

DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-3-19-33

*\*Оноприенко Н.Н., Сальникова О.Н.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.**\*E-mail: dstit\_80@mail.ru*

## К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РЕСТАВРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

**Аннотация.** В статье выполнен обзор исследований по вопросам особенностей применения и составов реставрационных материалов и растворов на разных этапах проведения работ. Доказывается необходимость в разработке отечественных реставрационных материалов, повышающих качество реставрации, долговременность сохранения реставрируемого объекта в процессе эксплуатации и обеспечивающих возможность выбора применительно к каждой реставрационной задаче. На основании произведенного литературного обзора, приведены этапы реставрационных работ архитектурных памятников, от специфики которых зависит применение функциональных добавок в различные ремонтные смеси. Обзор исследований по затронутой тематике акцентирован на важности решения задач замещения импортных добавок-модификаторов отечественными. Авторами подчеркивается, что выбор добавок различного функционального назначения в рецептурных составах должен производиться с учетом закономерностей совместимости составляющих компонентов реставрируемых материалов (в том числе, в виде сухих реставрационных смесей), иметь научный комплексный подход. Анализ научных достижений и публикаций, в которых начато решение данной задачи, показал, что существуют частные нерешенные вопросы общей проблемы, которым посвящается данная статья. Приведены полимерные добавки отечественного производства различной химической природы, используемые в композициях на основе минеральных вяжущих. На основании проведенного анализа физико-механических, реотехнологических и технологических свойств композиций на основе минеральных вяжущих, доказана возможность и преимущество использования российских водорастворимых полимеров в составах реставрационных материалов, с учетом небольшой дозировки и экологичности этих добавок. По результатам сравнительного анализа ранее проведенных исследований, установлено, что наращивание спектра модифицирующих добавок с использованием полимеров российского производства и выпуск конкурентно способных сухих строительных смесей на их основе для операций реставрирования, позволят выполнить задачу сохранения архитектурных объектов исторической постройки, являющихся отражением разных эпох, элементом национальной культуры и самобытности, обеспечивающих преемственность культур.

**Ключевые слова:** памятники архитектуры, реставрация, импортозамещение, полимерные добавки, сухие строительные смеси, строительные растворы, эксплуатационные свойства.

**Введение.** Вопросы культурного развития и сохранения исторических ценностей для будущих поколений в настоящее время являются приоритетными. Исторические культурные, промышленные, некогда жилые и иные объекты являются неотъемлемой частью архитектурной среды городов и поселений. Особый интерес вызывает вектор сохранения многовековых историко-культурных памятников архитектуры [1–3].

Несмотря на длительный путь опыта реставрационных, а также поновительных работ, продолжает оставаться много проблемных моментов, связанных, в первую очередь, с особенностями применения и составом реставрационных материалов и растворов [1, 2, 4–12]. Кроме того, политика мер и санкций, действий и временных ограничений, в современных условиях, в том числе с распространением новой коронавирусной инфекции (COVID-19), неизбежно привела к проблеме дефицита импортных товаров, возникшей при перекрытии границ между государ-

ствами [8, 13]. Практика применения и постановки поновительских задач в области реставрации оказывается недостаточной сегодня. Востребован подход к реставрации, как к средству сохранения исторического облика предмета [1–3, 14]. Как известно, многие из архитектурных зданий перестраивались применительно к новым потребностям в обществе. Изменениям подверглась как архитектура зданий исторической постройки, так и декор, внутреннее убранство. Зачастую применение новых материалов, научных достижений в ходе проведения реставрационных работ не приносило положительных результатов [15].

Анализ источников научно-технической литературы показывает, что материалы для реставрации на современном рынке все чаще поставляются в виде сухих строительных смесей [16–18]. Особенности производства сухих строительных смесей, а также покрытий на их основе, для которых характерны повышенные эксплуатационные свойства, затронуты в работах В.С. Лесовика,

Л.Х. Загороднюк, Ш.М. Рахимбаева, А.П. Пустровгар, В.Т. Ерофеева и других. Особое внимание уделяется созданию рецептуры сухих строительных смесей, выбору компонентов, топологии структуры [16, 19–23]. Однако задачи, связанные с использованием отечественных полимерных модификаторов взамен импортных в составах растворов и сухих строительных смесей, всё еще актуальны, и вопрос выпуска промышленного объема этих материалов в целях реставрации и строительства остается открытым.

В свете обозначенных направлений на современном этапе представляется весьма актуальным рассмотрение вопросов использования в реставрации достижений отечественного производства. Поэтому возникает необходимость в разработке отечественных реставрационных материалов, повышающих качество реставрации, долговременность сохранения реставрируемого объекта и обеспечивающих возможность выбора применительно к каждой реставрационной задаче.

Авторы статьи, на основании ранее выполненных собственных исследований и исследований других специалистов в этом вопросе, обобщения и сопоставления данных, ставят перед собой цель: показать, акцентировать особое внимание, что выбор сырьевых материалов и функциональных добавок, улучшающих свойства реставрационных материалов, при разработке таких составов должен производиться с учетом совместности компонентов между собой, специфики выполняемых работ, иметь научный комплексный подход, основанный на знании закономерностей влияния состава компонентов на физико-механические и реотехнологические характеристики готовых рецептурных композиций. При этом выбору отечественных материалов, с учетом вышеизложенных положений, авторы в статье уделяют особое внимание.

К сожалению, как правило, всесторонний научный подход к разработке составов реставрационных материалов, строительных растворов смесей и композиций различного назначения не применяется должным образом. Это вызвано тем, что исходными материалами при разработке рецептур композиций зачастую являются импортные продукты, ключевой состав которых в коммерческих целях завуалирован, либо приведен в характеристиках производителя неполным.

С учетом вышеизложенных положений, в задачу авторов работы поставлено внести свой вклад в решение проблемы возможности замещения импортных добавок-модификаторов отечественными в составах реставрационных материалов.

**Материалы и методы.** Объект исследования: реставрационные материалы (растворные

смеси с модифицирующими добавками). Методы обработки литературных источников: с помощью используемых источников литературы изучен опыт ранее проведенных исследований по проблеме разработки отечественных реставрационных материалов для памятников архитектуры. Осуществлена сравнительная оценка растворных смесей и растворов в качестве реставрационных композиций по технологическим, физико-механическим и реотехнологическим свойствам, с учетом химической природы и состава добавок-модификаторов.

**Основная часть.** Разработка любого нового материала, в том числе реставрационного, невозможна без знания особенностей его назначения и взаимодействия с окружающей внешней средой. Архитектура, являясь одной из сред жизни, деятельности людей, формировалась в течение столетий. Мастерам Древнего мира, в процессе строительства сооружений, приходилось учитывать различные факторы: условия местности нахождения объектов, свойства применяемого строительного материала, а также традиции и обычаи. Исторические архитектурные сооружения состоят из нескольких культурных пластов. Такие объекты несут на себе отпечаток прожитых столетий и имеют важное значение в процессах восприятия и преемственности культуры. Архитектурные объекты исторической постройки представляют собой элементы национальной культуры и самобытности, сохранившиеся в условиях современной массовой культуры мегаполиса.

Многие архитектурные здания имеют большой хронологический возраст. Современный мир накладывает свой отпечаток не только на внешний облик памятников архитектуры, но и на способность их выполнять своё первоначальное предназначение. Так, многие из них постепенно утрачивают способность соответствовать требованиям функционального, конструктивного, гигиенического характера. Со временем снижаются такие показатели, как прочность и надежность внешних художественных элементов (лепной декор, фрески, роспись, мозаика). В данном случае важно не допустить полного обветшания здания, когда реконструкция уже не даст результата [1–3, 24]. Своевременное выявление деструктивных процессов в элементах декора, внешнего и внутреннего убранства, а также в конструкциях и несущих элементах объекта культурного наследия, в том числе с использованием современных методов и приемов, позволят избежать указанных проблем [24].

С течением времени под воздействием атмосферы природные материалы подвергались разного рода изменениям [25–29]. Так, возросло коррозионное воздействие на материал [6, 28].

Кроме того, активно проводимая градостроительная политика зачастую вызывает нарушение гидрогеологических условий в исторической части городов. В связи с этим стоит опасаться за физическое состояние памятников архитектуры. В утвержденных нормативных документах РФ по сохранению объектов культурного наследия особое внимание уделяется проведению инженерных изысканий. Изыскательские работы имеют важное значение для исторических памятников архитектуры, возведенных в сейсмоопасных районах [30], в районах, подвергающихся другим динамическим нагрузкам различной природы, в том числе по причине устройства вблизи новых объектов недвижимости.

