

634.0.8

К-26

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ
С.М. КИРОВА

На правах рукописи

С.И. КАРПОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ
ФЕНОЛОСПИРТАМИ И МЕТАЛЛОМ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ
КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Специальность 05.398 Материаловедение
(древесиноведение)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск, 1971

634.0.8

K-26

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ
С.М. КИРОВА

На правах рукописи

С.И. КАРПОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ
ФЕНОЛОСПИРТАМИ И МЕТАЛЛОМ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ
КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Специальность 05.398 Материаловедение
(древесиноведение)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск, 1971

БИБЛИОТЕКА БТИ
ИМЕНИ С. М. КИРОВА

26/9 ар.



РАБОТА ВЫПОЛНЕНА В БЕЛОРУССКОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ
ИНСТИТУТЕ ИМЕНИ С.М. КИРОВА

Научные руководители:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор В.Е. ВИХРОВ
кандидат технических наук, доцент А.В. МОИСЕЕВ

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор М.С. МОВНИН
кандидат технических наук, доцент Н.С. КУЗЬМИЧ

Ведущее предприятие:

завод отряддеталей комбината "Минскстрой"

Автореферат разослан 7 мая 1971 г.

Защита диссертации состоится 9 июня 1971 г.

на заседании Совета Белорусского технологического
института им. С.М.Кирова, гор. Минск, ул.Свердлова, 13 а,
корпус 4, ауд. 220

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
института

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

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

В В Е Д Е Н И Е

Современное машиностроение во все возрастающем масштабе потребляет разнообразные материалы. Непрерывно ускоряющийся технический прогресс требует постоянного улучшения качества традиционных конструкционных материалов и создания новых со специальными свойствами. Материалы, предоставленные человеку природой, уже давно не удовлетворяют его своими свойствами. Так, чистые металлы практически не применяются в современном машиностроении для изготовления из них деталей машин, ввиду узкого диапазона природных свойств. Для устранения этого недостатка металловеды пошли по пути создания многокомпонентных металлических сплавов со специальными свойствами. Этот путь значительно расширил арсенал металлических конструкционных материалов.

В дальнейшем стали стремиться получать материалы, сочетающие в себе элементы различного происхождения. К таким материалам относятся металл-полимерные композиции, древесно-композиционные пластики и т.д. Сочетание в одном материале различных по своим свойствам компонентов значительно расширило возможности получения искусственных материалов с заранее заданными свойствами, которые можно изменять в широких пределах.

Нами разработана технология получения композиционного материала на основе цельной древесины, полимера и металла (авт. свидетельство № 285222 от 13 августа 1970 г., В.Е.Вихров, А.В.Моисеев, С.И.Карпович).

Натуральная древесина обладает многими положительными свойствами. Сравнительно высокие механические показатели, малая плотность, широкое распространение, легкость обработки, технологичность в ряде случаев делают древесину практически незаменимым материалом. По своим свойствам древесина может применяться и в машиностроении, например, в качестве антифрикционного материала. Для этого она обладает необходимыми показателями: низкими коэффициентами трения, высокой износостойкостью, хорошей обрабатываемостью, достаточной механической прочностью и т.д. Однако при изготовлении деталей машин из древесины некоторые ее свойства являются отрицательными. Это в первую очередь размероизменяемость при водо-влагопоглощении и низкая теплопроводность. При устранении этих недостатков появляется возможность расширить применение древесины в узлах трения.

В основу улучшения свойств древесины была положена пропитка ее синтетическими смолами и расплавленным металлом. Модификация древесины синтетической смолой придает ей высокую стабильность размеров, а последующая пропитка металлом повышает прочность и в десятки раз увеличивает теплопроводность.

Настоящая работа посвящена исследованию процессов модификации древесины фенолоспиртами и металлом, изучению физико-механических и антифрикционных свойств полученного материала. Проведены производственные испытания материала в узлах трения различных агрегатов.

Диссертация содержит введение, VI глав, заключение, приложение, список использованной литературы из 157 наименований и изложена на 203 страницах. Текст иллюстрирован 23 рисунками и 18 таблицами.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ приводится обзор литературных данных по наиболее широко применяемым неметаллическим антифрикционным материалам.

Сравнительный анализ их свойств с металлическими подшипниковыми материалами говорит о том, что каждой группе присущи определенные положительные особенности.

Неметаллические материалы имеют малую плотность, низкие коэффициенты трения при работе без смазки, минимально изнашивают сопрягаемому де аль. Эти особенности делают такие материалы незаменимыми в тех случаях, когда технологический процесс исключает применение смазки. Обладая высокой износостойкостью, подшипники из неметаллических материалов в то же время не изнашивают шейку вала, тем самым обеспечивая долговечность работы узлов трения. Особенно наглядно видны их достоинства при эксплуатации узлов трения в абразивных и химически активных средах.

К положительным показателям металлических антифрикционных материалов в первую очередь следует отнести высокую теплопроводность и механическую прочность, позволяющую работать в скоростных и тяжело нагруженных узлах трения.

Материал, сочетающий в себе свойства металлических и неметаллических подшипников скольжения, наиболее полно удовлетворял бы требованиям, предъявляемым к антифрикционным материалам.

Увеличить теплопроводность и несущую способность неметаллических подшипниковых материалов можно следующими путями:

1. Облицовать металлический вкладыш тонким слоем полимерного материала.
2. Ввести в антифрикционную пластмассу в качестве наполнителя металлический порошок.
3. Пропитать пористую неметаллическую основу синтетическими веществами.

4. Пористый металлический материал пропитать жидким металлом.

