

На правах рукописи

Скориданов Роман Виталиевич



**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПОВЫШЕНИЯ
ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ТРЕХСТОРОННИМ СЖАТИЕМ**

05.21.05 - Дровесиноведение, технология и
оборудование деревообработки

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Воронеж - 2004

Работа выполнена в Воронежской государственной лесотехнической академии

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Шамаев Владимир Александрович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Разиньков Егор Михайлович

кандидат технических наук
Томин Александр Анатольевич

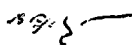
Ведущая организация Воронежский государственный технический
университет (г. Воронеж, Московский пр-т., 14)

Защита состоится «24» декабря 2004 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.034.02 при Воронежской государственной лесотехнической академии по адресу: 394613, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8, зал заседаний - ауд. 118.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Воронежской государственной лесотехнической академии.

Автореферат разослан 17 ноября 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Курьянов В.К.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Современный рынок конструкционных материалов представлен широким ассортиментом втулок и подшипников скольжения, изготовленных из цветных и черных металлов (чугун, бронза, баббит), различных видов полимеров и пластиков (капролактамы, полиамид, текстолит). Спрос на подшипники постоянно растет, вследствие развития экономического сектора горнорудных, нефтегазодобывающих и металлургических производств.

Важным условием, обеспечивающим бесперебойную добычу и качественную обработку материалов этих производств, является безаварийная работа узлов и механизмов в тяжело нагруженных агрегатах, задействованных в производстве (тракторы, экскаваторы, краны, конвейеры, прокатные и протяжные станы, рольганги).

При использовании в узлах трения таких механизмов металлических или пластиковых подшипников, снижается срок службы рабочих узлов и происходит быстрый износ дорогостоящих подшипников.

Уже более 30 лет развивается направление использования подшипников скольжения из механически уплотненной древесины, обладающей более низкой стоимостью и хорошими прочностными и триботехническими характеристиками. Это направление также решает вопрос о рациональном и комплексном использовании древесины в области деревопереработки.

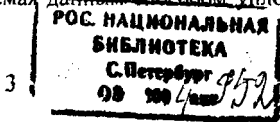
За последнее десятилетие интерес к этой области деревообработки несколько угас, но в настоящее время наблюдается большой интерес к производству уплотненной древесины и изделий из нее. Доказательством того служит запуск поточной линии по производству прессованной древесины марки «Деста» на ООО фирме «Олми» г. Воронеж и намерения расширить выпуск различных видов прессованной древесины.

Поиск новых материалов и способов их производства для получения конструкционного материала на основе древесины с высокими прочностными показателями является и сейчас актуальной задачей.

Цель и задачи исследования. Целью работы являлось обоснование и разработка способов повышения прочности древесины технологическим воздействием трехстороннего сжатия.

В соответствии с целью работы предстояло решить следующие задачи исследования: исследовать закономерности формирования прочностных свойств древесины; установить влияние энергии ультразвукового и магнитного полей на формирование прочностных свойств древесины; провести активный эксперимент с целью математического моделирования и многокритериальной оптимизации процесса; получить древесину с плотностью древесинного вещества; исследовать основные физико-механические и эксплуатационные свойства уплотненной древесины; установить технико-экономическую эффективность производства и применения изделий из прессованной древесины.

Объекты исследования. Объектом исследований является способ трехстороннего уплотнения древесины и получаемая ~~данном способом~~ уплотненная древесина.



Методика исследований. Исследования проводились на основе теоретического и экспериментального изучения процесса трехстороннего уплотнения древесины. Методика исследований соответствовала общепринятой в деревообработке, и соответствует ГОСТам. Полученные результаты обрабатывались методом математической статистики с использованием стандартных пакетов прикладных программ для персональных компьютеров.

Научная новизна. Впервые получен древесный материал, с прочностью при сжатии вдоль волокон достигающей 230 МПа. Разработан способ технологического воздействия последовательного трехстороннего (вдоль волокон, в радиальном и тангенциальном направлениях) уплотнения древесины. Определены оптимальные режимы технологического воздействия уплотнения. Получены уравнения зависимостей физико-механических свойств древесины от технологических факторов. Исследованы физико-механические и эксплуатационные свойства трехсторонней уплотненной древесины ДП-ЗН. Установлено влияние ультразвука и импульсного магнитного поля на механические свойства уплотненной древесины.

Практическая ценность. Предложен новый способ получения уплотненной древесины, отличающейся высокими прочностными показателями, на основе которого разработана технология полупромышленного производства уплотненной древесины с повышенной прочностью ДП-ЗН, защищенная патентом РФ. Применение трехсторонней уплотненной древесины как подшипникового материала в прокатных и проволочных станах металлургических и др. предприятий, для увеличения сроков службы подшипников и узлов трения.