Существуют группы методов, которые призваны обеспечить сохранность исторических архитектурных памятников. Выделяют: во-первых, технические методы, позволяющие защитить сооружения от атмосферного воздействия; во-вторых, теплофизические методы, предполагающие использование теплоизоляторов; в-третьих, химические методы, связанные с получением строительного композита с требуемыми параметрами, с опробированием новейших технологий [4, 5, 7, 8, 20].

Зачастую в процессе эксплуатации исторических зданий не учитывается разрушающее влияние природного и техногенного воздействия на техническое состояние конструкций, поэтому возникает необходимость в проведении реставрационных работ и проблема подбора реставрационных материалов для объекта.

Выбор материалов для реставрации памятников архитектуры основан на современных подходах, предполагающих выполнение ряда требований [1, 3, 5, 16, 31, 32]: 1) долговечность как основное свойство материалов реставрации; материалы, контактирующие с авторским материалом при естественном старении не должны менять свойства на протяжении довольно долгого времени; 2) недопустимость искажений реставрационными материалами в историческом облике объекта; 3) недопустимость препятствий, создаваемых реставрационными материалами в процессе проведения повторных реставраций; 4) авторский материал не должен уступать в прочности реставрационному материалу.

Безусловно, реставрируемые объекты имеют ряд требований по определенным условиям. Такими, к примеру, выступают требования к атмосферостойкости, влагостойкости и биостойкости.

Введению в реставрационные работы новых материалов и композиций, предшествует экспериментальный процесс, подтверждающий вы-

двинутую гипотезу по соответствию физико-механических, технологических свойств исследуемых составов вышеперечисленным требованиям [8, 16, 21, 25, 33–36]. В процессе эксплуатации уже самих отреставрированных объектов важнейшей характеристикой реставрационных материалов принято считать долговечность результатов реставрационных вмешательств. При этом проводятся сравнительные исследования разрабатываемых и контрольных составов с учетом специфики этапа реставрационных работ. Поэтому любое из реставрационных вмешательств рассматривается как процесс введения в реставрируемый объект инородного материала.

Двойственный характер носит сравнение применения природных авторских материалов и синтетических добавок реставрационных материалов. Природные адгезивы превосходят синтетические по прочностным показателям. Вместе с тем, например, глитиновый клей, наряду с казеином, отличаются довольно низкими деформационными свойствами (характеризуют способность материала к противостоянию разным механическим нагрузкам переменного и постоянного действия). Именно в этом кроется одна из причин разрушений объекта при изменении условий влажности.

Несмотря на все свои достоинства, природные материалы не могут обеспечить столь долгую сохранность отреставрированного объекта, как синтетические. Именно последним свойственна повышенная влагостойкость, высокая эластичность. Данные качества помогают быстрее реагировать при изменении конформации молекул в процессе набухания и потере влаги. У синтетических и природных материалов имеются как области успешного сочетания, так и однозначного преимущества природных материалов. Кроме того, есть определенный род задач, при решении которых использование материалов природного происхождения является совершенно неприемлемым.

К работам, направленным на сохранение памятников истории и культуры, относятся: мероприятия по восстановлению наружных стен (чаще всего кирпичной кладки) и цоколя, по реставрации и обновлению фасадов, кровли, по реставрации интерьера. При этом используются разнообразные составы: штукатурки, грунтовки, отделочные смеси на основе извести и известково-цементных вяжущих, фасадные краски, смеси для выполнения отливок при выполнении фасадных работ по декоративной отделке (лепные изделия, украшения, орнаменты и другие отливки), известково-гипсовые составы и известково-штукатурки (в реставрации интерьерной отделки), гидрофобизирующие составы, лаки,

краски и т.д. В силу многообразия применяемых материалов, при выборе составов и разработке рецептур необходим комплексный подход [15, 37].

Материалы, которые используются для реставрации архитектурных объектов, выполняют разные функции [1, 12, 16, 38]: склеивают фрагменты (*адгезивы*), укрепляют деструктурированные элементы из авторского материала (*консолиданты*); создают эффект декорации и защищают от атмосферного воздействия; восполняют утраченные фрагменты (*докомпоновочные или доделочные массы*).

В процессе реставрации архитектурных памятников исследователи выделяют несколько этапов, от особенностей которых зависит применение в составах реставрационных материалов различного функционального назначения модифицирующих добавок.

Так, на первом этапе процесса реставрации проводится очистка объекта от загрязнений. На втором этапе производится склейка фрагментов. В настоящее время данный процесс осуществляется при помощи синтетических клеев. Однокомпонентным составом, способностью формировать бесцветные клеевые швы, быстрым схватыванием и удобством в работе обладают циакриновые клеи, что выгодно отличает их от бытовых клеев (эпоксидных и БФ). Однако исследователями отмечена повышенная чувствительность этих клеев к влаге воздуха. Именно данное свойство нарушает адгезионные связи в процессе хранения.

Одним из самых долговечных в настоящее время признан раствор поливинилбутирала (ПВБ). Он применяется как за рубежом, так и в отечественных работах.

В решении проблем склейки преимущество имеют кремнийорганические клеи. Кремнийорганические клеи относятся к классу силанов; их химический состав схож с составом стекла. Для клеевого шва характерна высокая оптическая прозрачность, отсутствие усадочных деформаций после отверждения.

Для ремонта и восстановления кирпичной кладки строительных объектов, при выполнении отделочных и штукатурных работ в настоящее время всё более востребованы сухие смеси. В целях обеспечения требуемого уровня энергосбережения объекта применяются различного рода ремонтные теплоизоляционные составы [17].

Анализ научно-технической литературы показал, что сухие строительные смеси (ССС) и известковые составы также активно используются в процессе реставрации и отделки архитектурных зданий [7, 8, 13, 16, 19, 21, 34]. Если сравнить тех-

нологию работ, то сухие смеси выгодно отличаются от растворов заводского изготовления более высоким качеством выполняемых операций, пониженным расходом материала, облегчением условий строительных работ.

Большая часть среди ССС принадлежит цементным клеям, затирочным, отделочным составам. Как известно, основным материалом, который применялся в строительстве зданий, ставших в настоящее время архитектурными памятниками, были растворы на базе воздушных вяжущих. В процессе постройки исторических архитектурных зданий использовали материалы природного происхождения, в основном – природный камень. Главным реставрационным материалом в этом случае выступают составы с применением воздушных вяжущих, а основным вяжущим для реставрации в сухих смесях – воздушная известь [1, 8, 13].

Сложный и ответственный процесс представляют собой работы, посвященные структурному укреплению материала. Сложность заключается в том, что требуется достичь необходимой когезионной (между агрегатами материала строительного материала) и адгезионной прочности (между наносимым составом и основанием). В случае достаточно серьезных повреждений памятника архитектуры требуется конструкционный ремонт кладки [38], в том числе методом инъектирования растворной смеси [39]. Восстановительные кладочные работы и инъектирование раскрытых трещин и пустот в кладке выполняются, как правило, на известковом либо на известково-цементном вяжущем, в том числе с применением готовых сухих ремонтных составов.

Несмотря на неоспоримые преимущества использования сухих строительных смесей в целях реставрации, существует ряд достаточно серьезных нерешенных проблем. При анализе научно-технической литературы и обобщении результатов исследований [1, 8, 16–19, 21, 22, 40], авторами статьи акцентировано, что весомую долю составляют ССС, которые поставляются зарубежными предприятиями («Tikkurila», «Saraol» и др.). Данное обстоятельство приводит к удорожанию их стоимости, и ставит отечественного потребителя в зависимость от импортных поставок. Процесс применения известковых составов отечественных производителей («БИРСС», «Крепс Антик», состав «Холви» компании «Финнколор», состав «Силакра-известковая» фирмы «Топаз Плюс») в реставрации исторических объектов архитектуры связан с такими проблемами как высокая стоимость и завуалированный состав используемых в них зарубежных модификаторов. При разработке рецептур ССС важно, чтобы они обладали низкой стоимостью и

высокими эксплуатационными свойствами, обеспечили превосходство в процессе применения данной продукции и рост потребительского спроса. Итак, следует особо отметить: в силу многообразия применяемых материалов, при выборе компонентов и разработке рецептуры реставрационных композиций необходим комплексный научный подход.

