

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ШТУКАТУРНЫХ СОСТАВОВ ПРИ РЕМОНТЕ КИРПИЧНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ

**В. С. Андreyuk<sup>1</sup>, И. П. Павлова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ст. преподаватель кафедры технологии бетона и строительных материалов УО «БрГТУ», Брест, Беларусь

<sup>2</sup> К. т. н., доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов УО «БрГТУ», Брест, Беларусь, [pavlinna@tut.by](mailto:pavlinna@tut.by)

### Реферат

В статье проанализированы возможные причины появления дефектов в штукатурном слое после ремонта здания исторической застройки. Проведены комплексные исследования, включающие анализ составов, технологию нанесения и условия твердения и эксплуатации. Предложены штукатурные составы, основанные на аутентичных, с модификацией полимерными грунтами.

**Ключевые слова:** штукатурные составы, дефекты, модификации, полимерные грунты.

## INFLUENCE OF TEMPERATURE-HUMIDITY DEFORMATIONS OF MASONRY ON CRACK RESISTANCE OF WALL FILLING IN THE FRAME BUILDINGS

**V. S. Andreiuk, I. P. Pavlova**

### Abstract

The article analyzes the possible causes of defects in the plaster layer after the repair of a historical building. Comprehensive tests were carried out, including analysis of used mixes, process engineering, curing and service conditions.

Plaster mixes based on authentic ones with modification with polymer soils are proposed.

**Keywords:** plaster, defects, modification, polymer soils.

### Введение

При выполнении работ по обследованию технического состояния ограждающих конструкций выявляется большое количество дефектов в штукатурке наружных стен после выполнения работ по капитальному ремонту данных участков. Появление данных дефектов связано с различными техническими и технологическими факторами:

- нарушением технологии производства штукатурных работ;
- производством работ при высоких температурах наружного воздуха, что приводит к интенсивному испарению воды в штукатурных растворах;
- использованием неэффективных штукатурных составов.

Особенно остро вопрос стоит при ремонте зданий, отнесенных к историко-культурной ценности. С одной стороны, ремонт таких зданий требует индивидуального подхода и применения аутентичных составов, с другой стороны – невозможность применения современных полимерминеральных составов накладывает определенные ограничения и ставит под вопрос долговечность эксплуатации.

Для анализа причин появления дефектов в штукатурке наружных стен было выполнено обследование ограждающих конструкций жилого дома по ул. Карбышева, 30 в г. Бресте.

### Историческая справка

Жилой дом по ул. Карбышева, 30 в г. Бресте построен в 1932 году согласно разработанному проекту известного петербургского архитектора Николая Котовича и расположен на территории исторического центра города [1]. Н. Котович переехал в Брест-над-Бугом в 1927 году и занимал должность главного архитектора города. Проект строительства жилого дома утвержден техническим советом Магистрата Бреста-над-Бугом № 8492/3501 от 3 марта 1931 года. Здание представляло собой фигуру, близкую к трапеции в плане, двухэтажное кирпичное с вальмовой крышей, с четырьмя выступающими эркерами, по два на главном и дворовом фасаде. Наружные стены выполнены из глиняного полнотелого кирпича на известковом растворе, оштукатурены с обеих сторон известковой штукатуркой. Общий вид жилого дома представлен на рис. 1.

В 2014 году были выполнены работы по капитальному ремонту данного здания, включающие восстановление штукатурки на разрушенных участках наружных стен.

В проекте [2] при выполнении работ по капитальному ремонту наружных стен были прописаны следующие мероприятия:

- удаление ослабленных участков штукатурки;
- расшивка трещин с заполнением известковым раствором;
- нанесение грунтовки, нанесение улучшенной известково-цементно-песчаной штукатурки, нанесение шпатлевки;
- покраска наружных стен.

Проектом на основании лабораторных исследований [2] при выполнении работ по нанесению новой штукатурки был рекомендован аутентичный состав известково-цементно-песчаной штукатурки: известь – 0,5 в. ч., цемент – 0,5 в. ч., песок – 3 в. ч.