Из рассмотренных способов получение литой объемной металлической решетки в неметаллическом материале ведет к наиболее эффективному повышению его теплопроводности и механической прочности. Достигается это при помощи пропитки пористой основы расплавленным металлом. В качестве пористого материала мы использовали древесину. Благодаря работам Я.С.Галлай, В.Г.Матвеева, П.Н.Хухрянского, Н.Т.Нысенко, В.С.Генеля, М.С.Мовнина, Б.А.Архангельского, Ф.П.Снеговского, А.В.Апостола, Ю.И.Васильева, В.В.Денисенко, И.Г.Назарова, А.К.Сидоренко, В.Г.Пустовалова и др. наиболее подробно изучены антифрикционные свойства прессованной древесины.

Эти исследования показали, что прессованная древесина с успехом может применяться в узлах трения лесозаготовительного, сельскохозяйственного и др. оборудования.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ рассмотрены вопросы улучшения свойств ^{древесины} путем пропитки ее различными веществами.

Древесина, обладая сравнительно высокими механическими показателями, в то же время является высокопористым телом. Эту особенность строения древесины можно использовать для улучшения ее свойств путем пропитки жидкостями. Однако на водопроницаемость древесины, наряду с ее пористостью, оказывает влияние и ряд других факторов. Работами Н.И.Чулицкого, М.В.Подладчиковой, Н.В.Арциховской, В.А.Наженова, В.Е.Москалевой, Н.А.Оснач, Е.В.Харук, Л.Н.Исаевой установлено, что ее проводимость зависит от породы, особенностей анатомического строения, расположения древесины по высоте и радиусу ствола, физико-химических свойств древесинного вещества, характера общности капиллярной системы, размеров проводящей системы, ее смолотсоти, свойств пропитывающих жидкостей.

Механизм проникновения жидкостей в древесину носит сложный характер и в настоящее время еще недостаточно изучен. Все это говорит о том, что выбору породы древесины под пропитку должно уделяться соответствующее внимание.

Для улучшения свойств древесины ее подвергают пропитке парафином, воском, петролатумом, серой, канифолью, синтетическими смолами.

В работах П.А.Иссинского, Ю.М.Иванова, В.Е.Вихрова, В.Д.Карпова, А.С.Фрейдина, Б.С.Чудинова, А.И.Калниньша, В.А.Зайвий, В.Н.Рассадиной, Н.Т.Романова, Н.Я.Солечника, А.К.Красина, И.И.Саламатова, Ю.М.Ванинковой, В.А.Белого, В.Ф.Анненкова, Л.Бакеянда, А.Стамп, Р.Себорга и др. приводятся данные, показывающие на комплексное улучшение свойств древесины при ее модификация синтетическими смо-

лами. При помощи модификации древесины синтетическими смолами ей можно придать высокую гидрофобность, большую механическую прочность, увеличить био- и химстойкость, уменьшить возгораемость.

Необычное сочетание представляет собой материал, полученный путем пропитки древесины расплавленным металлом. По данным Д.Н.Лекторского, Д.Шидта, Р.Мартеля, Ф.Колмана механическая прочность металлизированной древесины в 2-3 раза выше натуральной и, что особенно важно, теплопроводность этого материала возрастает в десятки раз. Испытания антифрикционных свойств металлизированной древесины показали ее исключительно высокую износостойкость.

Значительно повысили прочность и теплопроводность прессованной древесины М.С.Мовнин, В.В.Гнусов, Г.В.Берзиньш путем пропитки ее металлом.

Однако металлизированная и металлопрессованная древесины сохраняют способность изменять свои размеры при водо-влажпоглощении. Этот недостаток металлизированной древесины можно значительно уменьшить путем модификации ее синтетическими смолами.

Таким образом, подбирая пропитывающие вещества с соответствующими свойствами, можно целенаправленно улучшать свойства древесины.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ посвящена обоснованию выбора древесной породы, модифицирующих агентов, конструированию и выбору оборудования и аппаратуры, необходимой для проведения исследований.

В этой главе описывается методика проведения физико-механических испытаний нового материала.

Исследования проводились на древесине березы, являющейся одной из наиболее распространенной, не дефицитной древесной породой, обладающей к тому же хорошей пропитываемостью.

В качестве химического модификатора применялись фенолоспирты, дающие наиболее высокие результаты по стабилизации формы и размеров древесины. Хорошая растворимость в воде, невысокая вязкость благоприятствуют интенсивному протеканию процесса пропитки и позволяют получать модифицированную древесину с разным содержанием полимера.

Для получения модифицированной фенолоспиртами древесины была принята технология, разработанная Э.Э.Паулем. В нее входят следующие операции:

1. Пропитка образцов фенолоспиртами.
2. Поэтапная сушка образцов при $t = 75^{\circ}\text{C}$ до влажности 10-15%, а затем при $t = 100^{\circ}\text{C}$ до влажности 2-4%.

3. Термообработка при $T = 120^\circ\text{C}$ без подачи паров конденсации смолы.

При пропитке модифицированной фенолоспиртами древесины металлом термообработка нами исключалась, так как считалось, что она совмещается с последующей пропиткой древесины жидким металлом, температура которого намного выше 120°C .

Металлизация древесины проводилась сплавом П145, эвтектикой свинец-сурьма (87% Pb и 13% Sb) с небольшими добавками олова для понижения температуры плавления до 120° и чистой эвтектикой свинец-сурьма.

Эти сплавы обладают достаточно высокой жидкотекучестью, чтобы успешно проникать в древесину.

Для пропитки древесины синтетическими смолами и металлом была сконструирована пропиточная установка высокого давления. Пропитку на ней можно производить под действием вакуума и давления до 150 атм. В качестве рабочего тела использовался сжатый воздух. В рабочей камере можно автоматически поддерживать температуру на заданном уровне в пределах от 20 до 350°C . Камера была оснащена устройством для быстрого опускания и подъема образцов, позволяющего уменьшить срок их выдержки в расплавленном металле до нескольких секунд.

