

BOSAKOV S.V. By solving the non-axisymmetric contact problem for a circular plate

The article gives a solution of the contact problem for a circular plate on an elastic half-space under the influence of any external load. Seeking law distribution of contact stresses is sought in a double row in the angular coordinate and associated Legendre functions with weight. Displacements of plate are also presented in a double row in the angular coordinate and eigenfunctions of a differential operator of flexural vibrations of a circular plate with free edges. As a result, the set of partial solutions sought for each harmonic separately. An example of calculation of the plate under the action of a force.

УДК 691.51

Тур Э.А., Басов С.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ПРИ ПОСТРОЙКЕ ДВОРЦОВОГО КОМПЛЕКСА САПЕГОВ В РУЖАНАХ

Введение. Основным направлением развития современного строительства является повышение технологичности и качества вновь возводимых объектов. Однако постоянное совершенствование методов строительных работ не снимает одну из важнейших задач – сохранения архитектурного наследия прошлого с учётом старых технологий. Научный подход к вопросам реставрации памятников культуры в Республике Беларусь позволяет сохранить историко-культурное наследие Республики Беларусь.

Дворцовый комплекс в Ружанах называют Белорусским Версалем. Он был возведён в начале XVII века. Здесь была родовая резиденция могущественных Сапегов. Изначально в Ружанах в 1617 году была построена неприступная крепость. Во время Северной войны (1700–1721) каменный дворец был практически разрушен. Годы второго рождения имения стали 1784–1788 г. Архитектор Ян Самуэль Беккер по поручению Александра Михала Сапеги (герб «Лис») создал новый комплекс в стиле классицизма с элементами барокко. Ян Беккер предал дворцу классический вид: включил башню старого оборонительного сооружения в объем здания, украсил фасад двумя парами колонн и треугольным фронтоном. К главному фасаду был пристроен накладной портик с двойными колоннами и пилястрами, завершающийся треугольным фронтоном со скульптурой. На парковом фасаде появились новые детали: монограмма владельца с буквами «AS», лепное украшение в виде выгнутого картуша с букетом цветов – типичный пасторальный мотив в стиле рококо (характерный для первой половины XVIII столетия.). По проекту дворец арками соединялся с боковыми, симметрично расположенными вдоль оси офисинами. Правую офисину занимал театр, в котором находилась королевская ложа. В замкнутом пространстве двора площадью 1,5 га центральное место занимал главный корпус. Он представлял собой объединение двух объемов разной величины, в большем из которых находились бальный зал, вестибюль, парадная двухсторонняя лестница, археологический кабинет-музей и огромная библиотека – самая крупная в Великом княжестве Литовском. На главной оси располагалась въездная брама с двумя двухэтажными жилыми боковыми флигелями для размещения охраны и канцелярии. Ворота имели вид триумфальной арки, в которой был центральный проезд и два боковых. Нижняя их часть была рустована, а верхняя украшена картушами и гирляндами, вырезанными из мореного дуба. Перед воротами на постаменте стояла скульптура женщины, рука которой показывала в сторону Березы Картузской, где были похоронены Сапег. Таким образом, въездная брама, поставленная в виде трехпролетной арки с железными воротами и калитками в боковых проемах, с боковыми флигелями завершала ансамбль дворцового комплекса. Парк Ружанского дворца располагался с северной стороны ансамбля и был разбит по принципу радиально-лучевого расположения аллей. На рисунке 1 представлен дворец Сапегов на литографии с рисунка Наполеона Орды.

урон дворцовому комплексу нанесла Вторая мировая война: в 1944 г. он был разрушен во время военных действий.

До нашего времени сохранились главный и восточный корпуса, аркады, въездная брама, флигели. С 2010 г. ведется реконструкция Ружанского дворцового комплекса. Восстановление Ружанского дворца разбито на очереди. На сегодняшний день завершена реставрация въездной брамы, западного и восточного флигелей. На рисунке 2 представлен макет дворцового комплекса Сапегов (филиал «Брестреставрацияпроект»).



