

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Красильникова Игоря Викторовича
доктора технических наук, доцента, и.о. заведующего кафедрой «Естественные науки и техносферная безопасность»

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»
на диссертационную работу Шейкина Евгения Валерьевича на тему:
«Влияние влажности материалов каменной кладки на их физико-механические свойства в исторических конструкциях памятников архитектуры»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.1.5 - Строительные материалы и изделия

На оппонирование представлены:

- диссертационная работа Шейкина Е.В., изложенная на 205 страницах машинописного текста, содержащая 12 таблиц, 94 рисунка и список литературы из 385 наименований отечественных и зарубежных изданий. Работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложения;
- автореферат, изложенный на 22 страницах.

Актуальность темы диссертации

Большинство исследований, касающихся механизмов разрушения пористых материалов от циклического увлажнения связано с однородными структурами. Практически отсутствуют какие-либо исследования, касающиеся механизмов разрушения систем, состоящих из 2-ух и более компонентов, подверженных периодическому увлажнению в течение десятков, а то и сотен лет. Связано это, прежде всего, с ограниченной доступностью материалов для исследований, поскольку конструкции, длительной эксплуатации за рубежом и в России находятся в статусе памятников и защищены законом об охране объектов культурного наследия (ОКН). Вопросы влияния влажности материалов кладочных систем на их физико-механические свойства, а также методика их диагностики остаются неизученными. Изложенное показывает, что работа является своевременной и актуальной, как с научной, так и с практической точки зрения.

Автором впервые выявлены основные закономерности распределения влажности в каменной кладке исторических конструкций, преимущественно определяющиеся не физическими свойствами материалов, а неоднородностью материалов и развитой пустотностью; экспериментально и теоретически обосновано, что разрушительное воздействие циклического увлажнения на пористую систему материалов систем кладочного типа определяется аккумуляцией на границе материалов (во внутренних зонах испарения) содержащихся в воде примесей и последующей активизацией усадочно-

АО «НИЦ «Строительство»	
Вход. №	8/к
06.	04 20 26г.

деформативного и кристаллизационного механизмов разрушения; установлено, что долговременное циклическое воздействие влаги на материалы каменной кладки исторических конструкций приводит к формированию в кладке внутренних сетей микротрещин и микрообломков, что сопровождается существенной трансформацией структуры материалов, в частности, уменьшением до нанометрического среднего размера пор, и увеличением в несколько раз удельной площади поверхности и сорбционных характеристик; предложен критерий (индекс деструкции), позволяющий оценить степень разрушения материалов кладки на основании косвенных признаков (средний вес образца пробы, доля материала в пробе, весовые потери образцов).

Изложенное показывает, что научная проблема является своевременной и актуальной, как с научной, так и с практической точки зрения. Автор справился с ее решением, что в дальнейшем позволит проводить инструментальные обследования и оценивать степень деструкции материалов кладки конструкций объектов культурного наследия с минимальной степенью инвазивности.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Целью диссертационной работы Шейкин Е.В. является оценка влияния влажности материалов каменной кладки на трансформацию их физико-механических свойств в конструкциях объектов культурного наследия.

Для достижения цели диссертационной работы автором были поставлены и решены следующие задачи:

1. Проведение анализа зарубежных и отечественных литературных источников, выявление критериев уязвимости и закономерностей трансформации свойств пористой системы материалов под воздействием циклического увлажнения.
2. Разработка и внедрение в практику малоинвазивного (квази-неразрушающего) метода отбора проб, позволяющего получать образцы материала для исследования.
3. Проведение экспериментальных исследований отобранных из реальных конструкций ОКН образцов, и определение основных признаков деградации материалов каменной кладки конструкций ОКН.
4. Разработка методического подхода к оценке состояния анализируемых материалов, статистическая обработка и теоретическое обоснование механизма разрушения материалов каменной кладки конструкций ОКН под воздействием долговременного циклического увлажнения.
5. Обоснование критерия (индекса) деструкции для оценки состояния материалов исторической кладки конструкций ОКН, подверженных

длительному циклическому увлажнению, путем сопоставления физических и структурно-механических свойств материалов.

Шейкиным Е.В. сформулированы и разработаны нижеперечисленные научные положения, позволившие достичь поставленной цели.

