



Внедрение в реставрационную практику отделочных материалов для создания благоприятного микроклимата на объектах историко-архитектурного наследия

А.Г. Хабибулина¹, Е.Ю. Иванова¹, Р.Н. Бабенко², А.М. Хабибулина³

¹Казанский государственный архитектурно-строительный университет

г. Казань, Российская Федерация

²ООО «Баумит»

г. Дубна, Российская Федерация

³Архитектурная студия ООО «ОФИС ДЕ»

г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи.* Актуальность исследования обусловлена необходимостью оптимизации температурно-влажностного режима при эксплуатации объектов историко-архитектурного наследия, направленной на снижение скорости протекания процессов деструкции аутентичных строительных и отделочных материалов. Целью исследования является разработка рекомендаций по использованию современных влагорегулирующих материалов для внутренней отделки помещений объектов культурного наследия, сочетающихся по своим свойствам с историческими штукатурками. Задачами исследования является подтверждение целесообразности применения специальных видов штукатурки для сохранения стабильного, благоприятного микроклимата помещений и создание возможности дальнейшей эксплуатации исторических зданий; создать основу для дальнейших исследований по применению современных строительных материалов оптимизирующих микроклимат помещений в реставрационной практике памятников архитектуры.

Результат. Выполнен анализ функциональных и строительно-эксплуатационных свойств современных влагорегулирующих материалов для внутренней отделки помещений при реставрации объектов культурного наследия. В результате проведенных исследований были разработаны рекомендации по применению в реставрационной практике объектов культурного наследия специальной отделочной системы Baumit Klima на основе извести и натуральных природных компонентов компании Baumit (Австрия/Россия, г. Дубна). Отличительной особенностью исследуемой штукатурки является ее способность поглощать влагу из воздуха гораздо эффективнее, чем подавляющее большинство существующих на данный момент традиционных штукатурок на известковом, сложном цементно-известковом и гипсовом вяжущем.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектурной практики состоит в подтверждении целесообразности применения специальных видов штукатурок при реставрации объектов культурного наследия, с целью создания благоприятного микроклимата в помещениях и поддержания нормативных требований эксплуатации.

Ключевые слова: реставрация объектов культурного наследия, влагорегулирующие штукатурки, температурно-влажностный режим, микроклимат помещений.

Для цитирования: Хабибулина А.Г., Иванова Е.Ю., Бабенко Р.Н., Хабибулина А.М. Внедрение в реставрационную практику отделочных материалов для создания благоприятного микроклимата на объектах историко-архитектурного наследия // Известия КГАСУ. 2022. № 4(62), с.190-202, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_190 EDN: UHWUSP

Introduction of finishing materials into restoration practice to create a favorable microclimate at the objects of historical and architectural heritage

A.G. Khabibulina¹, E.Yu. Ivanova¹, R.N. Babenko², A.M. Khabibulina³

¹Kazan State University of Architecture and Engineering
Kazan, Russian Federation

²LLC «Baumit»

Dubna, Russian Federation

³Architectural Studio LLC «OFFICE DE»
Kazan, Russian Federation

Abstract. *Problem statement.* The relevance of the study is due to the need to optimize the temperature and humidity regime during the operation of objects of historical and architectural heritage, aimed at reducing the rate of destruction of authentic construction and finishing materials. The purpose of the study is to develop recommendations on the use of modern moisture-regulating materials for interior decoration of cultural heritage objects, combined in their properties with historical plasters. The objectives of the study are to confirm the feasibility of using special types of plaster to maintain a stable, favorable microclimate of premises and to create the possibility of further operation of historical buildings; to create a basis for further research on the use of modern building materials optimizing the microclimate of premises in the restoration practice of architectural monuments.

Results. The authors analyzed the functional and construction and operational properties of modern moisture-regulating materials for interior decoration during the restoration of cultural heritage objects. As a result of the conducted research, recommendations were developed for the use of a special Baumit Klima finishing system based on lime and natural components of Baumit company (Austria/Russia, Dubna) in the restoration practice of cultural heritage objects. A distinctive feature of the studied plaster is its ability to absorb moisture from the air much more efficiently than the vast majority of currently existing traditional lime plasters on lime, complex cement-lime and gypsum binder.

Conclusions. The significance of the results obtained for architectural practice consists in confirming the expediency of using special types of plasters during the restoration of cultural heritage objects, in order to create a favorable microclimate in the premises and maintain the regulatory requirements of operation.

The Keywords: restoration of cultural heritage objects, moisture-regulating plasters, temperature and humidity conditions, indoor microclimate.

For citation: Khabibulina A.G., Ivanova E.Yu., Babenko R.N., Khabibulina A.M. Introduction of finishing materials into restoration practice to create a favorable microclimate at the objects of historical and architectural heritage // News KSUAE. 2022. № 4(62), p. 190-202, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_190, EDN: UHWUSP

1. Введение

При реставрации объектов историко-архитектурного наследия остро стоит вопрос оптимизации микроклимата помещений – температурно-влажностного режима эксплуатации исторического сооружения [1]. В основе причин накопления повреждений памятников архитектуры лежат процессы деструкции строительных материалов. Это в значительной степени вызвано отрицательным воздействием влажностных напряжений, которые возникают в результате циклических изменений значений климатических параметров воздушной среды. Характер данных процессов обусловлен интенсивностью проникания потоков тепла и влаги через ограждающие конструкции сооружения [2, 3]. Решения по оптимизации климатического режима эксплуатации здания объектов культурного наследия (ОКН) направлены на снижение скорости протекания процессов

деструкции строительных и отделочных материалов.

