

674
7-14
Министерство высшего и среднего специального образования БССР
БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С. М. КИРОВА

На правах рукописи

И. П. МАЙКО

**ИССЛЕДОВАНИЕ
И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ
ПОЛУЧЕНИЯ СТАБИЛИЗИРОВАННОЙ
ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ**

ДИССЕРТАЦИЯ НАПИСАНА НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ
СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.398 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
(ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

М И Н С К, 1972

674

M-14

Министерство высшего и среднего специального образования БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С. М. КИРОВА

На правах рукописи

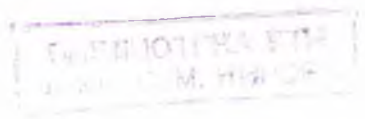
И. П. МАЙКО

ИССЛЕДОВАНИЕ
И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ
ПОЛУЧЕНИЯ СТАБИЛИЗИРОВАННОЙ
ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.398 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
(ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

2734 ар



МИНСК 1972

Работа выполнена в Белорусском технологическом институте имени С. М. Кирова

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:
доктор сельскохозяйственных наук, профессор **В. Е. ВИХРОВ**

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:
член-корреспондент АН БССР,
доктор технических наук, профессор **И. И. САЛАМАТОВ**
кандидат технических наук, доцент **Ф. С. МАРИНОВИЧ**

Ведущее предприятие:
опытно-экспериментальный завод СКБ «Мелиормаш»

Автореферат разослан 1972 г.

Защита диссертации состоится *4 апреля* 1972 г.
на заседании Совета Белорусского технологического института
им. С. М. Кирова,

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института

Просьба отзывы по автореферату направлять в двух экземплярах с заверенными подписями в адрес Совета

*Ученый секретарь Совета,
кандидат технических наук, доцент*
И. М. ПЛЕХОВ

ВВЕДЕНИЕ

Директивами XXIV съезда КПСС предусмотрено создание и освоение новых экономичных конструкционных материалов, обеспечивающих дальнейший прогресс в совершенствовании производства.

В настоящее время в связи с высокими темпами развития народного хозяйства большое практическое значение приобретает проблема рационального использования цветных металлов и замена их более дешевыми материалами.

Одним из таких неметаллических материалов является прессованная древесина, которая в течение длительного периода времени используется в машиностроении в качестве материала для изготовления подшипников скольжения, зубчатых колес и различных уплотнений. Установлено, что наиболее высокие результаты достигаются при эксплуатации такой древесины в узлах машин, работающих в абразивной среде с ограниченной подачей смазки, — в оборудовании литейных цехов, угольных шахт, металлургических заводов, в сельскохозяйственных и строительных машинах.

Однако, обладая высокими физико-механическими характеристиками, прессованная древесина имеет и существенные недостатки. К этим недостаткам относится высокая анизотропия прочности, незначительная стойкость в агрессивных средах, склонность к разрушению под действием биологических агентов, легкое возгорание. Одним из наиболее крупных недостатков прессованной древесины является ее низкая водо- и влагостойкость и как следствие — невысокая стабильность форм и размеров. Значительная скорость распрессовки в воде и в средах с относительно высокой влажностью воздуха сопровождается изменением размеров деталей из прессованной древесины. Это оказывает наиболее значительное влияние на ограничение сфер применения прессованной древесины.

В свете изложенного, повышение стабильности размеров прессованной древесины, снижение ее водо- и влагопоглощения представ-

ляет собой весьма актуальную теоретическую и практическую задачу, решение которой в значительной степени способствовало бы более широкому внедрению этого материала в промышленности.

Настоящая работа посвящена изысканию новых методов повышения гидрофобности, стабильности размеров и улучшению механических и технических свойств прессованной древесины березы путем ее модификации синтетическими смолами.

Для решения этой задачи был произведен выбор стабилизирующего агента и разработана технология пропитки древесины; исследовано влияние различных концентраций водорастворимых агентов, степени прессования и разных режимов термо-химической обработки древесины на ее физико-механические и технические свойства; изучены сферы возможного использования стабилизированной прессованной древесины в машиностроении, ее конкурентно-способность сравнительно с другими материалами и подсчитан в некоторых случаях экономический эффект при ее внедрении в производство.

Содержание диссертации изложено на 215 страницах машинописного текста, иллюстрированного 37 таблицами и 41 рисунком. Список использованной литературы включает 142 наименования, в том числе 24 иностранных.

Диссертация состоит из 6 глав, заключения, списка литературы и приложения.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ рассмотрены основные методы получения прессованной древесины, ее недостатки и способы их устранения. Литературный обзор представляет собой анализ исследований по повышению стабильности размеров прессованной древесины и улучшению ее физико-механических свойств.

Рассмотрены подробно работы П. Н. Хухрянского, А. А. Солнцева, Г. А. Сафронова, В. Г. Матвеева, Б. Т. Ива, Н. Т. Романова, Н. М. Четверикова, А. А. Берлина, Н. Я. Солечника, Н. Т. Нысенко, С. В. Генеля, А. Стамма, Р. Себорга и других авторов.

В общем комплексе мероприятий, направленных на повышение стабильности размеров прессованной древесины наиболее широкое распространение до настоящего времени получили методы, основанные на термической ее обработке. Применение этих методов несколько повышает гидрофобность и стабильность древесины, однако это повышение практически не обеспечивает применение деталей из прессованной древесины в средах с переменной влажностью. Так установлено, что термической обработкой достигается некоторое замедление процессов влагопоглощения и распрессовки, но не устраняется главное явление — способность клеточных стенок древесины поглощать влагу и изменять при этом свои размеры.

В работе подробно рассмотрены и даны практические оценки таким методам повышения гидрофобности и стабильности размеров прессованной древесины, как пропитка растворами минераль-

ных кислот, растворами солей тяжелых металлов, а также растворами глюкозы, глюкозной патоки, сахаром, битумом, парафином и др.