Предложена и апробирована на протяжении более 15 лет методика отбора проб в формате «микрокернов» диаметром 7 мм. Представленная методика позволяет получать достаточное количество материалов для исследования с минимальной степенью инвазивности для памятника. Получаемые материалы остаются с ненарушенной структурой, пригодные для большинства видов лабораторных испытаний. Возможность отбора на глубину до 60–65 см позволяет фиксировать морфологию всех структурообразующих частей кладки.

Разработана методика интерпретации результатов лабораторных исследований, базирующаяся на комплексном анализе влажностных, физических и структурно-механических свойств материалов. Для описания влажностных характеристик автором вводится понятие относительной влажности материалов, представляющее собой значение естественной влажности, нормализованное относительно водопоглощения. Использование данного параметра с дополнительным разделением на капиллярную и сорбционную составляющие позволяет сравнивать влажность материалов с разными свойствами и выявлять источник увлажнения.

Сопоставление полученных в результате исследований автора физических свойств материалов с физическими свойствами материалов по данным литературных источников показало, что исследованные материалы, в основном, имеют значительно меньший размер пор, выше удельную площадь поверхности и сорбционные характеристики. Таким образом, установлено, что изменения характеристик исследованных материалов каменной кладки конструкций объектов культурного наследия является следствием долговременного воздействия влаги. На основе результатов полученных экспериментальных данных автором предложен механизм деструкции материалов каменной кладки под влиянием примесей, содержащихся в поступающей в материал воде.

Указанное чередование физических свойств явилось основанием для характеристики состояния материалов и положено автором в основу разработки критерия – индекса деструкции (I_d), позволяющего оценить степень разрушения материалов кладки по косвенным признакам (средний вес образца пробы, доля материала в пробе, весовые потери образцов). Для практической интерпретации результатов предложена следующая условная градуировка состояния материала: удовлетворительное состояние ($I_d > 15$); промежуточное состояние, т.е. с отдельными признаками деструкции ($I_d = 10 \dots 15$); деструктированное состояние ($I_d < 10$).

Валидность предложенного критерия была оценена путем его сопоставления с параметрами по четырем направлениям: прочность на одноосное сжатие, УЗИ, морозное разрушение и средний размер пор. Первые три были выполнены на 12 объектах, последний – на 23 объектах.

Для решения поставленных задач автор достаточно корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Шейкиным Е.В. изучены и критически проанализированы известные теории других авторов по вопросам механизмов физического разрушения пористых материалов.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечена:

1. Применением при проведении экспериментальных исследований стандартных методик испытаний, адаптированных под микроразмеры используемых образцов. Полученные результаты и сделанные выводы не противоречат данным предыдущих исследований.
2. Успешным внедрением результатов исследований на нескольких десятках памятников архитектуры, в частности: Смоленский собор Новодевичьего монастыря, собор Рождества Богородицы Ферапонтова монастыря, церковь Ризоположения Московского Кремля, Судная палата Московского Кремля, Башни Московского Кремля, Спасо-Преображенский собор Соловецкого Кремля, церковь Косьмы и Дамиана в Суздале, Успенский собор Рязанского Кремля, Георгиевский собор в Юрьеве-Польском, церковь Николы Мокрого в Ярославле, Успенский собор в Смоленске, Успенский собор Княгинина монастыря во Владимире и других.
3. Внесением результатов исследований в 8 главу (Исследование температурно-влажностного режима) ГОСТ 55567-2013 «Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования».

Новизна, теоретическая и практическая значимость исследования

В диссертации выявлены и теоретически обоснованы закономерности распределения влажности в материалах каменной кладки исторических конструкций, установлено, что характер распределения определяется преимущественно развитой пустотностью кладки, а не свойствами пористой системы материалов. Теоретически обоснован и экспериментально подтверждён механизм деструкции материалов в системах кладочного типа, подверженных длительному циклическому увлажнению, доказано, что разрушительное воздействие определяется аккумуляцией примесей на границе пустот с последующей активизацией усадочно-деформативного и кристаллизационного механизмов разрушения. Разработана методика оценки состояния материалов на

основе предложенного критерия – индекса деструкции, позволяющего оценивать степень разрушения по косвенным признакам.

