**Лукина Анастасия Васильевна. Совершенствование технологии восстановления деструктированной древесины в элементах деревянных конструкций: диссертация ... кандидата технических наук: 05.21.05 / Лукина Анастасия Васильевна;[Место защиты: Северный (Арктический) федеральный университет].- Архангельск, 2014.- 152 с.**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
АЛЕКСАНДРА ГРИГОРЬЕВИЧА И  
НИКОЛАЯ ГРИГОРЬЕВИЧА СТОЛЕТОВЫХ

На правах рукописи



**ЛУКИНА**

**Анастасия Васильевна**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕСТРУКТИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ  
В ЭЛЕМЕНТАХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Специальность 05.21.05 — Древесиноведение, технология и  
оборудование деревопереработки

ДИССЕРТАЦИЯ  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор С.И. Рощина

Владимир

2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОТОЯНИЯ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

ИССЛЕДОВАНИЙ 10

[1Л. Строение древесины 12](#bookmark4)

1. [Факторы разрушения древесины 13](#bookmark5)
2. Способы восстановлений деревянных балок в и пути их развития.. 19
3. Использование полимеров при восстановлении и ремонте

[деревянных конструкций 25](#bookmark68)

1. [Характеристики и области применения полимерных материалов... 31](#bookmark11)
2. [Цель и задачи исследований 38](#bookmark12)

[ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ФИЗИЧЕСКОЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛЕЙ ДРЕВЕСНО­КОМПОЗИТНЫХ КОНСРУКЦИЙ 39](#bookmark13)

1. [Выбор физической и математической модели древесины 39](#bookmark15)
2. Представление механических характеристик анизотропных

материалов 42

1. [Выбор физической и математической модели полимера 43](#bookmark17)
2. Расчет изгибаемых усиленных элементов деревянных

[конструкций 48](#bookmark14)

1. Расчет несущей способности импрегнированных полимерной

[композицией деревянных балок 50](#bookmark29)

1. Численные исследования напряженно-деформированного

состояния импрегнированных полимерной композицией деревянных балок 55

1. Результаты численного исследования импрегнированных

полимерной композицией деревянных балок 60

ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 68

з

1. Методика экспериментального исследования полимерных

композиций на основе эпоксидной смолы ЭД-20 68

1. [Объекты исследований 69](#bookmark36)
2. Методика и планирование эксперимента. Определение количества экспериментальных образцов полимерной

[композиции 72](#bookmark66)

1. [Технология изготовления образцов для испытаний 79](#bookmark41)
2. [Методика определения характеристик объектов исследований.... 79](#bookmark42)
3. Методика определения физико-механических и технологических

характеристик полимерной композиции 80

1. Методика определения прочностных позонных характеристик

[деревянной балки 84](#bookmark47)

1. [Статистическая обработка экспериментальных данных 87](#bookmark52)

ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОССТАНОВЛЕННОГО ДЕСТРУКТИРОВАННОГО УЧАСТКА БАЛКИ 90

1. [Характеристика полимерной композиции 91](#bookmark53)
2. Определение физико-механических и технологических свойств

[полимерной композиции 91](#bookmark55)

1. Определение прочностных характеристик полимерных

композиций при сжатии 94

1. [Определение технологических свойств полимерной композиции.. 97](#bookmark59)
2. Определение адгезионной прочности полимерной композиции.... 98
3. Результаты исследования прочностных позонных характеристик

[деревянной балки 101](#bookmark61)

1. [Сравнительный анализ результатов исследований 109](#bookmark64)

ГЛАВА 5. ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕСТРУКТИРОВАННЫХ ЗОН ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННЫХ

КОНСТРУКЦИЙ ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ 114

5 Л Область применения полимерной композиции при

восстановлении и ремонте деревянных конструкций 114

1. Технология восстановления работоспособности

деструктированных опорных зон деревянных элементов 115

1. Подготовительный этап технологического процесса

восстановления поврежденных участков элементов деревянных

конструкций 116

1. Технология импрегнирования полимерной композицией

деструктированных элементов деревянных конструкций 119

1. Проведение контроля операций по восстановлению участков

[балки с деструктированной древесиной 128](#bookmark75)

1. [Техника безопасности при проведении ремонтных работ 130](#bookmark76)
2. Опытные работы с применением древесно-полимерных

композиций при восстановлении памятников архитектуры 130

[ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ 135](#bookmark78)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 137

ВВЕДЕНИЕ

Древесину используют практически все отрасли народного хозяйства. Она обладает целым рядом ценных физико-механических и эстетических свойств, которые позволяют широко использовать ее в строительстве. Древесина прочна и легка, имеет хорошие теплоизоляционные свойства, способность без разрушения поглощать работу при ударных нагрузках, гасить вибрации, легко поддается механической обработке, склеиванию, удерживает металлические и другие крепления, обладает уникальной резонансной способностью. Она используется для производства строительных деталей и конструкций, домов, мебели, музыкальных инструментов, тары и спортивного инвентаря, а также для многих других целей.