Рисунок 1 – Общий вид жилого дома по ул. Карбышева, 30 в г. Бресте

При выполнении обследования в 2019 году на поверхности наружных стен и на цокольных участках здания были выявлены массовые участки с трещинами различных направлений и протяженности в штукатурном слое (рис. 2, 3).

Трещины в штукатурном покрытии наружных стен расположены хаотично на всех участках наружных стен независимо от высоты. При вскрытии штукатурного покрытия было выявлено, что на отдельных участках перед нанесением нового штукатурного покрытия не были выполнены работы по заделке растворных швов в кирпичной кладке наружных стен.

Глубина разрушения швов в кирпичной кладке достигала 80...90 мм. При обследовании было также выявлено, что на цокольных участках наружных стен не были удалены участки с биологической коррозией.

Отделочные наружные слои, являясь вторичной защитой конструкций, выполняют следующие функции:

- **выравнивающую** (скрывают неровности кладки, дефекты и шероховатости);
- **защитную** (отличаются низким водопоглощением, высокой паропроницаемостью, высокой адгезией, стойкостью к термовлажностным и термоциклическим нагрузкам, морозо- и атмосферостойкостью);
- **декоративную** (повышают архитектурную выразительность здания).

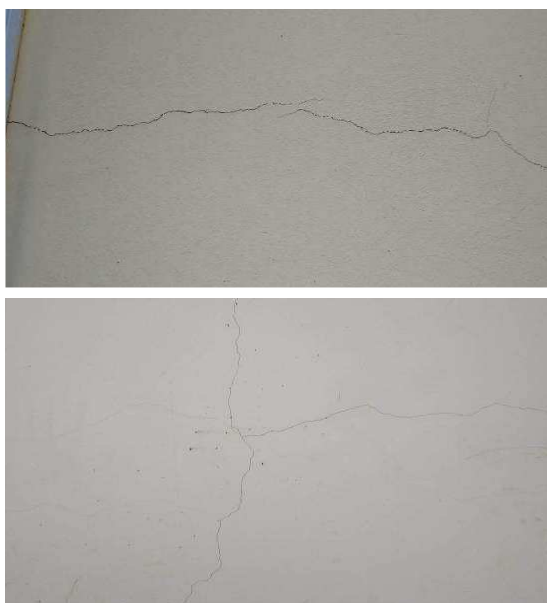


Рисунок 2 – Характерные дефекты штукатурного покрытия стен



Рисунок 3 – Дефекты штукатурного покрытия цоколя

Оптимальным вариантом решения данной проблемы является применение современных полиминеральных сухих смесей. Однако для зданий исторической застройки, как в данном случае, требуется применение аутентичных составов на основе минеральных вяжущих без модификации.

Традиционные цементно-известково-песчаные штукатурные составы обладают невысокой адгезией к основанию кирпича и достаточно высоким водопоглощением при капиллярном подсосе. Кроме того, такие растворы отличаются низким водоудерживающим эффектом, и применение таких составов при отделке хорошо впитывающих воду оснований приводят к быстрому обезвоживанию растворной смеси, возникновению усадочных трещин и, как следствие, к снижению эксплуатационных показателей.

Поскольку ремонтные штукатурные слои, он явился в данном случае «отсасывающим основанием», что привело к развитию усадочных деформаций и, как итог, сетки трещин на покрытии.

Для анализа возможных причин трещинообразования были отобраны пробы штукатурного слоя в дефектных участках фасадов (рис. 4). Для отобранных проб были определены содержание CaO и pH среды.