Часто в процессе реставрации необходимо выполнять нанесение материала тонкими слоями. В таких случаях для улучшения пластичности раствора, водоудерживающей способности, адгезии раствора к основанию рекомендуется вводить модифицирующие добавки.

Во избежание деструкции материала, ремонтные составы не должны привносить химических изменений в структуру основы. Расширение ассортимента синтетических материалов, применяемых в качестве добавок к минеральным системам при выполнении реставрационных работ (эпоксидные смолы, акрилатные добавки, эмульсии полимеров и др.), позволяет решить задачу сохранения исторического облика объекта, удачно совмещать исторические и современные материалы. Наряду с большим спектром выпускаемых мировой индустрией неорганических и органических реагентов, в составе сухих клеевых смесей для тонкослойных технологий хорошо себя зарекомендовали добавки водорастворимых полимеров (ВРП) [1, 8, 20, 21, 34, 40–43]. В комбинации с эфирами целлюлозы часто используются эфиры крахмала [8, 40, 43], в качестве добавки в технологический процесс, позволяющей снизить липкость растворных смесей к инструменту, улучшить консистенцию раствора и его устойчивость к сползанию. Это важно, если требуется наносить достаточно толстые слои раствора.

Исследования, проведенные специалистами в области строительных композиций и архитектурно-исторического проектирования, показали, что водорастворимые полимеры и эмульсии полимеров позволяют регулировать технологические, физико-механические показатели характеристик растворных смесей и растворов, повышают адгезию раствора к каменному материалу, снижают усадку наносимого рабочего слоя [8, 13, 16, 23]. Это обеспечивает требуемые показатели, предъявляемые к растворам.

Обобщение данных литературных источников позволяет авторам сделать вывод, что наращивание ассортимента модифицирующих добавок с использованием полимеров российского производства и выпуск конкурентно способных сухих строительных смесей на их основе для операций реставрирования является важной пер-

спективной задачей. При этом необходимо учитывать совместимость составляющих компонентов реставрируемых растворов. Использование реставрационных материалов и добавок-модификаторов отечественных, взамен зарубежных, экономически оправдано. Импортные добавки для реставрационных работ, в большинстве случаев, применяют согласно рецептуре сухих строительных смесей, в их составе, без проведения предварительных исследований и уточнения состава самих добавок. В отличие от импортных добавок, состав отечественных добавок в готовом виде известен, что позволяет спрогнозировать регулирование их свойств, выделить различные типы вяжущих.

Анализ литературных источников и выполненных исследований по данному вопросу показал, что наряду с большим объемом экспериментально выполненных исследований, недостаточно уделяется внимание вопросам совместимости компонентов между собой. Так, выбор добавок чаще всего производится по рекомендациям производителя (чаще всего зарубежного), без четкого указания составляющих компонентов самой добавки и без научно-обоснованного подхода к выбору добавки. Состав модифицирующих добавок, как правило, достаточно сложный, включающий несколько агрегатов, различных по функциональному назначению.

Авторы данной статьи поставили перед собой задачу на примере ранее выполненных исследований показать, что вопрос совместимости компонентов требует научно-обоснованного подхода и является ключевым при разработке реставрационного материала. Ниже приводятся результаты выполненных в [8] исследований на «модельных» полимерных добавках, которые являются основой в составе комплексных модификаторов. В качестве модифицирующих «модельных» добавок целенаправленно выбраны однокомпонентные эфиры целлюлозы – отечественные добавки. На основании ранее проведенных автором исследований показано, что эти полимеры являются экологически чистыми продуктами.

Для теоретического обоснования способов регулирования свойств существующих и разработки новых сухих смесей прежде всего необходимо знание принципов выбора водорастворимых добавок, особенно по составу функциональных групп, степени полимеризации, химической природы полимера. В работе [8] изложены принципы подбора материалов для выполнения строительных смесей и растворов (кладочных, штукатурных, облицовочных), в том числе применительно к сухим строительным смесям. Проанализи-

зировав выше изложенные требования к составам и характеристикам реставрационных материалов различного назначения, авторы считают: есть основания полагать, что результаты ранее проведенных исследований, разработанных составов и принципов подбора рецептур строительных смесей [8] возможно использовать применительно к реставрационным материалам.

В статье приводятся сравнительные исследования цементно-песчаных и модифицированных отечественными полимерами различной химической природы растворов с учетом возможности использования в реставрационных работах.

В статье приведены выдержки из экспериментальной части работы, выполненной с использованием материалов российского производства: цемент ЦЕМ I 42,5 Белгородского цементного завода, песок (модуль крупности 0,9...1,2), известь воздушная кальциевая негашеная производства ОАО «Стройматериалы», кирпич силикатный полнотелый утолщенный марки М150 производства ОАО «Стройматериалы». Были использованы отечественные модифицирующие добавки: карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), оксиэтилцеллюлоза (ОЭЦ-1), метилцеллюлоза (МЦ) и поливинилацетатная эмульсия (ПВА). Состав функциональных групп и химическая природа этих полимеров различна [8]. Соотношение по массе цемента к песку было принято 1:2,5. Дозировка полимерной добавки составляла 0,15...0,5 %. Проведены исследования по оценке технологических и физико-механических свойств растворов смесей и растворов: подвижности растворной смеси, вододерживающей способности растворов смесей, деформаций усадки в возрасте 1 суток и старше, прочность при изгибе образцов-балочек, прочность цементно-песчаных

образцов на сжатие, прочность сцепления раствора с основанием (силикатным кирпичом) на отрыв (нормальное сцепление) и на сдвиг (касательное сцепление). Как показывает обзор используемых источников, такие же методы и материалы применимы и при оценке качества реставрационных работ.

Модифицирующие добавки обеспечивают требуемые свойства раствора [8]. Анализируя технологические и физико-механические характеристики исследуемых растворов, есть основание полагать, что указанные отечественные добавки найдут свое применение в составе реставрационных материалов различного функционального назначения.

Эффективность полимерной добавки оценивается по ее способности регулировать вязкость, упругость и пластичность минеральных систем, когезию и адгезию растворов, их липкость к поверхностям, живучесть и т.п. [1, 7, 8, 13, 16, 19].

Так, модифицирование неионогенными полимерами, например, метилцеллюлозой (МЦ) и оксиэтилцеллюлозой (ОЭЦ), увеличивает вододержание композиций и хорошо стабилизирует цементно-песчаные растворы (табл. 1). Увеличивается прочность сцепления раствора с основанием по сравнению с бездобавочными составами, как нормального, так и касательного (табл. 1), однако при невысокой дозировке полимера характер отрыва является адгезионным. С увеличением дозировки этих полимеров до 0,5 % (табл. 2) увеличивается жизнеспособность растворных смесей, что позволяет за достаточно длительный промежуток времени выполнить технологические приемы по нанесению раствора. Также растет прочность сцепления раствора с основанием, приобретая для растворов с добавкой МЦ когезивно-адгезионный характер.

Таблица 1

#### Физико-механические и технологические свойства цементно-полимерных композиций

Полимер	Дозировка полимера, %	Водо-цементное отношение	Вододерживающая способность, %	Прочность сцепления, МПа, в возрасте 28 сут		Характер отрыва
				нормальное	касательное	
–	–	0,55	96,2	0,08	0,37	адг
МЦ	0,15	0,61	98,2	0,13	0,63	адг
ОЭЦ-1	0,15	0,58	98,9	0,11	0,38	адг
ПВА	0,15	0,60	97,1	0,08	0,39	адг

Композиции с добавками 0,15 % МЦ, ОЭЦ-1 обладают хорошими адгезионными показателями (табл. 1). Отрыв при испытании в основном происходил по контактной зоне раствора с кирпичом и по раствору (когезивно-адгезионный характер). Прочность нормального и касательного сцепления у растворов с добавкой МЦ, выше, чем у составов с полимером ОЭЦ.

Для сравнения в таблицах 1, 2 представлены характеристики растворов с добавкой поливинилацетатной эмульсии (ПВА), которые при равных дозировках отличаются недостаточно высокими показателями технологических свойств по сравнению с растворами, модифицированными водорастворимыми полимерами. Рост дозировки полимеров до 0,5 % способствовал повышению прочности сцепления с силикатным кирпичом

более, чем в 5 раз (для ОЭЦ-1 и МЦ), что не характерно для аналогичной дозировки ПВА-эмульсии. (табл. 2). Это объясняется тем, что для достижения высоких показателей свойств растворов смесей и растворов, дозировку ПВА-

эмульсии следует увеличивать в несколько раз по сравнению с неионогенными полимерами, за счет частичной коагуляции эмульсии в цементной среде.

