

2. Модификация березы фенолоформальдепидной смолой приводит к увеличению ϵ и $\operatorname{tg} \delta$, а также существенно изменяет характер зависимости $\operatorname{tg} \delta = \gamma(f)$. Удельное сопротивление и электрическая прочность модифицированной древесины при нормально-контролируемых условиях незначительно отличаются от этих параметров древесины абсолютно сухого состояния.

3. При небольшой влажности окружающей среды модификация древесины фенолоформальдегидной смолой обеспечивает определенную стабилизацию ее электрических свойств.

В заключении выражаем благодарность И. П. Майко за содействие в выполнении работы.

Литература

- [1] В. Е. Вихров, Э. Э. Пауль. Сб.: Вопросы лесного хозяйства, лесной и химической промышленности. Минск, 1967. [2] А. Р. Хиппель. Диэлектрики и их применение. М.—Л., 1959. [3] Б. И. Сажин, П. Н. Щербак, завод. лабор. 1960, № 2. [4] В. М. Спиридонов. Автореф. канд. дисс., 1967. [5] Н. И. Богородицкий, В. В. Пасынков. Мат-лы радиоэлектронной техники, 1969. [6] F. D. Kolmann. Technologie des Holzes und Holzwerkstoffe, V I, München, 1951 г. [7] L. Pungs, ETZ, A75, 13, 1954 г. [8] W. Trapp, L. Pungs. Holzforschung V. 10, 3, 1956. [9] Химия древесины. Под редакцией Б. Л. Баунига. М., 1967. [10] Г. И. Сканава. Физика диэлектриков (область слабых полей), М.—Л., 1947. [11] В. М. Спиридонов, А. З. Хартанович. Тез. докл. Всесоюзн. конф. по совр. проблемам древесиноведения. Минск, 1971. [12] Ю. В. Вихров. Сб.: Механическая технология древесины, в. I, Минск, 1971.

Моисеев А. В., Олехнович Ф. М., Богдан Г. Я.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ — МЕТАЛЛ.

По мнению большинства ученых, занимающихся вопросами трения и износа, из всех характеристик процесса трения выделяют две основные: высокая износостойкость материала и низкий коэффициент трения.

Даже при очень высоких других характеристиках — прочности, теплостойкости, твердости, несущей способности, хорошей прирабатываемости — материал в заданных условиях не может быть применен как антифрикционный, если он имеет высокий коэффициент трения и низкую износостойкость.

Натуральная древесина березы в некоторой степени удовлетворяет как антифрикционный материал выше перечисленным

требованиям [2]. Однако применение ее в качестве подшипникового материала ограничено ее гигроскопичностью и сравнительно низкими механическими показателями.

С целью стабилизации размеров, улучшения физико-механических и антифрикционных свойств и снижения гигроскопичности цельной древесины используются различные методы ее модификации.

В настоящей статье излагаются результаты экспериментального исследования антифрикционных свойств древесины березы, модифицированной фенолоспиртами, и стабилизированной прессованной древесины, у которой в качестве стабилизирующего агента также использованы фенолоспирты.

Пропитку заготовок осуществляли 18%-ным водным раствором фенолоспиртов (ТУ-0,5-1164-69) согласно технологии, разработанной в проблемной лабораторией модификации древесины Белорусского технологического института им. С. М. Кирова [5]. Содержание полимера составляло 20% от веса заготовок в абсолютно сухом состоянии.

Технология получения стабилизированной прессованной древесины разработана в той же лаборатории [3]. Содержание полимера в испытываемых образцах материала составляло 35%, степень прессования ϵ — 35%.

Известно, что антифрикционные свойства материала существенно зависят от режимов работы узла трения и условий работы. Поэтому исследование этих свойств проводилось на модернизированной машине трения МИ-1М [4], которая обеспечивала изменение режимов испытаний в широких пределах.

Испытания проводились в условиях сухого трения по схеме «частичный вкладыш — вал». Преимущества этой схемы испытаний описаны в работе [2].

В процессе исследований определялась величина коэффициента трения и измерялась температура в зоне трения с помощью медь-константановой микротермопары (на расстоянии 0,3÷0,4 мм от поверхности трения) в зависимости от скорости скольжения и нагрузки. Кроме того, определялись предельные значения показателя PV , характеризующего грузоподъемность подшипника, и износ подшипника.

В силу значительного влияния направления волокон относительно скорости скольжения на характеристики трения исследуемых материалов для исследования были приняты следующие образцы: а) для древесины, модифицированной фенолоспиртами, — торцовые; поперечные, вырезанные так, чтобы на поверхности трения выходили торцы сердцевинных лучей; продольные, сердцевинные лучи выходят на поверхность трения торцами; для стабилизированной прессованной древесины — торцовые; продольные, в которых сердцевинные лучи выходят на поверхность трения торцами.

