

3. Semianiuk V., Tur V., Herrador M. F. Early age strains and self-stresses of Expansive concrete members under uniaxial restraint conditions. Construction and Building Materials. 2017;(131):39–49. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.008>

4. Sannikava V. Tur V. The modified early age strains development model for the case of two-way restraint conditions. MATEC Web of Conferences. 2021;(350). <https://doi.org/10.1051/matec-conf/202135000010>

5. Tur V. V., Duda R., Khmaruk D., Basav V. Analytical model for restraint strains and self-stressed in expansive concrete filled steel tubes (ecfst) estimation. Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura = Vestnik of Brest State Technical University. Civil Engineering and Architecture. 2020;119(1):93–98. <https://doi.org/10.36773/1818-1212-2020-119-1-93-98>

6. Pavlova I.P, Belkina I.V. The restrained expansion strains of self-stressed concrete with disperse reinforcement: part 1. Modeling // News of Higher Educational Institutions. Construction. 2022. – (Preprint/ Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering; № 9)

УДК 72.025.4(476.7)

СВЯТО-НИКОЛАЕВСКИЙ ГАРНИЗОННЫЙ ХРАМ В БРЕСТСКОЙ КРЕПОСТИ КАК ЗНАКОВЫЙ ОБЪЕКТ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ БРЕСТЧИНЫ

Э. А. Тур¹, С. В. Басов², В. В. Тричик³, Е. Ю. Русак⁴

¹*К. т. н., доцент, заведующая кафедрой «Инженерной экологии и химии»
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь,
e-mail : tur.elina@mail.ru*

²*К. т. н., доцент, доцент кафедры «Инженерной экологии и химии»
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь,
e-mail : basovs@mail.ru*

³*Студентка гр. Д-23, строительный факультет УО «Брестский государственный
технический университет», Брест, Беларусь, e-mail : ieih@bstu.by*

⁴*Студентка гр. ТГВ-361, факультет инженерных систем и экологии
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь,
e-mail : ieih@bstu.by*

Реферат

В работе представлены результаты исследования физико-химических и технологических особенностей аутентичных штукатурных растворов, определение первоначальных окрасочных составов и методические рекомендации по проведению ремонтно-реставрационных работ на внутренних поверхностях Свято-Николаевского гарнизонного храма Брестской крепости разработанные в рамках комплексных научных исследований.

Ключевые слова: технологические особенности, аутентичные штукатурные растворы, методические рекомендации, реставрация

ST. NICHOLAS GARRISON CHURCH IN BREST FORTRESS AS AN ICONIC OBJECT OF THE HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE OF BREST REGION.

E. A. Tur, S. V. Basov, V. V. Trichik, E. Y. Rusak

Abstract

The article represents the results of investigation of physical, chemical and technological features of authentic plasters together with specification of initial painting compositions and methodical recommendations for repair and restoration of inner surfaces in St. Nicholas garrison church of Brest fortress that were elaborated within complex scientific investigations.

Keywords: technological features, authentic plasters, methodical recommendations, restoration

Введение. Для Республики Беларусь глубокое изучение и всестороннее использование памятников наследия имеет особое значение. Изучение, сохранение и реставрация недвижимых объектов историко-культурного наследия являются необходимым условием предупреждения процесса разрушения национального богатства и сохранению духовности нашего народа.

С 2012 по 2022 годы учеными Брестского государственного технического университета были проведены многочисленные комплексные научные исследования недвижимых объектов историко-культурного наследия Брестской, Гродненской и Минской областей. К знаковым объектам, имеющим категории «0», «1» и «2» относятся православные храмы, католические костелы и иудейские синагоги, включенные в Государственный список историко-культурных ценностей Республики Беларусь. В составе научно-проектной документации разрабатывается раздел «Комплексные научные изыскания», который состоит из фотофиксации, обмеров, исторических, археологических и химико-физических исследований. Обязательное проведение химико-физических исследований помогает принять правильные проектные решения по применению отделочных материалов на историко-культурных объектах и, соответственно, повышению долговечности проведенных ремонтно-реставрационных работ.