Кроме того, древесина обладает высокими эстетическими свойствами. Это экологически «дружественный» человеку материал. Все большее значение приобретает малая энергоемкость получения древесины, которая в несколько раз ниже, чем у других конструкционных материалов. Древесина является лидером большой тройки мирового потребления строительных материалов и занимает первое место в цепочке: древесина-цемент-металл [106].

Большое достоинство древесины в том, что ее запасы возобновляемы. Отработавшая древесина поддается биологическому разложению и не загрязняет окружающую среду. В наше время, когда появились новые сплавы, различные пластмассы и бетонные конструкции, древесина не утратила своего значения. Сейчас она является наиболее распространенным видом строительных и поделочных материалов, применяемых в промышленности, строительстве, в сельском хозяйстве и быту.

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к традиционным, экологически чистым материалам, к числу которых относится древесина. Объясняется это тем, что современные технологии позволяют значительно улучшить её эксплуатационные свойства. Древесина становится более технологичным материалом и, следовательно, область её применения значительно расширяется.

Исследование свойств древесины были начаты еще в начале XX века Н.А. Филипповым, Н.Т. Кузнецовым, С.И. Ваниным, Л.М. Перелыгиным, Е.И. Савковым и др.

В 1940-1960-х годах важные исследования физических и механических свойств древесины провели Ю.М. Иванов, Ф.П. Белянкин, Н.Л, Леонтьев, А.Н. Митинский, П.Н. Хухрянский, В.Н. Быковский и д.р.; анатомии древесины -А.А. Яценко-Хмелевский, Е.В. Вихров, В.Е. Москалева; пороков и хранения древесины- А.Т. Вакин, С.Н. Горшин, Ф.И. Коперин и др. Изучение поведения древесины под нагрузкой во времени является предметом исследования многих ученых, как в нашей стране (Ю.М. Иванов, Ф.П.Белянкин, П.Н. Хухрянский, Б.Н. Уголев) так и за рубежом (Kollmann F., Bengtsoon С. и др.).

**Актуальность темы**

Древесина, применяемая в конструкциях деревянного домостроения, часто подвергается неблагоприятным эксплуатационным воздействиям. В изменяющихся условиях температурно-влажностного режима происходит биопоражение микроорганизмами органического материала, появление гнили и деструкция древесины, что приводит к потере эксплуатационной надежности элементов деревянных конструкций в целом.

В настоящее время применяют различные способы восстановления и усиления деревянных конструкций, базирующиеся в основном на выборочной замене пораженных участков конструкций цельной древесиной или металлом.

С появлением высокопрочных полимерных материалов стало возможным восстанавливать пораженные участки несущих деревянных конструкций. Такие полимеры позволяют обеспечивать достаточную термо-, огне- и морозостойкость усиливаемых элементов из древесины, повышают их биостойкость.

Предлагаемый метод ремонта и восстановления деструктивных опорных зон элементов в деревянных конструкциях, рассматриваемый в диссертации, заключается в импрегнировании в дефектную часть элементов деревянных конструкций полимерной композиции и создании полимер-древесной композиции в деструктивной зоне. Такой подход к восстановлению, является наиболее эффективным и перспективным, при этом необходимо провести дополнительные исследования разработки технологии восстановления деревянных конструкций.

Поэтому развитие направления восстановления деревянных элементов с разработкой рекомендаций по технологии импрегнирования деревянных элементов, ослабленных деструкцией древесины, является актуальной задачей, что определило тему диссертационного исследования.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования являются деревянные балочные конструкции с деструктированными зонами древесины. Предмет исследования — технология восстановления несущей способности деструктивных деревянных элементов путем применения композитных полимерных составов.

Цель **исследований** — исследование и разработка технологии восстановления участков деревянных конструкций с зонами локально деструктированной древесины.

Для достижения поставленной цели определены **задачи:**

* выполнить комплексный анализ методов ремонта, восстановления и усиления элементов деревянных конструкций;
* обосновать выбор физической и математической модели древесно­полимерной композиции;
* разработать компонентный состав полимерной композиции для восстановления деструктированных зон элементов деревянных конструкций;
* провести численные эксперименты для оценки НДС в деревянных балках с восстановленными опорными зонами;
* выполнить лабораторно-натурные исследования и дать оценку прочностным и технологическим свойствам полимерной композиции;
* разработать технические решения и технологию восстановления деревянных конструкций с локальными повреждениями.