Большинство инноваций, которые в настоящее время внедряются в строительной отрасли, связаны с созданием новых строительных материалов. В России и за рубежом возрастает интерес к отделочным системам климатоформирующего и экологического назначения [4-8]. Весьма важным показателем строительного материала является его сорбционная влажность, так как она является одной из главных причин повреждения и разрушения зданий. Особенно это важно в реставрационной практике сохранения ОКН. Важной задачей для подбора подходящих отделочных систем является определение состояния памятника архитектуры по ряду базовых параметров, имеющих ключевое значение для сохранения стабильного и работоспособного состояния постройки с технической точки зрения.

При реставрации ОКН квалифицированные подбор и замена аутентичных строительных материалов имеют принципиальное значение [9, 10]. Необходимо учитывать состав и историческую технологию изготовления заменяемых материалов. Включение в конструкцию новых составляющих, резко различающихся по физико-механическим и химическим свойствам, может привести к деструкции подлинного строительного материала памятника. Например, в кирпичном стеновом ограждении на стыке старой и новой кладок при различных плотности материалов, коэффициенты термического расширения, паропроницаемости, водопоглощения возникают механические напряжения, начинается интенсивное накопление влаги, что ускоряет разрушительные процессы. Соответственно, в местах сопряжений необходимо исключать использование новых материалов, существенно более прочных и плотных по сравнению с аутентичными.

Показательным примером несовместимости исторических и новых материалов является применение цементно-песчаных смесей в архитектурных памятниках, сложенных на известковом растворе. Использование цементного раствора при облицовке и штукатурке приводит к искусственному прекращению переноса водяных паров сквозь толщу стены, что вызывает интенсивное увлажнение и разрушение кладки.

Выделим основные причины деструктивного воздействия цементных штукатурных смесей на конструкцию наружных стен исторических зданий [11]:

- низкая воздухо- и паропроницаемость плотных штукатурок и кладочных растворов в кирпичных стенах, что способствует нарушению нормального воздухо- и парообмена;
- разница в значениях сорбционного (гидравлического) расширения. В кладках оно значительно ниже (примерно в 35 раз), чем в цементных и сложных растворах. Это приводит к появлению напряжений в плоскости сопряжения кладки и штукатурки, что ведет к разрушению кирпича;
- разница в значениях коэффициентов тепловых линейных расширений между цементной штукатуркой и кладкой. Повышение влажности кладки у внешней поверхности стены в холодное время года приводит к замерзанию и деструкции.

Количество влаги, содержащейся в капиллярно-пористой структуре строительных и отделочных материалов, во многом определяет их теплофизические свойства. Оптимальные температурно-влажностные условия эксплуатации ОКН в течение годового периода позволяют сохранять относительную неизменность воздушно-сухого состояния материалов (равновесная влажность), что создаёт предпосылки увеличения долговечности памятников архитектуры.

Выделим следующие источники увлажнения строительных конструкций и отделочных материалов:

- почвенные воды (грунтовая влага);
- осадки, ливневые и талые воды (атмосферная влага);
- водяные пары воздуха (диффузионная и конденсационная влага).

Увлажнение строительных материалов грунтовой и атмосферной влагой находится в прямой зависимости от технического состояния ОКН и соответственно носит субъективный характер. Деструктивное влияние данных категорий увлажнения должно быть устранено при реконструкции ОКН проведением инженерно-технических мероприятий, таких как устройство горизонтальной и вертикальной гидроизоляции,

отмосток, ремонт кровли, организация отвода ливневых и талых вод и т.д. Увлажнение материалов конденсационной и, в особенности диффузионной влагой носит объективный характер и зависит от оптимизации параметров микроклимата помещений при эксплуатации ОКН [1].

В зарубежных исследованиях для штукатурных смесей, влияющих на параметры микроклимата помещений, одним из основных параметров оценки эффективности покрытия является буферизация влаги [12-16]. Буферизация влаги означает способность материалов с высокой гигроскопичностью регулировать уровень относительной влажности путем адсорбции водяного пара из воздуха в помещении и обратно. Буферизация – буферная емкость влаги, это показатель стабильности качества воздуха, теплового комфорта в помещении и энергоэффективности, позволяющий экономить энергию за счет уменьшения нагрузки на работу систем отопления, вентиляции, кондиционирования и увлажнения воздуха. В зависимости от климатических условий, буферный эффект влаги дает экономию энергии до 30 %. В указанных исследованиях показатель буферизации влаги представленных образцов штукатурных смесей варьируется в диапазоне от 1,05 до 2,99 г/м²·% относительной влажности. Также предлагается классификация значений буферизации влаги по пятибалльной шкале: незначительно – 0-0,25; ограниченно – 0,25-0,5; умеренно – 0,5-1; хорошо – 1-2; отлично – 2,0-3,5.

Применение известково-песчаных смесей и штукатурок в исторических каменных стенах показало свою эффективность [17-19]. Условиям сохранности конструкций способствует соответствие значений коэффициента паропроницаемости таких штукатурок с воздухом - и паропроницаемостью кирпичных кладок. Благодаря естественной вентиляции происходит быстрое высвобождение внутренних пор каменных стен от застаивающегося влажного воздуха, уменьшая теплопроводность и делая их сухими.

