

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Аркаева Максима Александровича** на тему: «Усиление деревянных конструкций с использованием стальных витых крестообразных стержней», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

Актуальность диссертационной работы

Вопросы совершенствования существующих и создание новых типов механических связей для соединения элементов и усиления деревянных конструкций, несмотря на большое количество работ по данной тематике, требует внесения корректив в существующие методики расчета и конструирования. Существенным отличием таких связей, работающих в деревянных конструкциях, является их деформативность (податливость) за счёт обмятия гнезда, в котором установлена связь. Сложность исследования напряжённо-деформированного состояния нагельных соединений в значительной степени обусловлена сложностью работы материала. Обладая анизотропией прочностных и деформационных свойств, древесина при работе под нагрузкой проявляет нелинейный характер деформирования практически при всех видах напряжённого состояния. Если учесть, что при смятии в гнезде происходит модификация древесины, которая выражается в уплотнении материала и, соответственно, его упрочнении, большой проблемой становится не только учёт этого обстоятельства при анализе напряжённо-деформированного состояния соединения, но и составление адекватной расчётной схемы.

Автор диссертационной работы исследует стальные стержни крестообразного поперечного сечения витой формы. К настоящему времени в ряде работ приведены исследования рациональной формы таких стержней, различные способы их внедрения в древесину, получены данные о работе витых стержней на выдергивание. При этом информации о работе соединений на крестообразных витых стержнях при работе соединений на сдвиг при усилинии

деревянных конструкций недостаточно. Целесообразность и перспективность применения витых крестообразных связей, благодаря их высокой несущей способности, возможности забивки в древесину без предварительной рассверловки отверстий, фиксации элементов в проектном положении без вспомогательных деталей не вызывает сомнений.

Таким образом, проблема развития способов восстановления и усиления деревянных конструкций с использованием стальных витых крестообразных стержней и совершенствование методики их расчета является **актуальной**.

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

В диссертационной работе разработан способ усиления деревянных конструкций при помощи стальных витых крестообразных стержней, на основе которого предложены рациональные конструктивные решения усиления растянутых, сжатых и изгибаемых несущих конструкций. При использовании численных методов анализа НДС автором предложены конечно-элементные параметрические модели соединения стальных витых крестообразных стержней с древесиной, а также усиливаемых при их помощи деревянных конструкций. Установлены закономерности влияния на работу соединений на стальных витых крестообразных стержнях размеров стержней, толщин деревянных элементов, направления волокон древесины. Уточнена методика расчёта соединений на витых крестообразных стержнях путём введения в расчёт корректировочных коэффициентов, учитывающих особенности работы связей в соединении. На основе экспериментальных исследований получены данные, в достаточно полной мере отражающие действительную работу таких соединений.

Автором обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, указаны научная новизна, теоретическая и практическая ценность, реализация результатов; приведены сведения об апробации работы.

Аркаевым М.А. проведён обзор работ, соответствующих теме диссертации, проанализированы основные принципы и известные методы усиления деревянных конструкций. Критический анализ традиционных типов механических связей, применяемых при усилении, позволил выявить ряд недостатков при их использовании и определить, что одним из рациональных видов связей является стальной витой крестообразный стержень. Обоснованы рациональные области применения таких стержней при усилении деревянных конструкций.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Расчетные модели, использованные автором диссертации, отражают основные особенности работы древесины и витых крестообразных стержней в соединениях. Достоверность полученных результатов обеспечена использованием обоснованных математических моделей задач строительной механики и теории упругости, объемом экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния соединений, использованием современного аттестованного измерительно-вычислительного оборудования и лицензионного расчетного программного комплекса, достаточной сходимостью полученных теоретических и экспериментальных данных.

Автором разработаны и внедрены в строительную практику рациональные способы усиления деревянных конструкций с применением стальных витых крестообразных стержней на основе предложенных практических методов расчёта соединений деревянных конструкций. Разработаны рекомендации по конструированию усиления деревянных конструкций при помощи стальных витых крестообразных стержней.

С использованием численных и экспериментальных методов исследована работа древесины на смятие в отверстиях витой формы крестообразного поперечного сечения при воздействии жесткого штампа. Исследования проведены с использованием численных методов при помощи программного

комплекса «Ansys». По результатам исследований получены зависимости сопротивления древесины при её сжатии и смятии при различных размерах жесткого штампа. Для твердотельного моделирования деревянного бруса были использованы объемные конечные элементы 1-го порядка тетраэдрической формы. Для увеличения точности расчета и контактного взаимодействия вблизи отверстия использовалась функция призматического слоя. При моделировании стержней в качестве конечных элементов были использованы объемные конечные элементы формы гексаэдра.

