуатационных воздействий на них, специальных требований (безыскровость, антистатичность, беспыльность, ровность, износоустойчивость, теплоусвоение, звукоизолирующая способность, скользкость) и климатических условий места строительства.

В качестве показателя несущей способности пола в работе принята величина модуля деформации на поверхности бетонного покрытия (рис. 10).

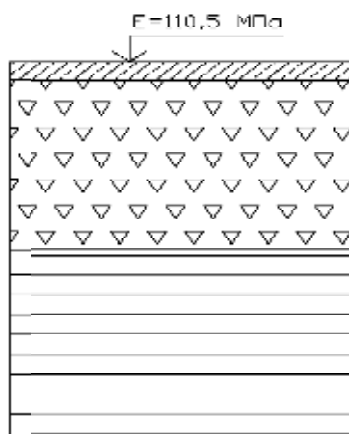


Рис. 10. Конструкция пола

Согласно техническому заданию на покрытие пола воздействует только нагрузка от пешеходов. Количество одновременно находящихся в помещении – 200 человек. Интенсивность механических воздействий на полы следует принимать по СП 29.13330.2011 «Полы» (табл. 9). В соответствии с приведенным нормативным документам интенсивность механических воздействий – «умеренная».

Таблица 9

Интенсивность механических воздействий на полы

Механические воздействия	Интенсивность механических воздействий			
	весьма значительная	значительная	умеренная	слабая
Движение пешеходов на 1 м ширины прохода, чел./сут	-	-	500 и более	Менее 500
Движение транспорта на гусеничном ходу на одну полосу движения, ед./сут	10 и более	Менее 10	-	-
Движение транспорта на резиновом ходу на одну полосу движения, ед./сут	Более 200	100 - 200	Менее 100	Движение ручных тележек
Движение тележек на металлических шинах, перекатывание круглых металлических предметов на одну полосу движения, ед./сут	Более 50	30 - 50	Менее 30	-
Движение транспорта на металлических колесах с ободьями из полимерных материалов, ед./сут	Более 100	50 - 100	Менее 50	-
Удары при падении с высоты 1 м твердых предметов массой, кг, не более	10-20	5 - 10	2 - 5	Менее 2
Волочение твердых предметов с острыми углами и ребрами	Соответствует	-	-	-
Работа острым инструментом на полу (лопатами и др.)	Соответствует	-	-	-

Толщину и прочность материалов сплошных покрытий и плит покрытия пола следует назначать также по СП 29.13330.2011 (табл. 10). Согласно приведенной таблице требуемая толщина цементобетонного пола должна составлять 25 мм, класс бетона – В22,5.

Таблица 10

Параметры полов

Материал покрытия пола	Интенсивность механических воздействий на пол							
	весьма значительная		значительная		умеренная		слабая	
	Толщина покрытия, мм	Класс бетона или прочность материала, МПа	Толщина покрытия, мм	Класс бетона или прочность материала, МПа	Толщина покрытия, мм	Класс бетона или прочность материала, МПа	Толщина покрытия, мм	Класс бетона или прочность материала, МПа
1	2							
1. Бетоны								
цементный	50	B40	30	B30	25	B22,5	20	B15
мозаичный			30	40	25	30	20	20
поливинилацетатный или латексный			30	40	20	30	20	20
кислотостойкий			40	25	30	20	20	20
асфальтобетон			50	-	40	-	25	-
сталефибробетон	40	B35	30	B25	25	B20	20	B15

Продолжение таблицы 10

2. Цементно-песчаный раствор				30	30	20	20
3. Поливинилацетат-цементноопилочный состав				20	-	15	-
4. Наливной состав на основе синтетических смол				4	-	2-4	-
5. Ксилолит				20	-	15	-
6. Цементно-бетонные плиты		40	B30	30	B22,5	30	B15
7. Мозаично-бетонные плиты		40	40	30	30	20	20
8. Керамические плитки						9-13	-
9. Керамические кислотоупорные плиты		50	-	30-35	-	15-20	-
10. Керамогранит						> 8	-

По результатам испытаний средний модуль упругости на поверхности бетонного пола составил – 110,5 МПа, поверхности грунта под слоем бетона с обломочными включениями боя керамического кирпича и щебня из карбонатных пород – 79,2 МПа, поверхности грунта на глубине 25 см с незначительным содержанием обломочных включений боя керамического кирпича и щебня из карбонатных пород – 32,1 МПа.

Согласно проекта реконструкции нагрузка на пол в «пещерном» храме равна нагрузке от одновременного нахождения 200 человек. Однако, отсутствуют нормативы для расчета пола только от движения пешехода.