Положения, выносимые на защиту:

- Обоснование трехстороннего уплотнения древесины;
- Обоснование возможности получения древесины с плотностью древесного вещества;
- Математические модели процесса получения высокопрочной древесины;
- Установление оптимальных режимов технологического воздействия трехстороннего уплотнения;
- Показатели свойств нового материала;
- Влияние ультразвука и магнитного поля на уплотненную древесину;
- Технологическая схема производства уплотненной древесины с повышенными прочностными свойствами.

Достоверность. Научных положений и выводов подтверждена адекватностью математических моделей, относительной погрешностью результатов не превышающей допустимое значение 5 %, математической обработкой результатов экспериментальных исследований с применением ЭВМ, экономической эффективностью применения разработанной технологии в производстве.

Апробация работы. Научные положения и результаты диссертационной работы докладывались на Международной научно-технической конференции (Миасс, 2003 г.), на ежегодных научно-практических конференциях ВГЛТА 2001-2004г.

Публикации. По результатам научных исследований опубликовано 4 печатные работы и получено 2 патента РФ на изобретение.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка использованной литературы и приложений. Изложена на 116 страницах машинописного текста и содержит 31 рисунок, 21 таблицу, 6 приложений, список использованной литературы 139 наименований, из них 10 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, изложена научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** рассмотрено состояние проблемы, проведен обзор публикаций и оценка состояния вопроса по уплотнению древесины и повышению прочности древесины, сформулированы цели и задачи исследований.

В развитии теории прочности в практике уплотнения древесины методом прессования большой вклад внесли П.Н. Хухрянский, Б.И. Огарков, В.М. Хрулев, В.А. Шамаев, Г.Д. Рыдченко Г.В. Берзиньш, К.А. Роценс, Г. Лангендорф, Ф. Кольман и др.

Ранее проводимые исследования были посвящены прессованию только поперек волокон древесины: одноосное, двухосное, контурное. Отдельно проводились исследования прессования древесины вдоль волокон.

При каждом из перечисленных способов уплотнения древесины определены степени прессования, при которых в древесине возникает минимальное количество микроразрушений, оказывающих большое влияние на прочностные показатели прессованной древесины.

Комплексный анализ в области уплотнения древесины и ее применения в качестве конструкционного материала для подшипников скольжения показал, что возможно получение прессованной древесины плотностью более 1400 кг/м³ обладающей высокими физико-механическими свойствами. Это позволило сформулировать следующую цель настоящих исследований: обосновать и разработать способы повышения прочности древесины и получить высокопрочный конструкционный материал.

Во **второй главе** проведена теоретическая разработка исследуемого вопроса. Проведен анализ закономерности формирования прочностных свойств древесины. Рассмотрены физическая и математические модели прочности древесины.

Для физического и математического описания прочности древесины, в качестве исходной, принята модель А.В. Дорожки. Она образованная тремя типами структур: I, II и III, являющиеся аналогами, соответственно, механических, запасающих и проводящих тканей древесины.

Математические модели структуры-аналога механических тканей натуральной древесины выглядят так

$$E_d^I = E_1 \cdot (1 - \chi); \quad (1)$$

$$E_r^I = E_2 \cdot 4 \cdot k_1^3 \cdot \left[\sqrt{3} \cdot (3 \cdot k_1^2 + 1) \right]^{-1}; \quad (2)$$

$$E_i^I = c_1 \cdot E_r. \quad (3)$$

где χ - пористость древесины;

$k_i = \frac{f}{l} = \sqrt{3} \cdot (1 - \chi)$ - соотношение между длиной / и толщиной / стенки
сотовой ячейки;

c_1 - коэффициент относительной жесткости структуры 1-го типа в поперечном направлении.

Модели тканей Н-го типа были записаны через упругие постоянные материала с учетом его ориентации и коэффициентов жесткости c , и c ,

$$E_a^{II} = E_i^{II} = c_2 \cdot E_2; \quad (4)$$

$$E_r^{II} = c_3 \cdot E_1. \quad (5)$$

где c_2 - коэффициент жесткости структуры-аналога запасующих тканей в продольном и тангенциальном направлениях;

c_3 - коэффициент жесткости структуры-аналога запасующих тканей в радиальном направлении.

Третий тип (Ш) механической структуры модели - аналог проводящих тканей древесины моделирует полости крупных сосудов и обладает нулевой жесткостью.