Для исследования динамики пропитки пористых тел жидкостями была изготовлена установка, при помощи которой можно оценить количество поглощенного телом пропитываемого вещества за любой промежуток времени.

Для металлизированной древесины и древесины, модифицированной синтетической смолой и металлом, нет утвержденного ГОСТа по проведению физико-механических испытаний. По нашему мнению, наиболее подходящей является методика, разработанная ЦНИИСК под руководством профессора Ю.М.Иванова, для определения эффекта модификации древесины синтетическими смолами. Рекомендуемый размер образцов позволяет до минимума сберечь расход металла и в то же время с высокой степенью надежности оценить эффект пропитки древесины металлом. Часть показателей определялась по стандартной методике для натуральной древесины (ГОСТ И1483-65, ГОСТ И1499-65).

Имея возможность взять поправочные коэффициенты на влажность и тем самым исключить ее влияние на результаты опытов, все испытания проводились на образцах в абсолютно сухом состоянии. Полученные экспериментальные данные обрабатывались общепринятыми методами математической статистики.

ЧЕТВЕРТАЯ ГЛАВА посвящена разработке технологии модификации древесины комбинированным методом — фенолоспиртами и металлом.

При комбинированном способе модификации древесины каждый из модифицирующих агентов выполняет определенную роль. Фенолоспирты, располагаясь в клеточной стенке, вызывают увеличение водостойкости древесины. Небольшое количество фенолоспиртов в древесине не позволяет достигнуть максимального стабилизирующего эффекта, а слишком большое, (при расположении полимера в полостях клеток), резко ухудшает ее проницаемость расплавленным металлом. Опыты показали, что наилучшее расположение полимера в древесине будет таким, когда он заполнит клеточную стенку и тонким слоем покроет стенки клеток, что придаст древесине высокую стабильность размеров и к тому же защитит ее от термической деструкции при пропитке металлом.

В связи с этим в работе рассмотрены некоторые процессы размещения жидкости в древесине. Процесс проникновения жидкостей в древесину (если они вызывают ее разбухание) происходит одновременно и в полости клеток и в клеточную стенку. Скорости капиллярной и диффузионной проводимости древесинной жидкости значительно отличаются друг от друга. При ограниченном времени нахождения древесины под пропиткой с некоторой погрешностью можно считать, что эти процессы протекают раздельно. Сначала жидкостью заполняются полости клеток, а затем жидкость из них переходит в клеточную стенку, в результате чего в полостях клеток появляются пустоты. Движение жидкости из полостей клеток в стенку происходит до тех пор, пока не исчерпывается поглощающая способность клеточной стенки. Поглощающую способность клеточной стенки можно выразить учитывая объем камер пор стенки и увеличение ее объема за счет разбухания:

$$P_K = V_{\Pi} + V_K \cdot K_P ; \quad (1)$$

где: P_K — поглощающая способность клеточной стенки;

V_{Π} — объем камер пор в клеточной стенке;

$V_K \cdot K_P$ — приращение объема клеточной стенки за счет ее разбухания, выраженное через ее начальный объем (V_K) и коэффициент объемного разбухания (K_P).

Если объем клеточной стенки выразить через усредненные наружный (D) и внутренний (d) диаметры, приняв длину клетки за единицу, то он будет равен:

$$V_K = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (2)$$

А объем камер пор в клеточной стенке (V_{Π}) можно определить через ее объем (V_K) и коэффициент пористости клеточной стенки (K_{Π}).

$$V_{\Pi} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot K_{\Pi} ; \quad (3)$$

Исходя из уравнений (2) и (3), уравнение (1) запишем:

$$\Pi_K = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot (K_{\Pi} + K_P) ; \quad (4)$$

Объем жидкости, находящейся в полости клетки ($V_{\Pi K}$), определенный через диаметр полости, будет равняться:

$$V_{\Pi K} = \frac{\pi d^2}{4} ; \quad (5)$$

Этот объем жидкости может быть полностью поглощен клеточной стенкой, если его отношение (5) к поглощающей способности клеточной стенки (4) будет меньше или равно единице:

$$\frac{V_{\Pi K}}{\Pi_K} \leq 1 ; \quad (6)$$

Подставив в уравнение (6) значения $V_{\Pi K}$ и Π_K , после преобразования получим:

$$\frac{d^2}{D^2 - d^2} \geq K_{\Pi} + K_P ; \quad (7)$$

Уравнение (7) дает возможность оценивать при каком соотношении внутреннего и наружного диаметров клетки произойдет полное перемещение жидкости из полости клетки в ее стенку.

Можно выразить объем жидкости, поглощенной клеточной стенкой, через введенный коэффициент скорости насыщения (K_w) и время. А объем жидкости, находящейся в полости клетки, тоже можно выразить через время и соответствующий коэффициент ее заполнения ($K_{\Pi K}$).

Используя коэффициент скорости насыщения клеточной стенки и полости клеток жидкостью, нами получено уравнение:

$$\frac{K_{\Pi K}}{K_w} = \frac{d^2}{(D^2 - d^2) \cdot (K_{\Pi} + K_P)} ; \quad (8)$$

показывающее, что за время (τ) произойдет полное насыщение древесины жидкостью в том случае, если отношение коэффициентов скоростей насыщения полости клетки и клеточной стенки будет соответствовать уравнению (8).

