

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ КАК МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

А. Д. ЮРИЧЕВ

Ст. преподаватель

(Поволжский лесотехнический институт)

Наиболее экономичным неметаллическим заменителем цветных металлов является спрессованная древесина. Она в 2—3 раза дешевле древесно-слоистых пластиков и в 10—12 раз дешевле текстолита. Процесс производства спрессованной древесины прост и не требует сложного оборудования.

Испытания показали, что она во многих случаях может быть полноценным заменителем цветных металлов и текстолита [2].

Однако антифрикционные и эксплуатационные свойства спрессованной древесины исследованы еще недостаточно, что в значительной степени замедляет широкое внедрение ее в промышленность.

В настоящей работе приводятся результаты испытаний, целью которых было определение относительной износостойкости и коэффициентов трения подшипников из спрессованной древесины при различных удельных нагрузках, смазках и скоростях скольжения.

Испытания проводились на специальной экспериментальной установке, принципиальная схема которой представлена на рис. 1.

Объектом испытаний являлась спрессованная древесина березы торцового гнутья, древесина контурного прессования и древесина одноосного прессования.

До прессования древесина подвергалась распариванию в парах кипящей воды.

При одноосном прессовании распаренный брусок древесины прямоугольного сечения помещался в металлическую прессформу и подвергался прессованию поперек волокон под давлением 100—150 кг/см². В результате такого прессования древесина уплотняется только в одном направлении, вдоль одной оси. В спрессованном виде брусок закреплялся в прессформе и в этом состоянии просушивался.

При контурном прессовании распаренный цилиндрический образец вдавливался в цилиндрическую прессформу с коническим приемником; прессование происходит поперек волокон, по кольцу. После запрессовки брусок подвергается сушке.

При торцовом гнутье с последующим прессованием предваритель-

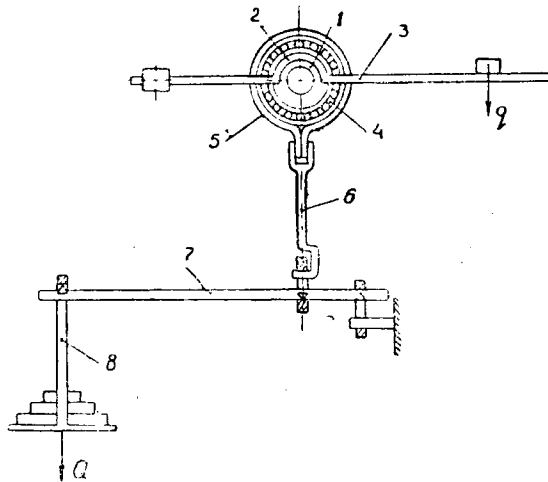


Рис. 1. Принципиальная схема установки.

1 — опытный подшипник; 2 — обойма; 3 — двухлучный рычаг, приваренный к торцу обоймы; 4 — шариковый подшипник; 5 — кольцо; 6 — тяга; 7 — рычаг; 8 — подвеска с грузом.

но распаренная заготовка в виде пластинки толщиной 15—20 мм гнется на торец в специальной шинке, затем вдавливается в цилиндрическую прессформу, после чего прессуется поперек волокон и сушится.

Объемный вес используемой в опытах древесины при влажности 6—7% составлял 1,15—1,17 г/см³.

Из заготовок спрессованной древесины вытачивались вкладыши, внутренний диаметр которых равен 35 мм, толщина стенок — 5 мм, длина — 50 мм, а угол обхвата шейки вала — 120°. Во вкладышах одноосного и контурного прессования осевое давление было направлено поперек волокон, во вкладышах торцового гнутья — параллельно волокнам. Каждый вкладыш запрессовывался в металлическую оправу. Для подвода смазки в теле подшипника проделывалось сквозное отверстие, переходящее на внутренней поверхности вкладыша в канавку. Ось отверстия располагалась под углом 50—55° к направлению нагрузки. Отверстие и канавка располагались так, чтобы смазка, поступающая в канавку, захватывалась вращающейся цапфой и подавалась ею в зону трущихся поверхностей подшипника.