Полученные результаты экспериментов обрабатывались методами вариационной статистики. Получены уравнения связи между исследуемыми параметрами.

Для древесины, модифицированной фенолоспиртами, уравнения связи приведены в табл. 1.

Таблица 1

Уравнения вязки для различных направлений трения

Удельная нагрузка, кгс/см ²	Направления		
	торцовое	поперечное	продольное
2.5	$f=0,072 + \frac{0,407}{V}$	$f=0,05 + \frac{0,43}{V}$	$f=0,012 + \frac{0,453}{V}$
5	$f=0,097 + \frac{0,169}{V}$	$f=0,098 + \frac{0,141}{V}$	$f=0,029 + \frac{0,200}{V}$
7.5	$f=0,081 + \frac{0,117}{V}$	$f=0,048 + \frac{0,124}{V}$	$f=0,059 + \frac{0,114}{V}$
10	$f=0,053 + \frac{0,124}{V}$	$f=0,108 + \frac{0,059}{V}$	$f=0,059 + \frac{0,104}{V}$
15	$f=0,166 + \frac{0,087}{V}$	$f=0,133 + \frac{0,087}{V}$	
2.5	$t=61,2+7,0 V$	$t=64,6+4,86 V$	$t=59,0+5,0 V$
5	$t=52,6+16,0 V$	$t=62,6+4,86 V$	$t=62,8+3,0 V$
7.5	$t=50,8+33,0 V$	$t=71,78+4,8 V$	$t=62,6+6,0 V$
10	$t=51,0+50,0 V$	$t=55,2+38,7 V$	$t=60,0+12,5 V$
15	$t=47,0+90,0 V$	$t=92,4+0,69 V$	

Как показывают графики, на рис. 1 а, б, в, построенные по приведенным в табл. 1 уравнениям, коэффициент трения в зависимости от скорости скольжения и удельной нагрузки изменяется по нелинейному закону в широких пределах $f=0,13$ до $f=1,15$.

По нашему мнению, на графиках можно выделить два режима трения: переходный и нормальный. Переходный режим соответствует удельным нагрузкам $P=2,5 \div 5$ кгс/см² и скоростям скольжения $V=0,4 \div 0,6$ м/сек и характеризуется высоким коэффициентом трения.

Нормальный режим трения протекает при удельных нагрузках от $P=7,5$ кгс/см² и выше, и скоростях скольжения выше 0,6 м/сек. Коэффициент трения при нормальном режиме находится в пределах 0,13 ÷ 0,28.

Необходимо отметить общую, для всех испытываемых направлений, закономерность уменьшения коэффициента трения с увеличением скорости скольжения и удельной нагрузки до 10 кгс/см².

При нагрузке $P=15$ кгс/см² коэффициент трения скачкообразно возрастает до значений: для подшипника торцового направления $f=0,38$, поперечного $f=0,35$, но с увеличением скорости коэффициент трения снижается, что можно объяснить

разогревом зоны трения, за счет которого из поверхностного слоя материала происходит выделение смазывающих веществ.

На графиках (рис. 2 а, б, в) зависимости температуры в зоне трения от скорости скольжения и удельной нагрузки видна картина пропорционального увеличения температуры с ростом скорости скольжения.