Часто при пропитке не происходит полного насыщения древесины жидкостью, она заполняет полости клеток и только частично проникает в клеточную стенку. В этом случае с течением времени будет происходить перемещение жидкости из полости клетки в стенку, освобождая полости клеток от жидкости. Уравнение (9) дает возможность оценить коэффициент заполнения полостей клеток (K_3), представляющий собой отношение освобожденного объема в полости клетки за счет перемещения жидкости в клеточную стенку ко всему объему полости.

$$K_3 = \frac{4 \left[\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot (K_{II} + K_P) - K_w \tau \right]}{\pi d^2}; \quad (9)$$

Время пропитки, необходимое для полного насыщения древесины жидкостью, можно определить из выведенного нами уравнения (10).

$$\tau = \frac{\pi (D^2 - d^2) \cdot (K_{II} + K_P)}{4 K_w}; \quad (10)$$

При термообработке пропитанной фенолоспиртами древесины из фенолоспиртов улетучивается растворитель, а объем пустот в ней возрастает. Если схематически предположить, что растворитель в первую очередь удаляется из смолы, находящейся в полости клетки, то ее концентрация в ней становится несколько большей по сравнению с концентрацией смолы в клеточной стенке. Происходит выравнивание концентрации смолы в этих двух зонах. Растворитель из смолы, находящейся в клеточной стенке, переходит в смолу, находящуюся в полости клетки, а освободившийся объем в клеточной стенке заполняется синтетической смолой.

Согласно принятой схеме перераспределения концентрации смолы в древесине получается, что до тех пор, пока в процессе отвердения смолы не заполнены ей клеточные стенки, полимер не будет размещаться в полостях клеток.

Интересно иметь возможность определять при какой концентрации смолы полости клеток окажутся свободными от полимера. В нашем случае удобно воспользоваться коэффициентом объемной усадки смолы (K_y), представляющий собой отношение разности объемов смолы и полимера к ее начальному объему.

Уравнение (11) позволяет оценить при каком коэффициенте объемной усадки смолы полимер будет располагаться только в клеточной стенке.

$$K_y \geq 1 - \left(1 + \frac{d^2}{(D^2 - d^2) (K_P + K_{II})} \right)^{-1}; \quad (11)$$

Подставив в это уравнение значения $d = 7$ мкм и $D = 11$ мкм, а вместо K_p и K_{II} их приближенные значения $K_p = 0,2$; $K_{II} = 0,05$ на том основании, что древесина в фенолоспиртах разбухает приблизительно на 20%, а пористость клеточной стенки равняется 5%. Коэффициент объемной усадки смолы в этом случае равняется 0,73, то есть, если принять коэффициент объемной усадки смолы обратно пропорциональным ее концентрации, то для того, чтобы полости клеток древесины остались свободными от полимера, надо брать фенолоспирты 27% концентрации. Эта величина концентрации хорошо подтверждается для фенолоспиртов экспериментальным путем. Но для того, чтобы полимер не только заполнил клеточные стенки, но и тонким слоем покрыл стенки клеток, концентрацию фенолоспиртов будем брать несколько большей, чтобы получить привес полимера в модифицированной древесине около 30–35%.

При последующей пропитке модифицированной древесины металлом необходимо знать характер изменения ее поглощающей способности в зависимости от привеса полимера. Такая зависимость для древесины разной плотности графически выражена на рис. I. До привеса фенолоспиртов порядка 25% поглощающая способность древесины величина постоянная и практически равна пористости исходной натуральной древесины. Это объясняется тем, что до этого привеса одновременно с ростом содержания полимера увеличивается объем модифицированной древесины. По аналогичной зависимости изменяется поглощающая способность и влажной древесины. Образцы с влажностью до предела гигроскопичности поглощали такой же объем дизельного топлива (жидкости не вызывавшей разбухания древесины), что и образцы в абсолютно сухом состоянии (см. таблицу I).

Таблица I

Поглощающая способность древесины при разной влажности

Порода	Объем образца при V_0 при $W = 0$, см ³	Вес образца при $W = 0$, г	Объем влажного образца (V_w) см ³	Объем поглощенной образцом д.з. топлива (V_g) см ³	Коэффициент качества пропитки $K = \frac{V_d}{V_0 \cdot \Pi} \cdot 100\%$
Береза при $W = 0$	41,6	24,1	—	23,2	0,895
Береза при $W = 20,5\%$	40,75	23,6	45,5	23,2	0,91
Дуб при $W = 0$	39,1	25,5	—	15,9	0,70
Дуб при $W = 19,4\%$	40,2	25,9	45,2	16,0	0,68

* Примечание: Π — пористость древесины, %.

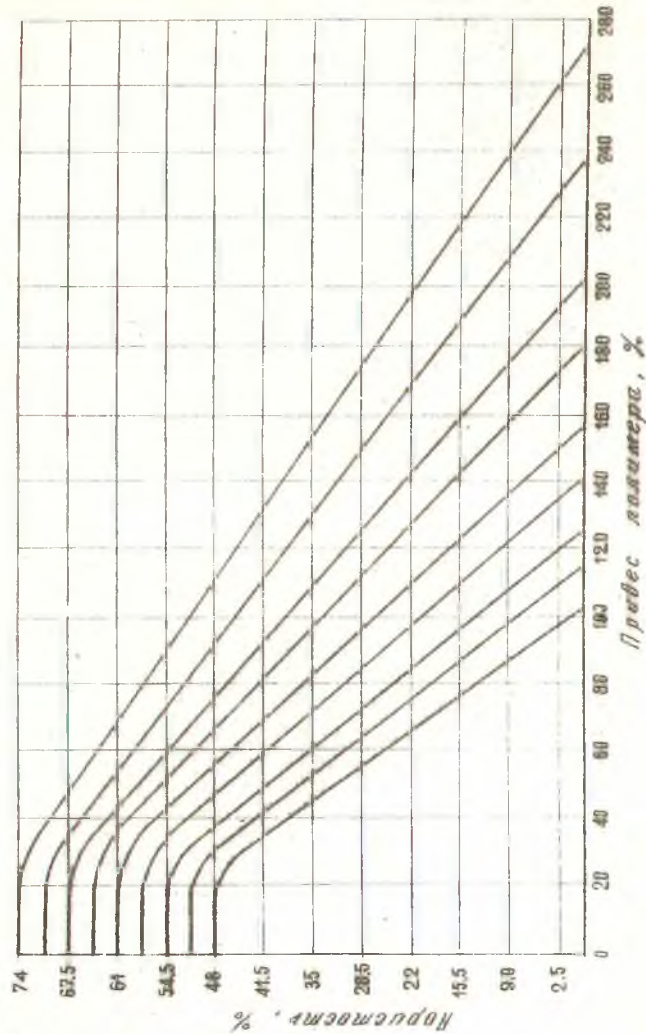


Рис. 1. Изограммы для определения пористости древесины, модифицированной фенолоспиртами