Особое внимание в обзоре литературы уделено проблеме повышения стабильности размеров прессованной древесины и улучшения ее физико-механических свойств при пропитке олигомерами и мономерами с последующей их полимеризацией или поликонденсацией в древесине. При рассмотрении этих вопросов цитируются работы А. А. Берлина, Е. Н. Рассединой, П. А. Иссинского, Н. Я. Солечника, В. Е. Вихрова, А. С. Фрейдина, Н. Т. Романова, А. А. Сосниной, Г. В. Клара, М. И. Климова, В. А. Белого, В. Ф. Анненкова, Э. Э. Пауля, Г. М. Шутова, Ю. В. Вихрова, А. Стамма, Р. Себорга, Р. Кассельмана и др.

Анализ рассмотренных работ подтверждает перспективность более глубоких исследований этих методов. Использование синтетических смол и мономеров позволяет производить направленное комплексное улучшение свойств прессованной древесины. Совмещение процессов пропитки древесины синтетическими смолами с последующим прессованием и переводом мономеров и олигомеров в отвержденное состояние позволяет получить принципиально новый конструкционный материал, обладающий повышенной водостойкостью, стабильностью форм и размеров и высокими механическими свойствами.

К сожалению, широкое внедрение этого материала в промышленности ограничивается до настоящего времени незначительным количеством данных по его свойствам, а также отсутствием разработанных промышленных технологических режимов его получения.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ приводятся характеристика исходной (натуральной) древесины, методика изготовления и отбора образцов, выбор пропиточного агента, его характеристика, а также методика обработки экспериментальных данных.

В качестве объекта исследований была выбрана древесина березы, которая относится к заболонным рассеяннососудистым породам, обладает сравнительно высокой пористостью и легко поддается пропитке маловязкими жидкостями.

Обоснование выбора наиболее эффективной синтетической смолы для стабилизации форм и размеров прессованной древесины производилось нами на основании широкого анализа отечественной и зарубежной литературы, а также значительного количества опытов, проведенных нами с различными смолами и мономерами. При выборе синтетических смол учитывались результаты исследований А. Стамма, Р. Кассельмана, В. Е. Вихрова, Б. С. Чудинова, Э. Э. Пауля, Ю. В. Вихрова и др., в которых отмечается, что наибольший эффект по стабилизации форм и размеров древесины достигается в том случае, если вводная в древесину смола или мо-

номер обладают невысоким молекулярным весом и при пропитке проникает не только в полости сосудов и клеток, но и в клеточные стенки.

Проведение поисковых опытов базировалось на опробировании некоторых фенолоформальдегидных, полиэфирных, эпоксидных и фурановых смол и мономеров. В частности, нами были исследованы

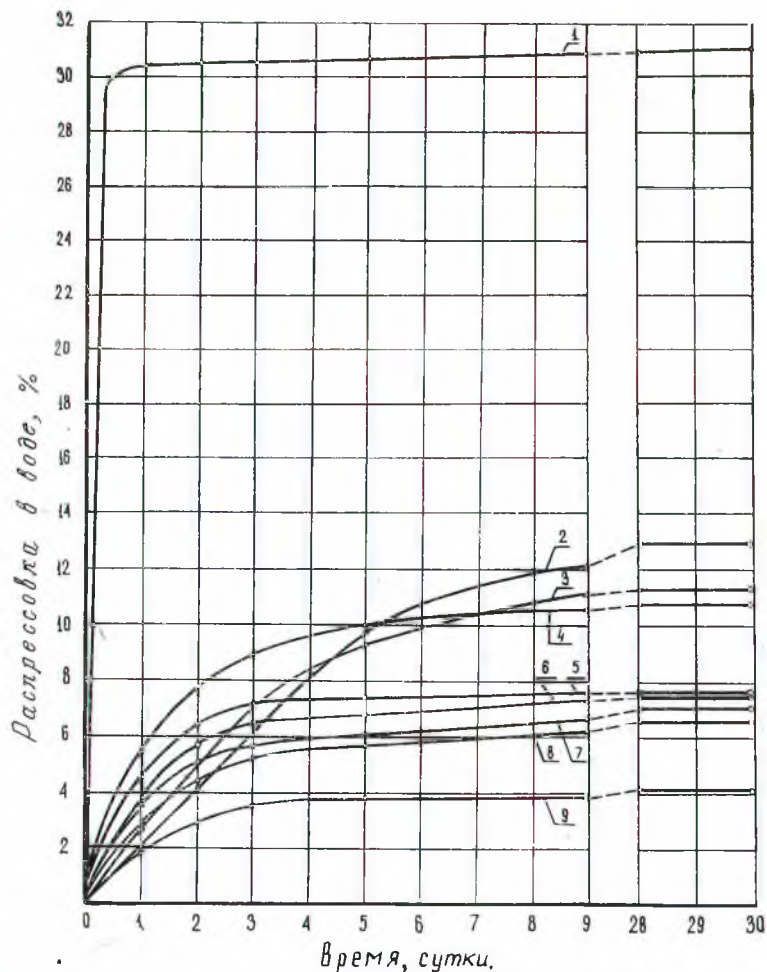


Рис. 1. Динамика разбухания прессованной древесины, пропитанной синтетическими смолами:

1 — прессованная непропитанная (контроль); 2 — пропитанная МФ-9; 3 — ПН-1; 4 — ЭД-5; 5 — ФМ-2; 6 — БТИ-1; 7 — СБС-1; 8 — ФС — 25% концентрации; 9 — ФС — 50% концентрации.

полиэфирные смолы ПН-1 и МГФ-9, эпоксидная смола ЭД-5, фурановый мономер ФМ-2, фенолоформальдегидная смола СБС-1, фенолоспирты и разработанная в лаборатории модификация древесины фенолоформальдегидная смола БТИ-1.

Исследования показали, что образцы прессованной непропитанной смолами древесины при водопоглощении почти полностью распрессовываются в течение короткого промежутка времени. Интенсивность распрессовки пропитанной синтетическими смолами и мономерами прессованной древесины и ее конечная величина оказались значительно ниже, чем у контрольных образцов.