Таблица 2

**Физико-механические и технологические свойства  
модифицированных растворов с повышенной дозировкой полимера**

Полимер	Дозировка полимера, %	Водо-цементное отношение	Водоудерживающая способность, %	Время коррекции, ч-мин	Прочность нормального сцепления, МПа, в возрасте 28 сут	Характер отрыва
–	–	0,47	96,3	1-00	0,08	адг
МЦ	0,5	0,50	99,9	>3-20	0,61	когез/адг
ОЭЦ-1	0,5	0,45	99,2	>3-00	0,61	адг
ПВА	0,5	0,46	97,2	2-50	0,10	адг

Такое свойство, как способность полимера к коагуляции, следует учитывать при выборе вяжущего, в том числе для реставрационных материалов. В наших исследованиях, выполненных ранее [8], было показано, что неоспоримое преимущество водорастворимых полимеров неионогенной природы перед ПВА объясняется высокой вязкостью 1 %-го водного раствора и благоприятным составом функциональных групп этих добавок. Кроме того, водорастворимые полимеры отечественного производства – это экологически чистые продукты, и при грамотном выборе типа добавки требуют малого процента введения в смесь.

Немалое внимание уделяется не только физико-механическим, но и реотехнологическим свойствам разрабатываемых композиций [8, 43–49]. Способ оценки реотехнологических свойств растворных смесей имеет принципиальное значение. В работах [43–49] приведены рекомендации по рациональному применению некоторых методов определения реологических показателей дисперсных систем. Подчеркнуто особое значение влияние природы функциональных добавок в составе композиционных материалов на их реологические свойства [43].

В тех случаях, когда необходимо восполнить недостающие декоративные фрагменты памятников культурного наследия, либо создать принципиально новые малые архитектурные формы, в том числе сложных форм, на помощь приходят современные аддитивные технологии печати на основе цифрового моделирования [7, 42, 44, 45]. В решении таких задач разработка составов смесей для печати с учетом их реотехнологических свойств – важный аспект.

Одним из важных факторов, определяющих прочность адгезии, является усадка растворных композитов при твердении. Для получения высокой прочности адгезии необходимы растворы с

малой усадкой [1, 8, 40, 50]. При высокой усадке подложек либо самого клея первоначально хорошее склеивание неизбежно со временем потеряет свои ценные характеристики.

Проведенные ранее авторами эксперименты по изучению усадочных явлений [8] подтверждаются данными других исследований [40, 50], и показали, что замена до 20% цемента мелом в растворах с добавками полимеров и без них приводит к снижению их водоотделения и усадочных деформаций до 30% без существенного снижения прочностных свойств растворов, что особенно актуально для растворов с добавками анионогенных полимеров (например, карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и ПВА) [8].

Также установлено [8], что добавки неионогенных полимеров МЦ и ОЭЦ-1 уже в количестве 0,15 % служат хорошими стабилизаторами цементно-полимерных систем, снижают водоотделение растворных смесей на 20...50 % и усадку. Наибольшую усадку при воздушно-сухом твердении дают растворы с добавкой КМЦ, а также растворы с большим количеством ПВА (20 %); наименьшую – с добавками МЦ и ОЭЦ.

Как показал анализ исследований по вопросу выбора материалов в целях реставрации, в том случае, если не требуется получение раствора высокой марки и быстрой скорости набора прочности раствора, традиционно используют вяжущие на основе извести и смешанные вяжущие (известково-шлаковые, известково-пуццолановые, известково-зольные) [8, 41, 40, 50], характеризующиеся высокой пластичностью. В работах [40, 50] отмечено снижение водопотребности, расслаиваемости, водоотделения растворных смесей, содержащих карбонатные добавки. Смеси с такими добавками обладают хорошей пластичностью, низкой усадкой.

Сравнение экспериментальных данных [8] цементно-известково-песчаных растворов (рис.

1) показало, что растворы с добавками полимеров анионогенной природы (ПВА) в небольших количествах (до 0,2 %) отличаются более высокими показателями пределов прочности при изгибе ( $R_{изг}$ ) и сжатии ( $R_{сж}$ ) по сравнению с растворами, модифицированными неионогенными полимерами (МЦ, ОЭЦ). При этом независимо от

типа полимерной добавки для цементно-полимерных растворов характерно более высокое отношение предела прочности при изгибе к пределу прочности при сжатии, чем для контрольных цементно-песчаных образцов (рис. 1). Этот факт является предпосылкой повышенной трещиностойкости растворов с добавками полимеров, что важно для реставрационных материалов.

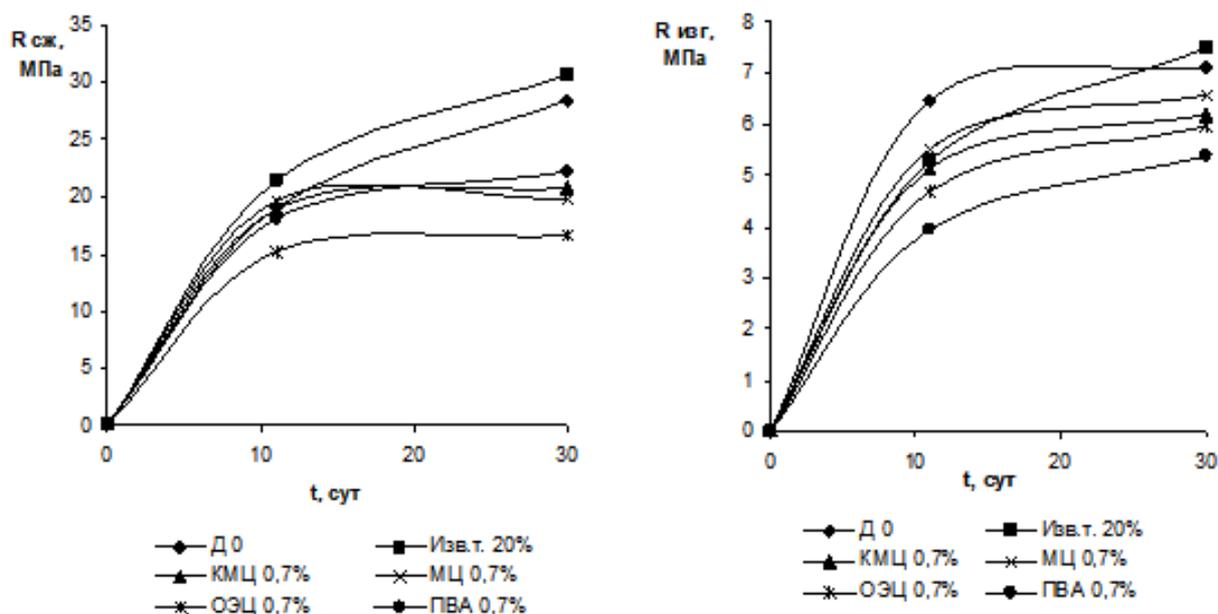


Рис. 1. Кинетические кривые прочности цементно-известково-песчаных растворов с добавками полимеров (Ц:П=1:2,5; известковое тесто)

По ряду физико-механических, реологических и технологических свойств, разработанные автором составы на основе минеральных вяжущих с добавками водорастворимых полимеров [8] применительно к строительным растворам (кладочным и штукатурным), имеют хорошие перспективы использования в ремонтных и реставрационных составах, дисперсных системах при реставрации. В основном исследуемые составы и предлагаемые принципы совместимости предполагается внедрять для усиления элементов конструкций объектов культурного наследия, а также при выполнении штукатурных, отделочных работ.

Как отмечалось выше, структурное укрепление материала – сложный и ответственный процесс, поэтому реставрационные материалы, ремонтные составы (растворы) должны иметь прочное сцепление с основанием. В некоторых случаях реставрации требуется усиление исторической постройки за счет повышения несущей способности некоторых ее элементов. Использо-

вание модифицированных добавками водорастворимых полимеров растворов [8, 9] позволяет рационально решить эту проблему и обеспечить целостность и монолитность объекта, в том числе в условиях действия динамических нагрузок различного вида.