Приняв структурно-механическую модель натуральной древесины А.В. Дорожки в качестве исходной, была разработана идеализированная модель прессованной древесины, полученной методом трехстороннего прессования (рисунок 1).

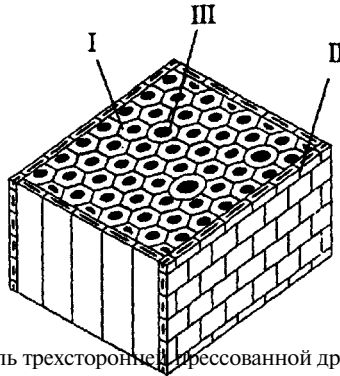


Рисунок 1 - Модель трехсторонне прессованной древесины рассеяно-сосудистых пород

В результате упругие характеристики прочности при сжатии вдоль волокон (1,4) структур-аналогов механических тканей прессованной древесины будут

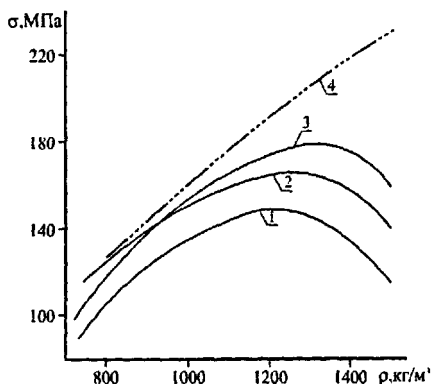
$$E_{un}^I = E_a^I \cdot (1 + \beta \cdot \varepsilon); \quad (6)$$

$$E_{un}^{II} = E_a^{II} \cdot (1 + \beta \cdot \varepsilon). \quad (7)$$

где β – коэффициент пропорциональности (0,8...0,9);
 ε – степень прессования.

Аналогичные зависимости будут и для поперечных модулей упругости.

Заключением второй главы, стало обоснование, получения древесины с плотностью древесинного вещества. Известно, что предел прочности одноосной спрессованной древесины при сжатии вдоль волокон с увеличением плотности снижается (рисунок 2).



1 - ДПО по методу Хухрянского П.Н.; 2 - лигнамон; 3 - дестама;
4 - древесина трехстороннего сжатия (ожидаемое)

Рисунок 2 - Зависимость предела прочности при сжатии вдоль волокон от плотности

Такое явление объясняется тем, что при одноосном прессовании древесины с увеличением степени прессования в древесине возникает большое количество микроразрушений, отрицательно сказывающихся на прочностных свойствах прессованной древесины.

Увеличение предела прочности при сжатии вдоль волокон возможно в том случае, когда древесина спрессована с минимальными разрушениями. Такую прессованную древесину можно получить при трехстороннем прессовании. Прессовать следует древесину рассеянно-сосудистых мягких лиственных пород.

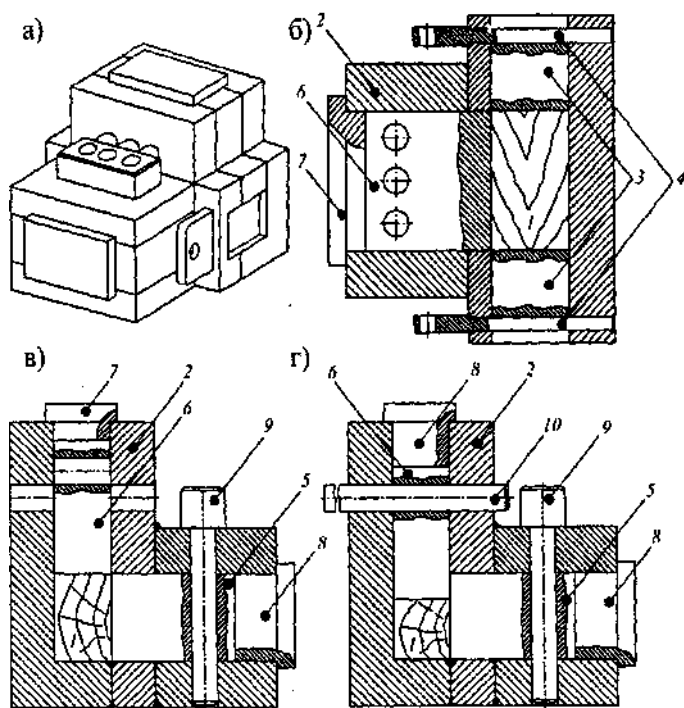
Было отмечено, что если плотность прессованной древесины будет близкой к плотности древесинного вещества (1500... 1530 кг/м³), то есть степень прессования достигнет 65...70 %, то прочность при сжатии вдоль волокон такой древесины может достичь прочности 230 МПа.

