



## УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора

по научной работе

АО «НИЦ «Строительство»,

доктор технических наук, профессор

Звездов Андрей Иванович

2017 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Аркаева Максима  
Александровича «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

Диссертационная работа Аркаева М.А. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 185 наименований и приложения. Общий объем работы – 190 страниц, в том числе 65 рисунков, 20 таблиц, 6 страниц приложения.

### Актуальность темы диссертации.

Рассмотренная диссертационная работа Аркаева М.А. посвящена актуальной задаче усиления несущих деревянных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений различного назначения, широко распространённых на территории Российской Федерации. Необходимость усиления деревянных конструкций также возникает при реконструкции зданий и сооружений, связанной с техническим перевооружением предприятий, реставрации памятников архитектуры и культурного наследия, ремонте уникальных деревянных сооружений.

Выбранная диссидентом тема представляет интерес не только для научных и специалистов в области исследования деревянных конструкций. Создание и использование новых типов соединительных элементов, техноло-

С отзывом однокомиссион 4 сентября 2017 года. Григорий

гичных на монтаже, позволяющих эффективно включить в работу элементы усиления и исключающих демонтаж основной конструкции, является актуальной задачей, стоящей перед инженерами-проектировщиками и инженерами-технологами, занимающимися вопросами усиления деревянных конструкций. Одним из путей решения такой задачи является применение механических связей в виде стальных витых крестообразных стержней.

Стальные стержни витого крестообразного сечения нашли свое применение в практике строительства в качестве связей, работающих на выдергивание.

Вопросы влияния различных факторов на напряженно-деформированное состояние древесины несущих элементов при внедрении в нее стальных механических связей различного поперечного сечения без предварительной рассверловки отверстий остаются актуальными для исследования, поскольку оказывают непосредственное влияние на несущую способность и деформативность деревянных конструкций. Следует отметить, что, прежде всего, актуальность темы докторской диссертации определяется отсутствием в нормативно-технической литературе экспериментальных и теоретических сведений о методах конструирования и расчета несущих конструкций, усиленных с применением стальных витых крестообразных стержней.

Экспериментально-теоретическое обоснование возможности применения рассматриваемых стержней для усиления деревянных конструкций ускорит использование перспективного типа механических связей в практике строительства.

В связи с этим, представленная на отзыв докторской диссертация является своевременной, актуальной и соответствует специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

### **Оценка содержания диссертации и ее завершенности**

*В первой главе* диссертации изложено состояние вопроса, проведен анализ известных методов усиления деревянных конструкций и типов механиче-

ских связей, используемых при усилении. Определены рациональные пути использования стальных витых крестообразных стержней при усилении конструкций на основе древесины, конкретизированы цель и задачи исследований.

*Во второй главе* изложены методика и результаты теоретических и экспериментальных исследований работы древесины при ее смятии в отверстиях жесткими штампами витой формы крестообразного поперечного сечения. Определены значения корректирующих коэффициентов, позволяющих определить значения временных сопротивлений древесины смятию в отверстии рассматриваемыми стержнями.

*Третья глава* посвящена теоретическим исследованиям соединений усиливаемых конструкций на стальных витых крестообразных стержнях.

Выполненные численные исследования позволили подтвердить возможность разработки практического расчета рассматриваемого способа усиления элементов деревянных конструкций на базе методики расчета узлов на цилиндрических нагелях.

Определено, что в практическом расчете необходимо учитывать полученные величины расчетного сопротивления смятия древесины под витым крестообразным стержнем, фактическое значение предела текучести примененной стали, а также геометрические характеристики стержня, равных минимальным значениям пластического момента сопротивления крестообразного поперечного сечения, соответствующего ориентации ребер  $0^0(90^0)$  относительно волокон древесины.

*В четвертой главе* приведены методика и анализ результатов экспериментальных исследований соединений на витых крестообразных стержнях и конструкций, усиленных с их использованием.

Проведенные испытания соединений и конструкций позволили обосновать усовершенствованную методику расчета, подтвердить достоверность результатов численных исследований и получить новые экспериментальные данные о напряженно-деформированном состоянии одно- и двусрезных со-

единений усиливаемых конструкций на витых крестообразных стержнях и составных балок, выполненных на их основе.

*В пятой главе* определена область применения витых крестообразных стержней в рамках усиления деревянных конструкций, изложены указания к производству работ по усилению. Приведены результаты сравнительного технико-экономического анализа на различных примерах усиления деревянных конструкций, подтверждающие целесообразность использования витых стальных крестообразных стержней.

