

## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента на диссертационную работу**

**Котлова Виталия Геннадьевича на тему «Процессы теплопереноса при напряжённо-деформированном состоянии нагельных соединений», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы (строительство)**

#### **Актуальность темы**

В представленной работе рассмотрен современный уровень развития науки в области разработки и совершенствования малоэтажного строительства за рубежом и в нашей стране, который позволил установить, что у населения достаточно высоким спросом в домостроении пользуются строительные конструкции, выполненные из экологически чистого материала. Одним из таких материалов, в частности, является древесина.

В диссертации справедливо отмечено, что более восьмидесяти процентов индивидуальных жилых домов в мире выполняются с применением деревянных конструкций, собранных с помощью нагельных соединений: металлических зубчатых пластин, цилиндрических и пластинчатых нагелей, коннекторов, нагельных групп и др.

Широкое распространение нагельных соединений в строительных технологиях определяется универсальностью их использования как при массовом индустриальном производстве в заводских условиях, так и при использовании непосредственно на строительных площадках.

Дополнительным, но весьма значимым фактором, определяющим эффективность применения нагельных соединений элементов деревянных строительных конструкций является широкий спектр предложений специализированных компаний и фирм, их работоспособность при квазистационарных воздействиях, в условиях периодически изменяющихся температурно-влажностных параметров средовых условий, эксплуатационная надёжность при статистических и динамических воздействиях.

Однако, в условиях экстремального сезонного изменения температуры и

влажности наблюдается негативное воздействие некоторых соединителей из металла на древесину. При этом нагельные соединения являются фактором, осложняющим условия эксплуатации строительных конструкций из древесины и древокомпозитных материалов.

В этой связи, автор справедливо отмечает, что учет процессов тепломассопереноса в нагельных соединениях элементов деревянных конструкций является актуальной задачей, решение которой позволит уточнить методы их расчета и повысить эксплуатационную надежность, долговечность, прочность, жёсткость и устойчивость строительных конструкций и узлов соединений.

Перечисленные соображения позволили соискателю аргументировано сформулировать цель диссертационной работы и задачи, подлежащие решению для её достижения.

На основе анализа трудов, посвященных теоретическим и экспериментальным исследованиям деревянных конструкций, следует отметить недостаточную изученность влияния температурно-влажностных параметров внутренней и внешней среды на устойчивость и надежность эксплуатации деревянных конструкций с такими нагельными соединениями. Таким образом, проблема изучения работоспособности нагельных соединений включает исследование не только свойств деловой древесины, но и поведения системы «металл-древесина» в целом, что делает представленную работу актуальной и своевременной.

### **Степень обоснованности положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

В соответствии с целью диссертационного исследования автор развивает научные основы разработки нагельных соединений деревянных строительных конструкций, обеспечения их прочности, жёсткости и долговечности при эксплуатации на основе математического моделирования процессов тепловлагодпереноса при динамических знакопеременных эксплуатационных условиях. Основанием для диссертационной работы служат проблемы, выявленные в результате анализа результатов отечественных и зарубежных исследований в области разработки и применения нагельных соединений конструкций из

древесины в условиях тепловлагопереноса при изменениях условий внешней среды.

Анализ научных исследований о строительных конструкциях и креплениях узловых элементов из древесины, их напряжённо-деформированном состоянии и воздействии среды на механические и теплофизические характеристики нагельных соединений, позволил установить причины разрушения древесины в контактных зонах со стальными нагелями, разработать концепцию и математические модели нестационарного тепловлагопереноса в древесине нагельного соединения с капиллярной конденсацией и испарением влаги. Разработанные теоретические положения, подкрепленные экспериментально, а также сформулированные по итогам работы выводы и рекомендации являются достаточно обоснованными и в полной мере отвечают на вопросы, сформулированные в задачах исследования.

Предложенные математические модели позволили определить изменение температуры и влагосодержания в объеме древесины во времени, а также изменение градиентов температуры и влагосодержания в системе «нагель-древесина»

Математическое моделирование основано на теории «микропроцессов», в соответствии с которой взаимодействие конструкции с окружающей средой представляется дискретной цепью стадий, на каждой из которых параметры среды постоянны, но скачкообразно меняются при переходе от одного этапа к другому.