Основная часть. Историческая справка. Свято-Николаевский гарнизонный собор - храм Брестской епархии Белорусского экзархата Русской православной церкви, расположенный на территории Брестской крепости в г. Бресте. Собор представляет собой памятник русско-византийского стиля и является одним из наиболее ярких примеров заимствований из византийского зодчества на территории Белоруссии. На месте собора в средневековом Бресте стоял костёл августинцев. Свято-Николаевский собор был построен в 1856—1879 годах (по другой версии, в 1851—1876 годах) по проекту академика Д.И. Гримма. Впоследствии храм неоднократно посещался российскими императорами, от Александра II до Николая II. Во время Первой мировой войны, в 1915 г., колокола собора вывезли в Россию. После присоединения Бреста к Польше собор был преобразован в католический храм (гарнизонный костёл св. Казимира) по проекту архитектора Юлиана Лисецкого, претерпев значительные изменения в области фасада.

В 1928 г. состоялась повторная реконструкция и перестройка храма под католическое богослужение. Он стал напоминать уничтоженный костёл августинцев, располагавшийся неподалёку и представлявший собой трёхнефную объёмную композицию, над двускатной крышей которой размещалась сигнатурка (небольшая башенка), с плоскостным фасадом с фигурным ярусным щитом. После включения Бреста в состав СССР, храм использовали в 1939—1941 г.г. как гарнизонный клуб. Во время Великой Отечественной войны храм сильно пострадал. В 1972 г. была произведена его консервация с включением в мемориальный комплекс «Брестская крепость-герой» (рисунок 1). В 1991 г. состоялось первое послевоенное богослужение. После возвращения в 1994 г. православным верующим, храм был отреставрирован (к 2005 году) по старым чертежам и документам, но до сих пор ведутся работы по обновлению изнутри. Внешне собору вернули его облик, он был украшен золотым куполом с Георгиевским крестом. Бронзовый колокол, поднятый на звонницу 18 июня 2001 года, считается одним из крупнейших отлитых в Беларуси за последнее столетие (рисунок 2).