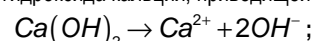


Рисунок 4 – Фрагмент отбора проб штукатурки

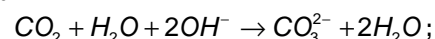
#### Определение содержания CaO и pH среды

В упрощенном виде процесс гидратационного твердения в присутствии свободного CaO (известкового раствора) состоит из нескольких стадий:

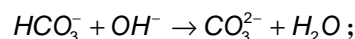
- 1) диссоциации гидроксида кальция, приводящей к повышению pH



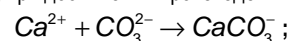
- 2) гидратации свободной углекислоты с последующей диссоциацией по схеме:



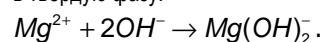
- 3) диссоциации гидрокарбонатных ионов (бикарбонатов), присутствующих в воде порового пространства и определяющих ее щелочность, причем в эквивалентных единицах количества образовавшихся ионов  $\text{CO}_3^{2-}$  будет в 2 раза больше количества разрушаемых ионов  $\text{HCO}_3^-$ :



- 4) выделения в твердую фазу ионов  $\text{Ca}^{2+}$  (введенных с известью и цементом) и  $\text{CO}_3^{2-}$ , при достижении произведения растворимости



- 5) при превышении дозы извести над ее количеством, необходимым для образования карбонатов в воде появляется избыток ионов  $\text{OH}^-$  и может быть превышено произведение растворимости  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  с переводом  $\text{Mg}^{2+}$  в твердую фазу:



Приведенные химические реакции позволяют выделить в процессе гидратации следующие этапы:

- выделение  $\text{CaCO}_3$  (карбонатный режим с pH около 9.5);
- увеличение дозы извести с дополнительным осаждением  $\text{Mg}^{2+}$  в виде  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  (гидратный режим с pH = 10.0 – 10.3).

**Методика определение содержания СаО и рН среды**

Навеска образца штукатурного состава массой 1 г помещалась в колбу с объемом дистиллированной воды равным 100 мл. Для полного растворения свободного кальция вытяжка выдерживалась сутки в естественных условиях, с периодическим перемешиванием. Дальнейшие исследования вытяжек из образцов проводились по стандартным методикам (ГОСТ 2374–02 «Вода питьевая», ГОСТ 31957–2012).

Результаты исследования представлены в таблице 1.

**Таблица 1** – Результаты испытаний проб штукатурных составов

Пробы	Толщина слоя, $\delta$ , мм	Исследуемые показатели	
		рН	Са <sup>2+</sup> (мг/л)
Проба 1	30	11,03	38,00
Проба 2	28	11,96	30,00
Проба 3	32	9,44	52,00
Проба 4	43	9,11	54,00
Проба 5	27	7,26	67,00

Проанализировав полученные данные (таблица 1) можно сделать вывод, что значение рН напрямую зависит от содержания кальция в вытяжке из раствора.

В системе *цементный камень–вода* количество Са(ОН)<sub>2</sub> в порландцементном камне после 1 мес. твердения составляет 9–11%, а после 3 мес. – 15% массы цементного камня.

В растворе при избытке СаО и образовавшегося в результате гидратации порландита Са(ОН)<sub>2</sub> создаются условия для интенсивной карбонизации. В то же время в результате процессов карбонизации уменьшается щелочность, т. е. значение рН.

Как видно из табл. 1, максимальное количество СаО наблюдается в пробе 5, это сразу приводит к снижению рН среды до 7,26.

Пробы 3 и 4 не имеют серьезных отличий, что свидетельствует об идентичном составе, применяемом для оштукатуривания.