Метод «микропроцессов» относится к полуаналитическим методам и позволяет свести краевую задачу к системе линейных однородных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Это так называемые прямые методы, сводящие решения дифференциальных уравнений к системам алгебраических линейных уравнений.

В результате решения краевой задачи методом преобразования Лапласа соискателем получены функции температуры в пределах отдельных слоев древесины и ее динамика во времени. Градиент температуры определен с использованием критерия Кирпичева, что позволило весьма корректно вычислить плотность теплового потока. Решение нестационарной задачи влагопереноса в

болтовом нагельном соединении выполнено на основе аналогичного математического подхода.

Наряду с моделями нестационарного тепловлагодпереноса в древесине болтового нагельного соединения получено решение задачи взаимосвязанных процессов конденсации, испарения и массопроводности влаги соединений на металлозубчатых пластинах.

Также, получены зависимости для градиентов температуры и влагосодержания по осям абсцисс и ординат декартовой системы координат.

В результате теоретических исследований была научно обоснована системная модель процесса создания надежных и долговечных строительных конструкций из древесины на основе тепломассопереноса в нагельных соединениях.

В третьем разделе автор высказал предположение о том, что влияние периодических процессов тепломассопереноса на деградацию механических характеристик древесины как строительного материала, работающего в условиях напряженно-деформированного состояния, связано с влиянием температуры на процесс разрушения молекул лигнина. Для оценки влияния температуры на предельно допустимое число циклов увлажнения и высыхания строительных конструкций из древесины, находящихся в напряженно-деформированном состоянии, автором было предложено использовать уравнение Аррениуса.

Произведенная оценка адекватности разработанных теоретических положений результатам экспериментальных исследований подтвердила высокую сходимость результатов математического моделирования с экспериментальными данными, что в полной мере доказывает справедливость основной концепции диссертационной работы о существенном влиянии периодически изменяющихся температурно-влажностных условий внешней среды на прочность, жёсткость (податливость), устойчивость и надежность работы нагельных соединений в составе строительных конструкций из древесины. Это в итоге позволило выработать научно-обоснованные рекомендации по практической реализации результатов работы для создания и обеспечения в эксплуатации надежных и долговечных строительных конструкций из древесины, отличающихся высокими показателями технико-

экономической эффективности.

Изложенные положения позволяют сделать заключение, что основные научные положения, а также выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, в достаточной мере обоснованы.

### **Научная новизна основных выводов и положений диссертации**

В результате решения задач, сформулированных в диссертационной работе, получен ряд новых научных результатов.

Прежде всего, следует отметить новый подход к решению значимой для строительной отрасли проблемы обеспечения эксплуатационной надежности соединенных стальными нагелями и/или нагельными группами строительных конструкций из древесины, на основе оценки значимости влияния периодических процессов тепломассопереноса, вызванных изменениями окружающей среды. Кроме того, в работе на основе применения автоматизированных систем контроля эксплуатационных характеристик в условиях периодического изменения природных факторов определен ресурс работы нагельных соединений.

Разработаны теоретические положения и математическая модель процесса нестационарного теплопереноса в структуре нагельного соединения элементов деревянных конструкций при периодическом изменении температуры среды эксплуатации.

Создана математическая модель нестационарного тепловлагопереноса в древесине болтового нагельного соединения в условиях капиллярной конденсации и испарения влаги.

Предложена и обоснована двухмерная математическая модель процесса взаимосвязанного тепловлагопереноса в древесине нагельных соединений с металлическими зубчатыми пластинами.

Разработана прикладная инженерная методика расчета прочностного ресурса и мониторинга тепломассообменных процессов в древесине нагельного соединения для определения его эксплуатационных показателей.

## **Значение диссертации для науки и практики**

В работе приведены результаты разностороннего анализа и созданы основы развития теоретических и прикладных вопросов создания нагельных соединений деревянных строительных конструкций и обеспечения их прочности, жёсткости, надёжности и долговечности в процессе эксплуатации на основе разработки и применения математических моделей процессов тепломассопереноса в древесине таких соединений при динамических знакопеременных эксплуатационных условиях.

Изложены разработанные автором научные положения и результаты теоретических и экспериментальных исследований, совокупность которых позволяет считать её существенным научным достижением, имеющим фундаментальный характер, поскольку внедрение в современную науку и строительную практику учета влияния процессов тепломассопереноса на состояние нагельных соединений деревянных строительных конструкций создает основы нового направления в прикладной науке.