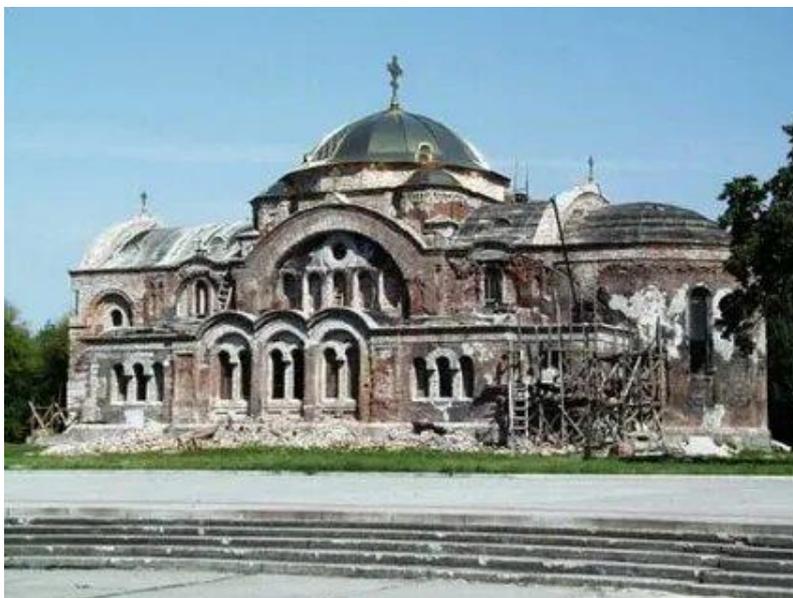


Рисунок 1 – Свято-Николаевский гарнизонный собор до реставрации



Рисунок 2 – Свято-Николаевский гарнизонный собор после реставрации

Ввиду размещения храма на территории оборонительного объекта была невозможна его высотная трактовка. Итогом стал приземистый характер этой трёхнефной базилики, имеющей ступенчатую композицию. Перекрытием данной композиции служат покатые цилиндрические крыши. Составными частями композиции являются прямоугольный в плане основной объём и примыкающая к нему по продольной оси полукруглая апсида. Завершением основного объёма служит мощный, но низкий полусферический (полуциркульный) купол на 16-гранном барабане. Главный фасад имеет вид полукруглой арки с двумя ярусами. Для выделения первого яруса использован арочный входной портал, для второго — пятипролётная аркатура с размещёнными над ней часами-курантами. Аналогичную трактовку применили и для торцов боковых приделов. Архитектурная композиция храма имеет горизонтальное развитие, что призваны были подчеркнуть арочные оконные проёмы боковых фасадов, состоящие из трёх или пяти частей и разграниченные колоннами (однако были и одиночные оконные проёмы). Для углов храма применили креповку колоннами в три яруса. Для обогащения креповки массивных объёмов храма использованы закомары, аркатура, кресты-ниши, зубчатые фризы, капители колонн декорированы. В интерьере храма использованы мощные аркады, разделяющие нефы (первоначально было 8 колонн). Перекрытием последним служат цилиндрические своды (рисунок 3) [1].

Результаты и их обсуждение. В 2021 г. авторами были проведены физико-химические исследования строительных растворов и окрасочных составов, отобранных с внутренних поверхностей стен храма (рисунок 3, рисунок 4).



Рисунок 3 – Внутреннее убранство Свято-Николаевского собора

Цель исследований – изучение физико-химических и технологических особенностей аутентичных штукатурных растворов, определение первоначальных окрасочных составов и разработка методических рекомендаций по проведению ремонтно-реставрационных работ на внутренних поверхностях здания в рамках комплексных научных исследований. Для физико-химических исследований представленных образцов применяли микрохимический, гранулометрический и петрографический методы исследований [2 – 7]. Гранулометрический состав заполнителей определялся путем просеивания через сита с размером ячеек 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, 0,063 мм согласно рекомендациям ОАО «Белреставрация» Министерства Культуры Республики Беларусь (для исследования с возможностью последующего воссоздания аутентичных строительных растворов недвижимых

объектов историко-культурного наследия категории «0», «1» и «2»). Цвета лакокрасочных покрытий и отделочных составов указаны по каталогу «3D plus» компании CAPAROL, используемого архитекторами в Республике Беларусь. Цвет покрытия определялся путём визуального сравнения образца с эталонной типографской выкраской. Для устранения метамерии определение цвета проводилось при рассеянном естественном освещении [5].

Петрографические исследования представляют собой исследования шлифов представленных образцов под микроскопом [6, 7].