Как показано в [8], использование разработанных растворов с низким водоотделением повышает монолитность кладки, предотвращает разрушение и трещинообразование кладки на стыке кирпича и раствора, улучшает физико-механические свойства кирпича и коэффициент использования прочности кирпича в кладке. Так, кладка на растворе с добавкой 0,5 % МЦ обладает повышенной трещиностойкостью по сравнению с традиционными составами без добавок (рис. 2). Коэффициент использования прочности кирпича при этом увеличился на 30 %. Отмечено также, что модифицирование строительных и реставрационных растворов полимерами способствует улучшению показателей морозостойкости и долговечности.

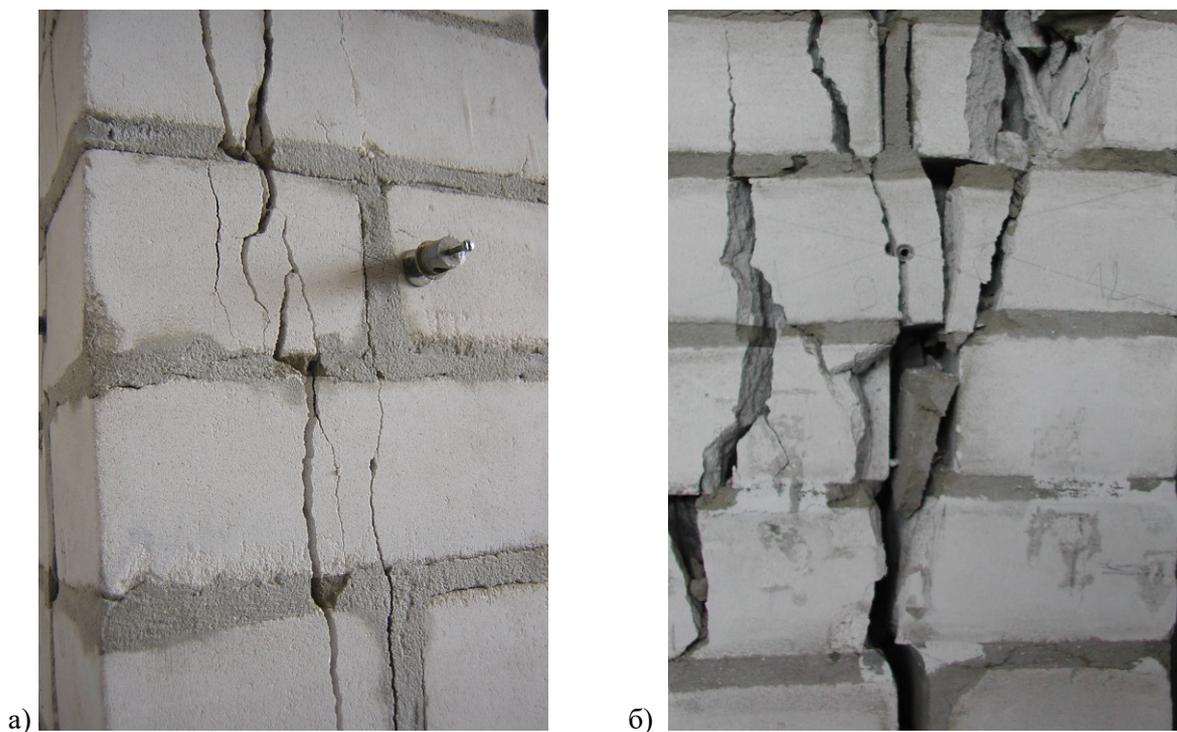


Рис. 2. Нарушение монолитности кирпичной кладки  
а) на традиционном растворе; б) на растворе с добавкой МЦ 0,5 %

Сопоставляя и анализируя требования к реставрационным материалам, обобщая исследования российских и зарубежных специалистов по вопросу применения добавок различного функционального назначения в целях реставрации, есть основания полагать, что разработанные ранее автором статьи цементно-полимерные растворы, модифицированные добавками водорастворимых полимеров отечественного производства [8], вполне могут применяться для реставрационных материалов, а также для укрепления элементов и фрагментов памятников архитектуры в районах, подверженных сейсмическим и динамическим воздействиям, что обеспечит увеличение долговечности проведенных реставрационных работ. Учитывая сложный рецептурный состав современных сухих строительных смесей, авторы считают, что проведенные исследования могут быть полезны для направленного регулирования важнейших параметров реставрационных композиций с учетом специфики практического применения.

#### **Выводы.**

1. В целях реставрации и укрепления памятников архитектуры и их фрагментов рекомендуется применять составы с российскими полимерными модификаторами, что экономически эффективно.

2. Для улучшения качества и производительности реставрационных работ перспективнее использовать композиции в виде сухих смесей.

3. При выборе модифицирующей добавки важен комплексный обоснованный научный подход к особенностям совместимости вводимого модификатора с вяжущим, наполнителями, химическими реагентами в составе реставрационных материалов, что обеспечит долговечность и экономичность реставрируемого объекта.

4. Растворы, модифицированные добавками отечественных водорастворимых полимеров, вполне могут применяться в реставрационных работах, посвященных сохранению подлинности, архитектурных особенностей зданий исторической застройки. Составы на основе неионогенных эфиров целлюлозы обладают хорошей вододерживающей способностью, адгезией и рекомендуются к применению в целях упрочнения каменной кладки, повышения коэффициента использования прочности каменного материала в кладке, усиления фрагментов и элементов конструкций объектов культурного наследия. При выполнении кладочных, штукатурных, отделочных работ в целях реставрации такие составы способствуют улучшению показателей морозостойкости и долговечности архитектурного объекта.

5. Проведенный обзор исследований может быть полезен для направленного регулирования ключевых характеристик реставрационных материалов с учетом особенностей применения их на практике.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Реставрация памятников истории и искусства в России в XIX–XX веках. История, проблемы: Учебное пособие. М.: Академический Проект; Альма Матер, 2008. 604 с.
2. Азатян К.Р., Енгоян А.Р. Проблемы интеграции старого и нового в процессе развития городского пространства // Вестник МГСУ. 2014. № 6. С. 7–16.
3. Кимеева Т.И., Юдин М.О. Формирование методики реставрации объектов архитектурного наследия: исторический аспект // Genesis: исторические исследования. 2019. № 3. С. 72–79.
4. Nobile L., Bartolomeo V., Bonagura M. Non-destructive testing for the diagnosis and the restoration of architectural monuments and historical buildings // 5th international multidisciplinary scientific conference on social sciences and arts sgem 2018. Conference proceedings. 2018. Pp. 219–226.
5. Chernyshev S., Rubtsov I., Elmanova E. Innovative technologies in brick masonry restoration of architectural monuments // MATEC Web of Conferences. 2018. e04007.
6. Nikitin Yu., Tsepilova O. Synergistic analysis of the historical and cultural development of industrial architecture // Architecture and engineering. Vol. 6. № 1. 2021. Pp. 32–39. doi: 10.23968/2500-0055-2021-6-1-32-39.
7. Строкова В.В., Хмара Н.О., Нелюбова В.В., Шаповалов Н.А. Малые архитектурные формы: состав и свойства бетонов для их получения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 11. С. 8–31. doi: 10.34031/2071-7318-2021-6-11-8-31.
8. Оноприенко Н.Н., Рахимбаев Ш.М. Строительные растворы и сухие смеси с добавками водорастворимых полимеров отечественного производства: монография. Белгород. 2016. 155 с.
9. Николаев С.Ф. Проблемы внедрения инноваций в реставрации объектов культурного наследия // Молодой ученый. 2020. № 14(304). С. 268–270.
10. Сайфуллина Л.Ш. История и методика реставраций. Некоторые проблемы современных теории и практики реставраций // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 2(28). С. 70–77.
11. Чайникова О.О. Особенности процесса восстановления памятников архитектуры – культурных символов власти // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 2(113). С. 171–190. doi: 10.22227/1997-0935.2018.2.170-189.
12. Гусев Н.И. Некоторые особенности отделки реставрируемых зданий // Молодой ученый. 2014. № 4(63). С. 157–158.
13. Оноприенко Н.Н., Сальникова О.Н. Повышение эффективности строительных растворов отечественного производства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 8. С. 22–29. doi: 10.34031/article\_5d493d2bc70fd6.95554532
14. Сыч Е.Р., Захарчук М.Г. Особенности применения строительных норм и правил при реставрации объекта культурного наследия // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 2. С. 438–451. doi: 10.21285/2227-2917-2019-2-438-451.
15. Серикова Л.С., Пищулина В.В. Классификация строительных материалов, используемых при реставрации памятников архитектуры // Актуальные вопросы образования и науки. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. 2018. Том Часть 6. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком». С. 40–43.
16. Шангина Н.Н., Харитонов А.М. Особенности производства и применения сухих строительных смесей для реставрации памятников архитектуры // Сухие строительные смеси. 2011. № 4. С. 16–19.
17. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. № 7. С. 82–85.
18. Логанина В.И., Макарова Л.В., Сергеева К.А. Известковые сухие строительные смеси для реставрации и отделки стен зданий: монография. Пенза: ПГУАС, 2013. 128 с.
19. Белых С.А., Кудяков А.И., Чикичев А.А. Сухая строительная смесь с повышенной адгезионной прочностью для отделки кирпичных поверхностей во влажных помещениях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета 2017. № 1(60). С. 122–133.
20. Логанина В.И., Давыдова О.А., Карпова О.В. Известковые составы для реставрации и отделки зданий и сооружений // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 4(140). С. 280–283
21. Волкова О.В., Аниканова Л.А. Сухие строительные смеси для восстановления кирпичной кладки зданий // Стекло и керамика. 2020. № 8. С. 41–46.
22. Shiva Kumar G., Ravi Teja B.V.S., Shankar A.U.R. Laboratory evaluation of SMA mixtures made with polymer-modified bitumen and stabilizing additives // Journal of Materials in Civil Engineering. 2019. Vol. 31. № 4. e04019026.
23. Stanaszek-Tomal E. Influence of pore structure on humidity parameters of cement-polymer mortars contaminated with filamentous fungi // PLoSone. 2020. Vol. 15. № 4. e0231347.

