

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

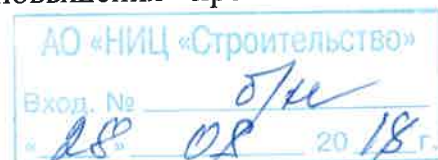
доктора технических наук, профессора Лабудина Бориса Васильевича
на диссертацию Стоянова Владимира Олеговича

«Прочность и деформативность изгибаемых деревянных элементов,
усиленных полимерными композитами», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности
05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

Актуальность. Многолетний опыт эксплуатации деревянных и деревоклееных конструкций (ДКК) показывает, что в условиях переменного температурно-влажностного режима или воздействия солнечной радиации довольно часто происходит расслоение как цельной, так и клееной древесины. Древесина в качестве конструкционного материала также находит широкое применение в отечественной и мировой практике в зданиях и сооружениях с агрессивной средой (склады минеральных удобрений и других химически активных веществ, бассейны и аквапарки, животноводческие комплексы, грибофермы и др.). Поэтому усиление деревянных конструкций (ДК) стальной арматурой часто невозможно или нежелательно. В таких сооружениях для повышения прочности и жесткости целесообразным является применение полимерных композитных материалов, обладающих по сравнению со стальной арматурой меньшим объемным весом, более высокими прочностными характеристиками и устойчивостью к агрессивным воздействиям эксплуатационной среды. Отсутствие зарубежных и отечественных норм и правил проектирования усиления деревянных конструкций полимерными композитными материалами, обусловлено недостаточным объемом исследований в данной области, что и подтверждает актуальность выбранной темы диссертационной работы Стояновым В.О.

Во введении автор обосновывает актуальность работы, формулирует цель и задачи исследований, оценивает теоретическую и практическую значимость работы, свой личный вклад, достоверность, апробацию и внедрение результатов.

В **первой** главе автор описывает современные достижения в области строительства из древесины, анализирует возможные причины возникновения необходимости усиления конструкций на этапах проектирования и в процессе эксплуатации. Приведен обзор существующих методов повышения прочности и



жесткости ДК, отдельный параграф посвящен армированию, как наиболее эффективному методу усиления. Автором проведен анализ зарубежных и отечественных достижений в области армированных конструкций, на основании которых он обосновывает целесообразность применения полимерных композитов в качестве армирующего материала. В конце главы сформулированы цель и задачи исследований.

Вторая глава посвящена аналитическим исследованиям армированных деревянных конструкций. Описаны особенности работы древесины и полимерных композитов, определены основные гипотезы и допущения, принимаемые при расчете армированных деревянных конструкций, дан алгоритм вычисления приведенных геометрических характеристик поперечных сечений.

В главе приведена методика расчета по первой и второй группе предельных состояний для усиления продольным армированием по всей длине как проектируемых, так и эксплуатируемых конструкций.

Одним из основных сдерживающих факторов в распространении полимерных композитов является их высокая стоимость. Автором, с целью экономии армирующего материала, разработан метод усиления продольным армированием только в зонах действия максимальных нормальных напряжений. Разработан метод восстановления несущей способности изгибаемого элемента с дефектом в растянутой зоне «локальным» армированием, предполагающий постановку полимерного композита только на участке с дефектом.

Традиционное поперечное армирование наклонно вклеенными стальными стержнями также предложено заменить армированием стержнями из полимерных композитов. Приведена методика проектирования усиления балок составного сечения и балок с продольными трещинами.

Третья глава. В диссертационной работе с целью изучить напряженно-деформированное состояние армированных деревянных конструкций выполнены численные исследования в программном комплексе «ANSYS». Для исследований приняты балки размерами 100×350×3500 мм.

В ходе исследований автором изучена эффективность усиления в зависимости от типа полимерного композита и его удаленности от нейтральной оси конструкции. При усилении конструкции только на участках действия максимальных напряжений, изучено НДС древесины в зоне обрыва армирующего материала, установлена зависимость

величины нормальных напряжений в зоне концентрации от длины анкеровки материала. В ходе исследований моделировалась балка с дефектом в растянутой зоне, усиленная на данном участке полимерным композитом. Было рассмотрено три варианта расположения композита и показано, что во всех случаях усиление обеспечивало высокую эффективность. Подтверждена возможность использования композитной арматуры в качестве связей сдвига в составном элементе, изучена работа наклонно вклеенного стержня. Установлена величина коэффициента $k_{ж}$ для учета податливости связей в составных элементах.

В четвертой главе приведено описание и результаты экспериментальных исследований. Размеры балок для испытаний и методика проведения экспериментов приняты аналогичными с численными исследованиями. Всего автором было испытано восемь балок. Четыре балки были усилены продольным армированием стеклопластиковыми стержнями и углепластиковыми ламелями. Армирование показало высокую эффективность: разрушение образцов происходило при нагрузках, превышающих расчетное значение более чем в два раза, жесткость конструкций повышалась на 15-20%. Три балки из общей серии были выбраны для исследований возможности восстановления их несущей способности при наличии дефекта в растянутой зоне. Рассмотрены варианты усиления углепластиковыми ламелями, композитами на основе углеродной ткани и стеклопластиковой арматурой. Во всех случаях прогибы усиленных балок показывали значения, приближенные к показателям балок без дефектов. Разрушение таких конструкций происходило по древесине вне зоны дефекта.