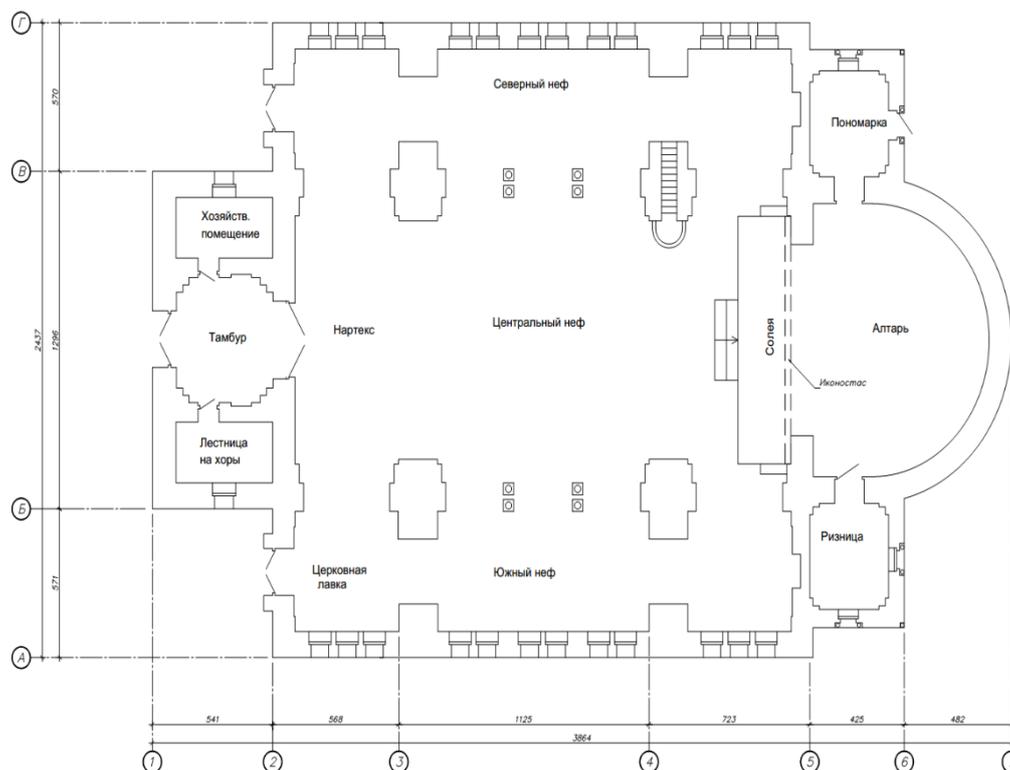


Рисунок 4 – План Свято-Николаевского собора

На исследования были представлены штукатурные известково-песчаные растворы. Места отбора образцов для проведения физико-химических исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Наименование мест отбора образцов для проведения физико-химических исследований

Наименование образца	Место отбора образца
1	2
ПШС-1	Основная плоскость стены амвона слева от входа (снизу)
ПШС-2	Левый (северный) неф (цоколь) слева от иконостаса
ПШС-3а	Основная плоскость стены слева от иконостаса (нижний слой, предположительно, изначальный нижний «церковный» слой)
ПШС-3б	Основная плоскость стены слева от иконостаса («костельная» окраска, верхний слой)
ПШС-4	Основная плоскость стены алтарной части за царскими воротами (справа)
ПШС-5	Апсида в алтарной части (левая стена)
ПШС-6	Дополнительный образец. Колонна в центре храма (слева)

Отдельные растворы (предположительно одного исторического периода) очень близки по соотношению компонентов и гранулометрическому составу заполнителя (кварцевого песка). Но некоторые растворы (предположительно различного исторического периода) значительно отличаются соотношением компонентов и гранулометрическим составом заполнителя (кварцевого песка).

Наименование и характеристики исследованных штукатурных растворов, обнаруженных на внутренних поверхностях стен храма, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Штукатурные растворы, обнаруженные на внутренних поверхностях стен храма

№ образца; характеристика штукатурного раствора (вид раствора, количественное соотношение вяжущее:заполнитель)	Гранулометрический состав заполнителя по фракциям, %				
	0,125-0,25 мм	0,25-0,5 мм	0,5-1,0 мм	1,0-2,0 мм	более 2 мм
1	2	3	4	5	6
ПШС-1 изв-песч=1:5,5 – 1:6	10,0	55,0	34,0	1,0	-
ПШС-2 изв-песч=1:3 – 1:3,5	49,0	43,0	7,0	0,7	0,3
ПШС-3а изв-песч=1:4	14,0	60,0	24,0	1,0	1,0
ПШС-4 изв-песч=1:3 – 1:3,5	50,0	45,0	7,5	0,5	-
ПШС-5 изв-песч=1:5,5 – 1:6	17,0	64,0	18,0	1,0	-
ПШС-6 изв-песч=1:2	65,0	31,0	3,5	0,5	-

Минеральный состав заполнителя всех исследованных образцов – полевошпатово-кварцевый, в основном, кварцевый песок. Значения рН водных вытяжек известково-песчаных штукатурных растворов в пределах нормы.