В России производителями отделочных материалов, рекомендующими свою продукцию для реставрации исторических зданий, представлен ряд влагорегулирующих штукатурок, из которых можно выделить следующие: Baumit KlimaWhite, Resmix EP, KIP, РЕНОВИР ДрайПласт и CR 62 WTA. Производители заявляют следующие составы штукатурок:

- Resmix EP (ООО «Ресмикс», Россия)¹ – фракционированный кварцевый песок, комплексное гидравлическое вяжущее, тонкодисперсный наполнитель, активная минеральная добавка, легкий наполнитель, редиспергируемый полимерный порошок, комплекс водоудерживающих добавок, тиксотропный агент, комплексная добавка для создания открытых пор, компенсатор усадки, армирующее волокно;
- Реновир ДрайПласт (ООО «Реновир-РМ», Россия)² – известковая основа, специальные наполнители и добавки;
- CR 62 WTA (Henkel «Ceresit», Германия)³ – смесь гидравлических вяжущих, минеральных заполнителей и модификаторов;
- KIP (Sievert AG «AKURIT», Германия)⁴ – известковая основа, специальные наполнители и добавки;
- Baumit KlimaWhite (Baumit, Австрия)⁵ – минеральный функциональный наполнитель, цементно-известковое вяжущее, перлит, добавки.

Коэффициент паропроницаемости рассматриваемых влагорегулирующих штукатурок находится в пределах 0,11-0,15 мг/(м·ч·Па).

¹<https://resmix.ru/products/saniruyushhie-materialy/vlagoreguliruyuschaya-shtukaturka/resmix-ep/> (дата обращения: 01.01.2022).

²<https://renovir.ru/produkcziya/restavracionnyie-materialyi/restavracionnyie-shtukaturki/renovir-drajplast.html> (дата обращения: 01.01.2022).

³https://www.ceresit.ru/ru/products/waterproofing/concrete/cr_62_wta.html (дата обращения: 01.01.2022).

⁴<https://www.quickmix.ru/assortiment/produkt/shtukaturnye-sistemy-shtukaturki-dlja-nizhnego-sloja-izvestkovye-shtukaturki-kip-izvestkovaja-shtukaturka-kip.html> (дата обращения: 01.01.2022).

⁵<https://baumit.ru/products/shtukaturki-dlya-vnutrennih-rabot/lime-cement-plasters/baumit-klimawhite> (дата обращения: 01.01.2022).

Авторами, при реставрации ОКН начала XVIII века, была поставлена задача исследовать возможности использования инновационных сухих строительных смесей для отделки помещений, которые позволяют, не нарушая историческую идентичность сохранить технические свойства исторических материалов и при этом способствующих созданию благоприятного микроклимата.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оптимизации температурно-влажностного режима при эксплуатации ОКН, направленной на снижение скорости протекания процессов деструкции аутентичных строительных и отделочных материалов.

Целью работы является представление рекомендаций по использованию современных влагорегулирующих материалов для внутренней отделки помещений ОКН, которые сочетаются по своим свойствам с историческими штукатурками.

Задачи исследования:

- подтверждение целесообразности применения специальных видов штукатурки при реставрации ОКН, для сохранения стабильного, благоприятного микроклимата помещений и поддержания нормативных требований эксплуатации;
- создание основы для дальнейших исследований по применению современных строительных материалов оптимизирующих микроклимат помещений в реставрационной практике ОКН.

2. Материалы и методы

Компания Baumit (Австрия) более 20 лет производит высококачественные системы для санации и реставрации – строительные смеси, грунтовки и краски. Baumit является ведущим производителем строительных материалов и имеет представительства в 27 европейских странах. Компания ведет активную научно-исследовательскую работу в области здорового и энергоэффективного строительства. В городе Вopfinge (Австрия) с 2015 года действует научно-исследовательский парк Viva компании Baumit – крупнейший в Европе центр по сравнительному изучению строительных материалов. Здесь на моделях зданий разного типа ученые и специалисты из разных областей исследуют взаимодействие строительных материалов и их влияние на здоровье человека для создания оптимального, благоприятного микроклимата в помещении. Парк Viva является качественно новой научно-исследовательской инфраструктурой с дорогостоящим техническим оснащением, применяющим современные цифровые методы анализа данных, позволяющие вывести новые способы решения задач при разработке и производстве строительных материалов. Ведется сотрудничество с независимыми научными институтами [20]. Материалы Baumit применялись при реставрации и реконструкции известных исторических объектов по всему миру и России. Например, в Санкт-Петербурге (здания Кунсткамеры, Адмиралтейства), г. Казани (комплекс объектов на территории Казанского кремля, Петропавловский собор). Компания имеет собственный завод в г. Дубна (Россия, Московская область). Получены положительные отзывы ведущих специалистов в области реставрации [21-22]. Для авторов статьи это явилось основанием при выборе системы Baumit Klima для отделки стен и свода южного придела Церкви Николая Чудотворца (Россия, РТ, село Державино).

Замеры влажности штукатурного слоя и кирпича в помещениях Церкви Николая Чудотворца производились влагомером DT-128M. Для контрольных измерений влажности и температуры в храме использовался термогигрометр ИВТМ-7 М.

Прибор DT-128M является бесконтактным влагомером. Принцип работы прибора основан измерении сигналов высокой частоты. Влагомер позволяет осуществить неразрушающий контроль уровня влажности строительных материалов любых типов и фиксацию распределения влаги в перекрытиях и стенах. Прибор позволяет проверить степень готовности материала к нанесению отделочного покрытия.