На характер расположения полимера в древесине оказывает влияние состояние образца в процессе пропитки.

Проводилась пропитка образцов фенолоспиртами в свободном состоянии и образцов, заключенных в металлические обоймы. В последнем случае можно считать, что объем образцов оставался постоянным ввиду того, что в радиальном и тангенциальном направлениях разбуханию препятствовала обойма, а вдоль волокон древесина разбухает незначительно.

Если отнести привес полимера в образцах после полимеризации к привесу жидких фенолоспиртов, то в случае свободного набухания получим привес 44%, а при пропитке образцов в обоймах — 36%.

Для количественной оценки объема оставшихся в образцах пустот они после полимеризации пропитывались дизельным топливом. Образцы, которые модифицировались фенолоспиртами в свободном состоянии, поглощали на единицу объема приблизительно в два раза больше дизельного топлива в сравнении с образцами, находившимися в обоймах. Это можно объяснить тем, что в первом случае полимер разместился в клеточной стенке, оставив свободными полости клеток. Во втором случае отвержденные фенолоспирты значительно уменьшили объем полостей клеток, тем самым в большей мере ограничив поглощающую способность древесины, модифицированной в обоймах.

Опыты по пропитке древесины, лишенной возможности разбухать, показывают, что в этом случае происходят процессы, отличные от процессов пропитки древесины в свободном состоянии, отличающиеся количеством поглощенного мономера и характером его расположения. Насыщение фенолоспиртами клеточных стенок древесины происходит в том случае, если древесина имеет возможность разбухать, в противном случае фенолоспирты в основном остаются в полостях клеток.

Качество пропитки древесины связывают с количеством поглощенной ею жидкости. Для оценки качества пропитки пористых тел пользуются отношением объема поглощенного вещества к объему пор в нем. Этой зависимостью можно пользоваться и при оценке качества пропитки древесины, принимая во внимание, что жидкости могут вызывать ее разбухание.

Оценка качества пропитки древесины жидкостями, которые не вызывают ее разбухание, может производиться по уравнению 12.

$$K = \frac{\Delta G \cdot K_p}{P} \cdot 100\% ; \quad (12)$$

где: $\Delta G = \frac{G_1 - G_0}{G_0}$, 100% - относительный привес вещества в образце в %, выраженный через G_0 - массу образца до пропитки и после G_1 ;

$K_p = \frac{A}{A_0}$ - коэффициент пропорциональности плотности древесины (ρ_0) и пропитывающего вещества (A) ;

Π - пористость древесины образца, % .

Для оценки качества пропитки древесиной жидкостями, которые вызывают ее разбухание, уравнение (12) приводится к виду:

$$K = \frac{\Delta G \cdot K_p}{\Pi + \Delta V} \cdot 100\% \quad (13)$$

где: ΔV - приращение объема образца за счет его разбухания, % .

Количество металла, поглощенного модифицированной древесиной, зависит от привеса в ней полимера. На рис. 2 приведены кривые, показывающие, как изменяется количество поглощенного модифицированной древесиной металла и дизельного топлива в зависимости от привеса фенолоспиртов. Увеличение полимера в древесине до 20% практически не уменьшило объема поглощенного модифицированной древесиной металла и дизельного топлива, что экспериментально подтверждает характер закономерностей, приведенных на рис. 1, с дальнейшим увеличением содержания фенолоспиртов объем поглощенного вещества уменьшается быстрее и при привесе около 50% намечается перегиб, который может быть объяснен тем, что проникающая способность веществ в древесину при данных режимах пропитки исчерпывается. Дизельное топливо обладает большей проникающей способностью по сравнению с жидким металлом.

На количество поглощенного древесиной металла оказывает влияние время выхождения под пропиткой, применение вакуума, величина давления.

Изучение динамики пропитки древесины металлом проводилось на специальной установке, а показания приборов снимались на киноплёнку, что дало возможность оценить количество поглощенного образцом металла за любой промежуток времени. Пропитка осуществлялась с применением вакуума в течение 1 мин. и последующего давления 40 атм в течение 1,5 часов. Практически полный привес металла образцами (750 %) был достигнут при действии давления за 1 мин. Дальнейшее увеличение выдержки под давлением до 1,5 часов увеличило привес