Конечно, с увеличением степени прессования увеличивается и количество микроразрушений в древесине, что может отрицательно повлиять на прочность прессованной древесины. Однако этого может и не быть, так как в древесине с плотностью 1500... 1530 кг/м³ нет условий для изгибания волокон при сжатии из-за монолитности структуры.

В третьей главе представлены методики пропитки и трехстороннего прессования древесины, экспериментальных исследований по изучению физико-механических и эксплуатационных свойств прессованной древесины, влияний ультразвукового и импульсного магнитного воздействия на древесину полученной методом трехстороннего прессования. Приведена методика планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных.

Методика пропитки включала в себя пластификацию древесины березы, клена и граба. Пластификация осуществлялась: водным раствором аммиака 25 и 10 %-ной концентрации и раствором ангидрида масляной кислоты 5 %-ной концентрации.

Методика прессования, основывается на последовательном трехстороннем уплотнении древесин: вдоль волокон, в радиальном и тангенциальном направлениях древесных волокон (рисунок 3).



а) прессформа трехстороннего прессования; б) прессование вдоль волокон; в) радиальное прессование; г) тангенциальное прессование; 1 - древесина; 2 - прессформа; 3 - вкладыши; 4 - фиксаторы торцовые; 5 - давитель радиальный; 6 - давитель тангенциальный; 7 - фиксирующие накладки; 8 - пуансоны; 9 - гребенка-фиксатор; 10 - пальцы-фиксаторы

Рисунок 3 - Технология прессования

Трехстороннее прессование осуществляется в специальной прессформе трехстороннего сжатия (рисунок 3а). Прессование вдоль волокон (торцовое) осуществляется на гидравлическом прессе типа ГРМ-1 усилием 50 тонн с пульсирующей нагрузкой. Степень прессования 5...6 %, нагрузка 20...30 МПа, частота 300...400 циклов/мин с амплитудой 0,5...0,6 мм (рисунок 3б).

Далее прессование происходит на 160-тонном прессе П474 в радиальном направлении волокон, до степени прессования 29 % при давлении 10...20 МПа (рисунок 3в). Заключительное прессование - в тангенциальном направлении волокон, на 15...29 % (в зависимости от начальной плотности заготовки) при давлении 200...350 МПа (рисунок 3г). В итоге степень прессования достигает 65...70%.

Спрессованные заготовки, не извлекая из прессформы, подвергают термообработке при температуре 120-130 °С в течение 2,0-2,5 часов, для фиксации формы.

Исследовалось влияние ультразвукового воздействия на формирование прочностных свойств прессованной древесины. Использовался ультразвуковой генератор (УЗГ) мощностью 21 кВт. Обработка проводилась в тангенциальном направлении древесины с обеих противоположных сторон одного образца древесины (пластифицированного и подсушенного) 10...15 мин, напряжение 2...3 Вт/см².

Обработка импульсным магнитным полем осуществлялась сериями от N=1500 до N=6000 симметричных треугольных импульсов с длительностью $t=10$ мкс, амплитудой $W_0=0,3$ Тл и частотой следования 10 мс. ИМП создавалось периодическим разрядом батареи конденсаторов через низкоиндуктивный соленоид и контролировалось потоку заряда в цепи соленоида и по напряжению индукции на тестовой катушке индуктивности.

Определения физико-механических и эксплуатационных свойств проводились по общепринятым в деревообработке методикам и ГОСТам.

В четвертой главе представлены экспериментальные исследования процесса получения прессованной древесины марки ДП-ЗН (древесина прессованная - с 3-х направлений) методом трехстороннего прессования и ее свойств. Построены математические модели процесса прессования древесины и зависимости прочностных свойств. Исследовано влияние ультразвука и импульсного магнитного поля на свойства прессованной древесины.

Результаты поисковых экспериментов по уплотнению различных пород древесины (граба, клена, березы), показали, что наиболее прочной прессованной древесиной является граб, и следовало бы использовать эту породу древесины для проведения активного эксперимента. Но по качеству, грабовые бруски получается с большим количеством брака - 25 %.

Меньший процент брака образуется при прессовании древесины березы - 3 % (клена - 5,5 %). Это связано с тем, что начальная плотность березы не столь велика, как у граба, вследствие чего, жесткость его древесных волокон значительно меньше, и не требуется введения в древесину большого количества пластификатора.

Таким образом, из всего выше перечисленного можно сделать следующие выводы: для трехстороннего прессования древесины лучше использовать древесину березы; в качестве пластификатора использовать 10 %-ный раствор аммиака.