Термогигрометр ИВТМ-7 М предназначен для непрерывных (круглосуточных) измерений и регистраций относительной влажности и температуры воздуха, в том числе других неагрессивных газов.

Технические характеристики приборов DT-128M и ИВТМ-7M представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики приборов DT-128M и ИВТМ-7М

Технические характеристики	DT-128M ⁶	ИВТМ-7М ⁷
Назначение	Измерение влажности	Измерение влажности и температуры
Особенности	- влагомер; - бесконтактный (неразрушающий, до 30 мм) контроль уровня влажности строительных материалов всех типов; - режим отображения минимальных/максимальных значений.	- термогигрометр; - интерфейс связи с компьютером; - возможность регистрации данных в энергонезависимой памяти; - возможность пересчёта результатов измерений в различные единицы: % относительной влажности, г/м³; - одновременная индикация измеряемых значений влажности и температуры; - возможность объединения приборов в измерительную сеть; - внесён в Госреестр СИ РФ за №71394-18.
Диапазон измерений, %	0-100	0-99
Разрешение, ед.	0,1	0,1
Глубина измерений, мм	20-40	-
Диапазон измеряемых температур, °С	-	-45...+60
Производитель	«ARTBULL» (Китай)	АО «ЭКСИС» (Россия)

Исследование влияния отделочной системы Baumit Klima на параметры температурно-влажностного режима эксплуатации помещений ОКН проводились в церкви Николая Чудотворца (Республика Татарстан, Лаишевский район, село Державино, улица Заббарова, з/у 49. Координаты: 55.553924, 49.564973. Кадастровый номер: 16:24:060101:162, далее Церковь Николая Чудотворца). Церковь не действующая, регулярные богослужения не проводятся. Храм перестал функционировать в 30-е годы XX в. Культовый комплекс состоит из 4-х строений на площади 2059 кв. м. Объект исследования является памятником архитектуры регионального значения (Постановление Кабинета Министров РТ № 39 от 28.01.1993 г.) [23] (рис. 1-4).



Рис. 1. Церковь Николая Чудотворца. Вид с южной стороны (иллюстрация авторов)
Fig. 1. The Church of St. Nicholas the Wonderworker. View from the south side
(Illustration by the authors)

⁶Бесштифтовой влагомер модели DT-128M // Cem.nt-rt.ru URL: <https://cem.nt-rt.ru/images/manuals/DT-128M.pdf> (дата обращения: 01.01.2022).

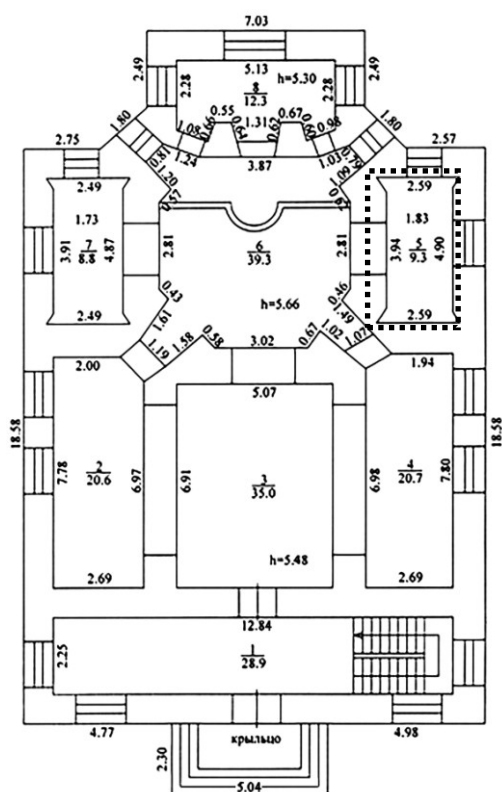
⁷Термогигрометр ИВТМ-7 М 6 // Eksis.ru URL: <https://www.eksis.ru/catalog/portativnye-termogigrometry-ivtm-7/product4916.php> (дата обращения: 01.01.2022).



Рис. 2. Церковь Николая Чудотворца.
Фотофиксация интерьеров
(иллюстрация авторов)

Fig. 2. The Church of St. Nicholas the
Wonderworker. Photofixation of interiors
(Illustration by the authors)

1)



2)

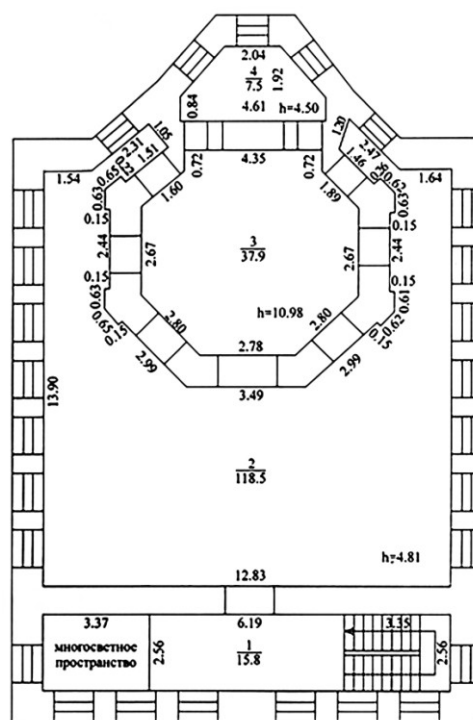


Рис. 3. Церковь Николая Чудотворца: 1 – план 1-го этажа, ---- – помещение южного придела с
нанесенной штукатуркой Baunit KlimaWhite; 2 – план 2-го этажа
(обмеры – АО «Ростехинвентаризация» – Федеральное БТИ)