Рис. 1. Дворец Сапегов на литографии с рисунка Наполеона Орды



Рис. 2. Макет дворцового комплекса Сапегов (филиал «Брестреставрацияпроект»)

Методика эксперимента. При проведении реставрационных работ в Ружанском дворце использовались материалы, максимально идентичные тем, которые применялись строителями XVII века. Пар-

Басов Сергей Владимирович, к.т.н., доцент, зав. кафедрой инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Тур Элина Аркадьевна, к.т.н., доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

тию аутентичного кирпича изготовили на Горыньском кирпичном заводе (Столинский район). Для восстановления княжеского дворца было направлено около 80 тысяч штук псевдо-старого кирпича. Кроме того, серьёзной проблемой оставался состав раствора, используемый для кирпичной кладки. Средневековые строители изготавливали его на основе гашеной извести. Процесс был достаточно длительным: в яму помещали известь, добавляли реагенты, засыпали землей и через пять лет извлекали кладочный состав. Полностью средневековую смесь для кладки кирпича никто в мире воспроизвести не смог. После долгих исследований было принято решение использовать сухие смеси двух белорусских производителей, специально предназначенные для реставрационных работ. Данные составы примерно на 90 процентов соответствует старинной рецептуре.

В настоящее время готовится проектно-сметная документация на восстановление театрально-манежного комплекса. Он интересен тем, что левую его часть занимал манежный зал с галереей для зрителей, а правую – театр. Все строения этого необычного здания решались в стиле раннего классицизма. На рисунке 3 представлен объект исследования – театрально-манежный корпус, использованный в конце XIX – начале XX века под ткацкую фабрику.



Рис. 3. Объект исследования - Театрально-манежный корпус, использованный в конце XIX – начале XX века под ткацкую фабрику

Авторами в декабре 2011 г. – мае 2013 г были проведены физико-химические исследования строительных растворов, материалов и окрасочных составов театрально-манежного корпуса.

Цель исследования – изучение физико-химических и технологических особенностей исходных штукатурных растворов, определение первоначальных окрасочных составов и разработка методических рекомендаций по проведению ремонтно-реставрационных работ на фасадах здания.

Для анализа представленных образцов применяли микрохимический, гранулометрический и петрографический методы исследований [1, 2, 3]. Основными задачами петрографических исследований являлись: диагностика минеральных материалов и определение количественно-минералогического и химического состава растворов. Состав минералов определяли иммерсионным методом (определения показателей преломления), основанном на погружении зерен минералов в различные жидкости и сравнении показателей преломления минерала и жидкости.

Гранулометрический состав кварцевого песка определяли ситовым методом. Он характеризуется содержанием в песке зерен различной крупности и определяется просеиванием средней пробы через сита. Набор стандартных сит для просеивания песка включает сита с отверстиями 10; 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 и 0,16 мм. Сита с отверстиями 10 и 5 мм служат для выявления засоренности песка зернами гравия или щебня. Пробу сухого песка массой 100 г высыпали на сито с отверстиями 2,5 мм, под которым располагали остальные сита (в порядке последовательного уменьшения размеров отверстий) и поддон. После просеивания песка через сита ручным встряхиванием определяли частные остатки на ситах, выража-

емые в процентах к общей массе пробы, и полные остатки, которые получились бы на каждом сите, если бы всю пробу песка просеивали только сквозь него. Полные остатки находили суммированием частных остатков на данном сите и всех ситах с более крупными отверстиями. Сквозь мелкое сито с отверстиями 0,16 мм проходило не более 10% массы пробы песка.

Цвета лакокрасочных покрытий и отделочных составов указаны по общепринятому в архитектурно-реставрационной практике Республики Беларусь каталогу цветов. Цвет покрытия определяли путём визуального сравнения образца с эталонной типографской выкраской [4]. Для устранения метамерии определение цвета проводили при рассеянном естественном освещении.

Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Заключение. В результате испытаний установлено, что все соответствующие исследованные штукатурные известково-песчаные растворы практически не отличаются соотношением компонентов и составом. На большинстве образцов не обнаружено следов финишного лакокрасочного покрытия.

В нижней части основной плоскости стены обнаружен фрагмент известкового финишного лакокрасочного покрытия бледного светлого серо-зеленоватого цвета. Цвет покрытия близок к образцу Jade 90 L93.C10.H110 по общепринятому в архитектурно-реставрационной практике Республики Беларусь каталогу цветов. В дальнейшем было выяснено, что цвет обнаруженного лакокрасочного покрытия полностью совпадает с цветом финишных покрытий боковых флигелей, отреставрированных ранее. Это позволяет сделать вывод, что фасады всего дворцового комплекса были окрашены минеральным составом одного цвета.

На откосе окна 2-го этажа восточного фасада обнаружен сильно мелящийся известковый состав светло-серого цвета. Цвет покрытия близок к образцу Опух 60 L93.C4.H70 по общепринятому в архитектурно-реставрационной практике Республики Беларусь каталогу цветов.

При проведении реставрационных работ следует учитывать, что оригинальная штукатурка выполнена известково-песчаными составами, обладающими высокой пористостью, газо- и паропроницаемостью. В связи с этим к материалам, используемым при проведении реставрационных работ, предъявляются следующие требования:

- материалы по своим эксплуатационным характеристикам должны быть аналогичны первоначальным;
 - материалы должны быть химически совместимы с оригинальными и обладать высокой щёлочестойкостью.
- Проведению штукатурных и окрасочных работ должны предшествовать такие вспомогательные работы, как ремонт и восстановление кровли, водосточных систем, а также работы по гидроизоляции здания.
- Поэтому рекомендуется следующая схема проведения ремонтно-реставрационных работ:
- удаление деструктурированных (разрушенных) фрагментов штукатурного слоя;
 - подготовка поверхности под покраску: восполнение утраченных фрагментов штукатурки, по необходимости – новые штукатурные работы; грунтование поверхности фасадов;
 - окрашивание поверхности фасадов [5].

При обследовании состояния штукатурного слоя (визуальный осмотр, метод простукивания) следует выявить ослабленные участки штукатурки, которые в обязательном порядке подлежат удалению. Оставшуюся после простукивания, прочно держащуюся штукатурку следует обеспылить. Допускается промывка поверхности холодной водой. При глубокой деструкции штукатурки её фрагменты следует удалить механически. Отбивку штукатурки следует осуществлять небольшими участками, по возможности стараясь сохранить подлинную (оригинальную) штукатурку. Удаление деструктурированного слоя следует проводить до прочно держащихся фрагментов оригинальной штукатурки. Перед оштукатуриванием поверхность необходимо тщательно обеспылить и очистить от загрязнений. Для этого необходимо использовать жёсткие щётки, а также скребки и шпатели.