Наилучшие результаты по стабилизации размеров прессованной древесины и приданию ей водостойкости были получены при модификации древесины фенолоспиртами. Максимальная распрессовка в плоскости прессования при пропитке фенолоспиртами 25% концентрации составила 6,59%, а при пропитке 50% концентрацией 4,29%. Распрессовка контрольных и пропитанных смолами СБС-1, БТИ-1, ФМ-2, ПН-1, МГФ-9 и ЭД-5 образцов составила соответственно 30,32; 7,03; 7,47; 7,60; 11,34; 12,86 и 10,9%.

Наилучшие результаты по повышению водостойкости прессованной древесины были получены также при использовании фенолоспиртов. Так, например, по нашим опытам водопоглощение контрольных образцов за 30 суток составило 119%, а образцов, пропитанных фенолоспиртами 25 и 50% концентрации, соответственно 32,9% и 18,8%. Результаты этих исследований представлены графиком на рисунке 1 и в таблице 1.

Таблица 1

Распрессовка и водопоглощение прессованной древесины, пропитанной различными смолами

Вводимый агент	Степень прессования древесины, %	Содержание полимера в древесине, %	Максимальная распрессовка в воде за 30 суток, %	Максимальное водопоглощение за 30 суток, %
Непропитанная древесина	25,0	0	30,32	119,0
Фенолоспирты 50%-ной концентрации	25,0	70,0	4,29	18,8
Фенолоспирты 25%-ной концентрации	27,0	42,2	6,59	32,9
СБС-1	24,2	31,2	7,03	46,11
БТИ-1	25,2	39,0	7,47	31,22
ФМ-2	23,8	31,7	7,60	33,10
ЭД-5	23,5	43,0	10,9	49,2
ПН-1	24,9	73,0	11,34	29,4
МГФ-9	25,0	62,0	12,86	22,60

Таким образом, наиболее эффективным синтетическим агентом, обеспечивающим максимальную стабильность размеров прессован-

ной древесины и ее гидрофобность, являются фенолоспирты, которые и были взяты нами для дальнейших исследований.

Выбор фенолоспиртов для получения стабилизированной прессованной древесины обосновывался и рядом других соображений: фенолоспирты, обладая незначительной вязкостью, хорошо проникают в микро- и субмикрокапилляры древесины, обеспечивая глубокую и равномерную пропитку значительных по размерам заготовок; имея высокую растворимость в воде, они позволяют регулировать содержание смолы в древесине; поликонденсация фенолоспиртов происходит при сравнительно низких температурах, не вызывающих деструктивных изменений в древесине; отсутствие каких-либо иницирующих катализаторов позволяет многократно использовать фенолоспирты для пропитки в течение длительного промежутка времени; невысокая стоимость фенолоспиртов и простота технологического процесса варки делают доступным их производство непосредственно на местах потребления.

В наших исследованиях использовались фенолоспирты, поставляемые Кемеровским заводом «Карболит».

Для определения влияния количества отверженной смолы на физико-механические свойства прессованной древесины пропитка производилась водными растворами фенолоспиртов 5, 10, 20, 35 и 50 % концентраций.

Все данные испытаний сравнивались с данными, полученными при исследовании свойств, контрольных образцов прессованной непропитанной древесины. В качестве контрольных образцов использовалась прессованная древесина березы, получаемая по методу проф. П. Н. Хухрянского с предварительным пропариванием в автоклаве. Отбор заготовок, подлежащих пропитке, производился из одного края и одинаковых возрастных зон, что обеспечивало максимальную однородность материала.

Отсутствие специальных методик по испытанию пропитанной синтетическими смолами прессованной древесины побудило нас использовать стандартную методику для прессованной древесины — ГОСТ 9629—66.

Для оценки количества введенной в древесину смолы пропитка заготовок растворами фенолоспиртов производилась в абсолютно сухом состоянии до максимального поглощения раствора с повторением аналогичных режимов пропитки для каждой партии.

Количество поглощенной смолы (G) рассчитывалось по формуле:

$$G = \frac{G_k - G_0}{G_0} 100\%.$$

где G_k — вес древесины после пропитки;

G_0 — вес древесины в абсолютно сухом состоянии.

Все механические испытания стабилизированной прессованной древесины и контрольных образцов производились в абсолютно сухом состоянии. Это исключало влияние влажности на показатели свойств прессованной древесины и позволило с наибольшей точностью произвести оценку эффективности вводимого в древесину агента.

Результаты экспериментальных данных обрабатывались общепринятыми методами математической статистики.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ рассматриваются технологические параметры при получении стабилизированной прессованной древесины (СПД).

Технологический процесс производства СПД характеризуется последовательным выполнением следующих операций: 1) изготовление заготовок древесины и подготовка их к пропитке; 2) пропитка заготовок фенолоспиртами; 3) обезвоживание (сушка) пропитанных заготовок; 4) прессование; 5) термообработка прессованных заготовок для поликонденсации введенных в древесину фенолоспиртов.

Пропитка древесины растворами фенолоспиртов является весьма ответственной технологической операцией, от которой в значительной степени зависит качество получаемого материала.

В наших исследованиях пропитка древесины производилась в специальных пропиточных цилиндрах с применением вакуума и давления. Разработанный в лаборатории модификации древесины Белорусского технологического института им. С. М. Кирова режим пропитки характеризуется глубиной вакуума 720—740 мм рт. ст. в течение 20 мин. и временем выдержки под давлением до 5—6 часов для заготовок размером 60×80×300 мм.

Рекомендуемый режим пропитки позволяет получать древесину с привесом раствора фенолоспиртов до 110—120% и равномерным его распределением по всему объему древесины.

Не менее важной технологической операцией является сушка пропитанных фенолоспиртами заготовок. Необходимость сушки объясняется содержанием значительного количества раствора в древесине, который располагается не только в клеточных стенках, но заполняет и полости клеток. Это оказывает значительное сопротивление прессованию и приводит в некоторых случаях к разрушению древесины при прессовании.

При подсушивании необходимо создать такой режим сушки, при котором процесс обезвоживания древесины опережал бы процесс поликонденсации введенных в нее фенолоспиртов. Преждевременное осмоление фенолоспиртов затруднит удаление воды из древесины и приведет к появлению внутренних напряжений. Возрастающая при этом жесткость древесины сопровождается значительным ростом удельных давлений при прессовании. Многочисленные опыты показали, что лучшим режимом является подсуши-

вание древесины при температуре 60° до влажности 10—12%. Рекомендуемый режим сушки обеспечивает выход воды из древесины при незначительной поликонденсации фенолоспиртов.