В связи со сделанными выводами, были приняты следующие технологические факторы и области их варьирования, являющиеся основными показателями, влияющими на процесс получения трехсторонней прессованной древесины: X_1 - температура прессования 130...170 °С; X_2 - концентрация аммиака в древесине 1...7 %; X_3 - давление прессования 200...350 МПа.

Прессование древесины включает в себя следующие операции: пропитку абсолютно сухой древесины 10 %-ным раствором аммиака, сушку древесины до влажности 5...6 %, нагрев заготовки в прессформе, прессование вдоль волокон, радиальное прессование, вторичный нагрев заготовки в прессформе, тангенциальное прессование, сушку и термообработку прессованной древесины.

Для физико-механических и эксплуатационных свойств прессованной древесины большую роль играет плотность, как прочность-образующий фактор.

Конечную плотность получаемой древесины при трехстороннем прессовании, зная начальную плотность исходной древесины, можно определить из зависимости:

$$\rho_k = 1043,434 + 0,59 \cdot \rho_0, \text{ кг/м}^3, \quad (8)$$

где ρ_k - плотность прессованной древесины, кг/м³;

ρ_0 - плотность натуральной древесины, кг/м³.

При прессовании древесины, особенно при больших степенях прессования, в силу большой анизотропии древесины получение равноплотности древесины во всех частях прессованной заготовки очень затруднено.

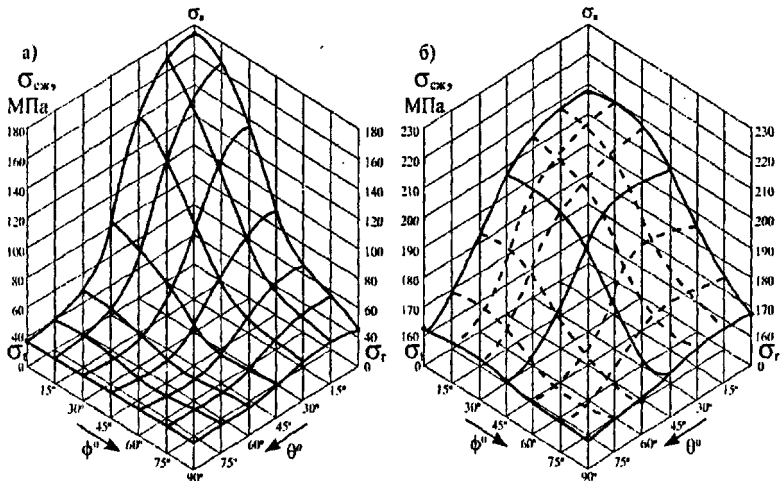
При прессовании древесины классическими способами (одноосное и двухосное прессование) в древесине остается до 15 % пустот, образованных порами, расположенными на стенках волокон и сосудов древесины. Это объясняется тем, что при прессовании древесины в направлении поперек волокон, каким бы большим усилие прессование ни было бы, поры, находящиеся в плоскости прессования, сжать невозможно. Из-за этого прочность древесины снижается.

Метод трехстороннего прессования частично решает эту проблему предварительным прессованием древесины вдоль волокон. При этом под действием пульсирующей нагрузки волокна древесины слегка гофрируются, а поры сжимаются. При последующем уплотнении древесины в радиальном и тангенциальном направлениях, волокна древесины выпрямляются, а количество пустот в древесине может составить лишь 5...6 %.

Проведенные исследования распределения плотности по объему прессованного бруска показали, что отклонения величин конечной плотности древесины из разных участков бруска не превышает 1,5...2 % от плотности всей заготовки.

Это позволяет сделать вывод, что трехстороннее прессование древесины обеспечивает качественное прессование древесины, вследствие чего происходит равномерное уплотнение и распределение плотности по всему объему

прессованной древесины, а, следовательно, и прочностные свойства материала будут максимально приближенными друг к другу, то есть, анизотропия прочности при сжатии будет стремиться к минимуму. На рисунке 4 приведены графики анизотропии прочности при сжатии лигнамона и ДП-ЗН.



а - лигнамон; б - ДП-ЗН

Рисунок 4 - Диаграммы анизотропии предела прочности при сжатии

Наибольшая прочность лигнамона наблюдается при сжатии в направлении параллельно волокнам. То же верно присуще и натуральной древесине. Казалось бы, прессованная древесина должна быть с низкой анизотропией свойств, но это проявляется не значительно. Это зависит от способа прессования. При одноосном уплотнении и больших степенях прессования, в древесине возникают микроразрушения вызванные воздействием сил механического сжатия.