**Научная новизна результатов исследований:**

* представлено научно-обоснованное решение задачи восстановления деревянных конструкций с локально деструктированными зонами;
* предложена расчетная математическая модель полимердревесной композиции, адекватно отражающая физико-механические свойства композитного материала;
* предложена методика прочностного расчета восстановления работоспособности элементов деревянных конструкций с зонами локально импрегнированной древесины.

**Методы исследования. В** процессе исследования использованы методы математического моделирования, натурного эксперимента, планирования экспериментальных исследований, теория вероятностей и математической статистики, методы тензометрирования с применением информационно­измерительной системы, современные вычислительные комплексы.

**Достоверность результатов** основывается на достаточном объеме теоретических и экспериментальных исследований с применением методов математического моделирования, теории планирования факторных экспериментов и статистической обработки результатов экспериментальных исследований, хорошей сходимостью результатов эксперимента с теоретическими предпосылками.

**Практическая ценность работы**

Научно-обоснованные технические и технологические решения могут быть использованы в проектах реконструкции, ремонта, реставрации деревянных зданий и сооружений.

**Реализация результатов работы**

Результаты работы использованы при разработке проекта реконструкции «Основного здания усадьбы Грузинских (Шорыгиных)» в ООО «Стройэкспертиза», г.Владимир. Результаты исследований использованы в учебном процессе Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых при изучении дисциплин «Конструкции из дерева из пластмасс»; «Обследование и испытание зданий и сооружений»; «Оценка технического состояния конструкций и их усиление при реконструкции и реставрации».

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных конференциях ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» в 2012... 14 гг.; Международном симпозиуме «Современные строительные конструкции из дерева и пластмасс» (г. Одесса, 2013г); Всероссийском жилищном конгрессе «Гражданский жилищный форум» (г. Санкт - Петербург, 2013г); Научно-практическом семинаре «Деревянное домостроение в условиях Европейского Севера» (г. Архангельск, 2013г.); Международной научно-технической конференции «Строительная наука-2014: теория, практика, инновации северо-арктическому региону» (г. Архангельск, 2014г.); «Молодежная научная школа- 2014» (г. Владимир, 2014г.)

На защиту выносятся следующие положения и результаты:

* результаты теоретических и экспериментальных исследований прочности полимерной композиции;
* результаты теоретических и экспериментальных исследований опорных зон элементов деревянных конструкций, импрегнированных полимерной композицией;
* методика расчета деревянных балок с учетом особенностей расположения древесно-полимерной композиции в опорных зонах;
* практические рекомендации по восстановлению и усилению деструктированных участков опорных зон деревянных балочных конструкций.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 14 работ, в том числе три в изданиях по перечню ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, библиографического списка, включающего 183 наименования, изложена на 152 страницах, содержит 78 рисунков и 23 таблицы.

**ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

**На основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований получены следующие выводы и результаты:**

1. Исследована и разработана технология восстановления локально деструктированных участков опорных зон деревянных балочных конструкций.
2. Проведен комплексный анализ методов ремонта, восстановления и усиления опорных участков элементов деревянных конструкций с локально деструктированными зонами.
3. Обоснован выбор физической и математической модели древесно-полимерной композиции в составе элементов деревянных конструкций с локальным повреждением опорных зон.
4. Разработана и научно-обоснована рациональная по

компонентному составу рецептура полимерной композиции на основе эпоксидной смолы для восстановления поврежденных участков опорных зон деревянных конструкций, которая позволяет модифицировать капиллярно­пористую структуру деструктированной древесины.

1. Выполнен численный эксперимент силового сопротивления с восстановленными опорными зонами деревянной балки с восстановленными опорными зонами путем модификации деструктированной древесины. Установлено, что расхождение инженерного метода с результатами численного эксперимента по прочности составляет 5...7%, по жесткости 8­12%.
2. На основе экспериментальных исследований определены значения прочностных и технологических свойств полимерной композиции. Установлено, что прочностные свойства модифицированной древесины по сравнению с деструктивной возрастают: при сжатии в 3 раза, прочность при скалывании в 2,25 раза. Повышаются адгезионно-когезионные характеристики соединения и эксплуатационная надежность элементов деревянных конструкций.
3. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность восстановления работоспособности древесины, ослабленной деструкцией путем использования полимерной композиции.
4. Разработаны технологические решения и рекомендации по восстановлению деструктивных участков опорных зон деревянных конструкций.
5. Разработанные технические решения восстановления деревянных балок с ослабленными деструкцией древесины, рекомендованы для использования в гражданском малоэтажном строительстве, а также для восстановления памятников архитектуры. Результаты исследований рекомендованы для внесения в нормы проектирования деревянных конструкций.
6. Разработаны общие практические рекомендации по применению метода импрегнирования для восстановления работоспособности деревянных балок, ослабленных деструкцией.

Предложена и обоснована схема зондирования отверстий для восстановления деструктированных участков опорных зон элементов деревянных конструкций.