В действующем СП 29.13330.2011 «Полы» расчет проводится на действие вертикальных нагрузок от технологического оборудования, складываемых материалов и транспортных средств. Поэтому расчет осуществлен согласно методике действующего нормативного документа «Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд» в программном продукте Robur-Roadbed 4.3.

В качестве расчетной принята нагрузка АК10 (100 кН на ось). Зная модули упругости на поверхности имеющихся слоев, их толщины, а также прочностные характеристики бетона проведен расчет модуля упругости на поверхности пола. Модули упругости самих материалов подобраны из справочной литературы.

Таблица 11

Расчетные параметры пола

№ слоя	Условное обозначение	Наименование	Модули упругости материала, МПа	Толщина слоя, см	Расчетный модуль упругости на поверхности, МПа
1		Бетон мелкозернистый	10000	3	110,5
2		Грунт под слоем бетона с обломочными включениями боя керамического кирпича и щебня из карбонатных пород	280	25	79,2
3		Грунт с незначительным содержанием обломочных включений боя керамического кирпича и щебня из карбонатных пород	32	0	32,1

Результаты расчета конструкции пола представлены в табл. 11. Проведенный расчет подтвердил несущую способность пола определенную экспериментальным путем.

Таким образом, модуль упругости на поверхности пола (в работе принят как показатель несущей способности пола) составил 110,5 МПа (1126,8 кгс/см²), что в целом обеспечивает его несущую способность с учетом возможных нагрузок (одновременное нахождение в храме 200 человек).

Однако, в соответствии с требованиями СП 29.13330.2011, прочность бетона для покрытия пола должна быть не ниже класса В22,5. В то время как средняя прочность отобранных проб бетона из покрытия пола составила всего 160 кг/см², что соответствует классу бетона В12,5 и не удовлетворяет требованиям СП 29.13330.2011 [10].

Заключение

1. Штукатурный раствор в храме имеет приблизительно одинаковые физико-механические свойства и состав. Средняя плотность составила 1732 кг/м³. Прочность на сжатие по данным неразрушающего контроля составляет 8,0 МПа, а по результатам испытаний образцов 7,1 МПа. Приблизительный состав штукатурного раствора цемент 36,2 % известь 17,9 %, мелкий заполнитель (песка) 38,68 %, количество прогидратированной воды 7,2 %.

2. Кладочный раствор по данным неразрушающего контроля имеет среднюю прочность 12,8 МПа, а плотность 1812 кг/м³.

3. Кирпич, отобранный с основания пола в алтаре храма, отличается по своим характеристикам от кирпичей, из которых были выполнены стены храма. Он обладает более плотной структурой меньшим показателем водопоглощения и большей прочностью.

4. Прочность кирпича взятого с основания пола алтаря храма составила 166 кг/см², плотность 1712 кг/м³, водопоглощение 11,3 %.

5. Прочность кирпича взятого с основания свода в помещении насосной 52 кг/см², плотность 1641 кг/м³, водопоглощение 13,8 %.

6. Конструкция бетонного пола включает в себя основание из уплотненного грунта с включениями боя керамического кирпича и щебня из карбонатных пород (с динамическим модулем упругости 32 МПа), слой уплотненных обломков боя керамического кирпича, щебня из карбонатных пород и грунта толщиной в среднем 25 см (с динамическим модулем упругости 79,2 МПа) и мелкозернистый бетон толщиной в среднем 3 см (с динамическим модулем упругости 110,5 МПа).

7. Мелкозернистый бетон пола имеет следующий приблизительный состав: заполнитель 37,62 %, цемент 44,40 %, известь 9,14 %, количество прогидратированной воды 8,8 %.

8. Плотность мелкозернистого бетона пола составила 1897 кг/см³, прочность при сжатии 16 МПа, прочность при изгибе 1,2 МПа.

9. Несущая способность пола с учетом возможных нагрузок обеспечивается. Однако прочность пола не соответствует требованиям СП 29.13330.2011.

Список библиографических ссылок

1. Айнутдинов Р., Чудинова Т. Ансамбль Богородицкого монастыря // Дизайн и Новая Архитектура. 2004. № 15. С. 100–103.
2. История Казанско-Богородицкого монастыря. URL: http://kazan-obitel.ru/history_monastery/ (дата обращения: 12.06.2017).
3. Елдашев А. Воссоздание собора Казанской иконы Божией Матери Казанского Богородицкого монастыря: акт исторической справедливости. URL: http://www.tatarstan-mitropolia.ru/all_publications/publication/?id=58014 (дата обращения: 12.06.2017).
4. Елдашев А. Казанский Богородицкий монастырь: вехи истории. URL: http://tatarstan-mitropolia.ru/all_publications/publication/?id=60726 (дата обращения: 12.06.2017).

