

[Handwritten signature]

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» о диссертации Водяникова Михаила Алексеевича «Несущая способность и деформативность углепластиковых нагельных соединений деревянных конструкций, работающих в агрессивной среде», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

1. Актуальность темы исследования

Многолетний опыт мониторинга технического состояния строительных конструкций, эксплуатируемых в условиях химически агрессивных сред, в частности, в условиях соляной агрессии верхнекамских месторождений калийно-магниевых солей показал, что наиболее коррозионностойким материалам в условиях эксплуатации является древесина. За 50 и более лет эксплуатации практически не было случаев аварий, связанных с химической коррозией древесины. В то же время узлы соединений деревянных и деревоклеенных конструкций, выполненные в виде стальных пластин, нагелей, резьбовых стержней подвержены из-за влияния среды ускоренным процессам коррозии. Как следствие, коррозия деталей является наиболее частой причиной аварийных ситуаций, а также превентивного демонтажа большепролетных деревянных конструкций.

В диссертационном исследовании Водяникова М.А. предложен способ замены ответственных соединительных конструктивных элементов, выполняемых из стали, углеродным композитом, что позволяет решить часть описанных выше проблем. В

Российской Федерации с 2010 года действует Государственная Дорожная Карта «Использование нанотехнологий в производстве углеродных волокон и продуктов на их основе», отражающая структуру стратегического развития производства углеволокна и материалов на его основе. Тем не менее, на практике применение композитов в строительных конструкциях ограничивается из-за отсутствия корректных методов расчета и нормативной документации. Поэтому, развитие теоретических положений расчета, разработка рекомендаций по изготовлению и эксплуатации, обоснование экономической эффективности применения углеродных композитов, является **актуальным**.

2. Анализ структуры и содержания диссертации

Содержание диссертации изложено на 157 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения, содержащего основные выводы по диссертации, списка литературы из 109 источников и двух приложений, включающего акт о внедрении.

Текст диссертации изложен логично, связано и последовательно.

Объем, структура и оформление диссертационной работы соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Содержание автореферата отражает выносимые на защиту основные положения и соответствует представленной диссертации. Диссертация и автореферат соответствует требованиям Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О присуждении ученых степеней».

Во *введении* раскрыта актуальность диссертационного исследования, поставлены цели и задачи, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость, научные положения, выносимые на защиту.

В *первой* главе выполнен анализ существующих работ, выполненного на основании обзора научной литературы о современном решении задач по проектированию узловых соединений и монтажных стыков деревянных конструкций. Описаны пути совершенствования существующих решений, рассмотрены работы российских и зарубежных авторов. Обзорная глава в целом выполнена на высоком уровне, с оценкой нерешенных вопросов.

Во *второй* главе диссертации внимание автора посвящено вопросам влияния соляной агрессивной среды на конструкции из древесины и узловые соединения. Составлен прогноз несущей способности и технического состояния клееных деревянных конструкций складов, эксплуатируемых в таких средах на примере действующих промплощадок на территории Пермского края. Автором установлены параметры агрессии, приводящие к возможным авариям. Рассмотрено влияние солесодержания и влажности внутренней газовой среды сооружений на несущую способность непосредственно клееной древесины. Установлена скорость развития процессов коррозии стальных деталей. В выводах по главе предложено в качестве альтернативы

стальным деталям в узлах монтажных стыков рассмотреть применение углепластиковых деталей для обеспечения длительной эксплуатационной надежности строительных конструкций.

В *третьей* главе представлены результаты практических экспериментальных и теоретических исследований НДС цилиндрических нагелей из углеродного композита (углепластика) в сравнении со стальными, работающими в одинаковых условиях. Испытания выполнены на различном оборудовании с различными контролируемыми параметрами. Для оценки прочности конструкций соединений выполнены компьютерные модели, учитывающие нелинейность задачи с учетом контактного взаимодействия соединяемых элементов. Построены графики и показаны изополя интенсивности напряжений в конструкциях, выполнен сравнительный анализ границ применимости нагелей. В выводах по главе отмечается удовлетворительная корреляция между результатами эксперимента и численными расчетами, приведены данные о причинах разброса между значениями расчетных и экспериментально установленных величин.

Четвертая глава посвящена оценке напряженно – деформированного состояния деревянных балок с жестким узловым соединением на углепластиковых клеиваемых нагелях. Приводятся расчетные схемы, построены конечно-элементные модели балок, загружаемые по консольной и четырехточечной схеме изгиба. Большое внимание уделено оценке контактного взаимодействия в связи с многообразием напряженного состояния в этих зонах. Численная реализация нелинейной краевой задачи с определением НДС конструкции осуществлялась пошаговым методом приложения нагрузки. По итогам численных расчетов выполнены натурные образцы и проведены экспериментальные исследования с оценкой полученных результатов НДС конструкции, построены графики напряжений и деформаций в зависимости от количества и угла постановки клеиваемых стержней. Для верификации результатов расчета проводились натурные испытания балок до разрушения пошагово возрастающей нагрузкой. Сделаны выводы о работе балок и причинах разрушения композитной конструкции.