В работе приведены графики сушки пропитанных фенолоспиртами заготовок, определено оптимальное время сушки для каждой концентрации пропиточного раствора.

Подсушенные заготовки помещались в прессформы и подвергались прессованию.

Проведенные нами исследования по определению основных технологических параметров при прессовании пропитанной фенолоспиртами древесины заключались в выборе оптимальной влажности древесины, величины удельного давления и оптимальной степени прессования для каждой концентрации пропиточного раствора фенолоспиртов.

При определении этих параметров было использовано специальное приспособление к прессу А. Амслера, которое позволяло производить замер деформаций с точностью до 0,01 мм и величину усилия прессования. При прессовании образцов с различной влажностью нами были получены зависимости, выражающие изменение удельного давления от влажности древесины, пропитанной растворами фенолоспиртов различной концентрации.

Анализ этих зависимостей показал, что наименьшее удельное давление возникает при влажности древесины 30%. С повышением влажности от 10% до 30%, независимо от концентрации растворов, удельное давление при прессовании плавно уменьшается до точки насыщения волокна.

Анализ кривых также показал, что увеличение содержания смолы в древесине вызывает повышение удельного давления. Наименьшая величина удельного давления при влажности 30% соответствовала контрольным образцам, пропитанным водой, а максимальное удельное давление — образцам, пропитанным 50% концентрацией фенолоспиртов.

Дальнейшие исследования установили, что минимальное удельное давление при прессовании не является единственным критерием для определения оптимальной влажности древесины. Было установлено, что при термообработке периферийные участки заготовок прогреваются значительно быстрее, чем внутренние. Поэтому процесс поликонденсации фенолоспиртов здесь протекает значительно интенсивнее. Образовавшийся в наружных участках заготовок полимер препятствует движению воды, которая в дальнейшем оказывает большое влияние на усушку и коробление прессованных заготовок. В дальнейшем нами было установлено, что наименьшие деформации по усушке и короблению имели заготовки, спрессованные при влажности 10—12%, которая и была принята за оптимальную при прессовании древесины, пропитанной фенолоспиртами.

По диаграммам «деформация-напряжение» были определены оптимальные значения удельных давлений для древесины, содержащей растворы различной концентрации и предельно допустимые степени прессования.

Спрессованные заготовки вместе с прессформами помещались в сушильные шкафы для термообработки, при которой происходила поликонденсация введенной в древесину смолы. Термообработка проводилась при температуре 100°C.

Для определения оптимального времени поликонденсации фенолоспиртов были проведены специальные исследования. В качестве критерия при этом были приняты показатели предела прочности при сжатии вдоль волокон, максимальная распрессовка в плоскости прессования и водопоглощение. Кроме этого, для определения степени поликонденсации фенолоспиртов в процессе термообработки были проведены опыты по экстрагированию смол из древесины этиловым спиртом в аппарате Сокслета.

Исследованиями было установлено, что оптимальное время термообработки образцов, пропитанных фенолоспиртами различной концентрации при температуре 100°C, составляет 20—22 часа. Это же время термообработки соответствует и максимальному количеству отвержденных в древесине фенолоспиртов—около 97—98%.

Установленные опытами оптимальные параметры режимов пропитки, сушки, прессования и термообработки заготовок были положены нами в основу технологии получения стабилизированной прессованной древесины.

ЧЕТВЕРТАЯ ГЛАВА посвящена характеристике физических свойств стабилизированной прессованной древесины.

Материал, получаемый на основе совмещения процессов пропитки древесины фенолоспиртами с последующим прессованием, обладает более высокими физическими характеристиками по сравнению с непропитанной прессованной древесиной.

Исследование физических свойств стабилизированной прессованной древесины проводилось в сравнении с непропитанной прессованной древесиной. В качестве объекта исследований были взяты образцы, пропитанные растворами фенолоспиртов 5, 10, 20, 35 и 50% концентраций со степенью прессования 15, 25 и 35%.

Из физических свойств определялись плотность, водо- и влагопоглощение и динамика распрессовки при водо- и влагопоглощении.

В таблице 2 приводятся результаты исследований физических свойств стабилизированной прессованной древесины.

Установлено, в частности, что плотность такой древесины возрастает прямопропорционально количеству введенной смолы для каждой степени прессования. Однако максимальное увеличение плотности по сравнению с контрольными образцами не превышает 30—35% при использовании фенолоспиртов 50% концентрации.

Физические свойства стабилизированной прессованной древесины (СПД)*

Характер обработки древесины	Плотность, г/см ³		Содержание полимера, %	Водопоглощение за 30 суток, %	Влагопоглощение за 120 суток (φ=98%)	Максимальная распрессовка, %	
	До прессования	После прессования				При влагопоглощении за 30 суток	При влагопоглощении за 120 суток
Непропитанная прессованная древесина	0,637	0,853	—	120,0	24,3	43,2	34,5
				100	100	100	100
Пропитанная 5%-ным раствором ФС	0,641	0,876	8,6—11,2	66,3	20,8	18,7	11,3
				55,2	85,5	43,3	32,7
Пропитанная 10%-ным раствором ФС	0,646	0,915	13,3—20,5	36,1	15,7	16,6	8,7
				30,1	64,8	38,4	25,3
Пропитанная 20%-ным раствором ФС	0,644	0,978	31,7—36,6	27,6	15,6	9,1	7,8
				23,0	64,2	21,0	22,6
Пропитанная 25%-ным раствором ФС	0,643	1,01	44,1—46,4	22,9	—	6,5	6,0
				19,1	—	15,0	17,4

* В знаменателе приведены данные в процентах к контролю.

Незначительное увеличение плотности СПД по сравнению с контрольными образцами объясняется невысокой плотностью полимера, введенного в древесину.