Сравнительно малая анизотропия прочности при сжатии наблюдается у прессованной древесины трехстороннего сжатия и объясняется качеством прессования, равноплотностью и однородностью структуры уплотненной древесины. Анизотропия трехсторонней прессованной древесины при сжатии вдоль и поперек волокон составляет 20...25 %, а те же показатели лигнамона разнятся примерно в 2 раза.

Как показали результаты исследований, прочностные свойства трехсторонней прессованной древесины (ДП-ЗН) являются в первую очередь функцией плотности материала. Показатели свойств трехсторонне прессованной древесины аппроксимируются следующими уравнениями

$$\sigma_{сж} = 0,346 \cdot \rho_k - 298,213, \text{ МПа}; \quad (9)$$

$$H = 258,96 + 0,0041 \cdot \rho_k, \text{ МПа}; \quad (10)$$

$$I = 22,873 - 0,013 \cdot \rho_k, \text{ \%}; \quad (11)$$

$$V_{об} = 237,87 - 89,493 \cdot \rho_k + 11,092 \cdot \rho_k^2 - 0,435 \rho_k^3, \% \quad (12)$$

где ρ_k - конечная плотность;

H - торцовая твердость;

$\sigma_{сж}$ - предел прочности при сжатии вдоль волокон;

I - торцовое истирание;

$V_{об}$ - объемное разбухание при влагопоглощении.

Главным показателем свойств прессованной древесины полученной методом трехстороннего прессования является в данном научном исследовании является прочность на сжатие вдоль волокон.

Прессованная древесина ДП-3Н по своим прочностным показателям превышает на 20...30 % прочность лигнамона и дестамы, полученных методом одноосного прессования.

Обработка матрицы экспериментальных данных позволила получить уравнения связи между технологическими параметрами и показателями свойств. После проверки значимости коэффициентов регрессии уравнения будут выглядеть следующим образом.

Для конечной плотности:

$$\rho_k = 1386,75 - 1,29 \cdot t + 8,01 \cdot K + 0,88 \cdot P + 0,013 \cdot t^2 + 0,057 \cdot t \cdot K - 0,012 \cdot t \cdot P + 0,57 \cdot K^2 - 0,075 \cdot K \cdot P + 0,002 \cdot P^2 \quad (13)$$

Для торцовой твердости:

$$H = 106,96 - 0,816 \cdot t + 48,77 \cdot K + 0,714 \cdot P + 0,009 \cdot t^2 - 0,261 \cdot t \cdot K - 0,0024 \cdot t \cdot P + 0,224 \cdot K^2 - 0,049 \cdot K \cdot P - 0,0003 \cdot P^2 \quad (14)$$

Для предела прочности при сжатии вдоль волокон:

$$\sigma_{сж} = 168,99 + 0,047 \cdot t + 0,193 \cdot P + 0,0016 \cdot t^2 + 0,033 \cdot t \cdot K - 0,0027 \cdot t \cdot P - 0,017 \cdot K \cdot P + 0,0004 \cdot P^2 \quad (15)$$

Для торцового истирания:

$$I = 0,1764 + 0,053 \cdot t + 0,336 \cdot K + 0,0086 \cdot P - 0,0001 \cdot t^2 - 0,0003 \cdot t \cdot K - 0,00007 \cdot t \cdot P - 0,044 \cdot K^2 - 0,000004 \cdot P^2 \quad (16)$$

Для объемного разбухания при влагопоглощении:

$$V_{об} = 196,8 - 1,902 \cdot t - 7,41 \cdot K - 0,049 \cdot P + 0,0065 \cdot t^2 + 0,002 \cdot t \cdot K - 0,00008 \cdot t \cdot P + 0,395 \cdot K^2 + 0,0095 \cdot K \cdot P - 0,00002 \cdot P^2 \quad (17)$$

Проверка адекватности моделей методом сравнения экспериментальных данных с расчетными по величине средней ошибки k_j , проверка на эффективность по F_n -критерию свидетельствуют о корректности описания моделями процесса трехстороннего прессования древесины.

С целью определения оптимальных значений технологических параметров X_i , обеспечивающих повышенные показатели физико-механических свойств целевых функций Y_j в результате трехстороннего прессования древесины была проведена многокритериальная оптимизация процесса. Для этого определяем направление оптимизации каждой функции. Направление оптимизации иссле-

двух функций отклика: плотность, твердость и прочность - max; истирание и разбухание - min.