В *пятой* главе выполнена оценка экономического эффекта при внедрении узлов с применением композитных деталей. Оценка проведена в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов», утвержденными Приказом Минэкономки России № ВК 477 от 21.06.1999 путем сравнения вариантов: эталонного и предлагаемого.

В рамках поставленных целей и задач, диссертационное исследование можно считать логичным и завершенным, а выдвигаемые соискателем теоретические положения и сформулированные выводы являются новыми.

3. Соответствие содержания диссертации и автореферата заявленной специальности и теме диссертации, личный вклад соискателя

Диссертация соответствует заявленной научной специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения, по разделам: 2. «Обоснование и разработка конструкционной безопасности на основе математического моделирования с использованием автоматизированных средств исследований и проектирования»; 3. «Создание и развитие эффективных методов расчета и экспериментальных исследований вновь возводимых строительных конструкций наиболее полно учитывающих специфику воздействий на них, свойства материалов и специфику конструктивных решений»; 4. «Развитие методов оценки надежности строительных конструкций, здания и сооружений, прогнозирование сроков их службы при запроектных воздействиях».

Аннотация диссертации полностью соответствует ее содержанию.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач исследования, разработке расчетных моделей, выполнении всех расчетов, анализе теоретических результатов, постановке и проведении экспериментов с целью верификации теории, написании статей.

4. Достоверность результатов исследования

Достоверность результатов обеспечивается базированием на доказанных и корректно применяемых выводах из области фундаментальных и прикладных наук, соответствии результатов расчетов экспериментальным данным, а также данным существующих нормативных документов.

Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации последовательны, логичны, имеют убедительную аргументацию, не противоречат известным положениям древесиноведения, теории упругости анизотропных материалов и строительной механики.

5. Теоретическая и практическая значимость полученных результатов, рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Диссертационное исследование позволило решить важную научную задачу о методе расчета, конструктивных особенностях и рамках применимости углепластиковых соединений деревянных конструкций с целью обеспечения их длительной надежной эксплуатации в условиях агрессивных сред.

Предложенные алгоритмы расчетов могут быть использованы при проектировании узловых соединений и монтажных стыков КДК с применением углеродных композитных элементов на предприятиях с химически агрессивным микроклиматом эксплуатируемых сооружений. Основные результаты после соответствующего мониторинга в натурных условиях могут быть использованы при подготовке нормативных документов.

6. Научная новизна полученных результатов

- установлены параметры газовой среды в большепролетных складах хранения соли и их влияние на жизненный цикл клееных деревянных конструкций;
- определена скорость развития коррозии соединительных металлических элементов каркаса большепролетных арочных складов;
- получены новые зависимости напряженно – деформированного состояния конструкций с предложенным типом соединения и учетом параметров жесткости стыка;
- показаны картина и характер разрушения узла сопряжения в зависимости от нагрузки и конфигурации стыка;
- разработан алгоритм расчета прочности деревянных балок с жестким стыком на углепластиковых стержнях.

7. Замечания по диссертационной работе:

1. В тексте диссертации и автореферата не рассмотрена длительная эксплуатация углепластиков, что вызывает вопрос о состоянии и структуре полимерной матрицы композитов, деградации (старении) композитов после определенного срока службы.

2. Рассмотрены только композиты на углеродном волокне. Следовательно, с экономической точки зрения, вызывает интерес аналогичный эксперимент с применением базальтовых и стеклянных и др. волокон.

3. В представленных образцах отсутствуют указания способа закрепления стержней к пластинам, в то время как расчетом отмечено, что в этих зонах отмечены наибольшие напряжения.

4. Отсутствуют данные о стойкости предлагаемых узлов в условиях пожара. Было бы уместно дать рекомендации об огнезащитных мероприятиях таких конструкций.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку представленной диссертации и являются рекомендациями для учета в дальнейших исследованиях.

8. Заключение по диссертации

В соответствии с п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» диссертация Водяникова Михаила Алексеевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является завершенной научно – квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для использования композитных материалов в качестве узловых соединений и монтажных стыков несущих конструкций, эксплуатируемых в условиях химически агрессивных сред промышленных предприятий, что соответствует требованиям п.7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Водяников М.А, заслуживает присуждения ученой