5. Елдашев А. Чудотворный Казанский образ Богородицы в судьбах России. URL: http://tatarstan-mitropolia.ru/all_publications/publication/?id=60621 (дата обращения: 12.06.2017).
6. Ghadban S.S., Ashhab M. Stone restoration practice in palestinian territories: a case study from jerusalem // Journal of Architectural Conservation. 2011. Vol. 17. Issue 3.
7. Pere Roca. Restoration of historic buildings: conservation principles and structural assessment // International Journal of Materials and Structural Integrity. 2011. Vol. 5. № 2. P. 151–167.
8. Bertolini L., Carsana M., Gastaldi M., Lollini F., Redaelli E. Corrosion assessment and restoration strategies of reinforced concrete buildings of the cultural heritage // Materials and Corrosion. 2011. Vol. 62. Issue 2. P. 146–154.
9. Рахимов Р. З., Рахимова Н. Р., Гайфуллин А. Р., Стоянов О. В., Яковлев Г. И. Differential thermal analysis of clays of different composition // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 5. С. 80–83.
10. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. // URL: <http://mtsk.mos.ru/Handlers/Files.ashx/Download?ID=14425> (дата обращения: 12.06.2017).

Shelikhov N.S. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: shelihov@kgasu.ru

Smirnov D.S. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: denis27111974@yandex.ru

Mavliev L.F. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: lenarmavliev@yandex.ru

Sagdiev R.R. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: ruslan-kgasu@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

A survey of historical structures when restoration of the Cathedral of the Kazan icon of the Mother of God

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to reveal the physico-technical properties and conditions of the found remnants of the historical floors and masonry of the Cave Cathedral of the Kazan Icon of the Mother of God, as well as the possibility of using them in the constant and crowded mode of operation of the temple.

Results. The main results are the study of building materials using standard methods and methods of nondestructive testing and establishing the characteristics of the ruined remains of the concrete floor and the brickwork of the Cave Cathedral of the Kazan Icon of the Mother of God.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry of architecture is to establish the characteristics and composition of fine-grained concrete flooring residue to assess the possibility of restoration of the Cave Cathedral of the Kazan Icon of the Mother of God.

Keywords: ruined residues, concrete floors, masonry, inspection of buildings.

References

1. Aynutdinov R., Chudinova T. Ensemble of the Bogoroditsky Monastery // Dizayn i Novaya Arkhitektura. 2004. № 15. P. 100–103.
2. The history of the Kazan-Bogoroditsky Monastery // URL: http://kazan-obitel.ru/history_monastery/ (reference date: 12.06.2017).

3. Yeldashev A. Recreation of the Cathedral of the Kazan Icon of the Mother of God of the Kazan Bogoroditsky Monastery: an Act of Historical Justice. URL: http://www.tatarstan-mitropolia.ru/all_publications/publication/?id=58014 (reference date: 12.06.2017).
4. Yeldashev A. The Kazan Bogoroditsky Monastery: Milestones of History. URL: http://tatarstan-mitropolia.ru/all_publications/publication/?id=60726 (reference date: 12.06.2017).
5. Yeldashev A. Miraculous Kazan image of the Mother of God in the fate of Russia. URL: http://tatarstan-mitropolia.ru/all_publications/publication/?id=60621 (reference date: 12.06.2017).
6. Ghadban S. S., Ashhab M. Stone restoration practice in palestinian territories: a case study from jerusalem // Journal of Architectural Conservation. 2011. Vol. 17. Issue 3.
7. Pere Roca. Restoration of historic buildings: conservation principles and structural assessment // International Journal of Materials and Structural Integrity. 2011. Vol. 5. № 2. P. 151–167.
8. Bertolini L., Carsana M., Gastaldi M., Lollini F., Redaelli E. Corrosion assessment and restoration strategies of reinforced concrete buildings of the cultural heritage // Materials and Corrosion. 2011. Vol. 62. Issue 2. P. 146–154.
9. Rakhimov R. Z., Rakhimova N. R., Gayfullin A. R., Stoyanov O. V., Yakovlev G. I. Differential thermal analysis of clays of different composition // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. № 5. P. 80–83.
10. Methodical recommendations for the design of rigid road clothes. URL: <http://mtsk.mos.ru/Handlers/Files.ashx/Download?ID=14425> (reference date: 12.06.2017).