Таблица 1. Результаты испытаний строительных растворов и окрасочных составов

| № | Наименование объекта | Результаты исследований |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Основная плоскость стены 1-го этажа | <ul style="list-style-type: none"> Штукатурный раствор светло-серого цвета, известково-песчаного состава, с количественным соотношением компонентов вяжущего и заполнителя 1:3 – 1:3,5. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней фракции с размером зерна 0,5-0,25 мм. Минеральный состав наполнителя - кварцевый песок. В составе раствора обнаружены в большом количестве (около 5% по массе) крупные включения извести размером от 1-2 мм до 3 мм. Очевидно, при приготовлении раствор был плохо вымешан. Раствор сохранил высокую прочность. рН = 8,5. Следов финишного лакокрасочного покрытия не обнаружено. |
| 2 | Выступающая плоскость стены (лопатка) 1-го этажа | <ul style="list-style-type: none"> Штукатурный раствор светло-серого цвета, известково-песчаного состава, с количественным соотношением компонентов вяжущего и заполнителя 1:3 – 1:3,5. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней фракции с размером зерна 0,5-0,25 мм. Минеральный состав наполнителя - кварцевый песок. В составе раствора обнаружены в большом количестве (около 5% по массе) крупные включения извести размером от 1-2 мм до 3 мм. Очевидно, при приготовлении раствор был плохо вымешан. Раствор сохранил высокую прочность. рН = 8,5. Следов финишного лакокрасочного покрытия не обнаружено. |
| 3 | Откос окна 2-го этажа | <ul style="list-style-type: none"> Штукатурный раствор светло-серого цвета, известково-песчаного состава, с количественным соотношением компонентов вяжущего и заполнителя 1:3 – 1:3,5. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней фракции с размером зерна 0,5-0,25 мм. Минеральный состав наполнителя - кварцевый песок. В составе раствора обнаружены в большом количестве (около 5% по массе) крупные включения извести размером 1-2 мм. В составе раствора присутствуют частицы полевого шпата размером 1-2 мм в количестве 5-7% по массе. По-видимому, песок, используемый для приготовления раствора, не просеивали. Раствор сохранил высокую прочность. рН = 9. Следов финишного лакокрасочного покрытия не обнаружено. |
| 4 | Основная плоскость стены 2-го этажа | <ul style="list-style-type: none"> Штукатурный раствор светло-серого цвета, известково-песчаного состава, с количественным соотношением компонентов вяжущего и заполнителя 1:3 – 1:3,5. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней фракции с размером зерна 0,5-0,25 мм. Минеральный состав наполнителя - кварцевый песок. В составе раствора обнаружены в большом количестве (около 5% по массе) крупные включения извести размером 1-2 мм. В составе раствора присутствуют частицы полевого шпата размером 1-2 мм в количестве 5-7% по массе. Вероятно, песок, используемый для приготовления раствора, не просеивали. Раствор сохранил высокую прочность. рН = 9. Следов финишного лакокрасочного покрытия не обнаружено. |
| 5 | Плоскость лопатки 2-го этажа | <ul style="list-style-type: none"> Штукатурный раствор светло-серого цвета, известково-песчаного состава, с количественным соотношением компонентов вяжущего и заполнителя 1:3 – 1:3,5. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней фракции с размером зерна 0,5-0,25 мм. Минеральный состав наполнителя - кварцевый песок. В составе раствора обнаружены в большом количестве (около 7-8 % по массе) крупные включения извести размером 5-6 мм. Очевидно, при приготовлении раствор был плохо вымешан. В составе раствора присутствуют частицы полевого шпата размером 1-2 мм в количестве 5-7% по массе. Раствор сохранил высокую прочность. рН = 8,5-9. Следов финишного лакокрасочного покрытия не обнаружено. |
| 6 | Низ основной плоскости стены | <ul style="list-style-type: none"> Штукатурный раствор светло-серого цвета, известково-песчаного состава, с количественным соотношением компонентов вяжущего и заполнителя 1:3 – 1:3,5. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней фракции с размером зерна 0,5-0,25 мм. Минеральный состав наполнителя - кварцевый песок. В составе раствора обнаружены в большом количестве (около 5 % по массе) крупные включения извести размером 1-2 мм. В составе раствора присутствуют частицы полевого шпата размером 1-2 мм в количестве 5-7% по массе. Раствор сохранил высокую прочность. рН = 9. Следы известкового финишного лакокрасочного покрытия бледного светлого серо-зеленоватого цвета. Цвет покрытия близок к образцу Jade 90 L93.C10.H110 по каталогу цветов. рН водной вытяжки покрытия около 8. Состав практически полностью разрушен. Исследован найденный фрагмент размером около 3х5 см. |
| 7 | Восточный фасад. Откос оконного проёма 2-го этажа | <ul style="list-style-type: none"> Штукатурный раствор светло-серого цвета, известково-песчаного состава, с количественным соотношением компонентов вяжущего и заполнителя 1:3 – 1:3,5. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней фракции с размером зерна 0,5-0,25 мм. Минеральный состав наполнителя - кварцевый песок. В составе раствора обнаружены в большом количестве (около 5 % по массе) крупные включения извести размером 1-2 мм. В составе раствора присутствуют частицы полевого шпата размером 1-2 мм в количестве 5-7% по массе. По-видимому, песок, используемый для приготовления раствора, не просеивали рН = 8,5-9. Лицевая поверхность образца окрашена сильно мелящимся, разрушенным известковым составом светло-серого цвета. Цвет покрытия близок к образцу Опух 60 L93.C4.H70 по каталогу цветов. рН водной вытяжки покрытия = 8-8,5. |