Исследование водопоглощения СПД показало, что пропитка древесины перед прессованием растворами фенолоспиртов с последующей их поликонденсацией приводит к значительному повышению ее водостойкости. Стабилизированная прессованная древесина имеет значительно более высокую водостойкость по сравнению с контрольными образцами прессованной древесины. Установлено, что водопоглощение СПД зависит как от степени прессования, так и от количества введенной в древесину смолы. С увеличением степени прессования и концентрации растворов фенолоспиртов водопоглощение СПД может быть уменьшено в 5—5,2 раза по сравнению с обычной прессованной древесиной.

Была установлена зависимость между содержанием полимера и водопоглощением СПД для различных степеней прессования (рис. 2) и определены оптимальные концентрации пропиточных растворов.

Стабилизированная прессованная древесина обладает и более высокой влагостойкостью по сравнению с натуральной прессованной древесиной. Так, если влагопоглощение контрольных образцов со степенью прессования 35% при относительной влажности воздуха 98% составило 24,3%, то для образцов СПД, пропитанных

фенолоспиртами 50% концентрации, эта величина составила 12,78%. Снижение влагопоглощения по отношению к контролю составило 47,4%.

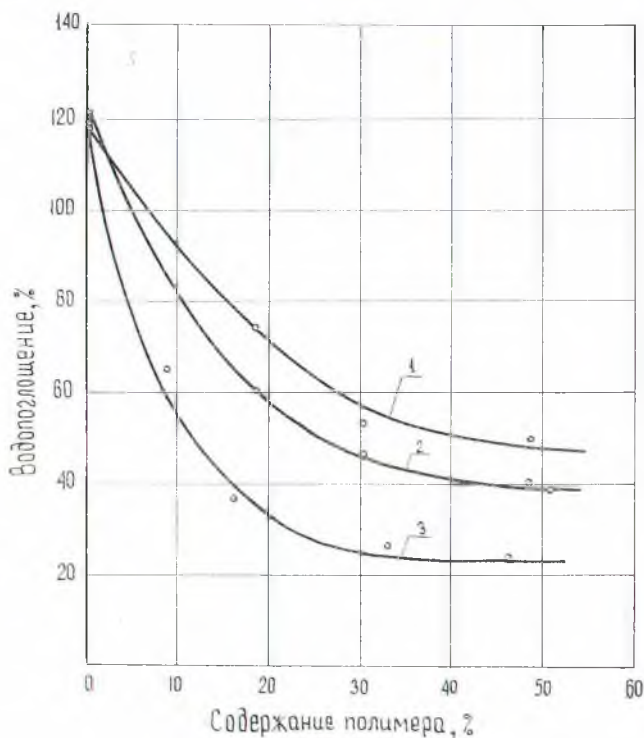


Рис. 2. Влагопоглощение стабилизированной прессованной древесины (СПД) в зависимости от содержания полимера:

1 — степень прессования — 15%; 2 — степень прессования — 25%; 3 — степень прессования — 35%.

Пропитка древесины перед прессованием растворами фенолоспиртов приводит не только к снижению абсолютной величины влагопоглощения, но и уменьшает интенсивность этого процесса.

В диссертации представлены графики, характеризующие влагопоглощение СПД в зависимости от количества отвержденной в древесине смолы в средах с различной относительной влажностью. При пропитке древесины растворами фенолоспиртов 15—20% концентрации.

Наиболее существенным недостатком прессованной древесины является ее низкая стабильность форм и размеров при работе в воде или в средах с относительно высокой влажностью воздуха.

Стабилизированная прессованная древесина в значительной мере лишена этих недостатков. Установлено, что высокий стабилизирующий эффект достигается при пропитке древесины сравнительно невысокими концентрациями фенолоспиртов.

Результаты исследований размероизменяемости прессованной древесины при влагопоглощении показывают значительное уменьшение линейных деформаций в плоскости прессования древесины, пропитанной фенолоспиртами. Так, контрольные образцы прессованной древесины после выдержки в среде с относительной влажностью воздуха 98% в течение 120 суток практически полностью распрессовались, в то время как распрессовка пропитанных фенолоспиртами образцов не превышала 4—6%, что в 5—6 раз ниже по сравнению с контрольными образцами. При относительной влажности воздуха 75% распрессовка образцов стабилизированной прессованной древесины не превышала 1,6—1,9%. Наибольший стабилизирующий эффект достигается при пропитке древесины растворами фенолоспиртов 15—20% концентрации, что соответствует содержанию отвержденной смолы в древесине в пределах 20—25%. Использование для пропитки более высоких концентраций растворов фенолоспиртов сопровождается незначительным увеличением стабильности размеров.

Распрессовка (R) в плоскости прессования определялась по следующей формуле:

$$R = \frac{L_k - L_n}{L_n} \cdot 100\%$$

где: L_n — начальный размер образца в плоскости прессования;
 L_k — размер образца в плоскости прессования в процессе испытаний.

Испытания при водопоглощении также показали высокую эффективность использования фенолоспиртов для стабилизации размеров прессованной древесины. Как и при влагопоглощении, высокий стабилизирующий эффект достигается при пропитке сравнительно низкими концентрациями фенолоспиртов. Применение фенолоспиртов 5—10% концентрации уменьшает распрессовку при водопоглощении в 2—2,5 раза. Представленная на рис. 3 зависимость величины распрессовки СПД от содержания в ней отвержденной смолы показывает, что наибольший стабилизирующий эффект достигается при пропитке древесины растворами фенолоспиртов 30—35% концентрации. Фенолоспирты этой концентрации обеспечивают заполнение полимером клеточных стенок, полостей древесных волокон и сосудов. Полимер, проникший в клеточные стенки, занимая определенный объем, снижает количество поглощаемой ими воды. Помимо этого полимер отлагается тонким слоем на стенках клеток, создавая барьер, препятствующий проникновению в них влаги. Максимальная распрессовка стабилизированной

прессованной древесины при водопоглощении для всех исследуемых степеней прессования не превышала 6—7%. Применение для пропитки фенолоспиртов более высокой концентрации не оказывает существенного влияния на повышение стабильности размеров прессованной древесины.

Высокий стабилизирующий эффект фенолоспиртов основан прежде всего на их способности проникать в клеточные стенки древесины и после отверждения смолы фиксировать их размеры в сжатом состоянии.