Автором проведены численные исследования соединений, выполненных с использованием витых крестообразных стержней. При изучении НДС соединений усиливаемых конструкций были выявлены параметры, влияющие на работу витых крестообразных стержней, определены прочностные и деформационные характеристики одно- и двусрезных соединений. Также проведены исследования балки, усиленной путем увеличения поперечного сечения дополнительным слоем с присоединением его к основной балке на витых крестообразных стержнях. На основе результатов численных исследований предложена методика практического расчета предложенного способа усиления на витых крестообразных стержнях.

При проведении экспериментальных исследований были испытаны натурные образцы соединений и усиленных балок. Всего было испытано 108 соединений и четыре балки длиной 3,0 м на кратковременные и длительно действующие нагрузки. Разработана методика проведения кратковременных и длительных испытаний, разработана и изготовлена экспериментальная установка для проведения, проведён анализ полученных результатов. Отмечается удовлетворительная сходимость результатов численных и экспериментальных исследований.

Замечания по диссертационной работе

1. Применение для витых крестообразных стержней высокопрочной термически упрочнённой стали марки 40Х в соединениях деревянных

конструкций недостаточно обосновано. Учитывая, что модуль упругости стали марки 40Х примерно на 2% выше обычной углеродистой стали, повышение изгибной жёсткости стержня весьма незначительно по сравнению с применением конструкционных сталей обычной или повышенной прочности.

2. Автор при оценке прочности стального стержня оперирует пределом текучести стали σ_t . В современных строительных нормах СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции» используют нормативное сопротивление стали, принятое по пределу текучести R_{up} , или расчётное сопротивление, принятое по пределу текучести R_y . Автору следовало использовать данные прочностные характеристики стали.

3. При проведении численных исследований автор не учитывает переменную изгибную жёсткость стального крестообразного витого стержня по длине.

4. Отсутствуют экспериментальные исследования образцов соединений на длительные нагрузки. При анализе результатов длительных испытаний составной балки следовало учитывать длительную прочность и деформативность соединений.

5. Отсутствуют исследования деформативности соединений при различных углах расположения волокон древесины относительно усилий. При этом автор предлагает схемы усиления деревянных конструкций, когда смятие в гнезде стержня происходит под углом к волокнам.

Следует отметить, что приведенные замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа Аркаева Максима Александровича «Усиление деревянных конструкций с использованием стальных витых крестообразных стержней» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых

степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. (с изменениями на 2 августа 2016 года), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, и в ней на основании выполненных автором исследований решена актуальная научная задача конструирования и расчёта стальных крестообразных витых стержней при усилении деревянных конструкций, имеющая существенное значение для развития конструктивных решений строительных конструкций.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Диссертационная работа изложена ясно и лаконично, в ней применяются логичные формулировки и общепринятые технические термины. Имеется четко выраженная структура, показывающая завершенность проделанной работы и подчеркивающая высокую компетенцию автора в исследуемых им вопросах. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и даёт представление о её научной и практической ценности.

В диссертации приведены сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов, а также имеются рекомендации по использованию научных выводов.

Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Материалы диссертационной работы докладывались автором на международных и всероссийских научных конференциях; опубликована 21 печатная работа, в том числе семь статей в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК Минобрнауки РФ. Получено два патента РФ на изобретения.

Анализ литературных источников и результаты собственных экспериментальных исследований оформлены в соответствии с правилами

научного цитирования и заимствования. Имеются ссылки на труды западных и отечественных авторов.

На основании вышеизложенного считаю, что автор диссертации **Аркаев Максим Александрович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения (отрасль науки – технические).

Официальный оппонент,

доктор технических наук (научная специальность 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения), доцент, заведующий кафедрой «Городское строительство и хозяйство» ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
Телефон: (915) 507-23-27
E-mail: aturkov@bk.ru

Турков Андрей Викторович



27 июля 2017 г.

302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д.95,
Российская Федерация.
Телефон: (4862) 75-13-18
E-mail: info@oreluniver.ru

Учёный секретарь Учёного совета
ФГБОУ ВО «Орловский
государственный университет
И.С. Тургенева», к.б.н., доцент



Чаадаева Наталья Николаевна

27 июля 2017 г.