24. Черныш А.С., Поляков А.И. Методика оценки состояния ограждающих конструкций зданий на территории жилой застройки подлежащей реновации // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 1. С. 1–8. doi: 10.34031/2071-7318-2022-8-1-0-0.
25. Хусаинова Р.Р. Причины возникновения дефектов штукатурных покрытий стен // Инновационная наука. 2019. № 1. С. 138–139.
26. Антонова В.В., Ерина А.П. Опыт реставрации и реконструкции кирпичных стен памятников исторического наследия // Научный журнал. 2019. № 1(35). С. 98–101.
27. Медяник Ю.В. Классификация и анализ дефектов и повреждений штукатурных покрытий фасадов зданий // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. №2(44). С. 231–238.
28. Шелихов С., Сагдиев Р.Р., Тимиргалеева М.М. Разработка метода оценки долговечности строительных материалов в агрессивных средах // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. № 4(50). С. 394–400.
29. Хассан М.А.М.М. Процесс выветривания камня в контексте историко-культурной ценности архитектуры // Вестник Санкт-Петербургского государственного института культуры. 2020. № 2(43). С. 63–68.
30. Калачук Т.Г., Кара К.А. Влияние свойств грунта на балльность площадок подземных сооружений // Вектор ГеоНаук. 2018. Т.1. № 2. С. 13–16.
31. Onoprienko, N. N., Salnikova, O. N. Interconnection of Intrinsic Deformations and Adhesive Phenomena in Modified Disperse Systems // Materials Science Forum. 2019. Vol. 974. Pp. 440–445.
32. Озеров Н.О., Черныш А.С. Установление исторической ценности зданий, сооружений, территорий // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Материалы конференции. Белгород, 2021. С. 816–826.
33. Suraneni P., Ramanathan S., Wang Y., Hajibabae A., Weiss J. New insights from reactivity testing of supplementary cementitious materials // Cement and Concrete Composites. 2019. Vol. 103. Pp. 331–338.
34. Onoprienko N. N., Salnickowa O. N. Influence of the composition of cement systems on the activity of modifying additives // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. e012031. doi:10.1088/1757-899X/945/1/012031.
35. Pandey A., Derakhshandeh M., Kedzior S.A., Pilapil B., Shomrat N., Segal-Peretz T., Bryant S.L., Trifkovic M. Role of interparticle interactions on microstructural and rheological properties of cellulose nanocrystal stabilized emulsions // Journal of Colloid and Interface Science. 2018. № 532 (12). Pp. 808–818.
36. Onoprienko N. N., Salnickowa O. N., Rahimbaev Sh. M. On the Issue on Dilatant Phenomena in Dispersed Systems // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 151. Pp. 78–84. doi: 10.1007/978-3-030-72910-3\_12.
37. Куртуков К.А. Об особенностях выбора строительных материалов для реставрации объектов историко-культурного наследия // Вестник ТГАСУ. 2012. № 2. С. 66–69.
38. Шангина Н.Н., Харитонов А.М. Реставрационные растворы для восстановления каменной кладки: решение проблемы совместимости и оптимизации состава // Опыт сохранения культурного наследия: проблемы реставрации камня: Сборник материалов международной научно-практической конференции (ГМЗ «Петергоф», 17–19 сентября 2014 г.). СПб.: Астерион, 2014. С. 298–302.
39. Полежаев С. А., Безгодов М. А. Современные методы восстановления несущей способности кирпичной кладки методом инъектирования // Современные технологии в строительстве. Теория и практика: сб. статей. Пермь: ПИНПУ, 2018. Т. 1. С. 32–37.
40. Демьянова В.С., Калашников В.И. Эффективные сухие строительные смеси на основе местных материалов. М.: Изд-во АСВ, 2001. 209 с.
41. Елистраткин М.Ю., Минакова А.В., Джамиль А.Н., Куковицкий В.В., Эльян Исса Жамал Исса Композиционные вяжущие для отделочных составов // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. № 2. С. 37–45.
42. Tay Y., Panda B., Paul S, Noor M., Tan M., Leong K. 3D printing trends in building and construction industry: a re-view // Virtual and Physical Prototyping. 2017. № 12(3). Pp. 261–276. doi: 10.1080/17452759.2017.1326724.
43. Onoprienko N.N., Rahimbaev Sh.M. Influence of composition of functional additives and deformation modes on flow behavior of polymer composite materials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. e032043. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032043.
44. Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Оноприенко Н.Н., Поспелова М.А., Айменов Ж.Т. Особенности проектирования смесей для производства декоративных изделий // Эффективные материалы и технологии для транспортного и сельскохозяйственного строительства. Сборник научных трудов по материалам национальной Научно-технической конференции с международным участием. Новосибирск, 2020. С. 79–82.

45. Elistratkin M.Y., Lesovik V.S., Alfimova N.I., Shurakov I.M. On the question of mix composition selection for construction 3D printing // Materials Science Forum. Vol. 945. 2019. Pp. 218–225.

46. Рахимбаев Ш.М., Толпыгина Н.М., Хахалева Е.Н. Взаимосвязь между пластической вязкостью цементных систем и их реотехнологическими характеристиками // Вестник СибАДИ. 2018. Том 15. № 2. С. 276–282.

47. Djandullaeva M.S., Turabdjjanov S.M., Atakuziev T.A.U., Xusnitdinov A.M. Enhancement of adhesiveness of silicate brick on the basis of tuffit addition with masonry mortar // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2016. № 9-10. Pp. 55–57.

48. Menon S.M. Sathyan D., Anand K.B. Studies on rheological properties of superplasticised PPC paste. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). 2017. Vol. 8. Iss. 10. Pp. 939–947.

49. Перцев В.Т., Леденев А.А. Методологические подходы к исследованию реологических свойств строительных смесей // Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. Выпуск № 1(14). С.71–77.

50. Тимашев В.В., Колбасов В.М. Свойства цементов с карбонатными добавками // Цемент и его применение. 1981. № 10. С. 10–12.

#### Информация об авторах

**Онопrienко Наталья Николаевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий. E-mail: dstt\_80@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Сальникова Ольга Николаевна**, кандидат философских наук, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий. E-mail: olsalnickowa@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 17.12.2022 г.