Fig. 3. Church of St. Nicholas the Wonderworker: 1 – plan of the 1st floor, ---- – the room of the south
aisle with plaster applied Baunit KlimaWhite; 2 – plan of the 2nd floor
(measurements – JSC «Rostekhinventarization» – Federal BTI)

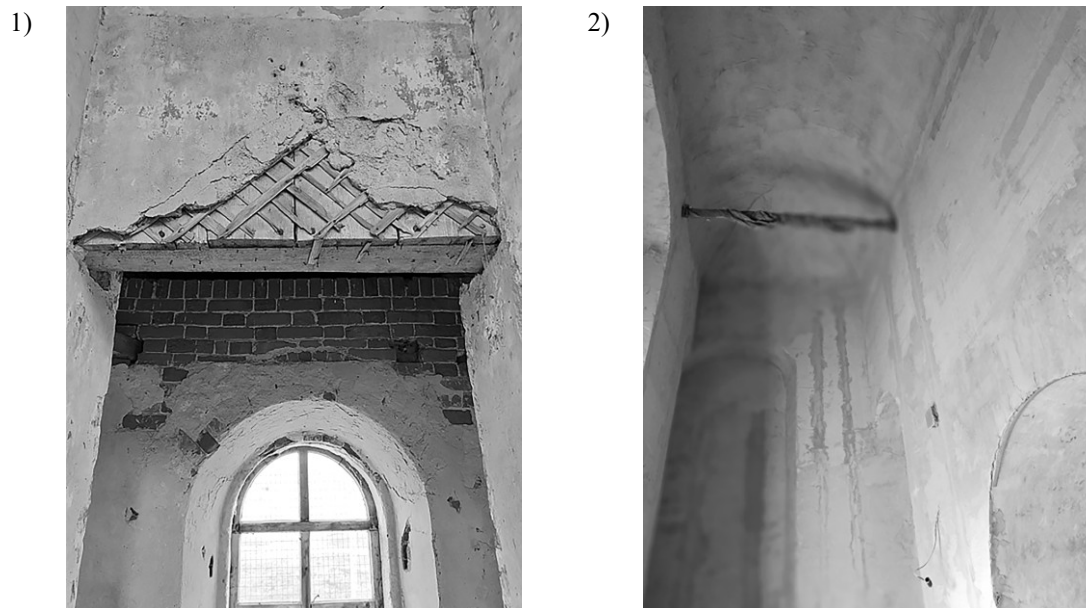


Рис. 4. Церковь Николая Чудотворца: 1 – сохранившаяся историческая штукатурка; 2 – стены и свод в южном приделе – помещение № 5 по плану после нанесения штукатурки Baumit KlimaWhite (иллюстрация авторов)

Fig. 4. The Church of St. Nicholas the Wonderworker: 1 – preserved historical plaster; 2 – walls and vault in the south aisle – room No. 5 according to the plan after applying plaster Baumit KlimaWhite (Illustration by the authors)

Строительство кирпичного храма осуществлялось в 1715-1725 гг. В 1874-1881 гг. по проекту архитектора Б.А. Иванова были выполнены работы по перестройки церкви. В 1883 г. была возведена трехъярусная колокольня, отдельно стоящая от храма. Основные реставрационные работы всех частей здания произведены в 1993 г. Церковь выполнена в стиле барокко и относится к типу «восьмерик на четверике». Архитектура пристроек 2-й пол. 19 в. представляет классицизм и псевдорусский стиль.

3. Результаты и обсуждение

В начале XIX века в России документальным руководством для строителей разных специальностей являлось пособие «Должности Архитектурной Экспедиции» – Урочные реестры и положения на строительные работы [24]. Первое издание Урочного реестра для гражданской архитектуры было выпущено в 1811 г. Инженерным департаментом Военного министерства. В данном пособии помимо описания строительного производства, выбора и оценки материалов содержалась информация по технологии изготовления кирпича, извести, гипса, «семент» (гидравлической добавки), растворов и бетонов. В составлении Урочных реестров и положений участвовали лучшие инженеры ведомств, ответственных за строительную отрасль страны – гражданских, военных, путейских и др. Нормативная документация отражала уровень развития науки и техники передовых стран и фактическое состояние массового строительного производства в России к началу XIX века. Нормативы имели общегосударственный статус, что позволяло контролировать процессы изготовления строительных материалов и работ.

Растворы монументальных культовых и общественных сооружений России XVIII-XIX вв. изготавливались преимущественно на гидравлических (негашеных) известках. Широко применялись активные карбонатные заполнители и цемянка. Использование цемянки – кирпичной или керамической крошки, придавало большую прочность раствору. В отделочных работах использовалась известь с песком без употребления алебаstra. Обычный штукатурный раствор включал в себя равные пропорции извести и песка. В сухих местах кирпичные стены штукатурились жирной известью, в относительно сырых помещениях – тощей или гидравлической известью [24].

Стены в церкви Николая Чудотворца изготовлены из традиционного керамического кирпича [25, 26]. Толщина наружных и внутренних несущих стен храма составляет около 1000 мм. В холодный период года, когда среднесуточная температура наружного воздуха опускается до +10 °С и ниже, в церкви Николая Чудотворца поддерживается температура от +10 до +12 °С.