Лицевая поверхность основной плоскости стены амвона слева от входа (снизу) окрашена составом коричневого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу «Pарауа 45». Состав сильно «выгорел», вероятно, был на тон темнее, т.е. «Pарауа 40». Лицевая поверхность цоколя левого (северного) нефа слева от иконостаса окрашена составом коричневого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу «Pарауа 45». Состав сильно «выгорел», вероятно, был на тон темнее, т.е. «Pарауа 40». Лицевая поверхность основной плоскости стены слева от иконостаса (нижний слой, предположительно, изначальный нижний, «церковный» слой – образец ПШС-3а) окрашена составом черного цвета на минеральной основе (на основе пигмента черного железоксидного FeO). Цвет близок к образцу «Jura 25». Состав сильно «выгорел», вероятно, был на два тона темнее, т.е. «Jura 15». Лицевая поверхность основной плоскости стены слева от иконостаса («костельная» окраска, верхний слой – образец ПШС-3б) окрашена составом черного цвета на минеральной основе (на основе пигмента черного железоксидного FeO). Цвет близок к образцу «Jura 25». Состав сильно «выгорел», вероятно, был на два тона темнее, т.е. «Jura 15». Лицевая поверхность основной плоскости стены алтарной части за царскими воротами (справа) окрашена составами на минеральной основе в 4 полосы по следующей схеме:

- окрасочный состав блекло-коричневого цвета; цвет близок к образцу «Ceramic 65»;
- окрасочный состав рыжевато-коричневого цвета; цвет близок к образцу «Onyx 130»;
- окрасочный состав черного цвета (узкая полоска); цвет близок к образцу «Jura 20»;

- окрасочный состав серого цвета; цвет близок к образцу «Jura 40».

Лицевая поверхность апсиды в алтарной части (левая стена) окрашена составом бордового цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу «Grenadin 40». Лицевая поверхность колонны в центре храма (слева) окрашена составом желтого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу «Onyx 170».

Первоначально цоколь левого (северного) нефа слева от иконостаса был окрашен составом черного цвета на минеральной основе (на основе пигмента черного железоксидного FeO). Цвет близок к образцу «Jura 25». Состав сильно «выгорел», вероятно, был на два тона темнее, т.е. «Jura 15». Первоначально основная плоскость стены слева и справа от иконостаса была окрашена составом светло-коричневого цвета на минеральной основе (на основе охры). Цвет близок к образцу «Onyx 135. Первоначально основная плоскость стены алтарной части за царскими воротами (справа) была окрашена составом блекло-коричневого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу «Pарауа 80». Состав сильно «выгорел», вероятно, был на тон темнее, т.е. «Pарауа 75. Первоначально апсида в алтарной части (левая стена) была окрашена составом бордового цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу «Grenadin 40». Первоначально колонна в центре храма (слева) была окрашена составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу «Hell- Weiß. Не удалось установить, каким составом первоначально была окрашена основная плоскость стены амвона слева от входа (снизу). На отобранном образце аутентичный окрасочный состав не сохранился. Сохранились только отдельные фрагменты штукатурного раствора. Более поздний окрасочный состав - черного цвета на минеральной основе (на основе пигмента черного железоксидного FeO). Цвет близок к образцу «Jura 25». Состав сильно «выгорел», вероятно, был на два тона темнее, т.е. «Jura 15».

В случае частичного восстановления кирпичной кладки при проведении ремонтно-реставрационных работ кладочные работы рекомендуется проводить аутентичным кирпичом. Восстановление кирпичной кладки рекомендуется на известково-песчаном растворе M35F50 с защитным покрытием из цементно-песчаного раствора M100F100. Возможно применение кладочных растворов зарубежных производителей, рекомендованных для реставрационных работ с соответствующей прочностью на сжатие и морозостойкостью.

Все виды ремонтно-реставрационных работ на объекте проводить в соответствии с действующим законодательством в сфере охраны историко-культурного наследия Республики Беларусь. При необходимости (по согласованию с научным руководителем объекта) проводить фотофиксацию и иные виды контроля произведенных работ [8].

При проведении ремонтно-реставрационных работ следует учитывать, что исследованные аутентичные штукатурные растворы, отобранные с внутренних поверхностей стен здания, выполнены известково-песчаными составами, обладающими высокой пористостью, газо- и паропроницаемостью.

В связи с этим к материалам, используемым при проведении отделочных работ, предъявляются следующие требования:

- материалы по своим эксплуатационным характеристикам должны быть аналогичны первоначальному;
- материалы должны быть химически совместимы с оригинальными и обладать высокой щелочестойкостью [9, 10].