Использование для пропитки синтетических смол, не проникающих в клеточные стенки древесины (в частности, полиэфирных смол), оказывает значительно меньшее влияние на стабилизацию размеров прессованной древесины. Результаты испытаний древесины, пропитанной полиэфирными смолами, оказались в 2—2,5 раза ниже, чем с фенолоспиртами. По нашему мнению, стабилизация размеров прессованной древесины при пропитке такими смолами достигается за счет склейки волокон древесины в сжа-

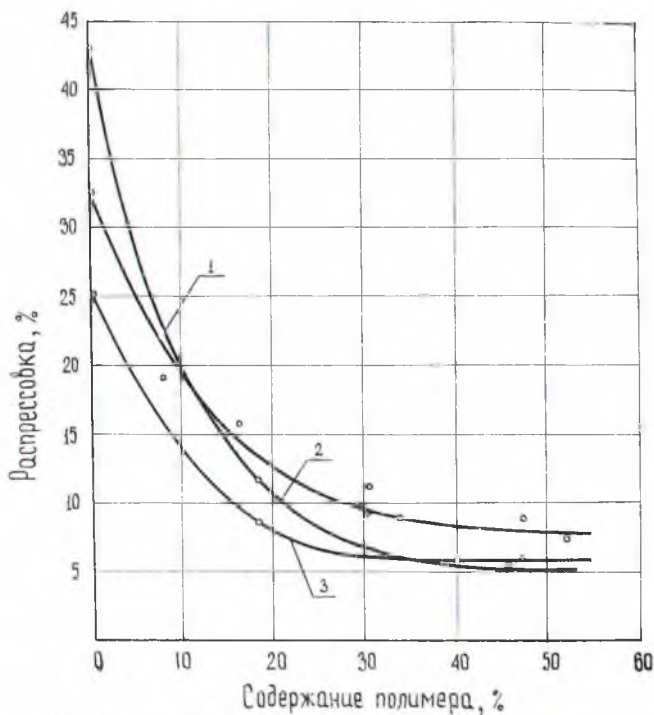


Рис. 3. Распрессовка стабилизированной прессованной древесины (СПД) в зависимости от содержания полимера:

1 — степень прессования — 35%; 2 — степень прессования — 25%; 3 — степень прессования — 15%.

том состоят при отверждении введенной смолы. Кроме этого, заполняя в древесине полости волокон и сосудов, такие смолы затрудняют капиллярное и диффузное движение воды.

В работе рассматривается вопрос о предельно возможном стабилизирующем эффекте фенолоспиртов. Многочисленные опыты показали, что при пропитке древесины фенолоспиртами практически невозможно обеспечить полное заполнение микро- и субмикрокапилляров древесины полимером и обеспечить абсолютную стабильность форм и размеров прессованной древесины. Сделано предположение, что при пропитке древесины фенолоспиртами практически невозможно устранить деформации, вызываемые адсорбционной влагой.

На основании литературных данных в работе приводится анализ физико-химического взаимодействия фенолоформальдегидных смол с древесиной или ее компонентами.

В ПЯТОЙ ГЛАВЕ диссертации приведены результаты исследований механических свойств стабилизированной прессованной древесины.

Механические характеристики СПД представляют собой весьма важный комплекс свойств, на основании которого определяется ее конкурентоспособность с другими материалами и обосновывается выбор наиболее эффективных сфер ее применения.

Таблица 3

Механические свойства стабилизированной прессованной древесины (СПД)

№№ п.п.	Свойства СПД	Непропитанная прессованная древесина (ГОСТ 9629-66)	Механические показатели СПД при концентрации пропиточного раствора, %			
			5%	10%	20%	35%
1	2	3	4	5	6	7
1	Плотность, г/см ³	0,93—1,0	0,87	0,91	0,98	1,01
2	Предел прочности при сжатии вдоль волокон, кгс/см ²	$\frac{1100}{100}$	$\frac{1594}{144,9}$	$\frac{1781}{161,9}$	$\frac{1971}{179,2}$	$\frac{2155}{195,9}$
3	Предел прочности при статистическом изгибе кгс/см ²	$\frac{1700}{100}$	—	$\frac{2104}{123,8}$	$\frac{1991}{117,1}$	$\frac{1961}{115,3}$
4	Предел прочности при скалывании, кгс/см ²	$\frac{150}{100}$	—	$\frac{148}{98,7}$	$\frac{188}{125,3}$	$\frac{154}{102,7}$
5	Удельная работа при ударном изгибе, кгс/см ³	$\frac{0,60}{100}$	$\frac{0,64}{106,7}$	$\frac{0,61}{101,7}$	$\frac{0,56}{93,3}$	$\frac{0,52}{86,7}$
6	Твердость торцовая, ° кгс/см ²	—	3600	3700	4350	5600

* Испытания на твердость производились в соответствии с методикой ЦНИИСК.

В процессе исследований были определены механические характеристики СПД по следующим видам испытаний: предел прочности при сжатии вдоль волокон, предел прочности при статическом и ударном изгибах, скалывании вдоль волокон в плоскости прессования. Из технологических показателей СПД производилось определение ее износостойкости и антифрикционных свойств. Показатели механических характеристик стабилизированной прессованной древесины приведены в таблице 3.

Для качественной оценки свойств СПД все испытания проводились в сравнении с непропитанной прессованной древесиной. Для получения сравнимых результатов все испытания проводились на образцах в абсолютно сухом состоянии. На основании проведенных исследований и результатов статистической обработки данных в диссертации приведены графики и уравнения, выражающие зависимость между механическими характеристиками СПД и содержанием в ней полимера. Найдена высокая корреляционная связь между показателями этих свойств и содержанием полимера для различных степеней прессования.

27349
Применение фенолоспиртов оказывает различное влияние на показатели механических характеристик стабилизированной прессованной древесины. Наиболее значительно возрастает твердость СПД, которая превышает твердость непропитанной прессованной древесины в 3—3,5 раза, предел прочности при сжатии вдоль волокон увеличивается в 1,7—1,9 раза, максимальное увеличение прочности на скалывание древесины вдоль волокон по сравнению с контрольными образцами составило 25%.