Штукатурка Baumit KlimaWhite наносилась в южном приделе храма, помещение № 5 по плану, в начале декабря 2021 года. Предварительно стены очищались от отслаивающихся и осыпающихся материалов, грязи и пыли. Далее стены были покрыты грунтовкой Baumit SanovaPrimer. Данная грунтовка на силикатной основе предназначена для выравнивания впитывающей способности основания и упрочнения осыпающихся, рыхлых минеральных штукатурок. Состав грунтовки: калиевое жидкое стекло, в незначительном количестве органические модификаторы, вода. Высокопаропроницаемая грунтовка Baumit SanovaPrimer упрочняет основания и выравнивает их впитывающую способность, благодаря высокой щелочности препятствует образованию плесени, в результате сужения пор способствует снижению водопоглощения. Через сутки после грунтования стен ручным способом была нанесена штукатурная смесь Baumit KlimaWhite. Площадь нанесения составила более 65 м². Толщина штукатурного слоя составила от 10 до 20 мм⁸.

Baumit KlimaWhite представляет собой легкую штукатурную смесь белого цвета на основе цементно-известкового вяжущего с функциональным наполнителем для машинного и ручного нанесения. Предназначена для внутренних работ. В состав штукатурной смеси входят минеральный функциональный наполнитель, цементно-известковое вяжущее, перлит и добавки. Свойства штукатурки позволяют регулировать влажность воздуха внутри помещений. За счет натуральной микропористой структуры обеспечивается быстрое поглощение и отдача водяных паров, что способствует созданию комфортного, здорового микроклимата в помещении. Штукатурная смесь Baumit KlimaWhite изготавливается по ТУ 23.64.10-003-56826812-2018 и соответствует ГОСТ 33083.

Визуальный осмотр стен и свода после нанесения штукатурки Baumit KlimaWhite в южном приделе (помещение № 5) после семи месяцев эксплуатации не выявил следов увлажнений, усадочных трещин, отслоения от основания, расслаивания штукатурного слоя, высолов и биопоражений. Далее наблюдения и замеры в южном приделе производились в течение 9 месяцев.

Результаты измерений в помещениях церкви Николая Чудотворца влажности строительных материалов влагомером DT-128M и относительной влажности и температуры воздуха термогигрометром ИВТМ-7М представлены в табл. 2, 3.

Таблица 2

Показатели измерений в помещениях церкви Николая Чудотворца
влагомером DT-128M

№ п/п	Название помещения	Влажность, %	
		Кирпич	Штукатурка
1	Средняя часть	70-90	70-90
2	Алтарная часть	65-90	65-90
3	Южный придел	80-90	80-90 (29-45*)
4	Северный придел	65-90	65-90

Примечание: Показатели измерений влагомером DT-128M после нанесения штукатурной смеси Baumit KlimaWhite по истечении 9 месяцев.

⁸ Результаты исследований были отражены в магистерской выпускной квалификационной работе Бабенко Р.Н. «Реставрационная практика РТ с опытом внедрения современных материалов для создания благоприятного микроклимата в ОКН (на примере Казани и РТ)» (КГАСУ, 2022 г.).

Таблица 3

Показатели измерений в помещениях церкви Николая Чудотворца
термогигрометром ИВТМ-7М

№ п/п	Название помещения	Относительная влажность, %	Температура, °С
1	Средняя часть	84	14,0
2	Алтарная часть	87	13,9
3	Южный придел	85 (60*)	13,9(14,0*)
4	Северный придел	86	13,8

Примечание: Показатели измерений термогигрометром ИВТМ-7М после нанесения штукатурной смеси Baunit KlimaWhite по истечении 9 месяцев.

Измерения влажности кирпичной кладки в зоне эксперимента через год показали неизменно высокие значения влагомера – до 90 % по шкале прибора. Такие же показатели проявились и при измерении влажности кирпича через отверстие в штукатурном слое Baunit KlimaWhite. Однако влажность самой штукатурки по данным влагомера составила всего от 29 % до 45 %, что в 2-3 раза меньше показаний по кирпичу под ней. Учитывая высокую паропроницаемость Baunit KlimaWhite, подобные показатели указывают на то, что в процессе диффузии капиллярной влаги сквозь штукатурный слой происходит испарение влаги внутри самой штукатурки. Как результат, влагоперенос как таковой не прекращается, миграция влаги продолжается, однако зона испарения смещается с поверхности кирпича внутрь штукатурного слоя. Дальнейшее движение воды уже в виде пара никак не влияет на состояние вяжущего как структурообразующего элемента ввиду отсутствия сопряженных эффектов морозного разрыва межпоровых стенок (деструкции материала). Поверхность штукатурки визуально и при инструментальном определении – сухая. Целостность штукатурки определяется её перманентно сухим состоянием при высокой влажности кирпичной кладки в условиях переменных сезонных температур, включая отрицательные значения зимой при отсутствии отопления. Данный факт является важным свидетельством того, что специфичная высокопористая структура штукатурного раствора Baunit KlimaWhite может не только эффективно сорбировать влагу из воздуха, но и работать как saniрующей/высушивающий состав относительно строительного основания с высокой влажностью.