Проведению штукатурных и окрасочных работ должны предшествовать такие вспомогательные работы, как ремонт кровли, водосточных систем, прокладка или замена электрических кабелей, установка или ремонтные работы, связанные с противопожарной сигнализацией, а также работы по гидроизоляции здания (при необходимости).

Поэтому рекомендуется следующая схема проведения ремонтно-реставрационных работ:

1. Удаление слоёв покрасочных составов, а также деструктированных (разрушенных) фрагментов штукатурного слоя.

2. Подготовка поверхности под покраску: восполнение утраченных фрагментов штукатурки, по необходимости – новые штукатурные работы; грунтование поверхностей стен здания.

3. Окрашивание внутренних поверхностей стен здания [11, 12].

Все отделочные слои внутренних поверхностей здания (штукатурку, окрасочные составы) следует механически удалить до основания. Для этого необходимо использовать жёсткие щётки, а также скребки и шпатели. Не допускается промывка поверхности холодной водой под давлением. Окрасочные составы рекомендуется удалять послойно. В случае обнаружения фрагментов художественных росписей следует приостановить ремонтные работы, информировать Министерство культуры, вызвать для обследования, консультации и дальнейших работ специалистов-реставраторов и научного руководителя объекта, а также принять решение о дальнейшем порядке ведения ремонтно-реставрационных работ и необходимости дополнительного обследования внутренних поверхностей здания [13].

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 рекомендуется штукатурная сухая смесь «Тайфун Мастер №28» (отечественных производителей) или аналогичная, других производителей, специально предназначенная для выполнения реставрационных штукатурных работ по основаниям исторических зданий и памятников архитектуры, где требуется применение растворов, не содержащих цементное вяжущее (с гарантией изготовителя и с предоставлением изготовителем соответствующей документации). Основание необходимо укрепить грунтовкой «Тайфун Мастер» №100 («Тайфун Мастер» №102) или „INTER GRUNT” «Тайфун Мастер 101». В случае приготовления штукатурного раствора на строительной площадке следует использовать рецептуру раствора, определённую данными исследованиями. Рекомендуется использовать известь с содержанием активных СаО и MgO не менее 65%. Песок должен соответствовать требованиям ГОСТа и быть отмыт от глинистых примесей [4, 5].

Для выравнивания неровно затёртой штукатурки и затирки микротрещин рекомендуется использовать известковую затирку на основе диспергированной белой извести «Calcimir Kalkschlamme» компании CAPAROL, специально предназначенную для выполнения реставрационных работ по основаниям исторических зданий и памятников архитектуры, где требуется применение растворов, не содержащих цементное вяжущее. Перед оштукатуриванием поверхность необходимо тщательно обеспылить и очистить от загрязнений [5].

Окрашивание поверхностей стен следует проводить составами, формирующими покрытие с высокой паропроницаемостью. Для этого в наибольшей степени подходят высококачественные известковые краски «Histolith Fassadenkalk», «Histolith Innenkalk», «Calcimur Fassaden-Kalkfarbe» компании CAPAROL, специально предназначенные для реставрационных работ по известковым основаниям, имеющие достаточную паропроницаемость. Повышенная влажность внутри собора вследствие присутствия большого количества людей и часто открываемых входных дверей в любое время года требует особого подхода к выбору окрасочных составов. Поэтому для производства внутренних окрасочных работ рекомендовано использование фасадных высококачественных известковых красок для большей долговечности окрасочных слоев. Данные краски более устойчивы к истиранию, что также является важным для эксплуатации помещений с постоянным большим скоплением людей [4, 11]. Производить покраску внутренних поверхностей стен здания рекомендуется не ранее, чем через 28 суток после выполнения всех подготовительных (штукатурных и т.д.) работ.

Заключение. Реставрация объектов, представляющих историко-культурную ценность, должна опираться на многосторонние комплексные исследования. Внедрение результатов научно-исследовательской работы в проектирование и производство позволяет обеспечить принятие научно-обоснованных решений при разработке проектно-сметной документации и проведении всех видов работ на конкретном недвижимом объекте историко-культурного наследия, позволяет повысить качество разработки раздела «Комплексные научные изыскания» [13]. Сохранение историко-культурного наследия нашей страны является обязательной функцией современного государства и составляет одно из направлений его политики в сфере культуры. Для решения проблем сохранения историко-культурного наследия необходимо более широко использовать общественные инициативы, осуществлять просветительскую деятельность, популяризацию национального исторического и культурного наследия Республики Беларусь.

Список цитированных источников

1. Свод памятников истории и культуры Белоруссии. Брестская область / АН БССР, Ин-т искусствоведения, этнографии и фольклора, Белорус. Сов. Энцикл.; Редкол.: С.В. Марцелев (гл. ред.) и др. – Мн.: БелСЭ, 1990. – 424 с
2. Никитин, Н.К. Химия в реставрации: справ.пособие / М.К. Никитин, Е.П. Мельникова. – Л.: Химия, 1990. – 304 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 «Пэйнт-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.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
6. Недоливко, Н.М., Петрографические исследования терригенных и карбонатных пород-коллекторов: учебное пособие / Н.М. Недоливко, А.В.Ежова // Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 172 с.
7. Левицкий, И.А. Кристаллография, минералогия и петрография. Практикум: учеб. Пособие для студентов специальности «Химическая технология неорганических веществ, материалов изделий» / И.А. Левицкий. – Минск: БГТУ, 2008. – 198 с.
8. Тур, Э.А. К вопросу о сохранении объектов историко-культурного наследия в г. Бресте / Э.А. Тур, С.В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2018. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 17-21.

9. Тур, Э.А. Исследование минеральных материалов, использованных при постройке дворцового комплекса Сапегов в Ружанах / Э.А. Тур, С.В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета.- Брест: БрГТУ, 2014 - №1: Строительство и архитектура. – С. 88-91.

10. Тур, Э.А. Реставрация Коссовского дворца Пусловских и решение возникших при этом технических проблем / Э.А. Тур, В.Н. Казаков, С.В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2017 – № 1: Строительство и архитектура. – С. 128-131.

11. Тур, Э.А. Комплексные научные исследования фасадов костела святых Петра и Павла в д. Рожанка Гродненской области / Э.А. Тур, С.В. Басов, Е.В. Счастливая, В.В. Тричик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2020. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 147-152.

12. Тур, Э.А. Комплексные научные исследования руин усадьбы «Наднёман» в д. Наднёман Узденского района Минской области как объекта историко-культурного наследия / Э.А. Тур, С.В. Басов, Е.В. Счастливая, В.В. Тричик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2021. – № 1: Технические науки (строительство, машиностроение, геоэкология), экономические науки. – С. 33-38.

13. Тур, Э.А. Физико-химические исследования аутентичных строительных растворов и окрасочных составов здания Тюрьмы №1 в г. Гродно / Э.А. Тур, Е.В. Счастливая, С.В. Басов, В.В. Тричик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2022. – № 2: Технические науки (строительство, машиностроение, геоэкология), экономические науки. – С. 68-74.

References

1. Svod pamytnikov istoriy i kultury Belorussii. Brestskaya oblast / AN BSSR, In-t iskusstvovedeniya, etnografii i folklora, Belarus. Sov. Encikl.; Redkol.: S.V. Marcelov (gl. red.) i dr. – Mn.: BelSE, 1990. – 424 s.

2. Nikitin, N.K. Himiya v restavracii: sprav.posobie / N.K. Nikitin, E.P. Melnikova. – L.: Himiya, 1990. – 304 s.

3. Ivliev, A.A. Restavracionnye stroitel'nye raboty / A.A. Ivliev, A.A. Kalygin. – M.: ProfObrIzdat, 2001. – 272 s.

4. Fryossel, F. Remont vlazhnyh i povrezhdyonnyh solyami stroitel'nyh sooruzhenij / F. Fryossel. – M.: ООО «Pejnt-media», 2006. – 320 c.

5. Brok, T. Evropejskoe rukovodstvo po lakokrasochnym materialam i pokrytiyam / T. Brok, M. Groteklaus, P. Mishke. – per. s angl. pod red. L.N. Mashlyakovskogo. – M.: Pejnt-Media, 2004. – 548 s.

6. Nedolivko, N.M., Petrograficheskie issledovaniya terrigennyh i karbonatnyh porodkolektorov: uchebnoe posobie / N.M. Nedolivko, A.V.Ezhova // Tomskij politekhnicheskij universitet. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2011. – 172 s.

7. Levickij, I.A. Kristallografiya, mineralogiya i petrografiya. Praktikum: ucheb. Posobie dlya studentov special'nosti «Himicheskaya tekhnologiya neorganicheskikhveshchestv, materialov i izdelij» / I.A. Levickij. – Minsk: BGTU, 2008. – 198 s.

8. Тур, Е.А. К вопросу о сохранении об"ектов историко-культурного наследия в г. Бресте / Е.А. Тур, С.В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2018. – № 1: Строительное и архитектура. – С. 17-21.

9. Тур, Е.А. Исследование минеральных материалов, использованных при постройке дворцового комплекса Сапегов в Ружанах / Е.А. Тур, С.В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета.- Брест: БрГТУ, 2014 - №1: Строительное и архитектура. – С. 88-91.

10. Тур, Е.А. Реставрация Коссовского дворца Пусловских и решение возникших при этом технических проблем / Е.А. Тур, В.Н. Казаков, С.В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2017 – № 1: Строительное и архитектура. – С. 28-131.

11. Тур, Е.А. Комплексные научные исследования фасадов костела святых Петра и Павла в д. Рожанка Гродненской области / Е.А. Тур, С.В. Басов, Е.В. Счастливая, В.В. Тричик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2020. – № 1: Строительное и архитектура. – С. 147-152.

12. Tur, E.A. Kompleksnye nauchnye issledovaniya ruin usad'by «Nadnyoman» v d. Nadnyoman Uzdenskogo rajona Minskoj oblasti kak ob"ekta istoriko-kul'turnogo naslediya / E.A. Tur, S.V. Basov, E.V. Schasnaya, V.V. Trichik // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2021. – № 1: Tekhnicheskie nauki (stroitel'stvo, mashinostroenie, geokologiya), ekonomicheskie nauki. – S. 33-38.

13. Tur, E.A. Fiziko-himicheskie issledovaniya autentichnyh stroitel'nyh rastvorov i okrasochnykh sostavov zdaniya Tyur'my №1 v g. Grodno / E.A. Tur, E.V. Schasnaya, S.V. Basov, V.V. Trichik // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2022. – № 2: Tekhnicheskie nauki (stroitel'stvo, mashinostroenie, geokologiya), ekonomicheskie nauki. – S. 68-74.

УДК 624.012.35

ОСОБЕННОСТИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СЖАТОЙ ЗОНЫ БЕТОНА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛКОК ПРИ СОПРОТИВЛЕНИИ СРЕЗА

А.А. Невдах¹, П.В. Кривицкий²

¹ Лаборант кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь, e-mail: alina.nevdah@mail.ru

² К.т.н., доцент, заведующий отраслевой лабораторией «Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве» Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь, e-mail: krivitskiyp@mail.ru

Реферат

В статье анализируется влияние сжатой зоны бетона на сопротивление срезу железобетонных балочных элементов. Произведено численное моделирование железобетонных балок. Составлена база образцов, отмечены варьируемые параметры и выполнен анализ.

Ключевые слова: поперечное усилие, сжатая зона, прочность бетона на сжатие, коэффициент армирования, отношение пролёта среза.

FEATURES OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE COMPRESSED CONCRETE ZONE OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH SHEAR RESISTANCE

A. A. Nevdakh, P. V. Krivitskiy

Abstract

The article analyzes the effect of the compressed concrete zone on the shear resistance of reinforced concrete beam elements. Numerical modeling of reinforced concrete beams has been performed. A database of samples was compiled, variable parameters were noted and an analysis was performed.