Для восстановления штукатурного слоя рекомендуется использовать штукатурные смеси на основе известкового вяжущего, не содержащие цемента, обладающими водостойкостью, высокой паропроницаемостью и адгезией к основанию. В частности рекомендуются штукатурные сухие смеси белорусских производителей, специально предназначенные для выполнения реставрационных штукатурных работ по

основаниям исторических зданий и памятников архитектуры, где требуется применение растворов, не содержащих цементное вяжущее. В этом случае состав штукатурки и его эксплуатационные показатели будут наиболее близки аутентичному штукатурному слою. Для выравнивания неровно затёртой штукатурки и затирки микротрещин рекомендуется использовать известковую затирку на основе диспергиро-

ванной белой извести, специально предназначенной для выполнения реставрационных работ. При проведении штукатурных, затирочных и грунтовочных работ следует соблюдать инструкции и рекомендации предприятия-изготовителя строительных материалов, используемых в реставрационных работах [4, 5].

Перед окраской поверхность следует обработать грунтовкой, изготовленной на основе высокоактивной гидратной извести. Грунтовка должна обладать высокой паропроницаемостью, максимально приближенной к значению паропроницаемости минеральных составов. Грунтование проводится с целью уменьшения водопоглощения основания и улучшения адгезии к основанию последующего слоя лакокрасочного покрытия. Для обработки минеральных известковых поверхностей рекомендуются грунтовки, предназначенные для грунтования кирпичных стен и стен, оштукатуренных известковыми штукатурками на исторических объектах и памятниках архитектуры.

Окрашивание поверхности следует проводить составами, формирующими покрытие с высокой паропроницаемостью и низким водопоглощением. Для этого в наибольшей степени подходят водно-дисперсионные краски, модифицированные силиконовыми смолами и содержащие силикаты. Такие краски образуют наиболее микропористое покрытие, гидрофобное покрытие с низким грязеудержанием и могут наноситься на высокощелочные основания известковых штукатурок. В частности рекомендуются водно-дисперсионные краски, которые специально предназначены для проведения реставрационных работ по богатым известью основаниям. Могут применяться также высококачественные известковые краски белорусских и иностранных производителей, специально предназначенные для

реставрационных работ по известковым основаниям, имеющие хорошую паропроницаемость. Возможно применение аналогичных красок других производителей, специально предназначенных для реставрационных работ. Производить покраску фасадов рекомендуется не ранее, чем через 28 суток после выполнения всех подготовительных работ [1, 4, 5].