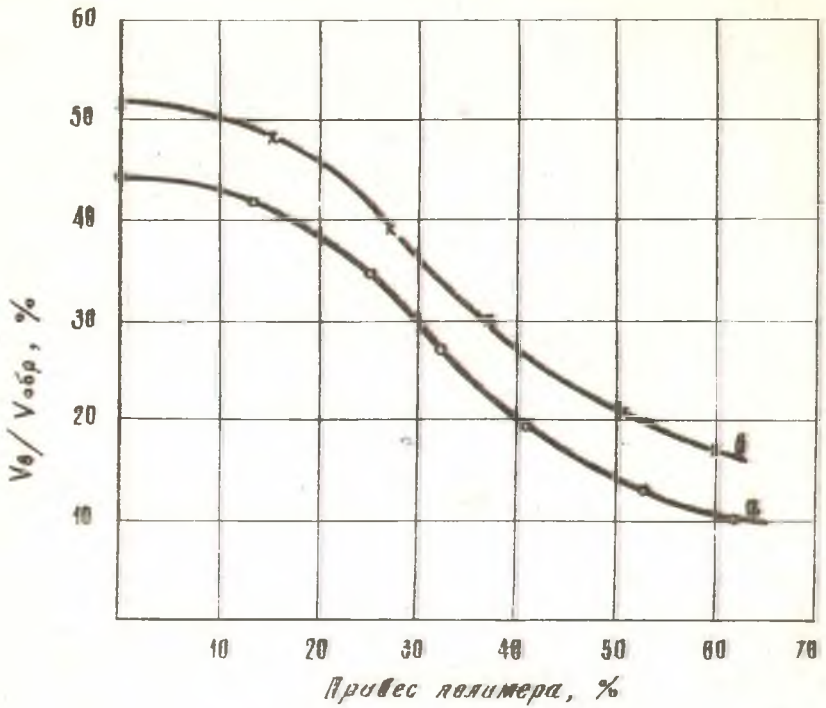


Рис. 2. Зависимость объёма поглощённого вещества от привеса полимера в образцах:
 а) сплава ЛІ45 ;
 б) дизельного топлива.

металла до 820%.

Влияние вакуума и величины давления на привес металла образцами из натуральной и модифицированной фенолоспиртами древесины показано на рис. 3. Для пропитки натуральной древесины металлом можно рекомендовать давление в пределах 25-30 атм, а модифицированной фенолоспиртами - 50-60 атм. Применение предварительного вакуума при пропитке натуральной модифицированной древесины увеличивает привес металла приблизительно на 100%.

Качество модифицированной фенолоспиртами и металлом древесины будет зависеть от характера расположения компонентов полимер - металл по сечению заготовок. Изучение изменения плотности проводилось на рейках размером вдоль волокон 160 мм. Наблюдалось некоторое уменьшение плотности в центральной части рейки. С увеличением давления при пропитке это различие уменьшается. Характер расположения полимера и металла в древесине изучался и на микросрезах образцов, взятых из разных сечений заготовки.

Пропитка древесины металлом связана с применением высоких давлений. Нами предпринята попытка выявить влияние высоких давлений на механические свойства пропитываемой древесины. Для этого первые образцы из древесины березы разбивались на две партии. Первая партия была контрольной, а вторая подвергалась пропитке водой под давлением 150 атм. в течение 36 часов. После этого образцы высушивались и вместе с контрольными подвергались испытаниям на сжатие вдоль волокон, статический и ударный изгибы. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели прочности древесины, подвергавшейся обработке высоким давлением 150 атм в течение 36 часов

Вид испытаний	M	n	$\pm \sigma$	$\pm m$	V, %	P, %
Контрольные образцы						
Сжатие вдоль волокон	868	10	33,75	11,25	3,88	1,29
Статический изгиб	2010	10	63,4	21,13	3,15	1,051
Ударный изгиб	0,895	15	0,5168	0,1381	5,77	1,54
Опытные образцы						
Сжатие вдоль волокон	846	10	20,9	6,98	2,87	0,82
Статический изгиб	2002	10	69,014	20,80	3,45	1,038
Ударный изгиб	0,3212	15	0,6318	0,175	7,74	2,14

2619 ар

Привес металла, %

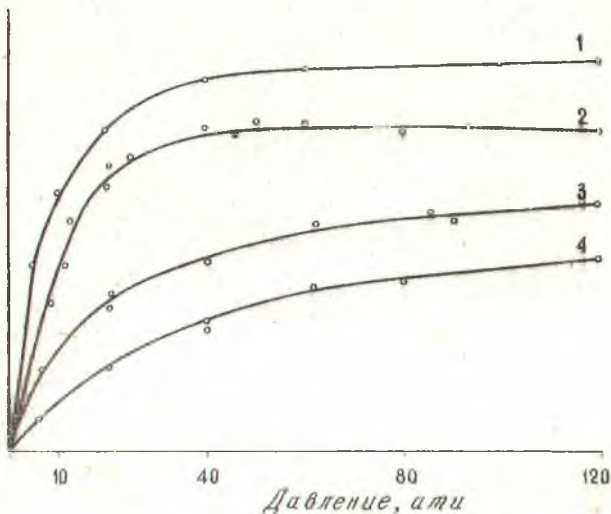


Рис.3. Влияние режима пропитки на привес металла в древесине

- 1 - натуральная древесина, пропитка осуществлялась с применением вакуума и давления;
- 2 - натуральная древесина, пропитка осуществлялась с применением только давления;
- 3 - модифицированная древесина, пропитка осуществлялась с применением вакуума и давления;
- 4 - модифицированная древесина, пропитка осуществлялась с применением только давления.

БИБЛИОТЕКА БТИ
ИМЕНИ С. М. ВИРОВА

Обработка результатов опытов показала, что пропитка древесины под высоким давлением практически не снижает ее механической прочности. Величину давления при пропитке следует назначать исходя из вязкости пропитывающей жидкости и механической прочности самой древесины.

В ПЯТОЙ ГЛАВЕ излагаются результаты физико-механических испытаний полученного материала.

Комбинированная обработка древесины, заключающаяся в модификации ее фенолоспиртами с последующей пропиткой металлом, позволяет получить материал на основе древесины с новыми свойствами.