В диссертации изложены проблемы методологии, сформулирована концепция, разработаны научные положения и приведены результаты исследований процессов тепломассопереноса при напряженно деформированном состоянии конструкций из древесины с нагельными соединениями.

Практическая значимость состоит в обеспечении прочности, жёсткости, надёжности и долговечности и в оценке ресурса эксплуатационных показателей строительных конструкций из древесины с нагельными соединениями.

Полученные научные положения и выводы убедительны, логичны, подтверждены сходимостью результатов моделирования и результатов эксперимента.

Обоснованность положений и выводов автора подтверждается внедрением результатов исследований в производство, а ряд результатов работы удостоен Государственной премии Республики Марий Эл в области архитектуры и строительства.

### **По диссертации имеются следующие замечания:**

1. Вопрос о напряженно-деформированном состоянии строительных конструкций из древесины с нагельными соединениями имеет важный аспект, связанный со строительным материаловедением. Это вопрос о решении задачи термоупругости, сформулированной для условий изменяющихся условий внешней среды, и прежде всего для ортотропных материалов. Какие решения использовались автором для решения этого аспекта диссертационных исследований?

2. В диссертации, автореферате и в ряде статей соискателя рассматривается решение краевой задачи теплопередачи от цилиндрического нагеля в объем древесины на основе преобразования Лапласа. Каждый раз это требует существенных вычислительных затрат при выполнении выкладок вручную. При многочисленных утомительных расчетах и применении справочника по операционному исчислению это ведет к неизбежным ошибкам. Рассматривал ли автор средства решения подобных вычислительных проблем особенно важных при внедрении результатов диссертации в работу инженеров-проектировщиков?

3. По нашему мнению, теоретические зависимости, полученные на основе фундаментального уравнения Аррениуса, для оценки влияния периодического изменения температуры и увлажнения на процесс разрушения молекул лигнина древесины строительных конструкций, находящихся в напряженно-деформированном состоянии, следовало бы исследовать более детально. В этой связи возникает вопрос о том, имеются ли у автора более подробные исследования данной проблемы?

4. Автор недостаточное внимание уделил процессам теплообмена в среде «нагель-древесина» с учётом анизотропии материала-древесины, изменению статико-геометрических параметров этой системы, как-то: коррозия металла, деструкция материала, изменение физико-химического состава древесины во времени и другие факторы.

## **Заключение о соответствии диссертации критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней»**

Актуальность, научная новизна и достоверность основных выводов и научных положений диссертации, научная ценность и практическая значимость диссертационной работы Котлова В.Г. несомненны и убедительны. Полученные результаты соответствуют уровню докторской диссертации по рассматриваемой специальности. Отмеченные замечания, в конечном итоге, носят характер уточняющих вопросов и пожеланий автору при проведении последующих исследований и, безусловно, не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, выполненной на основе обширных экспериментальных и теоретических исследований в актуальной области строительного материаловедения.

Автореферат составлен с соблюдением установленных требований, а его содержание отражает основные разделы и положения диссертации. Результаты проведенных исследований в должной мере опубликованы.

Содержание диссертации является последовательным и логичным на протяжении всей работы, разделы являются необходимыми и достаточными для достижения поставленных целей и решаемых задач. Работа является самостоятельным научным трудом, соответствующим по стилю написания и содержанию диссертационным работам. Выводы по диссертации доказательны, вытекают из результатов проведенных научных исследований.

Проведенный анализ диссертационной работы Котлова Виталия Геннадьевича позволяет сделать вывод о том, что работа соответствует всем критериям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Правительством РФ 24.09.2013г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение проблемы ресурсосбережения на основе разработанных математических моделей процессов тепломассопереноса в нагельных соединениях, что позволило посредством теоретических и экспериментальных исследований установить влияние этих процессов на эксплуатационные показатели и



характеристики нагельных соединений в деревянных и деревокомпозитных конструкциях.

На основании вышеизложенного полагаю, что автор диссертации Котлов Виталий Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы (строительство).

Официальный оппонент:

Д.т.н., профессор, научная специальность:

05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения»

профессор кафедры инженерных конструкций,

архитектуры и графики ФГАОУ ВО

«Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»

тел: +7-(818-2) 21-61-23

E-mail: sevned@mail.ru

Адрес: 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, 17

«22» апреля 2021 г.

**Лабудин  
Борис Васильевич**