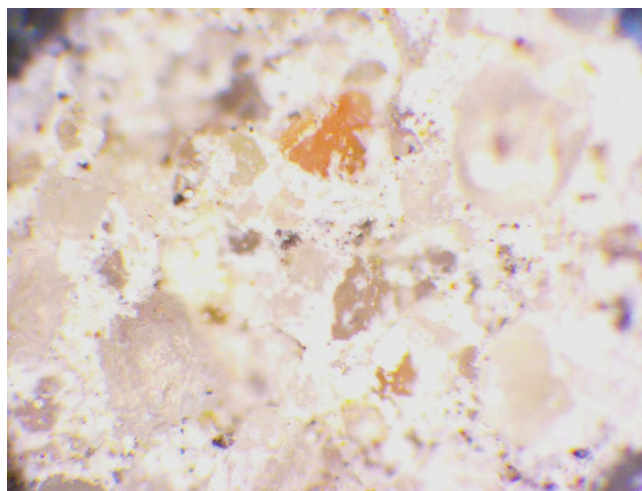
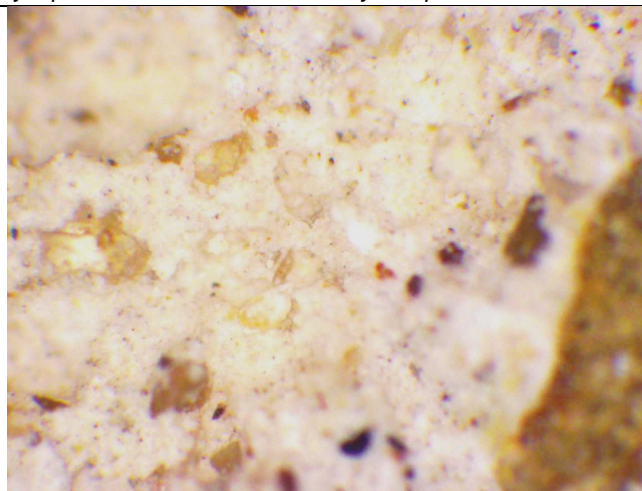
Пробы 1, 2 и 5, по данным табл. 1, свидетельствуют о *повышенном* содержании свободной извести в составе штукатурки. В это же время пробы 3 и 4 показывают интенсивное развитие карбонизационных процессов. Все отобранные пробы характеризуются аномальным количеством извести в своем составе, что в итоге привело к возникновению повышенных усадочных деформаций.

Для дополнительного анализа взятых проб штукатурных составов были получены фотографии при помощи металлографического микроскопа типа «АЛЬТАМИ МЕТ 3С» с увеличением 50..100 раз (рис. 5). При выполнении анализа полученных фотографий можно сделать вывод, что практически во всех взятых пробах имеется повышенное содержание извести, что в результате и привело к развитию усадочных деформаций.

При анализе полученных результатов необходимо отметить также технологические факторы, такие как толщина штукатурного слоя и технология нанесения.

В зависимости от назначения зданий, количества выполняемых операций и требований, предъявляемых к отделочным работам, различают три вида штукатурного покрытия [3]:

- простое штукатурное покрытие применяется для отделки складских помещений, подвалов, временных зданий и т. д.;
- улучшенное штукатурное покрытие, как правило, применяется для отделки жилых помещений, торговых залов, учебных заведений, помещений промышленных зданий и т. д.;
- высококачественное штукатурное покрытие рекомендуется выполнять для отделки зданий и сооружений с повышенными требованиями к отделке: концертные залы, театры и др. Согласно ТКП 45-1.03-311 [3]:
- простое штукатурное покрытие (штукатурный намет) состоит из двух слов: обрызг и один слой грунта;
- улучшенное штукатурное покрытие состоит из трех слов: обрызг, один слой грунта и накрывочный слой;
- высококачественное штукатурное покрытие состоит из четырех слов: обрызг, два слоя грунта и накрывочный слой.



*Белые участки – свободная известь*

**Рисунок 5** – Микрофотографии фрагментов раствора

**Обрызг** (первый слой) должен полностью покрывать оштукатуриваемую поверхность, иметь с ней прочное сцепление, заполнять все неровности. Поверхность обрызга должна быть шероховатой, ее не следует сглаживать и разравнивать. Толщина слоя обрызга по каменным и бетонным основаниям согласно [3] – 5 мм.

**Грунт** образует необходимую толщину штукатурного покрытия и выравнивает поверхность. Толщина слоя грунта не должна превышать 7 мм при известковых и известково-гипсовых растворах и 5 мм при цементных растворах.

**Накрывочный слой** при подготовке оштукатуриваемых поверхностей под отделочные работы (облицовочные, малярные, обойные) выполняется толщиной 2 мм. Декоративный накрывочный слой толщиной – 7 мм.