**Достоверность положений, выводов и рекомендаций диссертации, их научная новизна, обоснованность и соответствие критериям, установленным Положением, предъявляемым к кандидатским диссертациям**

Обоснованность и достоверность основных результатов и выводов диссертации подтверждена применением обоснованных гипотез и положений со-противления материалов, теорий упругости и расчета деревянных конструкций, хорошей сходимостью результатов аналитических, численных и экспериментальных исследований, использованием современного аттестованного измерительно-вычислительного оборудования и лицензионных расчетных программных комплексов. Кроме этого, экспериментальные исследования выполнены на натурных конструкциях с применением дублирующих методов определения экспериментальных данных.

Объективность полученных результатов подтверждается также публикациями основных положений диссертации, в том числе в рецензируемых ведущих периодических изданиях страны, рекомендованных ВАК РФ.

**Значимость полученных автором диссертации результатов исследования для развития рационального проектирования строительных конструкций зданий и сооружений**

К теоретической значимости работы следует отнести то, что применительно к тематике диссертации эффективно использованы современные чис-

ленные методы, реализованные в высокопроизводительном программном комплексе ANSYS, что позволило изучить закономерности влияния геометрических и конструктивных параметров витых крестообразных стержней на прочность и деформативность усиливаемых растянутых и изгибаемых деревянных конструкций, учитывая сложную геометрическую форму витых крестообразных стержней и соответствующих ответных отверстий.

Изложенные результаты теоретических исследований позволили модернизировать алгоритмы расчета, вывести и обосновать экспериментально-теоретические аппроксимационные формулы, позволяющие выполнять расчет различных вариантов усиления деревянных конструкций с применением стальных витых крестообразных стержней.

**Практическая значимость** работы заключается в разработке новых способов усиления деревянных конструкций с использованием витых крестообразных стержней, создании и обосновании практической методики расчёта и разработке рекомендаций по конструированию и выполнению работ по усилению при помощи рассматриваемых стержней, что может быть использовано при разработке нормативных документов.

### **Научная новизна полученных результатов исследования.**

В качестве новых научных результатов диссертантом выдвинуты и обоснованы следующие положения:

1. Разработан новый способ усиления деревянных конструкций при помощи стальных витых крестообразных стержней, внедряемых в массив древесины без предварительной рассверловки отверстий, на основе которого предложены эффективные конструктивные решения восстановления эксплуатационной надежности растянутых, сжатых и изгибаемых несущих конструкций.

2. Предложены оригинальные адекватные конечно-элементные модели соединения стальных витых крестообразных стержней с древесиной, позволяющие определить и проанализировать основные компоненты напряженно-деформированного состояния соединения.

3. Созданы твердотельные конечно-элементные модели усиливаемых деревянных конструкций с предложенным типом механических связей, позволившие оценить напряженно-деформированное состояние усиливаемых конструкций в целом при их работе на сжатие, растяжение и изгиб.

4. Установлены закономерности влияния на работу соединений с применением стальных витых крестообразных стержней их геометрических параметров, параметров усиливаемых деревянных элементов, с учетом анизотропии древесины и типа соединения.

5. Доказана перспективность применения разработанного способа усиления деревянных конструкций, позволяющего восстанавливать их требуемую степень прочности и жесткости при уменьшении расхода древесины, стали и снижении трудоемкости работ в сравнении с известными аналогами.

6. Введены в практическую методику расчета предложенного способа усиления деревянных конструкций новые формулы и корректировочные коэффициенты, позволяющие учесть реальную работу стальных витых крестообразных стержней в соединении усиливаемых и усиливающих элементов.

7. Получены новые экспериментальные данные, в достаточно полной мере отражающие действительную работу разработанных способов усиления деревянных конструкций под действием кратковременных и длительных нагрузок.

Предложенные в работе численные методы и практические методики расчета разработанного автором способа усиления делает проведенное исследование значимым с точки зрения применения новых эффективных типов механических связей в практическом строительстве.

### **Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования**

Результаты диссертационной работы рекомендуется внедрить в практику проектирования и выполнения работ по усилению деревянных конструкций с использованием витых крестообразных стержней; продолжить

соответствующие исследования в научно-исследовательских организациях, занимающихся проектирование новых и усилением существующих деревянных конструкций с использованием новых типов соединительных связей, с последующим включением результатов в рекомендательные и нормативные документы по усилению деревянных конструкций. Разработанная и обоснованная методика расчета может использоваться при разработке различных вариантов усиления сжатых, растянутых и изгибаемых деревянных конструкций и их отдельных элементов.

Технико-экономическая оценка разработанных способов усиления с использованием стальных витых крестообразных стержней обосновывает и практически подтверждает экономическую эффективность их внедрения в строительную практику.