Таким образом, инновацией отделочной системы Baunit Klima является высокая сорбционная способность поглощать значительное количество водяных паров из воздуха гораздо эффективнее, чем подавляющее большинство существующих на данный момент традиционных штукатурок, в т.ч. известковых. В результате в помещении происходит процесс буферизации – естественное регулирование влажности воздуха в требуемом диапазоне. Кроме сорбции влаги, отделочная система содействует очищению воздуха в помещении, поглощая различные летучие органические соединения и запахи. Отделочные материалы Baunit, по результатам исследования, отлично сочетаются по своим базовым свойствам с историческими штукатурками. Учитывая современные требования к условиям приспособления и эксплуатации ОКН, система Baunit Klima является примером инновационных решений по сохранению памятников архитектуры путем естественного и постоянного поддержания благоприятного микроклимата.

4. Заключение

В результате проведенных исследований были разработаны рекомендации по применению современных влагорегулирующих материалов для внутренней отделки помещений при реставрации ОКН, сочетающихся по своим свойствам с историческими штукатурками.

Авторский опыт реставрации памятников архитектуры на территории Республики Татарстан подтверждает целесообразность применения специальных видов штукатурки с целью создания благоприятного микроклимата и поддержания нормативных требований эксплуатации.

Данная работа может послужить основой для дальнейших исследований по применению современных строительных материалов оптимизирующих микроклимат помещений в реставрационной практике ОКН.

Список литературы/ References

1. Тихомиров А.В. Исследование, расчет оптимальных параметров микроклимата помещений и содержание неотапливаемых памятников истории и культуры. М. : Мосметрострой. 1992. 24 с. [Tikhomirov A.V. Research, calculation of optimal parameters of indoor microclimate and maintenance of unheated historical and cultural monuments. M. : Mosmetrostroy. 1992. 24 p.]
2. Куприянов В.Н. Прогнозирование переувлажнения ограждающих конструкций при конденсации в них водяного пара // Приволжский научный журнал. 2021. № 2 (58). С. 84–91. [Kupriyanov V.N. Prediction of the overwetting of enclosing structures during water steam condensation in them // Privolzhsky Scientific Journal. 2021. No. 2 (58). pp. 84–91]
3. Куприянов В.Н., Петров А.С., Чебышева Д.Г. Влияние дождей на процесс старения и разрушения материалов наружных стен. расчет количества дождей // Эксперт: теория и практика. 2020. № 1 (4). С. 28–32. [Kupriyanov V.N., Petrov A.S., Chebysheva D.G. Rain impact on aging and destruction of external walls materials. the amount of rain calculation // Expert: Theory And Practice. 2020. No. 1 (4). pp. 28–32]
4. Vares O., Ruus A., Raamets J., Tungal E. Determination of hygrothermal performance of clay-sand plaster: Influence of covering on sorption and water vapour permeability. Paper presented at the Energy Procedia. 2017. 132. pp. 267–272. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.09.719.
5. Xie H., Gong G., Wu Y., Liu Y., Wang Y. Research on the hygroscopicity of a composite hygroscopic material and its influence on indoor thermal and humidity environment. Applied sciences. 2018. 8 (3). 430. DOI: 10.3390/app8030430.
6. Ranesi A., Veiga M. R., Faria P. Laboratory characterization of relative humidity dependent properties for plasters: A systematic review. Construction and Building Materials. 2021. 304. 124595. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.124595.
7. Santos T., Faria P., Gomes M. I. Earth, gypsum and cement-based plasters contribution to indoor comfort and health // Proceedings of the 3rd RILEM Spring Convention and Conference. RILEM Bookseries. 2021. Vol. 32. pp. 105–117. DOI: 10.1007/978-3-030-76547-7_10.
8. Строчкова В.В., Сивальнева М.Н., Неровная С.В., Второв Б.Б. Штукатурные покрытия как регулятор параметров микроклимата в помещении: обзор теоретических и экспериментальных исследований // Строительные материалы. 2021. № 7. С. 32–72. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-793-7-32-72>. [Strokova V.V., Sivalneva M.N., Nerovnaya S.V., Vtorov B.B. Plaster coverings as a regulator of indoor microclimate parameters: an overview of theoretical and experimental research // Construction Materials. 2021. No. 7. pp. 32–72. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-793-7-32-72>]
9. Yildizlar B., Sayin B., Akcay C. A case study on the restoration of a historical masonry building based on field studies and laboratory analyses // International Journal of Architectural Heritage. 2019. 14 (9). pp. 1341–1359. DOI: 10.1080/15583058.2019.1607625.
10. Danilov V., Ayzenshtadt A., Frolova M. Practical application of the similarity law of structures in the reconstruction of the surface layer of bricks. Materials Science Forum. 1017. MSF. 2021. pp. 21–30. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1017.21>.
11. Белановская Е.В. Характерные ошибки реставрации каменных памятников