Перед проведением опытов вкладыши подвергались приработке. Смазка подшипников производилась веретненным маслом ЗВ, автолом 18, солидолом жировым «Л» и водопроводной водой. Минеральное масло из бачка подавалось через воронку, вставленную в отверстие в теле подшипника и далее поступало к трущимся поверхностям. Солидол подводился на рабочую поверхность подшипника при помощи масленки Штауфера, вода из водопровода — при помощи резинового шланга. Чем больше была скорость вращения, тем больше захватывалась смазки вращающейся цапфой.

Расход смазки в опытах составлял:

| | |
|------------------------------|------------------|
| Минерального масла | 0,15—1,15 г/мин. |
| Солидола | 0,11—0,31 » |
| Воды | 0,53—3,66 л/мин. |

Окружная скорость (V) изменялась в пределах от 0,16 до 2,6 м/сек, а удельное давление (p) — в пределах от 3 до 40 кг/см².

Каждый вкладыш испытывался несколько раз. Результаты воспроизводились на двух и более вкладышах.

Результаты испытаний вкладышей из спрессованной древесины при смазке водой представлены на рис. 2.

Из диаграммы видно, что вкладыши, изготовленные из спрессованной древесины торцового гнуща, обладают значительно более низкими коэффициентами трения по сравнению с вкладышами, изготовленными из древесины контурного и одноосного прессования.

После испытаний рабочая поверхность вкладышей из древесины торцового гнуща была гладкой, без трещин, с зеркальным блеском. Поверхность же трения вкладышей из древесины контурного и одноосного прессования была шероховатой, причем в большей степени — у вкладышей одноосного прессования. Кроме того, древесина этих вкладышей разбухает в радиальном направлении, вследствие чего нарушается правильное и полное прилегание вала к подшипнику. У вкладышей торцового гнуща разбухания древесины в радиальном направлении не наблюдается, так как вдоль волокон древесина практически не разбухает.

Из графика на рис. 2 видно, что коэффициент трения вкладышей из спрессованной древесины при смазке водой уменьшается с увеличением удельной нагрузки до 7—10 кг/см². При дальнейшей увеличении удельной нагрузки величина коэффициента трения изменяется мало. При увеличении скорости скольжения коэффициент трения уменьшается для всех ступеней удельных нагрузок сначала быстро, затем при $V > 1$ м/сек — медленно. В опытах

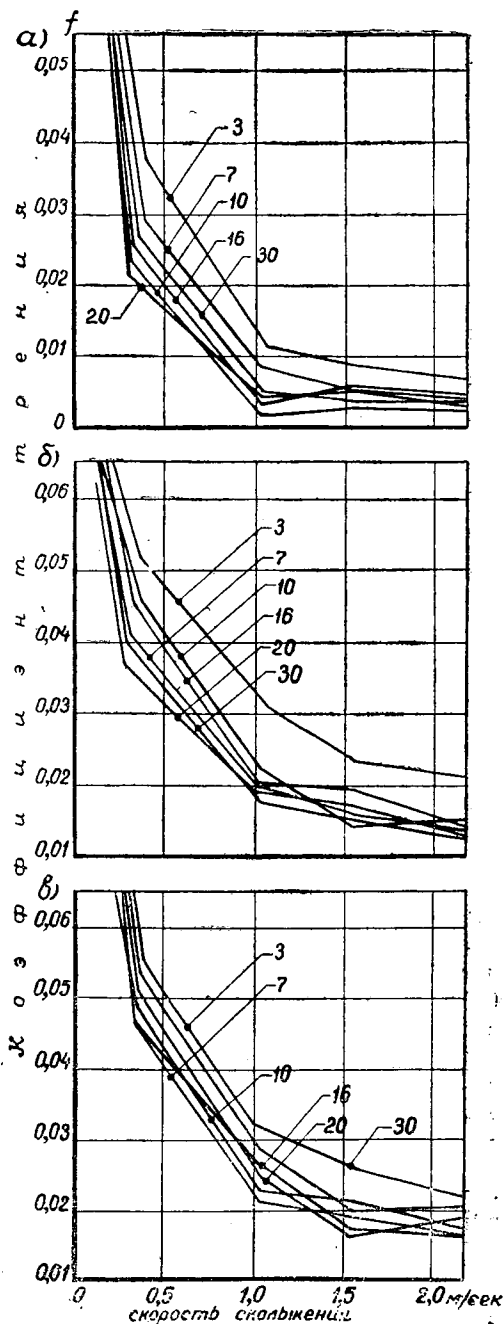


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения и удельной нагрузки при трении со смазкой водой.