Разработана и внедрена в практику малоинвазивная методика отбора проб (микрокерна диаметром 7 мм), позволяющая проводить инструментальные обследования материалов кладки конструкций объектов культурного наследия без значимых повреждений для памятника. Результаты исследований внесены в ГОСТ 55567-2013 (глава 8 «Исследование температурно-влажностного режима») и использованы при обследовании более 30 памятников архитектуры, включая Смоленский собор Новодевичьего монастыря, Успенский собор Рязанского Кремля, церковь Ризоположения Московского Кремля и другие объекты. Предложенная методика позволяет выявлять наиболее уязвимые участки кладки и формировать научно обоснованные рекомендации по нормализации влажностного режима и сохранению объектов культурного наследия.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных диссертантом теоретических положений, выводов и рекомендаций обеспечивается рядом методических и организационных факторов:

1. Репрезентативность экспериментальной базы. Исследования проведены на реальных образцах, отобранных из конструкций объектов культурного наследия, а не на искусственно изготовленных лабораторных образцах. Общий объём выборки составил более 3000 образцов материалов, отобранных из 25 различных памятников архитектуры. Для анализа использовались 413 контрольных горизонтальных сечений-зондажей, что обеспечивает высокую статистическую значимость полученных результатов и возможность выявления общих закономерностей, характерных для исторических конструкций различного периода и региональной принадлежности.

2. Адаптация стандартных методик. При выполнении экспериментальных исследований применялись традиционные методы по ГОСТ, частично адаптированные и переработанные автором с учётом специфики используемых образцов микроразмеров (микрокерна диаметром 7 мм). В частности, были разработаны: специализированные пробоотборники длиной от 10 до 70 см для отбора проб на глубину до 60–65 см; приспособление для калибровки и шлифовки образцов строго перпендикулярно оси цилиндра; методика ультразвукового исследования с использованием свинцовых пластин для блокировки прямого прохождения волны через воздух; методика определения прочности на одноосное сжатие микрокерна с использованием малогабаритного пресса ПМР-МГ4.

3. Статистическая обработка данных. Для анализа корреляционных зависимостей между различными параметрами применялся коэффициент Пирсона. Такой подход позволил количественно оценить взаимосвязь между структурно-механическими характеристиками, физическими свойствами и параметрами влажности материалов.

4. Преемственность с предыдущими исследованиями. Полученные результаты и сделанные выводы не противоречат данным предыдущих исследований в области физики влагопереноса, теории капиллярности, адсорбции, солевого и морозного разрушения, долговечности и уязвимости пористых материалов. Напротив, они развивают и дополняют существующие представления, в частности, в части механизмов разрушения многослойных систем каменной кладки.

5. Длительная апробация методики. Представленная лабораторно-практическая часть исследований разрабатывалась и оттачивалась на протяжении более чем десятилетнего периода. В своём основном виде методика была сформирована к 2017 году и продолжает развиваться до настоящего времени, что подтверждает её устойчивость и воспроизводимость.

6. Практическое внедрение результатов. Результаты работы послужили основой для проведения исследований более чем 30 памятников архитектуры, на основе результатов исследования автором в 2019 году были внесены поправки в главу 8 («Исследование температурно-влажностного режима») ГОСТ 55567-2013.

7. Научная коммуникация и публикационная активность. Материалы диссертационного исследования были изложены в 11 публикациях в научных журналах и сборниках материалов конференций, в том числе 3 работы в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, утверждённом ВАК РФ. Результаты работы были представлены на международных и всероссийских конференциях, что подтверждает их научную ценность и признание профессиональным сообществом.

Следует также отметить чёткость и логичность изложения материала диссертационной работы. Диссертация и автореферат написаны хорошим научным языком с малым содержанием опечаток и орфографических ошибок. Следует также отметить обширный литературный обзор отечественных и зарубежных научных трудов – список литературы насчитывает 385 наименований, в том числе 315 на иностранном языке, что свидетельствует о глубокой проработке теоретической базы исследования.

Таким образом, достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, может считаться достаточно обоснованной и подтверждённой комплексом методических, экспериментальных и практических факторов.

Основные результаты диссертационной работы

Главными практическими результатами диссертационной работы являются разработка и внедрение в практику малоинвазивной (квази-неразрушающей) методики отбора проб, позволяющей проводить инструментальные обследования материалов кладки исторических конструкций без значимых повреждений для памятника; адаптация и внедрение в практику методики лабораторных исследований микрокернов материалов систем кладочного типа; разработка и внедрение в практику методики оценки состояния материалов каменной кладки исторических конструкций ОКН, подвергающихся долговременному циклическому увлажнению.