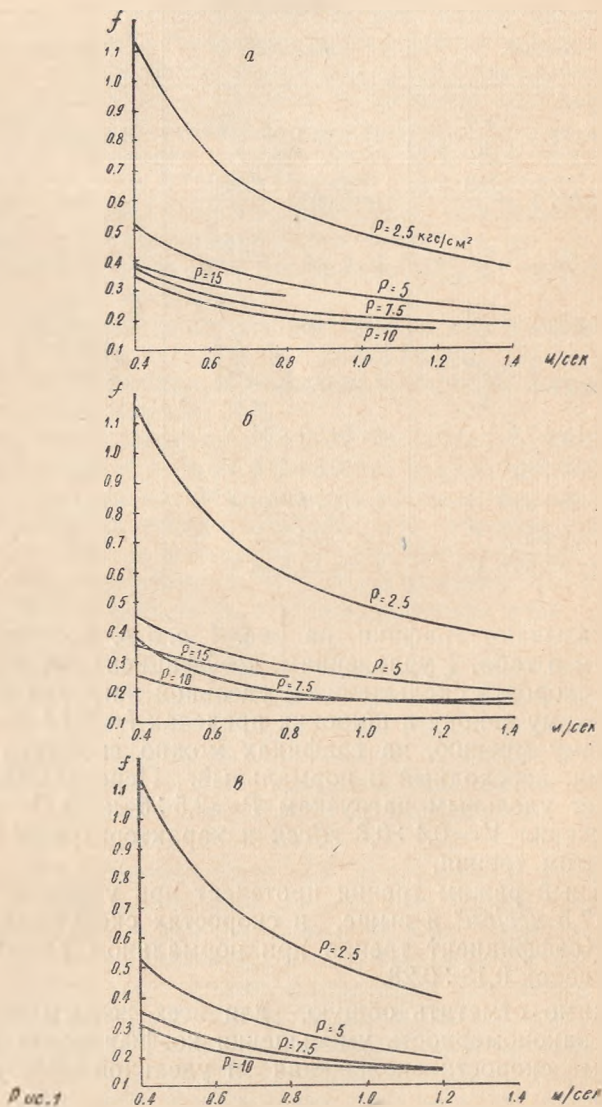


Рис. 1. График зависимости коэффициента трения от скорости скольжения и удельной нагрузки древесины березы, модифицированной фенолоспиртами для подшипников — торцового (а), поперечного (б), продольного (в) направлений.

Для каждой последующей ступени удельной нагрузки, как правило, наблюдается рост температуры по сравнению с предыдущей ступенью нагрузки как при малых, так и при больших скоростях скольжения.

Обращаясь снова к графикам (см. рис. 1) можно отметить уменьшение коэффициента трения на каждой ступени при уве-

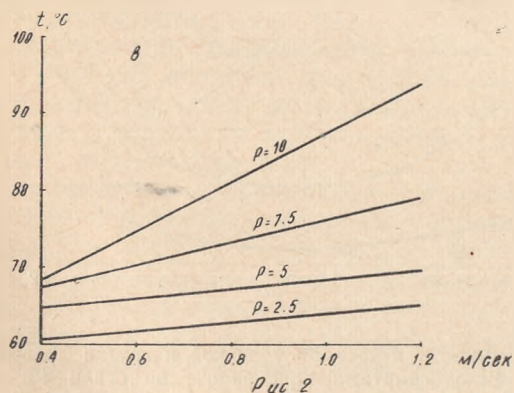
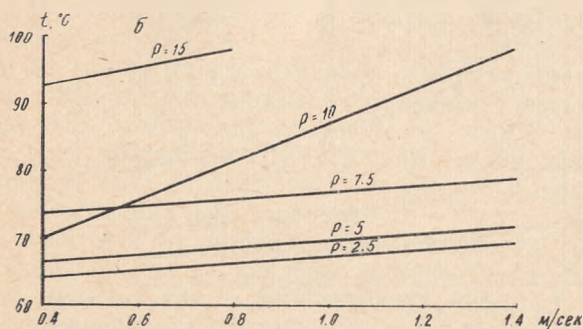
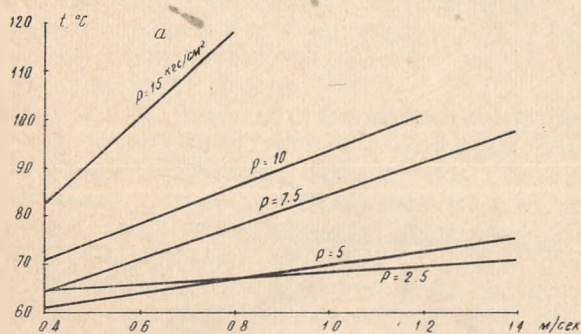


Рис. 2. График зависимости температуры в зоне трения от скорости скольжения и удельной нагрузки древесины березы, модифицированной фенолоспиртами, для подшипников: торцового (а); поперечного (б); продольного (в).

личении нагрузки на подшипник и скорости скольжения, т. е. увеличение температуры в зоне трения благоприятно сказывается на эффекте самосмазки поверхности трения.