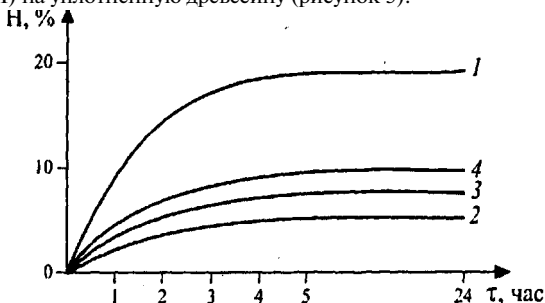
На входные контролируемые параметры накладывали ряд ограничений: температура прессования $116 \leq t \leq 184$ °C; концентрация пластификатора в древесине, $0 \leq K \leq 8$ %; давление тангенциального прессования, $149 \leq P \leq 401$ МПа.

Используя для решения задачи многокритериальной оптимизации полученные обобщенные критерии, получаем оптимальные показатели входных и выходных величин: температура прессования $t = 170$ °C, концентрация пластификатора в древесине $K = 1$ %, давление тангенциального прессования $P = 350$ МПа; конечная плотность $\rho_k = 1412$ кг/м³, твердость торцовая $H = 230$ МПа, прочность при сжатии вдоль волокон $\sigma_{сж}$ = 188 МПа, истираемость торцовая $i = 3,9$ %, объемное разбухание при влагопоглощении за 30 сут. $V_{об} = 25$ %.

Исследование влияния ультразвука на физико-механические свойства ДП-ЗН показало, что ультразвук практически не влияет на основные механические показатели прессованной древесины. Единственным свойством, на которое существенное влияние оказал ультразвук - это износостойкость.

Величина торцового износа прессованной древесины обработанной перед прессованием ультразвуком, в среднем, на 20...25 % меньше, чем износ древесины, не обработанной ультразвуком.

Более заметные результаты показало воздействие импульсных магнитных полей (ИМП) на уплотненную древесину (рисунок 5).



1,2 - торцовая и поперечная твердости ДП-ЗН, обработанной вдоль волокон;
3,4 - торцовая и поперечные твердости ДП-ЗН, обработанной поперек волокон

Рисунок 5 - Процентное увеличение твердости древесины трехстороннего сжатия

Так, при облучении образцов вдоль волокон, торцовая твердость увеличивалась на 15...20 %, а поперечная - на 3...5 %. При облучении в направлении перпендикулярном волокнам, торцовая твердость увеличивалась на 5...7 %, поперечная - на 7...9 %. После воздействия ИМП твердость образцов возрастает с каждым часом и достигает своего максимума через 5...6 час после обработки.

Воздействие ИМП, по нашим представлениям, вызывает вращение боковых полярных фрагментов макромолекул целлюлозы, в результате чего образу-

ется более «жесткая» новая сетка «физических узлов», ответственная за увеличение твердости образцов. Возможно также, что ответственность за увеличение относительной твердости обработанных ИМП образцов прессованной древесины, несет изменение состояния лигнина, находящегося, как известно, в образцах древесины в стеклообразном состоянии.

Проведенные исследования и полученные экспериментальные данные позволили сделать выводы о том, что методом трехстороннего прессования возможно получение древесного материала с высокими плотностью и прочностью при сжатии вдоль волокон до 230 МПа. Полученные уравнения регрессии и зависимости подтверждают это.

Наибольшей конечной плотности древесины можно добиться, если прессовать древесину с высокой начальной плотностью (более 650 кг/м³). Было отмечено, что при прессовании в тангенциальном направлении степень прессования в тангенциальном направлении может составлять достигать 30...33 %, а конечное усилие прессования 500...550 МПа.

Предел прочности при сжатии вдоль волокон уплотненной древесины при плотности 1460...1472 кг/м³ превышает 200 МПа и с увеличением плотности возрастает.

Прессованная древесина с плотностью близкой к плотности древесинного вещества была получена при температуре прессования 100... 110 °С, концентрация аммиака в древесине 3 %. Плотность составила 1500 кг/м³, предел прочности при сжатии вдоль волокон 230 МПа, торцовая твердость 300 МПа.

В пятой главе приведена технология полупромышленного производства трехсторонней прессованной древесины марки ДП-3Н, разработанная в результате реализации научного исследования и защищенная патентом РФ на изобретение. Проведен анализ рынка и расчет экономической эффективности производства прессованной древесины.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ закономерности формирования прочностных свойств, физической и математических моделей древесины, позволили обосновать получение высокопрочной древесины. Прочность древесины можно повысить путем прессования. Прессовать следует мягкие рассеяно-сосудистые породы древесины с трех сторон, до максимально возможной плотности (плотности древесинного вещества) с минимальным количеством микроразрушений в древесине.