Как показывает практика, на срок эксплуатации штукатурного покрытия без ремонта существенное влияние оказывает прочность сцепления отделочного слоя с основанием (оштукатуриваемой поверхностью).

Согласно [3], для обеспечения нормативных сроков эксплуатации штукатурного покрытия без ремонта необходимо, чтобы прочность сцепления штукатурного покрытия с оштукатуриваемой поверхностью здания была не менее 0,2 МПа.

Для выполнения этого требования на практике в [3] даны следующие указания.

Если толщина штукатурного слоя до 10 мм, то оштукатуриваемые поверхности допускается не армировать.

При толщине штукатурного слоя:

- свыше 10 мм и до 15 мм включительно следует применять сетку стеклянную штукатурную (ССШ) с размерами ячеек не менее 4 мм или аналогичных материалов;
- свыше 15 мм и до 20 мм включительно – стальную сетку по действующим ТНПА.

Толщина штукатурного слоя более 20 мм не допускается.

Все пробы, отобранные с объекта, отличаются толщиной, превышающей максимально допустимую без использования сетки по ТКП (толщина штукатурного слоя на различных участках при отборе проб составила от 27 до 43 мм). Повышенная толщина штукатурного слоя приводит к снижению трещиностойкости и повышению усадочных деформаций.

Согласно представленной исполнительной документации следует отметить температурный режим во время выполнения работ. При выполнении штукатурных работ температура наружного воздуха находилась в пределах от +27°C до +36°C. При данных температурах происходит быстрое испарение воды в штукатурных растворах, что также приводит к появлению трещин в штукатурном слое [4].

Учитывая применяемые материалы и толщину штукатурного покрытия, можно сделать следующие выводы: совокупность всех перечисленных факторов, а именно: применение составов с повышенным содержанием извести, сверхнормативная толщина отделочного штукатурного покрытия без применения армирующей сетки, высокие температуры при производстве работ по нанесению штукатурного покрытия, вызвали ряд процессов, таких как повышенная усадка и карбонизация штукатурного слоя, что в итоге привело к трещинообразованию.

Для устранения выявленных дефектов рекомендуется выполнить демонтаж дефектного покрытия до основания, удалить с поверхности кирпичной кладки при помощи воды под давлением участки пыли, грязи, участки с биологической коррозией, осыпающейся рыхлой структурой штукатурных составов, выполнить заделку швов в кирпичной кладке наружных стен для исключения продуваемости и промерзания участков наружных стен и выполнить оштукатуривание поверхностей наружных кирпичных стен в соответствии с представленными ниже рекомендациями.

*Рекомендации по устранению дефектов*

Для снижения риска усадочного трещинообразования и сохранения аутентичности применяемых штукатурных составов рекомендовано модифицировать применяемые известково-цементные растворы с целью создания между штукатуркой и основанием переход-

ного по прочности, плотности и паропроницаемости слоя. Транзитный слой предназначен для предотвращения негативных последствий, возникающих на границе раздела «кирпич – штукатурный слой». Именно благодаря созданию этого слоя предотвращается отслоение покрытия вследствие разной паропроницаемости. Получение этого слоя достигается путем введения в аутентичный штукатурный раствор некоторого количества полиминерального модификатора, позволяющего за счет модификации растворной смеси получить покрытие, обладающее повышенной адгезией к основанию.

Поверхность очищенного кирпича должна быть огрунтована проникающим полиминеральным составом. В случае, если температура воздуха превышает 20 °С, поверхность перед грунтованием необходимо смочить водой. Далее необходимо выполнить ряд технологических операций в соответствии с требованиями табл. 2.

Прошедшие апробацию модифицированные штукатурные составы рекомендуется принимать по табл. 3.

Применение пластифицирующей добавки благодаря водоредуцирующему эффекту при заданной удобоукладываемости растворной смеси позволит снизить количество воды, что в итоге приведет к снижению деформаций из-за воздушной усадки и позволит предотвратить трещины на поверхности покрытия.