Увеличение коэффициента трения при нагрузке $P=15 \text{ кгс/см}^2$

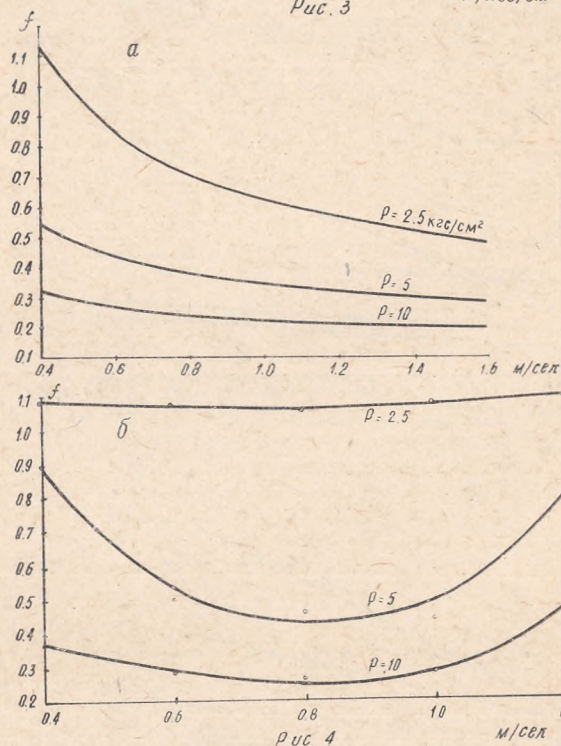
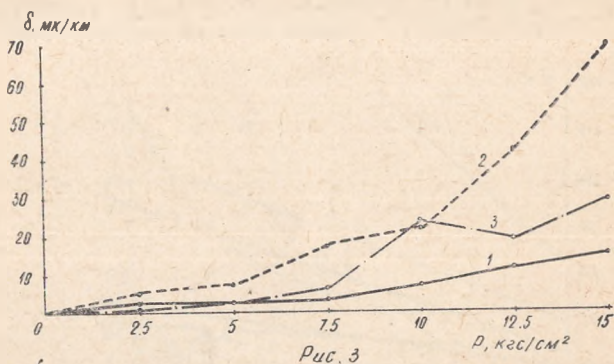


Рис. 3. График зависимости износа от удельной нагрузки древесины березы, модифицированной фенолоспиртами, при работе по стали 40 в условиях сухого трения:

1, 2, 3 — соответственно торцовое, поперечное, продольное направления.

Рис. 4. График зависимости коэффициента трения от скорости скольжения и удельной нагрузки стабилизированной прессованной древесины для подшипников торцового (а), продольного (б) направлений.

происходит, по всей видимости, за счет увеличения деформационной составляющей силы трения. Возросший коэффициент трения влечет за собой интенсивный рост температуры в зоне трения до значений $100\text{--}120^\circ\text{C}$. При этих значениях температуры опыты прекращались.

Максимальное значение безразмерного коэффициента PV для подшипников торцового, продольного и поперечного направлений оказалось одинаковым и численно равным $12\div 14$. Это указывает на то, что модифицированная древесина снижает анизотропию антифрикционных свойств.

Интересно отметить, что при нормальном режиме трения одинаковым значениям безразмерного коэффициента PV при различных удельных нагрузках соответствуют одинаковые значения коэффициента трения для подшипников всех испытываемых направлений. Для максимальных значений коэффициент трения находится в пределах $f=0,15\div 0,17$.

Снижение анизотропии антифрикционных свойств, модифицированной фенолоспиртами древесины, не дает основания в одинаковой степени рекомендовать изготовление подшипников сухого трения с любым направлением волокон относительно скорости скольжения.

Проведенные опыты по определению износостойкости материала при его работе с различным направлением волокон относительно скорости скольжения показывают, что минимальный износ (мк/км пути), при нормальном режиме трения, имеет торцовое направление (рис. 3). Величина его для этого направления практически пропорциональна нагрузке.

При малых нагрузках хорошей износостойкости обладают подшипники продольного направления, однако уже при нагрузке $P=10 \text{ кгс/см}^2$ наблюдается их интенсивный износ.

Самой низкой износостойкостью обладают подшипники поперечного направления. При нагрузке $P=15 \text{ кгс/см}^2$ износ достигает почти 70 мк/км пути.

Характер зависимости коэффициента трения от скорости скольжения и удельной нагрузки (рис. 4 а, б) для стабилизированной прессованной древесины во многом напоминает по характеру и абсолютным величинам эту зависимость для древесины, модифицированной фенолоспиртами.

Для подшипников как торцового, так и продольного направлений относительно скорости скольжения, минимальный коэффициент трения при нагрузке $P=10 \text{ кгс/см}^2$ равен $0,20\div 0,24$.

Максимально допустимая нагрузка по нагреву зоны трения не превышала 10 кгс/см^2 . Максимальные значения безразмерного коэффициента PV для этого материала лежат в пределах $15\div 16$. Этому значению PV соответствует коэффициент трения $f=0,20$.

Увеличение скорости скольжения и нагрузки ограничивалось быстрым ростом температуры в зоне трения (рис. 5, а, б), которая достигала значений $100\div 120^\circ\text{C}$ и подшипник начинал дымить.