© Оноприенко Н.Н., Сальникова О.Н., 2023

**\*Onoprienko N.N., Salnikova O.N.**

*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*

*\*E-mail: dstt\_80@mail.ru*

## ON THE ISSUE OF DEVELOPING DOMESTIC RESTORATION MATERIALS FOR ARCHITECTURAL MONUMENTS

**Abstract.** *The article provides an overview of research on the specifics of the use and composition of restoration materials and solutions at different stages of the work. The need is shown for the development of domestic restoration materials that improve the quality of restoration, the long-term preservation of the restored object during operation and provide the possibility of choice in relation to each restoration task. The literature review gives the stages of restoration work of architectural monuments are given, the specifics of which depend on the use of functional additives in various repair mixtures. The review of research on the subject is focused on the importance of solving the problems of replacing imported modifier additives with domestic ones. The authors emphasize that the choice of additives of various functional purposes in prescription formulations should be made considering the compatibility patterns of the components of the materials being restored (including in the form of dry restoration mixtures), have a scientific integrated approach. The analysis of scientific achievements and publications where the solution of this problem has been initiated has shown that there are particular unresolved issues of the general problem to which this article is devoted. Polymer additives of domestic production of various chemical nature used in compositions based on mineral binders are given. Based on the analysis of physico-mechanical, rheotechnological and technological properties of compositions based on mineral binders, the possibility and advantage of using Russian water-soluble polymers in the compositions of restoration materials, taking into account the small dosage and environmental friendliness of these additives, is proved. Previous comparative analysis of conducted studies shows that increasing the range of modifying additives using Russian-made polymers and the production of competitively capable dry building mixes based on them for restoration operations will help to fulfill the task of preserving architectural objects of historical construction that reflect different epochs, an element of national culture and identity, ensuring the continuity of cultures.*

**Keywords:** *architectural monuments, restoration, import substitution, polymer additives, dry building mixes, building mortars, operational properties.*

## REFERENCES

1. Restoration of historical and art monuments in Russia in the XIX-XX centuries. History, problems: Textbook [Restavraciya pamyatnikov istorii i iskusstva v Rossii v XIX-XX vekah. Istoriya, problema: Uchebnoe posobie]. M.: Academic Project; Alma Mater, 2008. 604 p. (rus)
2. Asatryan K.R., Engoyan A.R. Problems of integration of old and new in the process of urban space development [Problemy integracii starogo i novogo v processe razvitiya gorodskogo prostranstva]. Bulletin of Moscow State University. 2014. No. 6. Pp. 7–16. (rus)
3. Kimeeva T.I., Yudin M.O. Formation of methods of restoration of objects of architectural heritage: historical aspect [Formirovanie metodiki restavratsii ob"ektov arhitekturnogo naslediya: istoricheskij aspekt]. Genesis: historical research. 2019. No. 3. Pp. 72–79. (rus)
4. Nobile L., Bartolomeo V., Bonagura M. Nondestructive testing for the diagnosis and the restoration of architectural monuments and historical buildings. 5th international multidisciplinary scientific conference on social sciences and arts sgem 2018. Conference proceedings. 2018. Pp. 219–226.
5. Chernyshev S., Rubtsov I., Elmanova E. Innovative technologies in brick masonry restoration of architectural monuments. MATEC Web of Conferences. 2018. e04007.
6. Nikitin Yu., Tsepilova O. Synergistic analysis of the historical and cultural development of industrial architecture. Architecture and engineering. 2021. Vol 6. No 1. Pp. 32–39. doi:10.23968/2500-0055-2021-6-1-32-39.
7. Strokova V.V., Khmara N.O., Nelyubova V.V., Shapovalov N.A. Small architectural forms: composition and properties of concrete for their production [Malye arhitekturnye formy: sostav i svoystva betonov dlya ih polucheniya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 11. Pp. 8–31. doi: 10.34031/2071-7318-2021-6-11-8-31. (rus)
8. Onoprienko N.N., Rakhimbayev Sh.M. Building mortars and dry mixtures with additives of water-soluble polymers of domestic production: monograph [Stroitel'nye rastvory i suhie smesi s dobavkami vodorastvorimyh polimerov otechestvennogo proizvodstva: monografiya]. Belgorod. 2016. 155 p. (rus)
9. Nikolaev S.F. Problems of introducing innovations in the restoration of cultural heritage objects [Problemy vnedreniya innovatsij v restavratsii ob"ektov kul'turnogo naslediya]. Young Scientist. 2020. No. 14(304). Pp. 268–270. (rus)
10. Sayfullina L. S. History and methodology of restorations. Some problems of modern theory and practice of restoration [Istoriya i metodika restavratsii]. Nekotorye problem sovremennyh teorii i praktiki restavratsii]. Izvestia Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2014. No. 2(28). Pp. 70–77. (rus)
11. Chaynikova O. O. Features of the process of restoration of architectural monuments – cultural symbols of power [Osobennosti processa vostanovleniya pamyatnikov arhitektury – kul'turnyh simbolov vlasti]. Bulletin of MGSU. 2018. Vol. 13. Iss. 2(113). Pp. 171–190. doi: 10.22227/1997-0935.2018.2.170-189. (rus)
12. Gusev N.I. Some features of finishing restored buildings [Nekotorye osobennosti otdelki restavriremykh zdaniy]. A young scientist. 2014. No. 4(63). Pp. 157–158. (rus)
13. Onoprienko N.N., Salnikova O.N. Improving the efficiency of construction mortars of domestic production [Povyshenie effektivnosti stroitel'nykh rastvorov otechestvennogo proizvodstva]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 8. Pp. 22–29. doi: 10.34031/article\_5d493d2bc70fd6.95554532 (rus)
14. Sych E.R., Zakharchuk M.G. Features of the application of building codes and rules in the restoration of the object of cultural heritage [Osobennosti primeneniya stroitel'nykh norm i pravil pri restavratsii ob"ekta kul'turnogo naslediya]. News of universities. Investment. Construction. Realty. 2019. Vol. 9. No. 2. Pp. 438–451. doi.: 10.21285/2227-2917-2019-2-438-451. (rus)
15. Serikova L.S., Pishchulina V.V. Classification of building materials used in the restoration of architectural monuments [Klassifikatsiya stroitel'nykh materialov, ispol'zuyushchihsia pri restavratsii pamyatnikov arhitektury]. Actual issues of education and science. Collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference. 2018. Volume Part 6. Tambov: LLC "Consulting company Yukom". Pp. 40–43. (rus)
16. Shangina N.N., Kharitonov A.M. Features of production and application of dry building mixes for restoration of architectural monuments [Osobennosti proizvodstva i primeneniya suhikh stroitel'nykh smesey dlya restavratsii pamyatnikov arhitektury]. Dry building mixes. 2011. No. 4. Pp. 16–19. (rus)
17. Lesovik B.C., Zagorodnyuk L.H., Belikov D.A., Shchekina A.Yu., Kuprina A.A. Effective dry mixes for repair and restoration work [Effektivnye suhie smesi dlya remontnykh i vosstanovitel'nykh rabot]. Construction materials. 2014. No. 7. Pp. 82–85. (rus)
18. Loganina V.I., Makarova L.V., Sergeeva K.A. Lime dry building mixes for restoration and finishing of walls of buildings: monogr. [Izvestkovye suhie stroitel'nye smesi dlya restavratsii i otdelki sten zdaniy: monografiya]. Penza: PGUAS, 2013. 128 p. (rus)