Соискателем была проведена серия испытаний на продавливание вклеенных стержней для определения возможности замены при наклонном армировании стальных арматурных стержней стеклопластиковыми. Проведенные испытания показали, что разрушение вклеенного стеклопластикового и стального стержня происходит одинаково – от скалывания древесины в клеевом шве, что подтверждает возможность замены стальной арматуры на стеклопластиковую. Испытания восьмой балки проведены с целью оценки эффективности работы стеклопластиковой арматуры в качестве наклонно вклеенных связей сдвига в элементе составного сечения. При таких связях составной элемент работает почти как балка сплошного сечения.

Результаты экспериментов показали хорошую сходимость с результатами расчетов и подтвердили ряд принятых теоретических предпосылок.

В пятой главе автор на основании отечественного, зарубежного, а также собственного опыта сформировал ряд рекомендаций по проектированию усиления и по производству работ при армировании конструкций. Следует отметить, что глава включает в себя меры по обеспечению огнезащиты усиливаемой конструкции.

В заключении по результатам проведенных исследований автором сформулированы основные выводы и рекомендации

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Сформулированные автором научные положения, выводы и практические рекомендации, выносимые на защиту, базируются на достаточном количестве экспериментальных исследований, выполненных на современном лабораторном оборудовании.

Часть выводов и рекомендаций подтверждены двумя патентами на изобретение и полезную модель, апробированы в лабораторных и производственных условиях.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований прошли апробацию в рамках обсуждения на российских и международных научно-технических конференциях, вошли в проекты новых нормативных документов.

Обоснованность выводов и рекомендаций подтверждается также несколькими публикациями в журналах и научных сборниках, индексируемых в базах цитирования РИНЦ и ВАК.

Достоверность полученных результатов обеспечена обширным объемом выполненных аналитических, численных и экспериментальных исследований, высокой сходимостью полученных результатов из теории и экспериментов.

Новизна работы заключается в разработанных методах усиления конструкций на участках действия максимальных напряжений, восстановления несущей способности балок с дефектами в растянутой зоне и продольными трещинами, а также разработанными рекомендациями по проектированию и производству работ по усилению.

Теоретическая значимость состоит в разработанных методах усиления и методиках расчета усиленных конструкций, в оценке влияния типа полимерного композита на эффективность усиления и определении зависимости величины

нормальных напряжений в древесине в зоне концентрации напряжений на «краях» армирующего материала.

Практическая значимость состоит в том, что разработанные методы усиления позволяют расширить применение полимерных композитов в строительстве, дают возможность сохранения внешнего облика конструкций объектов исторического и культурного значения. Результаты диссертационной работы Стоянова В.О. могут быть использованы при формировании нормативно-технических документов, в качестве отдельных рекомендаций при проектировании усиления деревянных конструкций.

Анализ содержания и оформления работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и трёх приложений. Основной текст изложен на 168 стр. и включает 113 рисунков, 8 таблиц, 145 источников литературы. Объём работы с приложениями 186 страниц.

Автореферат на 26 стр. отражает основное содержание диссертации. Диссертация выполнена на хорошем техническом уровне, содержание и последовательность текста логичны, необходимы и достаточны для решения поставленных задач и цели исследования.

Содержание диссертации соответствует п.п. 3 и 8 Паспорта специальности 05.23.01.

По тексту диссертации имеются следующие **замечания**:

1. Автор не упоминает о распространенной базальтопластиковой арматуре, которая по своим свойствам не уступает стеклопластиковой.
2. Расчетную несущую способность армированной конструкции следует определять с учетом длительной прочности полимерного композита и клеевого соединения композита с древесиной. Этот вопрос не нашёл отражения в работе.
3. Вклеивание стержней из полимерных композитов более технологично производить с верхней грани балки, для возможности заливки клеевой смеси в отверстия сверху вниз и равномерному ее распределению. В случае отсутствия доступа к верхней грани такое армирование произвести не всегда представляется возможным. В пятой главе следовало бы дать рекомендации по решению этой проблемы.
4. Не ясно, почему автор не сделал уточнение коэффициентов K_w для расчетов усиленных стеклопластиковой арматурой составных балок.

5. Технические характеристики древесины балок и композитов, как указывает автор на стр. 62, 63 диссертации и 13 стр. автореферата (3 глава) приняты по действующим СП и ТУ. Учитывая, что разброс этих характеристик для древесины может отличаться до 1,5 раз и более в зависимости от произрастания, целесообразно было бы получить их из собственных опытов по ГОСТ или, по крайней мере, оценить погрешность.

6. Экспериментальные исследования проводились только при отношении высоты балок к ширине 3,5 (350/100). Были бы интересны результаты с отношением 6...8, где наклонные стержни воспринимают главные напряжения.

7. На стр.93 двух, трёх, четырёхветвевые балки лучше бы назвать двух, трех и четырехъярусные.

Заключение

Несмотря на указанные замечания, диссертационная работа Стоянова В.О. «Прочность и деформативность изгибаемых деревянных элементов, усиленных полимерными композитами» является актуальной, законченной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-технические решения существующих проблем в области усиления деревянных конструкций.

Диссертация соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства №842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Стоянов Владимир Олегович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – «Строительные конструкции, здания и сооружения».

Доктор технических наук
(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»

Адрес: 163002, РФ, г. Архангельск,
наб. Северной Двины, д. 17,
кафедра ИКАиГ (27.1.14)
Тел.: 8 911 554-09-99, (8182) 21-61-23
E-mail: sevned@mail.ru
labudin@hotmail.ru

Лабудин Борис Васильевич