К недостаткам стабилизированной прессованной древесины следует отнести снижение прочности при статическом и ударном изгибах. При максимальном содержании полимера снижение прочности при статическом изгибе составило в среднем 10—13%. Снижение прочности при ударном изгибе в отдельных случаях достигает 40%.

Характер разрушений образцов СПД, приведенный в диссертации на фотографиях, показывает, что при пропитке древесины невысокими концентрациями фенолоспиртов наблюдается защепленный излом, характерный для натуральной древесины. С увеличением концентрации фенолоспиртов (от 20 до 50%) и отложением полимера в клеточных стенках и полостях клеток древесины наблюдается раковистый излом, который характерен для хрупких материалов. Снижение прочности является характерным для древесины модифицированной фенолоформальдегидными смолами и объясняется высокой жесткостью и хрупкостью модифицирующего агента.

Работами Ю. В. Вихрова было установлено, что изменение прочности при статическом и ударном изгибах зависит от характера размещения полимера в древесине. По мере увеличения ко-

личества полимера в полостях клеток и уменьшении его содержания в клеточных стенках показатели прочности при статическом и ударном изгибах возрастают. Невысокие результаты, полученные при испытании СПД на ударный изгиб, побудили нас провести исследования с прессованной древесиной, пропитанной смолами, которые слабо или вообще не проникают в клеточные стенки древесины. В частности, нами были проведены исследования прессованной древесиной, пропитанной компаундом на основе алифотической водорастворимой эпоксидной смолы ДЭГ-1 и фенолоспиртов, а также полиэфирной смолой ПН-1.

При пропитке компаундом ударная вязкость прессованной древесины оказалась значительно выше, чем у непропитанной прессованной древесины. При содержании смолы в образцах по весу в пределах 42% увеличение прочности по отношению к контрольным образцам составило 27,1%. Несколько ниже были результаты, полученные при испытании прессованной древесины, пропитанной полиэфирной смолой ПН-1. При содержании смолы в образцах в пределах 17% прочность древесины при ударном изгибе составила величину приблизительно одинаковую с контрольными образцами. Следует, к сожалению, отметить, что рассмотренные выше смолы, повышая сопротивляемость действию ударных нагрузок, не обеспечивают достаточно высокой стабильности размеров при работе древесины во влажных средах.

Для получения прессованной древесины с повышенной прочностью при ударных нагрузках следует использовать смолы, которые не проникают в клеточные стенки или смолы, которые после отверждения дают полимеры с относительно невысокой жесткостью.

Исследование технологических свойств СПД показало, что новый материал обладает высокими антифрикционными свойствами и повышенной износостойкостью.

Средние значения коэффициента трения при смазке машинным маслом колеблются в пределах от 0,026 до 0,06. Испытания антифрикционных свойств показали, что коэффициент трения СПД на 15—20% ниже, чем у непропитанной смолами древесины. Предварительные исследования антифрикционных свойств СПД в небольшом диапазоне окружных скоростей и нагрузок показали ее высокие антифрикционные свойства. Вопрос об определении коэффициента трения СПД при различных значениях удельных нагрузок, разных скоростях скольжения, угле ориентации волокон по отношению к валу и влиянии количества введенного полимера на коэффициент трения подлежит дальнейшему более глубокому исследованию.

Определение стойкости пропитанной смолами прессованной древесины к истиранию показали, что наилучшие результаты по износостойкости были получены при трении торцевой поверх-

ностью параллельно годичным слоям древесины. Установлено, что износостойкость стабилизированной прессованной древесины при таком расположении волокон приближается к износостойкости таких материалов, как древесный пластик и текстолит. Износостойкость непротитанной прессованной древесины ниже, чем у СПД на 15—20% и приближается к износостойкости модифицированной фенолоспиртами непрессованной древесины.

В ШЕСТОЙ ГЛАВЕ на основании исследований физико-механических характеристик и технологических показателей СПД, а также промышленных испытаний деталей приводится анализ областей возможного применения стабилизированной прессованной древесины и технико-экономические соображения.

Обладая высокими прочностными показателями, повышенной стабильностью размеров, водо-влажностойкостью, химической стойкостью и высокими антифрикционными свойствами, стабилизированная прессованная древесина может с успехом применяться в машиностроении в качестве материала для изготовления подшипников скольжения.

Исследования, проведенные на различных предприятиях, показали, что подшипники скольжения, изготовленные из такой древесины, могут с успехом эксплуатироваться в условиях абразивной среды и затрудненной смазки. В частности, подшипники из СПД могут работать в горношахтном оборудовании, в цементной промышленности, в оборудовании литейных цехов (в роликоопорах ленточных транспортеров для подачи абразивных материалов). Высокая стойкость СПД в агрессивных средах обуславливает ее применение в химической промышленности.

Пропитка древесины перед прессованием маслами позволяет получать самосмазывающуюся стабилизированную прессованную древесину. Подшипники, изготовленные из такой древесины, не нуждаются в смазке в течение длительного периода эксплуатации. Проведенные нами испытания самосмазывающихся подшипников из СПД в набивочных спичечных автоматах Борисовского фанерно-спичечного комбината показали хорошие результаты.

Наиболее эффективно СПД, по нашему мнению, может быть применена в тех случаях, когда узлы или детали, изготовленные из такой древесины, подвергаются периодическому увлажнению. Повышенная стабильность размеров подшипников из СПД при работе в средах с переменной влажностью или в воде позволяет сохранять конструктивные зазоры в паре вал-подшипник в течение длительного времени эксплуатации и гарантировать узел от заклинивания. Испытания значительной партии подшипников (1200 шт.) на Ижорском заводе и Минском заводе отопительного оборудования подтверждают эти выводы.

В диссертации приводится расчет стоимости 1 кг стабилизированной прессованной древесины. Ориентировочная стоимость

пропитанной фенолоспиртами прессованной древесины (при максимальном содержании введенной смолы) составляет 0,4—0,61 руб. за 1 кг. Испытания показали, что подшипники из СПД с успехом заменяют текстолит, стоимость которого составляет 6 руб. за 1 кг, а в некоторых случаях и дефицитные цветные металлы.