- архитектуры Вологодской области // Вестник Череповецкого государственного университета. 2012. № 1-1 (36). С. 5–7. [Belanovskaya E.B. Typical errors in the restoration of stone monuments of architecture of the Vologda region // Cherepovets State University Bulletin, 2012, No. 1-1 (36), pp. 5–7]
12. Pavlík Z., Fořt J., Pavlíková M., Pokorný J., Trník A., Černý R. Modified lime-cement plasters with enhanced thermal and hygric storage capacity for moderation of interior climate. *Energy and Buildings*. 2016. Vol. 126. pp. 113–127. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.05.004.
 13. Senff L., Ascensão G., Ferreira V. M., Seabra M. P., Labrincha J. A. Development of multifunctional plaster using nano-TiO₂ and distinct particle size cellulose fibers. *Energy and Buildings*. 2018. Vol. 158. pp. 721–735. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.10.060.
 14. Fořt J., Kočí J., Pokorný J., Podolka L., Kraus M., Černý R. Characterization of responsive plasters for passive moisture and temperature control. *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10. Iss. 24. pp. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10249116>.
 15. Cascione V., Maskell D., Shea A., Walker P. The moisture buffering performance of plasters when exposed to simultaneous sinusoidal temperature and RH variations. *Journal of Building Engineering*. 2020. Iss. 34. 101890. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101890>.
 16. Vares M.-L., Ruus A., Nutt N., Kubjas A., Raamets J. Determination of paper plaster hygrothermal performance: Influence of different types of paper on sorption and moisture buffering. *Journal of Building Engineering*. 2021. Iss. 33. 101830. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101830>.
 17. Пухаренко Ю.В., Харитонов А.М., Шангина Н.Н., Сафонова Т.Ю. Реставрация исторических объектов с применением современных сухих строительных смесей // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 1 (26). С. 98–103. [Pukharensko Yu.V., Kharitonov A.M., Shangina N.N., Safonova T.Yu. Restoration of historical objects with the application of dry building mixtures // Bulletin of Civil Engineers. 2011. No. 1 (26). pp. 98–103]
 18. Tittarelli F., Giosuè C., Mobili A., Ruello M. L. Influence of binders and aggregates on VOCs adsorption and moisture buffering activity of mortars for indoor applications. *Cement and concrete composites*. 2015. 57. pp. 75–83. DOI: 10.1016/j.cemconcomp. 2014.11.013.
 19. Govaerts Y., Hayen R., de Bouw M., Verdonck A., Meulebroeck W., Mertens S., Grégoire, Y. Performance of a lime-based insulating render for heritage buildings. *Construction and building materials*. 2018. 159. pp. 376–389. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.10.
 20. Здоровое строительство. Здоровая жизнь // Baumit.ru URL: https://baumit.ru/files/ru/Brochures_pdf/VIVA_____.pdf (дата обращения: 01.01.2022). [Healthy construction. Healthy life // Baumit.ru URL: https://baumit.ru/files/ru/Brochures_pdf/VIVA_____.pdf (reference date: 01.01.2022)]
 21. Gustova A.N. Preservation of Stone, Plaster and Molding // Scuola diRestauro: Heritage conservation in Italy and Russia. Firenze: Nardini Editore. 2015. pp. 231–236.
 22. Карагерги В.Д. Baumit. Инновации или классика? Потенциал синтеза в области реставрации // Вестник. Зодчий. 21 век. 2021. № 1 (78). С. 76–77. [Karagergi V.D. Innovation or classic? Synthesis potential in the field of restoration // Vestnik. Zodchiy. 21vek. 2021. No. 1 (78). pp. 76–77]
 23. Объекты культурного наследия Республики Татарстан: иллюстрированный каталог. М.: НИИЦентр. 2020. 1087 с. [Objects of cultural heritage of the Republic of Tatarstan: illustrated catalog. M.: NiiTSentr. 2020. 1087 p]
 24. Значко-Яворский И.Л. Очерки истории вяжущих веществ. М.: Рипол Классик. 2014. 506 с. [Znachko-Yavorskiy I. L. Essays on the history of astringents. M.: Ripol Klassik. 2014. 506 p]
 25. Кисилёв И.А. Архитектурные детали в русском зодчестве XVIII-XIX веков. Справочник архитектора-реставратора. М.: Academia. 2005. 494 с. [Kisilev I.A. Architectural details in Russian architecture of the XVIII-XIX centuries. Directory of the architect-restorer. M.: Academia. 2005. 494 p]
 26. Порох М.И., Татауров С.Ф. Методика исследования кирпичей из археологических памятников русского населения XVII - начала XX вв. // Вестник Южно-Уральского

государственного университета. Серия: Социально-гуманитарные науки. 2012. № 32 (291). С. 41–44. [Porokh M.I., Tataurov S.P. Research procedure of bricks at archaeological site of the Russian population of the 17th - beginning of the 20th centuries // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Social Sciences and the Humanities. 2012. No. 32 (291). pp. 41–44]

Информация об авторах

Хабибулина Альбина Гомеровна, кандидат экономических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация.

E-mail: albgomer@mail.ru

Иванова Елена Юрьевна, старший преподаватель, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация.

E-mail: ivanova.e.u@mail.ru

Бабенко Руслан Николаевич, региональный менеджер по Татарстану, ООО «Баумит», г. Дубна, Российская Федерация.

E-mail: babenko-r@mail.ru

Хабибулина Аделя Маратовна, архитектор, Архитектурная студия ООО «ОФИС ДЕ», г. Казань, Российская Федерация.

E-mail: adelya0514@mail.ru

Information about the authors

Albina G. Khabibulina, Candidate of Economical Sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.

E-mail: albgomer@mail.ru

Elena Yu. Ivanova, senior lecturer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.

E-mail: ivanova.e.u@mail.ru

Ruslan N. Babenko, regional manager for Tatarstan, LLC «Baumit», Dubna, Russian Federation.

E-mail: babenko-r@mail.ru

Adelya M. Khabibulina, architect, Architectural Studio LLC «OFFICE DE», Kazan, Russian Federation.

E-mail: adelya0514@mail.ru