Преимущество применения модифицированных штукатурных составов для отделки состоит в следующем:

- улучшение адгезии с основанием;
- снижение усадочных деформаций и, как следствие, высокое качество поверхности отделки;
- возможность применения аутентичного состава;
- снижение стоимости отделки по сравнению с полиминеральными сухими смесями.

При выполнении штукатурных работ следует соблюдать последовательность технологических операций и требования к штукатурным растворам, приведенные в табл. 2.

Крупность зерен заполнителя согласно СТБ 1307 должна быть не более, мм:

- 1,25 – в штукатурных растворах для накрывочного слоя и однослойных покрытий;
- 2,5 – в штукатурных растворах для обрызга и грунта.

Поверхность стен должна быть очищена от пыли, грязи и осыпающейся рыхлой структуры.

**Таблица 2** – Технологические операции и базовые требования к растворам при выполнении штукатурных работ

Основные технологические операции	Штукатурка			Толщина слоя	Подвижность, см	Крупность песка, мм, не более
	простая	улучшенная	высококачественная			
Подготовка и провешивание поверхности	+	+	+	–	–	–
Нанесение обрызга	+	+	+	не более 5 мм	9 – 14 (8 – 12)	2,5 (0,3 – 0,8)
Нанесение грунта	+	+	+	5..7 мм	7 – 8	1,2..2,0
Разравнивание грунта	+	+	+	–	–	–
Нанесение накрывающего слоя и его затирка	–	+	+	2..3 мм	7 – 8	1,2..1,25
Нанесение декоративного накрывающего слоя и его затирка	–	–	+	5..7 мм	7 – 8	1,2..1,25
Примечания: В скобках – значения для смесей, перекачиваемых по шлангам. Каждый последующий слой штукатурного намета следует наносить после выравнивания и схватывания предыдущего слоя.						

Таблица 3 – Рекомендуемые составы растворов для выполнения штукатурных работ

Наименование штукатурного слоя	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> раствора			
	Цементный раствор марки М150, кг	Известковый раствор марки М10, кг	Суперпластификатор Линамикс <sup>1</sup> , кг	Полимерный грунт, л, не более
Обрызг	1890		1,6	12,5
Грунт	1500	430	1,3	9,8
Накрывка	1500	430	1,3	9,8

<sup>1</sup> – Допускается применение любых пластифицирующих добавок I группы эффективности, сертифицированных на территории Республики Беларусь

Подготовленная поверхность стен должна быть обработана закрепляющей полимерной грунтовкой без разрывов и пропусков. Допускается применение любых грунтовок на основе латексов или полиакрилатов, сертифицированных на территории Республики Беларусь.

Нанесение обрызга из цементного раствора маркой не ниже М150, модифицированного полимерным составом в количестве не более 4..6 % от массы вяжущего, рекомендуется производить не ранее чем через 3 часа после нанесения полимерной грунтовки.

Нанесение грунта и накрывки из цементно-известкового раствора маркой не ниже М75 (цементный раствор марки М 150 с добавкой известкового раствора М10 в количестве 20..25 %), модифицированного полимерным грунтом, следует выполнять после схватывания и набора прочности раствором обрызга (не менее 5 МПа).

Для снижения количества воды затворения при обеспеченной подвижности (см. табл. 2) при приготовлении штукатурного раствора рекомендуется применение органических пластифицирующих добавок I группы эффективности. Рекомендуемое количество пластификатора должно быть назначено в % от массы цемента в соответствии с рекомендуемыми дозировками, указанными в ТУ на данный вид продукта.

Подвижность, плотность, расслаиваемость, водоудерживающую способность, водоотделение растворной смеси, среднюю плотность растворов следует контролировать по ГОСТ 5802.

Продолжительность выдерживания покрытия до начала окрасочных работ (остаточная влажность 8 %) при температуре не ниже 10°С и относительной влажности 60 % следует принимать, суток:

- для цементных растворов – от 28 до 30;
- цементно-известковых – не менее 30.

Данные штукатурные составы совместимы с любыми акриловыми окрасочными составами.