С практическим применением результатов диссертационной работы выполнены работы по усилению стропильных и балочных конструкций на восьми объектах в г. Оренбурге и Оренбургской области. Кроме этого, материалы исследований и альбомы рабочих чертежей разработанных способов усиления деревянных конструкций переданы по запросу Правительства Оренбургской области в проектные организации и институты для внедрения. Опытно-конструкторские разработки используются в курсовом и дипломном проектировании студентами ОГУ, обучающимися по направлению «Строительство» профилей «Промышленное и гражданское строительство» и «Городское строительство».

Содержание диссертации и публикации по теме исследования дают основание считать ее завершенной научной работой, выполненной на высоком уровне. Основные положения работы доложены на конференциях и опубликованы в 21 научном труде, семь из которых в российских рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК МОиН РФ.

### **Замечания:**

1. Вызывают сомнение принятые в численных решениях параметры контакта Frictionless (без трения) поверхностей стальных стержней с древесиной. После внедрения в древесину стержня без пилотного отверстия происходит обжатие стержня слоями древесины, что предопределяет присутствие сил трения. На наш взгляд автору необходимо провести дополнительные экспериментальные исследования по уточнению параметров контакта с последующим введением этих значений в расчет.
2. В диссертации не приведены рекомендации по обеспечению необходимого плотного контакта между усиливаемым элементом и элементом усиления до забивки соединительных витых крестообразных стержней при наличии в усиливаемом элементе, например, в балке, остаточного прогиба. Наличие зазора между элементами не обеспечит необходимую несущую способность усиленной конструкции, вызовет коррозию свободной части соединительного витого стержня.
3. В диссертации содержится мало информации о конструктивных параметрах и технологии изготовления витых крестообразных стержней.
4. В исследовании не нашло отражения влияние температурно-влажностных воздействий на несущую способность соединения.
5. В главе №4 не достаточно подробно разработана методика оценки несущей способности соединений на витых стержнях, работающих на сдвиг.
6. В предложенном методе усиления балок деревянными накладками на витых нагелях, в опорных зонах конструкции для повышения сдвиговой прочности целесообразно рассмотреть дополнительно вариант установки наклонных витых стержней.

Следует отметить, что приведенные выше замечания не снижают общей положительной оценки рецензируемой работы. В большинстве своём они носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором в дальнейших исследованиях.

## **Заключение о соответствии диссертации требованиям Положения о присуждении ученых степеней**

Диссертационная работа Аркаева М.А. на тему: «Усиление деревянных конструкций с использованием стальных витых крестообразных стержней», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития рационального проектирования конструктивных решений зданий и сооружений, заключающейся в дальнейшем развитии теории расчета и расширении области применения стальных витых крестообразных стержней при усилении несущих деревянных элементов, являющимся эффективным способом обеспечения эксплуатационной надежности усиленных конструкций.

Предложенные автором диссертации конструктивные решения имеют существенное значение для строительной отрасли страны, аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Работа выполнена автором самостоятельно на достаточно высоком теоретическом и методическом уровне, содержит необходимые для понимания сути исследования рисунки, таблицы, формулы. Результаты диссертации внедрены на предприятиях стройиндустрии, занимающихся проектированием и выполнением работ по усилению деревянных конструкций жилых и общественных объектов, а также в учебном процессе высших учебных заведений.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Диссертация написана хорошим техническим языком, грамотно, стиль изложения доказательный. По каждой главе и работе в целом имеются выводы. Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в авторефе-

рате. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Структура, содержание и оформление диссертации и автореферата соответствуют требованиям нормативных документов.

На основании вышеизложенного полагаем, что Аркаев Максим Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Диссертационная работа, автореферат и отзыв рассмотрены и одобрены на заседании Научно-технического совета лаборатории «Несущих деревянных конструкций» № 9 ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» (протокол № 10/2017 от 27 июля 2017 года).

Доктор технических наук по научной специальности  
05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения,  
профессор, директор ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко  
АО «НИЦ «Строительство»  
8 (499) 171 2650, 8 (495) 766 8136  
vedyakov@gmail.com

Ведяков  
Иван Иванович

Кандидат технических наук по научной специальности  
05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения,  
заведующий лабораторией «Несущих деревянных конструкций»  
№ 9 ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко  
АО «НИЦ «Строительство»  
8 (499) 174 7745  
pogara@yandex.ru

Погорельцев  
Александр Алексеевич

« 03 » августа 2017 г.



Погорельцева И.И. и подпись Погорельцева А.А.  
Участник отдела кадров  
T.B. Смирнов