Главными теоретическими результатами диссертационной работы являются выявление и теоретическое обоснование закономерности распределения влажности в материалах каменной кладки конструкций ОКН; теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение механизма деструкции материалов в системах кладочного типа конструкций ОКН, подверженных длительному циклическому увлажнению; разработка методика оценки состояния материалов в системах кладочного типа исторических конструкций ОКН на основе предложенного критерия – индекса деструкции.

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе возникло несколько вопросов и замечаний:

1. Автору не удалось выявить одновременного влияния увлажнения и знакопеременных температур на физико-механические свойства архитектурных материалов. В рабочей гипотезе и цели исследования заявлено рассмотрение влияния влаги «в том числе с учетом знакопеременных и отрицательных температур», однако в практической части исследования данный аспект не получил достаточного экспериментального подтверждения.
2. Несмотря на большое количество экспериментальных данных, из работы остается неясной погрешность измерений при работе с микрокернами диаметром 7 мм, а также степень достоверности представленного критерия (индекса) деструкции, в частности, как соотносятся полученные автором результаты исследований по предложенным методикам с аналогичными исследованиями по данным литературных источников.
3. Не представлены возможные мероприятия и рекомендации, направленные на реставрацию утраченных свойств материалов. Диссертация фокусируется на диагностике и оценке состояния, однако практические рекомендации по восстановлению материалов могли бы повысить прикладную ценность работы.

4. Отсутствует информация о влиянии времени хранения образцов до начала исследований на их влажностные характеристики, что может иметь значение для точности полученных результатов.
5. Не полностью раскрыта методика идентификации типа соли в образцах, что важно для понимания механизма деструкции, особенно в контексте кристаллизационного механизма разрушения.
6. Недостаточно обоснован выбор 25 циклов замораживания-оттаивания для оценки морозостойкости в условиях микроразмеров образцов.
7. Какова граница применимости предложенного индекса деструкции? Можно ли его использовать для материалов с пористостью выше 40% или ниже 10%?
8. Какова корреляция между индексом деструкции и фактической несущей способностью каменной кладки как конструктивного элемента?
9. Из текста работы не ясно, какие конкретно правки были внесены автором в ГОСТ 55567-2013.
10. Какова экономическая эффективность внедрения разработанной методики по сравнению с традиционными методами обследования?

Высказанные замечания не снижают ценности работы, а только подтверждают необходимость дальнейших исследований.

Заключение о соответствии диссертации критериям, «Положению о порядке присуждения ученой степени»

Актуальность, научная новизна и практическая значимость научно-квалификационной работы Шейкина Е.В. несомненны. Полученные результаты соответствуют уровню кандидатской диссертации по рассматриваемой специальности. Несмотря на приведенные выше замечания, считаю, что они в итоге не оказывают решающего влияния на положительную оценку работы, которая вносит вклад в научные основы процессов влияния влаги на физико-механические свойства пористых материалов каменной кладки и на исследования исторических конструкций объектов культурного наследия в целом.

Диссертация написана грамотным литературным языком, хорошо читается. Автореферат составлен с соблюдением установленных требований, его содержание соответствует основным положениям диссертации. Результаты проведенных исследований прошли апробацию докладами на международных и всероссийских конференциях и нашли отражение в 11 изданиях, в том числе, включенных в перечень ВАК РФ (3 статьи).

Проведенный анализ диссертационной работы Шейкина Евгений Валерьевича позволяет сделать вывод о том, что она соответствует требованиям п.9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача, имеющая существенное значение для развития строительного материаловедения, состоящая в оценке влияния влажности материалов каменной кладки на их физико-механические свойства в исторических конструкциях памятников архитектуры.

Считаю, что соискатель, Шейкин Евгений Валерьевич, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 – Строительные материалы и изделия.

Официальный оппонент

и.о. заведующего кафедрой «Естественные науки и техносферная безопасность», доктор технических наук (2.1.5. - Строительные материалы и изделия), доцент

Красильников Игорь Викторович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный политехнический университет»

153000, Центральный федеральный округ, Ивановская область, г. Иваново, Шереметевский пр-т, 21

E-mail: rector@ivgpu.ru.

Тел.: +7 (4932) 32-85-45

Подпись Красильникова И.В. заверяю:

Проректор по *научно-исследовательской деятельности*

А.Ю. Матрохин