Применение стабилизированной прессованной древесины позволяет экономить не только высококачественную древесину твердых пород и некоторые цветные металлы, но и обеспечить более эффективное использование мягколиственных пород древесины, которые не всегда находят широкое применение в народном хозяйстве.

З а к л ю ч е н и е

На основании проведенных исследований по повышению стабильности размеров прессованной древесины и улучшению ее физико-механических свойств получены следующие результаты.

1. Доказана возможность получения формоустойчивой прессованной древесины с повышенными физико-механическими свойствами путем пропитки древесины перед прессованием низкомолекулярным фенолоформальдегидным олигомером — фенолоспиртами с последующим его отверждением.

2. Разработанная технология получения стабилизированной прессованной древесины обеспечивает повышенную ее водостойкость, высокую стабильность размеров при работе деталей в воде, в агрессивных средах и средах с переменной влажностью, повышает ее прочность при действии статических нагрузок.

3. Установлено, что высокий стабилизирующий эффект достигается при использовании фенолоспиртов сравнительно невысоких концентраций. Так, пропитка древесины перед прессованием фенолоспиртами 5% концентрации уменьшает распрессовку в 2,5—3 раза по сравнению с непропитанной прессованной древесиной. Наибольший стабилизирующий эффект наблюдается при пропитке древесины фенолоспиртами 30—35% концентрации. Максимальная распрессовка такой древесины при водоноглощении в течение 30 суток не превышала 6—7%, в то время как непропитанная прессованная древесина распрессовывалась полностью в течение короткого промежутка времени.

Водопоглощение стабилизированной прессованной древесины не превышает 23—27% или в 5—5,2 раза ниже, чем у непропитанной прессованной древесины.

4. Установлено, что стабилизирующий эффект фенолоспиртов основан на их способности проникать в клеточные стенки древесины и фиксировать ее размеры. Применение синтетических смол, не проникающих в клеточные стенки древесины, оказывает незна-

чительное влияние на стабилизацию размеров прессованной древесины. Использование таких смол для пропитки древесины перед прессованием способствует замедлению процессов водо- и влагопоглощения, но не устраняет деформаций разбухания и распресовки.

5. Изучены основные механические характеристики стабилизированной прессованной древесины в зависимости от количества введенной смолы. Введение фенолоспиртов оказывает наибольшее влияние на твердость древесины, которая возрастает в 3—3,5 раза, предел прочности при сжатии вдоль волокон (увеличивается в 1,8 раза), скалывание вдоль волокон (возрастает в 1,25 раза).

С увеличением концентрации пропиточного раствора наблюдается снижение прочности при ударном изгибе. Установлено, что увеличение прочности прессованной древесины при ударных нагрузках может быть достигнуто за счет ограничения доступа полимера в клеточные стенки древесины и осаждения его в полостях клеток. В работе приведены рекомендации по использованию смол, повышающих ударную вязкость прессованной древесины.

6. Установлено, что механические свойства стабилизированной прессованной древесины находятся в прямой зависимости от содержания полимера. Эта зависимость подтверждается высокими коэффициентами корреляции.

7. В работе произведено определение оптимальных концентраций растворов фенолоспиртов для пропитки древесины в зависимости от условий эксплуатации СПД.

8. Данные, полученные при определении коэффициентов трения стабилизированной прессованной древесины и ее износостойкости показали, что такая древесина может быть использована в машиностроении в качестве материала для подшипников скольжения.

9. Результаты проведенных нами лабораторных исследований и производственных испытаний позволяют слагать, что стабилизированная прессованная древесина найдет широкое применение в различных отраслях промышленности, где требуются от материала высокие физико-механические показатели, стабильность форм и размеров, стойкость к химическим и атмосферным воздействиям.

10. Техничко-экономические расчеты свидетельствуют об эффективности применения стабилизированной прессованной древесины как нового конструкционного материала при замене твердых пород древесины и некоторых цветных металлов.

**По материалам диссертации опубликованы
следующие работы**

1. Древесина, модифицированная синтетическими полимерами (методическое пособие). Изд-во «Вышэйшая школа», Минск, 1969 (в соавторстве с В. Е. Вихровым, Ю. И. Холькиным, В. М. Резниковым, Ю. В. Вихровым и др.).

2. К стабилизации размеров прессованной древесины. Тезисы докладов научно-технической конференции молодых ученых Белоруссии, Минск, 1969.

3. Получение стабилизированной прессованной древесины и ее некоторые физико-механические свойства. Сборник «Пластификация и модификация древесины», изд-во АН Латв. ССР, Рига, 1970.

4. Стабилизированная прессованная древесина. Журнал «Промышленность Белоруссии», № 1, Минск, 1970.

5. О стабилизации размеров прессованной древесины. Журнал «Деревообрабатывающая промышленность», № 4, Москва, 1971 (в соавторстве с В. Е. Вихровым и Ю. В. Вихровым).

6. Стабилизация форм и размеров прессованной древесины фенолоспиртами. Тезисы докладов Всесоюзной конференции по современным проблемам древесиноведения, Минск, 1971.

7. Определение некоторых технологических параметров при получении стабилизированной прессованной древесины. Сборник «Механическая технология древесины», изд-во «Вышэйшая школа», Минск, 1971.

**Основные результаты работы
доложены и обсуждены на следующих научно-технических
конференциях**

1. Всесоюзное совещание «Получение и применение в народном хозяйстве пластифицированной древесины и изделий из нее», Рига, ноябрь, 1968.

2. Научно-техническая конференция молодых ученых Белоруссии, посвященная 100-летию со дня рождения В. И. Ленина, Минск, ноябрь, 1969.

3. Научно-техническая конференция по итогам научно-исследовательских работ 1969 года, Минск, БТИ им. С. М. Кирова, апрель, 1970.

4. Всесоюзная конференция по современным проблемам древесиноведения, Минск, 1971.

АТ 11024. Подписано к печати 20/1 1972 г. Формат 60×
×90 1/16. Печ. л. 1,5. Тир. 200. Зак. 170. Отпечатано в
типографии «Красный печатник», г. Минск, пер. Кали-
нина. 12.