2. Разработан способ трехстороннего прессования древесины. Способ основывается на последовательном прессовании (вдоль волокон, в радиальном и тангенциальном направлениях) пластифицированной аммиаком древесины. Прессование вдоль волокон (торцовое) осуществляется под действием пульсирующей нагрузки на прессе типа ГРМ-1 до $\epsilon=5...6$ %, Последующее прессование осуществляется в радиальном направлении волокон на 29 % и в тангенциальном на 25...30 % (в зависимости от начальной плотности древесины).

3. В процессе проведения активного эксперимента получены режимы повышения прочности древесины методом трехстороннего прессования. На основе экспериментальных данных построены аппроксимационные математические модели процесса прессования. Проведенная процедура многокритериальной, позволила выявить наиболее приемлемый режим получения высокопрочной прессованной древесины: температура прессования $t=170$ °С, концентрация аммиака в древесине $K=7$ %, давление тангенциального прессования $P=350$ МПа.

4. Исследованы физические, прочностные и эксплуатационные свойства прессованной древесины марки ДП-ЗН - конечная плотность, объемное разбухание при влагопоглощении, предел прочности на сжатие вдоль волокон, торцовая твердость и износостойкость. Получены аппроксимирующие уравнения свойств трехсторонней прессованной древесины в зависимости от плотности, как основного показателя формирования прочностных свойств древесины.

5. Обработанные ультразвуком заготовки показали более качественное прессование (равноплотность). Ультразвуковое воздействие оказало заметное влияние на увеличение износостойкости прессованной древесины; износ снизился на 25...30 % по сравнению с древесиной, не обработанной ультразвуком.

Обработка импульсным магнитным полем (ИМП) образцов ДП-ЗН показало увеличение торцовой твердости на 20...25 %. Проведенные эксперименты показали, что воздействие ИМП должно осуществлять в направлении параллельном волокнам древесины, так как показатели твердости древесины оказались больше показателей прессованной древесины, обработанной в направлении поперек волокон.

6. Получена прессованная древесина с конечной плотностью 1500 кг/м³ близкой к плотности древесинного вещества и пределом прочности при сжатии вдоль волокон 230 МПа.

Результаты проведенных исследований легли в основу разработки технологии полупромышленного производства > плотной древесины повышенной прочности, защищенную патентом РФ №2232675. Выпуск прессованной древесины повышенной прочности объемом 100 тонн в год осваивает ООО фирма «Олми» г. Воронеж. Ожидаемый экономический эффект 7250 тыс. руб.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Скориданов Р.В. О повышении механической прочности древесины. / Р.В. Скориданов, В.А. Шамаев // Матем. моделир., компьютерная оптимиз. технологий, параметров оборудования и систем управления лесн. комплекса: Межвуз. сб. науч. тр. - Воронеж: ВГЛТА, 2002.-С.65-68. Вып.7, ч.2.

2. Скориданов Р.В. Производство древстали. / Р.В. Скориданов, В.А. Шамаев, В.В. Постников // Информационный листок №79-018-04: Технология и оборудование для обработки древесины. - Воронеж: УНТН, 2004. - 2 с.

№ 23788

3. Скориданов Р.В. Древесина с прочностью стали. // Технология и оборудование деревообработки в XXI веке: Межвуз. сб. науч. тр. - Воронеж: ВГЛТА, 2003.-С. 105-107.

4. Пат. РФ №2227779 В27К 3/10. Устройство для пропитки древесины под давлением. / В.А. Шамаев, С.Н. Панявин, Р.В. Скориданов. -5 с. Оpubл. 27.04.04. Бюл.№12.

5. Пат. РФ №2232675 В27К 5/06 В27М 1/02. Способ получения модифицированной древесины. / В.А. Шамаев, Р.В. Скориданов, С.Н. Панявин. - 6 с. Оpubл. 20.07.04. Бюл. №20.

6. Скориданов Р.В. Новое в производство высокопрочных древесных конструкционных материалов // Электронный журнал "Исследовано в России", 8, С. 121 -130,2004. <http://zhurnal.apc.relam.ru/articles/2004/020.pdf>

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями просим направлять по адресу: 394613, Воронеж, Тимирязева, 8, ВГЛТА, тел./факс 8-0732-53-72-40, Ученому секретарю диссертационного совета.

Скориданов Роман Виталиевич

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ТРЕХСТОРОННИМ СЖАТИЕМ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано к печати 10 Тираж 100 экз.

Заказ № 566 Объем 1 усл. п.л.

Воронежская государственная лесотехническая академия
394613, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8