Полученный материал испытывался на сжатие, статический и ударный изгиб, скалывание в радиальной и тангенциальной плоскостях. Результаты испытаний проведены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели механических свойств древесины березы
модифицированной различными способами

Способ модификации древесины	Средний привес фенолоспиртов, %	Средний привес металла, %	Предел прочности
1	2	3	4
Сжатие вдоль волокон, кгс/см ²			
Натуральная древесина	—	—	790
Модифицированная фенолоспиртами	52,5	—	1484
Модифицированная оплавом П45	—	495	1374
Модифицированная эвтектикой свинец-сурьма	—	370	1239
Модифицированная комбинированным способом	50	180	1980
Статический изгиб, кгс/см ²			
Натуральная древесина	—	—	1149
Модифицированная фенолоспиртами	30	—	1196
Модифицированная оплавом П45	—	489	2390
Модифицированная комбинированным способом	29	340	1579
Ударный изгиб, $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{см}}$			
Натуральная древесина	—	—	0,46
Модифицированная фенолоспиртами	30	—	0,182

	1	2	3	4
Модифицированная сплавом ЛП45	-	508	1,06	
Модифицированная комбинированным способом	30	356	0,48	
Скальвание в радиальной плоскости, кгс/см ²				
Натуральная древесина	-	-	96	
Модифицированная фенолоспиртами	38	-	99	
Модифицированная сплавом ЛП45	-	541	153	
Модифицированная комбинированным способом	36	372	146	

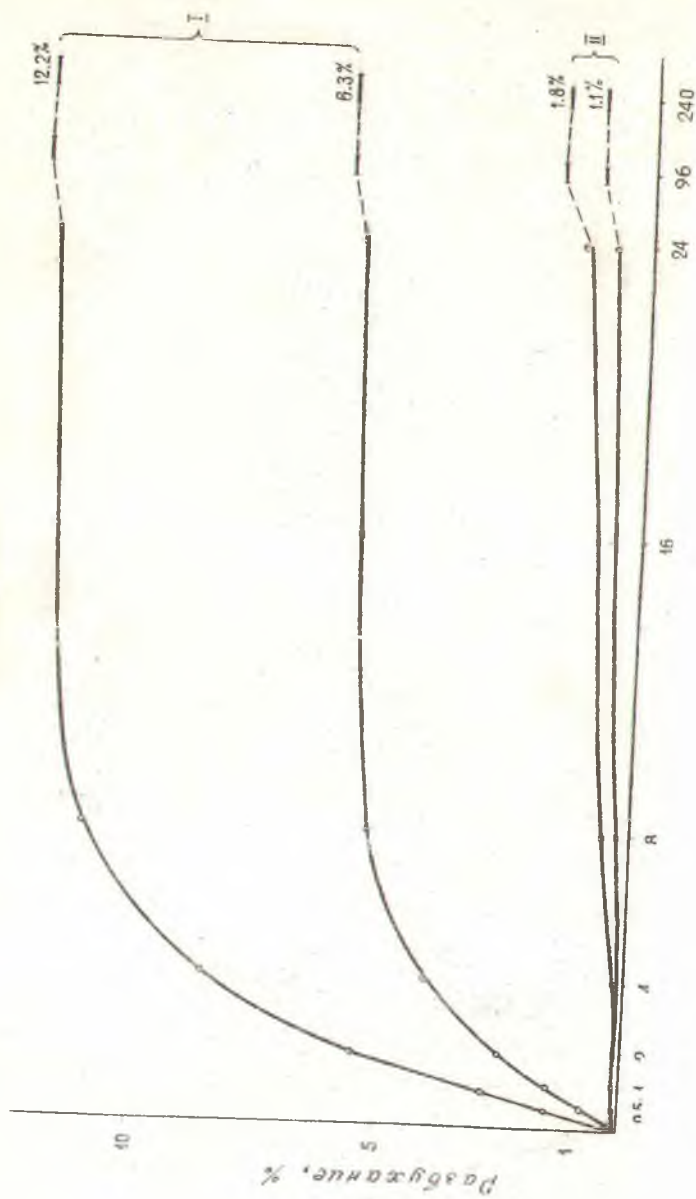
Прочность древесины, модифицированной комбинированным способом при испытании на статический изгиб и скальвании увеличивается приблизительно в 1,5 раза, а при сжатии вдоль волокон - в 2,5 раза. Ударная вязкость древесины, модифицированной комбинированным способом, не отличается по своему значению от натуральной древесины. На механические показатели модифицированной древесины влияют не только свойства вводимых в нее материалов, но и их количество. При сжатии вдоль волокон хорошие результаты были получены при содержании фенолоспиртов в древесине около 40% и металла - 25%.

Модификация древесины значительно увеличивает ее твердость. Измерения твердости производились по методике, разработанной ЦНИИЖК. Торцовая твердость металлизированной древесины при привесе металла 432% увеличилась в 1,8 раза. Модификация древесины фенолоспиртами тоже приводит к значительному увеличению ее твердости, но анизотропия твердости в этом случае выражена сильнее. Так, отношение торцовой твердости к радиальной у металлизированной древесины равно 1,1, а для модифицированной фенолоспиртами - 1,9.

Древесина, модифицированная комбинированным способом, практически изотропный материал, ее твердость во всех направлениях приблизительно в 3,5 раза выше торцовой твердости натуральной древесины.

При применении древесины для изготовления деталей машин важное значение имеет стабильность ее размеров при водо-влажпоглощении. Модификация древесины фенолоспиртами и металлом придает ей высокую стабильность размеров и значительно замедляет динамику разбухания (см. рис. 4).

Уменьшение размероизменяемости древесины, модифицированной комбинированным способом, следует объяснить в первую очередь стабилизирующим эффектом фенолоспиртов и влиянием высокой температуры при пропитке жидким металлом.



Металлизация натуральной и модифицированной древесины придает ей высокую теплопроводность. Вдоль волокон теплопроводность возрастает приблизительно в 50, а поперек — в 10 раз. Величина теплопроводности зависит от количества и соотношения полимера и металла в древесине.