19. Belykh S.A., Kudryakov A.I., Chikichev A.A. Dry construction mix with increased adhesive strength for finishing brick surfaces in wet rooms [Suhaya stroitel'naya smes' s povyshennoj adgezionnoj prochnost'yu dlya otdelki kirpichnyh poverhnostej vo vlazhnyh pomeshcheniyah]. Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering 2017. No. 1(60). Pp. 122–133. (rus)
20. Loganina V.I., Davydova O.A., Karpova O.V. Lime compositions for restoration and decoration of buildings and structures [Izvestkovye sostavy dlya restavratsii i otelki zdaniy i sooruzhenij]. Bulletin of Orenburg State University. 2012. No. 4(140). Pp. 280–283. (rus)
21. Volkova O.V., Anikanova L.A. Dry building mixes for restoration of brickwork of buildings [Suhie stroitel'nye smesi dlya vosstanovleniya kirpichnoj kladki zdaniy]. Glass and ceramics. 2020. No. 8. Pp. 41–46. (rus)
22. Shiva Kumar G., Ravi Teja B.V.S., Shankar A.U.R. Laboratory evaluation of SMA mixtures made with polymer-modified bitumen and stabilizing additives. Journal of Materials in Civil Engineering. 2019. Vol. 31. No. 4. e04019026.
23. Stanaszek-Tomal E. Influence of pore structure on humidity parameters of cement-polymer mortars contaminated with filamentous fungi. PLoSone. 2020. Vol. 15. No. 4. e0231347.
24. Chernysh A.S., Polyakov A.I. Methodology for assessing the condition of enclosing structures of buildings on the territory of residential development subject to renovation [Metodika ocenki sostoyaniya ograzhdayushchih konstrukcij zdaniy na territorii zhiloy zastroyki podlezhashchej renovatsii]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No.1. Pp. 1–8. doi: 10.34031/2071-7318-2022-8-1-0-0
25. Khusainova R.R. Causes of defects in plaster wall coverings [Prichiny vozniknoveniya defektov shtukaturnyh pokrytij sten]. Innovative Science. 2019. No. 1. Pp. 138–139. (rus)
26. Antonova V.V., Erin A.P. Experience in restoration and reconstruction of brick walls of historical heritage monuments [Opyt restavratsii i rekonstrukcii kirpichnyh sten pamyatnikov istoricheskogo naslediya]. Scientific Journal. 2019. No. 1(35). Pp. 98–101. (rus)
27. Medyanik Yu.V. Classification and analysis of defects and damages of plaster coverings of facades of buildings [Klassifikatsiya i analiz defektov i povrezhdenij shtukaturnyh pokrytij fasadov zdaniy]. Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2018. No. 2(44). Pp. 231–238. (rus)
28. Shelekhov S., Sagdeev R.R., Timirgaleeva M.M. Development of a method for assessing the durability of building materials in aggressive environments [Razrabotka metoda ocenki dolgovechnosti stroitel'nyh materialov v agressivnyh sredah]. Izvestiya Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2019. No. 4(50). Pp. 394–400. (rus)
29. Hassan M.A.M.M. The process of stone weathering in the context of the historical and cultural value of architecture [Process vyvetrivaniya kamnya v kontekste istoriko-kul'turnoj cennosti arhitektury]. Bulletin of the St. Petersburg State Institute of Culture. 2020. No. 2(43). Pp. 63–68. (rus)
30. Kalachuk T.G., Kara K.A. The influence of soil properties on the ballicity of sites of underground structures [Vliyanie svojstv grunta na ball'nost' ploshchadok podzemnyh sooruzhenij]. Vector Geosciences. 2018. Vol.1. No. 2. Pp. 13–16. (rus)
31. Onoprienko, N. N., Salnikova, O. N. Interconnection of Intrinsic Deformations and Adhesive Phenomena in Modified Disperse Systems. Materials Science Forum. 2019. Vol. 974. Pp. 440–445.
32. Ozerov N.O., Chernysh A.S. Establishing the historical value of buildings, structures, territories [Establishing the historical value of buildings, structures, territories]. International Scientific and Technical Conference of Young scientists of V.G. Shukhov BSTU. Conference materials. Belgorod, 2021. Pp. 816–826. (rus)
33. Suraneni P., Ramanathan S., Wang Y., Hajibabae A., Weiss J 2019 New insights from reactivity testing of supplementary cementitious materials. Cement and Concrete Composites. 2019. Vol. 103. Pp. 331–338.
34. Onoprienko N. N., Salnickowa O. N. Influence of the composition of cement systems on the activity of modifying additives. IOP Conference Series: Materials Sciences and Engineering. 2020. e012031. doi: 10.1088/1757-899X/945/1/012031.
35. Pandey A., Derakhshandeh M., Kedzior S.A., Pilapil B., Shomrat N., Segal-Peretz T., Bryant S.L., Trifkovic M. Role of interparticle interactions on microstructural and rheological properties of cellulose nanocrystal stabilized emulsions. Journal of Colloid and Interface Science. 2018. No. 532(12). Pp. 808–818.
36. Onoprienko N.N., Salnickowa O.N., Rahimbaev Sh.M. On the Issue on Dilatant Phenomena in Dispersed Systems. Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 151. Pp. 78–84. doi: 10.1007/978-3-030-72910-3\_12.
37. Kurtukov K.A. About the peculiarities of the choice of building materials for the restoration of objects of historical and cultural heritage [Ob osobennostyah vybora stroitel'nyh materialov dlya restavratsii ob"ektov istoriko-kul'turnogo naslediya]. Bulletin of the TSASU. 2012. No. 2. Pp. 66–69. (rus)
38. Shangina N.N., Kharitonov A.M. Restoration solutions for the restoration of masonry: solving the problem of compatibility and optimization of

composition [Restavracionnye rastvory dlya voss-tanovleniya kamennoj kladki: reshenie problemy sovmestimosti i optimizacii sostava]. The experience of preserving cultural heritage: problems of stone restoration: A collection of materials of the international scientific and practical conference (GMZ "Peterhof", September 17-19, 2014). St. Petersburg: Asterion, 2014. Pp. 298–302. (rus)

39. Polezhaev S. A., Bezgodov M. A. Modern methods of restoring the bearing capacity of brickwork by injection [Sovremennye metody voss-tanovleniya nesushchej sposobnosti kirpichnoj kladki metodom in'ecirovaniya]. Modern technologies in construction. Theory and practice: collection of articles. Perm: PNRPU, 2018. Vol. 1. Pp. 32–37. (rus)

40. Demyanova V.S., Kalashnikov V.I. Effective dry building mixes based on local materials [Effektivnye suhie stroitel'nye smesi na osnove mestnyh materialov]. Moscow: Publishing House of the DIA, 2001. 209 p. (rus)

41. Elistratkin M.Yu., Minakova A.V., Jamil A.N., Kukovitsky V.V., Alliance Issa Jamal Isa Composite binders for finishing compositions [Kompozicionnye vyazhushchie dlya otdelochnyh sostavov]. Building materials and products. 2018. Vol. 1. No. 2. Pp. 37–45. (rus)

42. Tay Y., Panda B., Paul S, Noor M., Tan M., Leong K. 3D printing trends in building and construction industry: a re-view. Virtual and Physical Prototyping. 2017. No. 12(3). Pp. 261–276. doi: 10.1080/17452759.2017.1326724.

43. Onoprienko N.N., Rahimbaev Sh.M. Influence of composition of functional additives and deformation modes on flow behavior of polymer composite materials. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. e032043. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032043.

44. Elistratkin M.Yu., Glagolev E.S., Onoprienko N.N., Pospelova M.A., Aimenov Zh.T. Features of designing mixtures for the production of

decorative products [Osobnosti proektirovaniya smesej dlya proizvodstva dekorativnyh izdelij]. Effective materials and technologies for transport and agricultural construction. Collection of scientific papers based on the materials of the national Scientific and Technical Conference with international participation. Novosibirsk, 2020. Pp. 79–82. (rus)

45. Elistratkin M.Y., Lesovik V.S., Alfimova N.I., Shurakov I.M. On the question of mix composition selection for construction 3D printing. Materials Science Forum. Vol. 945. 2019. Pp. 218–225.

46. Rakhimbayev Sh.M., Stolypina N.M., Kakhaleva E.N. The relationship between the plastic viscosity of cement systems and their rheotechnological characteristics [Vzaimosvyaz' mezhdru plasticheskoy vyazkost'yu cementnyh sistem i ih reotekhnologicheskimi harakteristikami]. Bulletin of SibADI. 2018. Vol. 15. No. 2. Pp. 276–282. (rus)

47. Djandullaeva M.S., Turabdjanov S.M., Atakuziev T.A.U., Xusnitdinov A.M. Enhancement of adhesiveness of silicate brick on the basis of tuffit addition with masonry mortar. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2016. No. 9-10. Pp. 55–57.

48. Menon S.M. Sathyan D., Anand K.B. Studies on rheological properties of superplasticised PPC paste. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). 2017. Vol. 8. Iss.10. Pp. 939–947.

49. Pertsev V.T., Ledenev A.A. Methodological approaches to the study of rheological properties of building mixes [Metodologicheskie podhody k issledovaniyu reologicheskikh svojstv stroitel'nyh smesej]. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. 2017. Iss. No. 1(14). Pp. 71–77. (rus)

50. Timashev V.V., Kolbasov V.M. Properties of cements with carbonate additives [Svoystva cementov s karbonatnymi dobavkami]. Cement and its application. 1981. No. 10. Pp. 10–12. (rus)

#### *Information about the authors*

**Onoprienko, Natalya N.** PhD, Assistant professor. E-mail: dstt\_80@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Salnikova, Olga N.** PhD, Assistant professor. E-mail: olsalnickowa@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

*Received 17.12.2022*

#### **Для цитирования:**

Оноприенко Н.Н., Сальникова О.Н. К вопросу разработки отечественных реставрационных материалов для памятников архитектуры // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 3. С. 19–33. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-3-19-33

#### **For citation:**

Onoprienko N.N., Salnikova O.N. On the issue of developing domestic restoration materials for architectural monuments. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 3. Pp. 19–33. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-3-19-33