Недопустимо использование при окраске данного фасада обычных водно-дисперсионных красок на основе акриловых полимеров. В этом случае может произойти омыление полимерного плёнокообразователя, что сопровождается шелушением краски, отслоением её от подложки и изменением первоначального цвета. Кроме того, низкая паропроницаемость покрытия может привести к его отслоению от минеральной подложки.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Никитин, Н.К. Химия в реставрации: справ. пособие / М.К. Никитин, Е.П. Мельникова. – Л.: Химия, 1990. – 304 с.
2. Ратинов, В.Б. Химия в строительстве / В.Б. Ратинов, Ф.М. Иванов. – М.: Стройиздат, 1969. – 198 с.
3. Ивлиев, А.А. Реставрационные строительные работы / А.А. Ивлиев, А.А. Калыгин. – М.: ПрофОбрИздат, 2001. – 272 с.
4. Фрессель, Ф. Ремонт влажных и повреждённых солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М.: ООО «Пэинт-медиа», 2006. – 320 с.
5. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэинт-Медиа, 2004. – 548 с.

Материал поступил в редакцию 22.05.14

TUR E.A., BASOV S.V. Investigation of mineral materials that were used in the construction of the palace complex sapega in ruzhany

Restoration works enable to preserve historical and cultural heritage of Belarus. The authors investigated the building materials that were used in the construction of the Palace complex Sapega. Discovered and studied a sample of finish painting structure. Developed recommendations for the restoration work.

УДК 69.058:510.22

Тур В.В., Яловая Ю.С.

ИСПОЛУЗАЦИОННАЯ ТЕОРИЯ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВИЗУАЛЬНОГО ОСМОТРА

Введение. Наиболее простой и быстрый метод обследования несущих и ограждающих конструкций – это визуальный осмотр. В большинстве случаев для проведения подобного обследования на обычных объектах не требуется каких-либо специальных приборов или инструментов. Визуальное обследование конструкций зданий и сооружений помогает выявить явные дефекты, а также факты нарушения в эксплуатации зданий или сооружений, оценить возможность возникновения перегрузок на различных участках, выявить явные проблемы с воздействием агрессивных химических и природных сред. Чаще всего во время визуального обследования наибольшее внимание уделяется осмотру и фиксации явных дефектов конструкций. Данная форма обследования дает информацию о разрушении защитного слоя бетона, возникновении коррозии металла, декарбонизации и других моментах, требующих тщательного исследования с помощью специализированных инструментов.

Визуальная экспертиза проводится достаточно быстро и часто служит для независимой оценки состояния того или иного удаленного объекта. Однако качество визуального обследования зданий и сооружений напрямую зависит от практического опыта эксперта, а также от «субъективного» человеческого фактора в задачах принятия решений в условиях неопределенности.

Неопределенность и расплывчатость представлений человеческих знаний привели к необходимости создания теории, позволяющей формально описать нестрогие нечеткие понятия и обеспечивающей возможность познания процессов рассуждений, содержащих

такие понятия. Крупным шагом в этом направлении явился подход, основанный на использовании понятия нечеткого множества Л.Заде, который позволяет дать строгое математическое описание в действительности расплывчатых утверждений. Теория нечетких множеств появилась в результате обобщения и переосмысления достижений в многозначной логике, теории вероятностей и математической статистике, дискретной математики и др. и начала развиваться после публикации в 1965 году основополагающей работы Л.Заде [1].

Для оценки технического состояния железобетонной конструкции нами была разработана нечеткая модель с помощью системы нечеткого вывода и графических средств пакета Fuzzy Logic Toolbox в рамках среды MatLab, зависящая от 6-ти факторов:

- 1) повреждения бетона, снижающие защитные свойства по отношению к арматуре (карбонизация) (интенсивность – глубина, мм);
- 2) образование продольных трещин в защитном слое бетона вдоль сжатых стержней, отслоение защитного слоя (интенсивность – ширина раскрытия трещины, мм);
- 3) образование продольных трещин в защитном слое бетона вдоль растянутых стержней, отслоение защитного слоя (интенсивность – ширина раскрытия трещины, мм);
- 4) коррозия арматуры (интенсивность – глубина коррозии, мм);
- 5) образование нормальных, наклонных трещин (интенсивность – ширина раскрытия трещины, мм);
- 6) прогибы, перемещения (интенсивность, мм).

Яловая Юлия Сергеевна, аспирант Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура