

10. Для удаления влаги из кладки стен, сводов необходимо выполнить два условия: вентиляция помещения и его отопление. При отсутствии отопления уже восстановленная конструкция, но с сохранившейся в ее теле влагой, будет вновь разрушаться.

В заключение отметим, что качественные обмерно-обследовательские и проектно-реставрационные работы весьма затратны по времени, а значит, и по финансам. К сожалению, нам зачастую приходится работать в условиях ограниченного финансирования и в сжатые сроки. Все это не может способствовать разработке качественной технической и научно-проектной документации по проектированию ремонтно-реставрационных работ – наиболее сложных в плане исследований и восстановления конструкций кирпичных сводов исторических объектов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивлиев, А. А. Реставрационные строительные работы / А. А. Ивлиев, А. А. Калыгин. – М. : ПрофОбрИздат, 2001. – 272 с.
2. Фрессель, Ф. Ремонт влажных и повреждённых солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М. : ООО «Пэйнт-медиа», 2006. – 320 с.
3. Тур, Э. А. Исследование минеральных материалов, используемых при постройке дворцового комплекса Сапег в Ружанах / Э. А. Тур, С. В. Басов Архитектурное наследие Прибужского региона. Сохранение и культурно-историческое использование: сб. науч. трудов III Междунар. научно-практ. конф., Брест, 29–30 мая 2012 г., под общ. ред. доктора архитектуры, проф. В. Ф. Морозова. – Брест : БрГТУ, 2012. – С.101–104.
4. Басов, С. В. Проблемы сохранения и использования памятников архитектуры, входящих в состав исторических парков Брестской области / С. В. Басов, Э. А. Тур, Е. К. Антонюк // Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров : сб. науч. статей XXI междунар. науч.-методич. семинара, Брест, 25–26 октября 2018 г. / БрГТУ ; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2018. – Ч. 1. – С. 16–19.
5. 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. Серия: Строительство и архитектура. – 2017. – № 1. – С. 128–130.

УДК 691. 544

**Н. С. СТУПЕНЬ\***

\*Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОЛОМИТОВЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИОННЫХ РАБОТ

Реставрация зданий и сооружений представляет собой весьма сложный, комплексный вид строительных работ. Она включает следующие действия: ремонт, консервацию, консолидацию и реновацию памятников архитектуры. Эти процессы – основа всех инженерно-технических проблем защиты исторических памятников. Восстановление и усиление наземных и подземных конструкций

зданий в наибольшей степени служат для сохранения памятников и продления их жизни.

В настоящее время вопрос сохранения, реставрации памятников архитектуры очень актуален. Из-за экологических проблем и антропогенного воздействия больших городов возник риск утраты культурного наследия. Постоянное негативное воздействие выхлопных газов на кладку и проникновение в поры микроорганизмов, увеличивающих пористость, приводит к понижению морозостойкости, водостойкости и, следовательно, к разрушению зданий. Поэтому очень важно проводить качественные реставрационные работы, а качество реставрационных работ прежде всего зависит от применяемых материалов. Развитие новых технологий получения конструкционных композиционных материалов, которые обладают уникальными свойствами, может послужить основой для необычного подхода к вышеперечисленным проблемам.

На наш взгляд, одними из перспективных для реставрационных работ являются композиционные материалы на основе доломитов. Доломитовые вещества взяты нами за основу, так как механическая прочность, определяемая при сжатии, находится на уровне бетона. Предел прочности на изгиб превышает показатель бетонов в 3–5 раз при отсутствии каких-либо армирующих элементов, а при армировании минеральными волокнами прочность возрастает. Уровень устойчивости материалов на основе доломита к воздействию солнечного света, ветра, влаги и прочих климатических факторов примерно сопоставим со среднестатистическими показателями других стройматериалов, которые часто используются при строительстве. Они не только «не боятся» разрушительного воздействия всевозможных агрессивных сред (нефтепродуктов, растворителей, масел и соледержащих вод), они становятся более прочными при непосредственном контакте с этими средами. Прекрасная совместимость с различными пигментами и прочими декоративными материалами делает их хорошим отделочным материалом, способным имитировать любые текстуры: дерева, камня, минералов и т. п. Высокая устойчивость к открытому огню позволяет конструкции выдерживать пожар 5-й категории без каких-либо изменений формы, свойств и прочих характеристик строения, при этом также не наблюдается каких-либо вредных для окружающей среды выделений и испарений. Особые биологические свойства полностью исключают возможность появления и роста на их поверхности грибков, мха, лишайников, бактериальных колоний и прочих образований живых микроорганизмов, а специфический вкус этого материала (солено-горький) эффективно отпугивает всевозможных насекомых и грызунов.

Доломитовые бетоны не склонны к старению и усадке, то есть, с течением времени не изменяют своих свойств даже при воздействии постоянных нагрузок. Для них нехарактерны такие явления как деформационные швы, что говорит о достаточно высокой прочности, долговечности, ударной прочности, а также стойкости к истиранию. Отличаются высокой степенью адгезии по отношению к органическим и минеральным заполнителям, а также обеспечивают хорошее сцепление с бетоном, кирпичом и деревом. Все вышесказанное доказывает, что этот материал идеально подходит для реставрационных работ. Еще

одним плюсом этих вяжущих веществ является то, что для их получения не требуется больших затрат.

Доломит – это осадочная порода, на 90 % и более состоящая из минерала доломита. При содержании доломита 50–90 % породу называют известковым доломитом, а при меньшем содержании доломита – доломитизированным известняком. Самой обычной примесью является кальцит, нередко ангидрит или гипс, иногда аутигенный кремнезем (кварц и кремнезем).

На территории Беларуси известно 15 месторождений с общими запасами 759,3 млн. тонн. Наиболее крупные из них месторождения в коренном залегании: Руба (Витебский район), Кобеляки (Оршанский район), Сарьянка (Верхнедвинский район). Эти месторождения расположены в долинах рек Западной Двины, Днепра, Сарьянки, где они и выходят на дневную поверхность. Наиболее обширные выходы наблюдаются по левобережью Западной Двины возле Витебска – месторождение Руба. Общие его запасы составляют 790 млн. тонн. Залегают доломиты в виде пастообразной толщи, под моренными и водноледниковыми четвертичными отложениями.

Изделия на основе доломитовых вяжущих обладают достаточными физико-механическими и эксплуатационными свойствами, не требуют тепловой обработки в процессе производства, могут изготавливаться с использованием заполнителей не только минерального, но и растительного происхождения [1, 2]. Существенным недостатком является низкая водостойкость доломитовых строительных материалов, что существенно ограничивает область их применения, в частности, в ограждающих конструкциях зданий, а также в помещениях с влажностью более 60 % [2–3].

Каустический доломит – продукт природного доломита тонкого помола, обожженного при температуре 650–720 °С. Полуобожженный доломит содержит в своем составе 20–28 % активного оксида магния и инертное вещество в количестве 60–70 %  $\text{CaCO}_3$ .

Доломит, обожженный при температуре выше 900 °С, можно затворять водой и применять при приготовлении растворов для кладки и штукатурки.

Для приготовления вяжущего полуобжиговой доломит, как и каустический магнезит, затворяют растворами солей электролитов:  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и т. д.

Выявлена техническая возможность применения в качестве заполнителей для бетонов на каустическом доломите промышленных отходов (древесная мука, золошлаковые смеси, бумажные и пластиковые отходы, отходы переработки автомобильных шин) при частичном или полном замещении ими природного заполнителя – строительного песка.

Анализ результатов определения прочности бетонов, полученных на основе каустического доломита, измельченного по различным режимам, показывает, что для этого вяжущего увеличение дисперсности является эффективным средством повышения прочности бетона [2]. В частности, увеличение удельной поверхности каустического доломита с 1320 до 5500  $\text{см}^2/\text{г}$  обеспечивает существенный рост прочности бетона (более чем в 2 раза) во все сроки твердения.

Дальнейшее увеличение тонкости помола в пределах до 8 500 см<sup>2</sup>/г технически нецелесообразно, так как повышает прочностные характеристики всего на 10–15 %, а энергетические затраты на помол не компенсируются.

С целью регулирования строительно-технических свойств вяжущего на основе каустического доломита изучено влияние различных химических добавок на сохраняемость бетонных смесей на его основе, а также на физико-механические свойства и долговечность бетонов (темпы твердения, прочность, собственные деформации, водостойкость, морозостойкость и водонепроницаемость, стойкость в агрессивных средах). В качестве модификаторов могут быть использованы алюмофосфатная, фосфатная, боратная добавки и их сочетания. Добавки вводили на стадии помола полубоженного доломита. Установлено, что при использовании комплексных фосфатно-боратных добавок существенно нормализуются процессы структурообразования и твердения бетонов на основе каустического доломита и улучшаются их свойства: достигается устойчивый рост прочности, снижаются собственные деформации расширения, уменьшается опасность развития деструктивных процессов (образование трещин) и т. д. Так, например, введение указанных добавок в количестве 1–3,2 % массы каустического доломита в магнезиально-доломитовые бетонные смеси значительно повышает их сохраняемость. Механизм действия этих добавок как замедлителей схватывания связан, по-видимому, с осаждением и формированием фосфатно-боратных комплексов [3]. Мелкие частицы труднорастворимых добавок адсорбируются при помоле на частицах активного оксида магния, затрудняя доступ к ним затворителя. Затем в растворе образуются хелатные комплексы, влияющие на прочность и структуру цементного камня.

Одним из существенных недостатков магнезиальных вяжущих на доломитовом сырье является их низкая водостойкость и атмосферостойкость. Кроме этого, на поверхности доломитовых изделий могут появляться высолы хлорид-ионов. Такой недостаток существенным образом сужает область применения данного вяжущего.

Среди большого количества гидравлических добавок, влияющих на процессы твердения каустического доломита, обращают на себя внимание кремнесодержащие и фосфорсодержащие материалы. Действие их основывается на связывании легкорастворимых продуктов твердения в водонерастворимые формы.

Исследования фазового и минералогического состава системы позволяют предположить, что при взаимодействии компонентов идет образование многочисленных соединений типа гидросиликатов и гидроалюминатов магния. Эти соединения характеризуются малой растворимостью в воде, что придает системе водостойкость, а это особенно важно для технологии производства композиционных строительных материалов, которые являются перспективным строительным и реставрационным материалом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козубская, Т. Г. Использование техногенных отходов в производстве строительных материалов / Т. Г. Козубская // Строительные материалы. – 2002. – М., № 2. – С. 10.
2. Ступень, Н. С. Композиционные вяжущие на основе белорусских доломитов /

Н. С. Ступень // Тезисы докладов IV Междун. науч. конф. «Природное асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця. Брэст : Альтернатива, 2008. – С. 205.

3. Ступень, Н. С. Добавки в бетонные композиции: экологические и химические аспекты / Н. С. Ступень// Природное асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: зб. навук. Прац / Палескі аграрна-экалагічны інстытут НАН Беларусі; рэдкал. М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брэст : Альтернатива, 2016. – Вып. 8. – С. 29–31.

УДК 72.025.4(476.7)

**Э. А. ТУР\*, С. В. БАСОВ\*, Е. Ю. РУСАК\***

\*Беларусь, Брест, БрГТУ

## **КОМПЛЕКСНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ Г. ПИНСКА**

В последние годы значительно возрос объем работ по сохранению, реставрации, восстановлению зданий и сооружений, являющихся объектами историко-культурного наследия Республики Беларусь. Одновременно, из-за экологических проблем большого города, появились новые факторы риска утраты этого культурного наследия. Участились чрезвычайные ситуации в техносфере городов и связанные с ними разрушения зданий. Загрязнение окружающей среды привело к изменению механизмов деструктивных процессов в конструктивных и отделочных строительных материалах памятников архитектуры. Наблюдается также снижение качества работ по сохранению старых сооружений и зданий из-за неудачного выбора реставрационных материалов, возрастает риск утраты ценнейших элементов подсистемы архитектурно-исторической среды древних городов, а обострение экологической ситуации закономерно проявляется возникновением критических проблем сохранения памятников архитектуры. Этот факт определяет необходимость при экологической оценке и выборе материалов для реставрации не только оценивать и учитывать их воздействие на окружающую среду по их жизненному циклу, но и агрессивное воздействие окружающей среды на материал памятника и реставрационные материалы [1].

Многие десятилетия из-за отсутствия средств реставрация зданий в большинстве случаев сводилась лишь к легкому косметическому ремонту. Неоднократные ремонты привели к образованию многослойного пирога из цементной, известковой штукатурки и различных по качеству других отделочных материалов. Однако, не устранив первопричину, невозможно приостановить процессы разрушения отделки здания.

Реставрационные работы, как правило, начинаются с комплексного технического обследования зданий. При проведении обследования очень часто выясняется, что кроме реставрации самого фасада здания необходимо выполнить комплекс работ по усилению фундамента и устройству гидроизоляции в подвальных помещениях, по устранению причин капиллярного подсоса влаги в