Рекомендуемые составы растворов для выполнения штукатурных работ приведены в табл. 3.

Количество воды затворения при указанном в табл. 3 количестве суперпластификатора определяется исходя из обеспечения заданной подвижности раствора для штукатурных слоев (п. 1 табл. 2).

#### Список цитированных источников

1. Комплексные научные изыскания. Объект № 418-10 «Капитальный ремонт жилого дома по ул. Карбышева, 30 в г. Бресте». – Брест : Филиал «БРЕСТРЕСТАВРАЦИЯПРОЕКТ», 2010.
2. Комплексные научные изыскания. Физико-химические исследования. Объект : историко-культурная ценность – здание № 30 по ул. Карбышева в г. Бресте». – Минск : ООО «БРЕСТРЕМПРОЕКТ», 2010.

3. Отделочные работы. Основные требования : ТКП 45-1.03-311-2018. – Минск : Минстройархитект. РБ, 2018. –16 с.
4. Обследование строительных конструкций зданий и сооружений. Порядок проведения : ТКП 45-01.04-37-2008 (02250). – Минск : Минстройархитект РБ, 2008. – 39 с.
5. Техническое заключение по договору 19/202 «Обследование жилого дома № 30 по ул. Карбышева в г. Бресте». – Брест : БрГТУ. – 29 с.
6. Техническое состояние и техническое обслуживание зданий и сооружений. Основные требования : ТКП 45-1.04 – 305-2016. – Минск : Минстройархитект РБ, 2017. – 110 с.
7. Отделочные работы. Правила выполнения : ТКП 45-5.09-105-2009. – Минск : Минстройархитект. РБ, 2009. – 12 с.
8. Штукатурные и облицовочные работы. Контроль качества : СТБ 1473-2004. – Минск : Минстройархитект. РБ, 2004. –13 с.
9. Смеси растворные и растворы строительные. Технические условия : СТБ 1307–2012. – Минск, 2002. – 14 с.

#### References

1. Kompleksnyye nauchnyye izyskaniya. Ob'ekt № 418-10 «Ка-pital'nyj remont zhilogo doma po ul. Karbysheva, 30 v g. Breste». – Brest : Filial «BRESTRESTAVRA-CIYAPROEKT», 2010.
2. Kompleksnyye nauchnyye izyskaniya. Fiziko-himicheskie issledovaniya. Ob'ekt : istoriko-kul'turnaya cennost' – zdanie № 30 po ul. Karbysheva v g. Breste». – Minsk : ООО «BRESTREMPROEKT», 2010.
3. Otdelochnyye raboty. Osnovnyye trebovaniya : TKP 45-1.03-311-2018. – Minsk : Minstrojarhitekt. RB, 2018. – 16 s.
4. Obsledovanie stroitel'nyh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij. Poryadok provedeniya : TKP 45-01.04-37-2008 (02250). – Minsk : Minstrojarhitekt. RB, 2008. – 39 s.
5. Tekhnicheskoe zaklyuchenie po dogovoru 19/202 «Obsledovanie zhilogo doma № 30 po ul. Karbysheva v g. Breste». – Brest : BrGTU. – 29 s.
6. Tekhnicheskoe sostoyanie i tekhnicheskoe obsluzhivanie zdaniy i sooruzhenij. Osnovnyye trebovaniya : TKP 45-1.04–305-2016. – Minsk : Minstrojarhitekt. RB, 2017. – 110 s.
7. Otdelochnyye raboty. Pravila vypolneniya : TKP 45-5.09-105-2009. – Minsk : Minstrojarhitekt. RB., 2009. –12 s.
8. Shtukaturnyye i oblicovochnyye raboty. Kontrol' kachestva : STB 1473-2004. – Minsk : Minstrojarhitekt. RB, 2004. – 13 s.
9. Smesi rastvornyye i rastvory stroitel'nyye. Tekhnicheskyye usloviya : STB 1307–2012. – Minsk, 2002 – 14 s.

Материал поступил в редакцию 19.02.2020