Комбинированный способ модификации древесины позволяет целенаправленно изменять в широких пределах ее физико-механические свойства.

В ШЕСТОЙ ГЛАВЕ приведены результаты испытания некоторых технологических свойств древесины, модифицированной комбинированным способом и расчет экономической эффективности ее применения.

Резьбовые соединения в модифицированной древесине обладают значительно большей механической прочностью. Механическая прочность резьбы, нарезанной в металлизированной древесине, в среднем в 2-3 раза выше прочности резьбы в натуральной древесине.

Строение древесины, ее физико-механические свойства во многом удовлетворяют требованиям, которые предъявляются к подшипниковым материалам. Модификация древесины фенолоспиртами и металлом значительно улучшает свойства древесины как антифрикционного материала, придавая ей высокую стабильность размеров, большую теплопроводность и механическую прочность.

Коэффициенты трения древесины, модифицированной комбинированным способом, определялись при удельных нагрузках до 55 кг/см^2 и скоростях скольжения до 0,5 м/сек.

При работе торцевой поверхностью коэффициенты сухого трения металлизированной древесины изменялись в пределах от 0,19 до 0,26, а боковой поверхностью — 0,14-0,23.

Для древесины, модифицированной комбинированным способом, при тех же условиях испытания, были получены более низкие коэффициенты трения в пределах 0,1-0,19, по сравнению с металлизированной древесиной.

Уменьшение коэффициентов трения древесины, модифицированной фенолоспиртами и металлом, можно объяснить более высокой степенью гетерогенности структуры материала, полученной при такой обработке. Применение смазки вдет к дальнейшему значительному понижению коэффициентов трения. Проведенные лабораторные и производственные испытания полученного материала в узлах трения показали его хорошие эксплуатационные свойства, высокую износостойкость, и в некоторых случаях он может быть рекомендован для замены текстолита, бронзы и др. материалов.

Экономический расчет показывает, что применение 1 м³ древесины, модифицированной комбинированным способом, взамен бронзы даст экономию свыше 1600 рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модификация древесины синтетическими смолами и сплавами металлов придает ей новые полезные свойства. Применяя синтетические смолы и металлы с разными свойствами, а также меняя их количество в древесине, можно изменять в некоторых пределах физико-механические свойства материалов, полученных на основе древесины. Фенолоспирты, располагаясь в клеточной стенке, придают древесине высокую стабильность размеров, а последующая пропитка металлом значительно увеличивает ее теплопроводность и механическую прочность.

Для осуществления последующей пропитки модифицированной древесины металлом в ней необходимо сохранить достаточную пористость. Наилучшее расположение полимера в древесине будет таким, когда он заполнит клеточную стенку и тонким слоем покроет стенки клеток, что защитит древесину от термической деструкции при пропитке металлом. Такое расположение полимера в древесине достигается при 30–35% сухого остатка фенолоспиртов.

Установлен характер изменения поглощающей способности модифицированной древесины в зависимости от привеса полимера.

Предложены уравнения, позволяющие оценить характер расположения полимера в древесине, определить качество пропитки древесины разными жидкостями.

Установлены некоторые особенности характера расположения полимера в образцах, пропитка которых осуществлялась в обоймах.

Проведено изучение динамики пропитки древесинч жидким металлом. Установлено влияние вакуума, величина давления, привеса полимера, размеров образцов, продолжительности пропитки, температуры сплава на количество поглощенного древесиной металла.

Изучен характер расположения компонентов полимер-металл в древесине. Применение соответствующих режимов пропитки дает возможность достигнуть сравнительно равномерного расположения их в древесине. Микрофотографии металлизированной древесины показали, что металлы при пропитке обладают способностью проникать в полости клеток через поры в клеточной стенке.

Производственные испытания подшипников скольжения показали хорошие антифрикционные и эксплуатационные свойства полученного материала. В ряде случаев он может быть с экономической выгодой использован взамен тектолита и бронзы в узлах трения.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Авторское свидетельство № 285222 от 13 августа 1970 г. "Способ изготовления антифрикционной древесины" (В.Е. Вихров, А.В. Моисеев, С.И. Карпович).

2. Получение металлизированно-стабилизированной древесины и ее основные физико-механические характеристики. Сб. "Пластификация и модификация древесины", изд-во "Зинатне", Рига, 1970.

3. Древесина, модифицированная синтетическими полимерами (методическое пособие), Минск, 1969. (В соавторстве с В.Е. Вихровым, Ю.И. Холькиным, В.М. Резниковым, Э.Э. Паулем, И.П. Майко, Ю.В. Вихровым, Г.М. Щутовым, С.Ю. Казанской, В.В. Богомазовым, М.Э. Эрдман).

4. Комбинированный метод модификации древесины. Жур. "Деревособрабатывающая промышленность" № 2, 1969 (в соавторстве с В.Е. Вихровым и А.В. Моисеевым).

5. Еще одна профессия древесины. Жур. "Промышленность Белоруссии" № 3, Минск, 1970. (В соавторстве с В.Е. Вихровым и Ю.В. Вихровым).

6. К вопросу о применении древесины в машиностроении. Сб. "Лесоведение и лесное хозяйство", выпуск I, изд-во "Высшая школа", Минск, 1969. (В соавторстве с Ю.В. Вихровым).

Основные результаты работы доложены 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 Белорусского технологического института им. С.М. Кирова по итогам работ за 1968 г., Минск, 1969.

3. Всесоюзное совещание НТО "О направлениях научно-исследовательских работ в области модификации древесины", Минск, БТИ, 10-11 декабря.

ЛТ. 03242. Заказ № 204. Тираж 120 экз. Изд. 5/У-1971г.
БТИ им. Кирова, г. Минск. ул. Свердлова, 13.