Сопоставляя результаты исследований можно сделать вывод о том, что наилучшими с точки зрения нагрузочной и скоростной характеристик являются торцовые и продольные подшипники. Объяснить это можно тем, что видимая площадь контакта у подшипников этих направлений значительно выше, чем у подшипников поперечного направления [1].

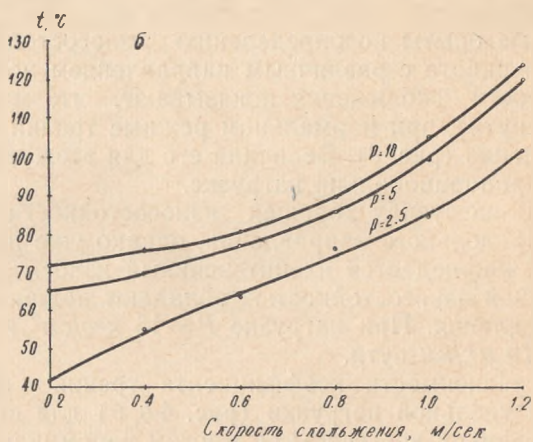
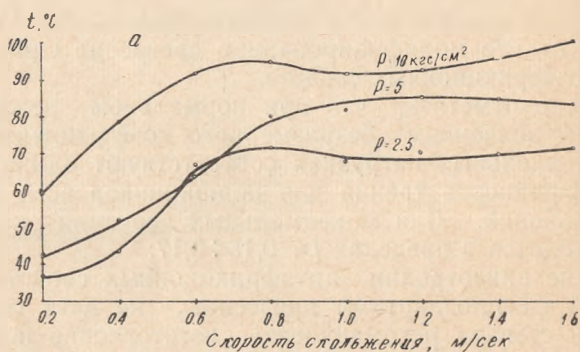


Рис 5

Рис. 5. График зависимости температуры в зоне трения от скорости скольжения и удельной нагрузки стабилизированной прессованной древесины для подшипников торцового (а), продольного (б) направления.

Нами наблюдались случаи, когда при поперечном трении нарушалась структура поверхности трения. Это нарушение сопровождалось вырыванием отдельных волокон и пучков волокон, которые, попадая в зону трения, резко снижали действительную площадь контакта. В меньшей степени (только при нагрузках свыше 10 кг/см^2) такое явление наблюдалось при трении вдоль волокон и не наблюдалось при торцовом трении.

Положительными свойствами исследуемых материалов являются то, что они менее анизотропны в антифрикционных свойствах и обладают высокой водо-влажностойкостью.

Если подшипники из натуральной древесины можно изготовить только при строгом соблюдении условий торцового трения, то для подшипников из древесины, модифицированной фенолоспиртами, и стабилизированной прессованной древесины, соблюдение этого условия не обязательно.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Для изготовления подшипников сухого трения может быть использована древесина, модифицированная фенолоспиртами, и стабилизированная прессованная древесина при условии ограничения скорости скольжения и удельной нагрузки.

2. Коэффициент трения модифицированной древесины не стабилен и изменяется в широких пределах:

а) для древесины, модифицированной фенолоспиртами от $f=0,13$ до $f=1,15$.

б) для стабилизированной прессованной древесины от $f=0,20$ до $f=1,13$.

3. При изготовлении подшипников сухого трения из модифицированной древесины целесообразнее выбирать торцовое и продольное направления.

Литература

- [1] А. В. Моисеев, Ф. М. Олехнович, Г. Я. Богдан. Площадь фрикционного контакта древесины (модифицированная древесина) — металл. (В настоящем сборнике.). [2] А. В. Моисеев, Ф. М. Олехнович. Исследование параметров трения древесины березы по закаленной стали. (В настоящем сборнике.). [3] И. П. Майко. Получение стабилизированной прессованной древесины и ее некоторые физико-механические свойства. Сб.: Пластификация и модификация древесины, Рига, 1970. [4] Отчет проблемной лаборатории за 1970 г. по теме «Изыскать возможные области применения модифицированной и модифицированно-металлизированной (натуральной и прессованной) древесины в машиностроении. [5] Э. Э. Пауль. Автореф. канд. дисс., Минск, 1969.

Моисеев А. В., Олехнович Ф. М., Богдан Г. Я.

ПЛОЩАДЬ ФРИКЦИОННОГО КОНТАКТА ДРЕВЕСИНЫ (МОДИФИЦИРОВАННАЯ ДРЕВЕСИНА) — МЕТАЛЛ.

Согласно работам [1, 4], при трении скольжения, давление от нормальной силы никогда не распространяется на всю (расчетную) площадь фрикционного контакта. В зависимости от раз-