Древесина вкладыша: а — торцового гнуща; б — контурного прессования; в — одноосного прессования.

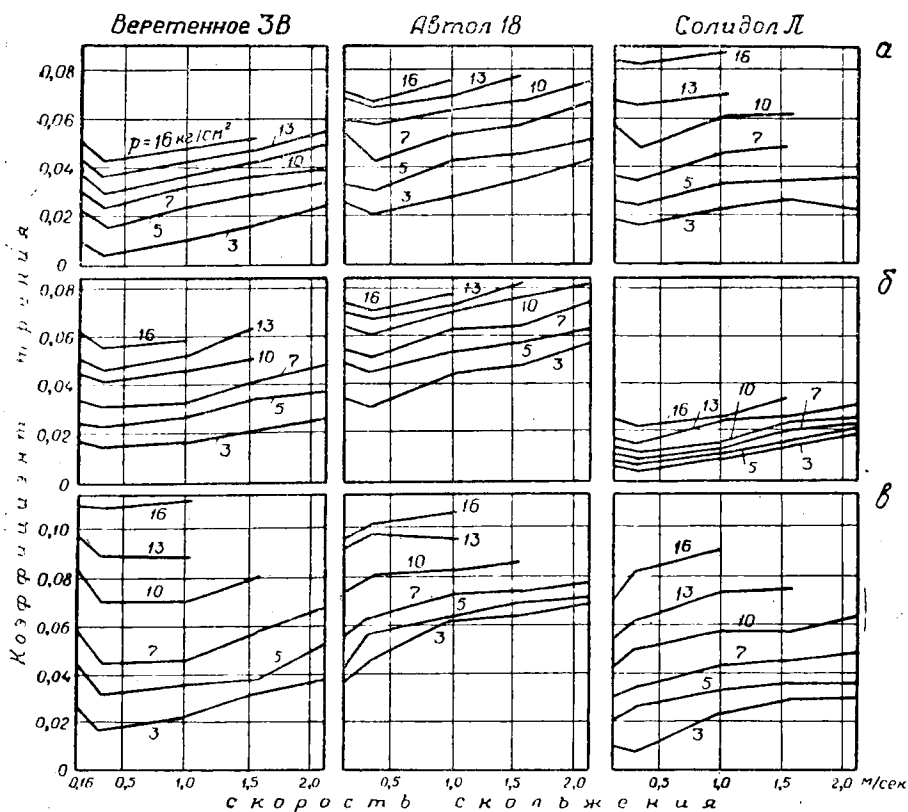


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения и удельной нагрузки при трении на минеральных смазках.

Древесина вкладыша: а — торцового гнута; б — контурного прессования; в — одноосного прессования.

перепад температуры воды не превышает $5-7^{\circ}\text{C}$ при расходе воды $0,033-0,232 \text{ л/мин см}^2$. При данных режимах работы и смазке водой возможности вкладышей из спрессованной древесины (в смысле увеличения удельных нагрузок и скоростей) исчерпаны не были. На основании экспериментальных данных получены аналитические зависимости коэффициентов трения от скорости скольжения и удельной нагрузки при смазке водой в виде степенной функции:

$$f = AV^B,$$

V — скорость скольжения (независимая переменная);

A и B — параметры, учитывающие влияние удельной нагрузки.

Для прессованной древесины торцового гнута параметры A и B определяются выражениями:

$$A = 0,00525 \frac{1}{p} + 0,00754,$$

$$B = 0,067 \frac{1}{p} - 1,082,$$

где p — удельная нагрузка.

Результаты испытаний вкладышей при смазке минеральными маслами представлены на рис. 3.

В зависимости от скорости вращения цапфы, расход смазки в опытах составлял 0,15—1,15 г/мин (0,0095—0,073 г/мин см²). Это обеспечивало образование нормального слоя смазки, но не было достаточным для охлаждения вала и подшипника. Следует заметить, что в большинстве случаев подшипники различных машин и механизмов не имеют искусственного охлаждения. Теплопроводами, способствующими охлаждению в этих подшипниках являются вал и тело подшипника.

Особенностью работы подшипников из спрессованной древесины на минеральных смазках без охлаждения является то, что тепло, выделяющееся в результате трения, отдается в воздух, в основном только через вал. Этим они отличаются от металлических подшипников, отдающих большую часть тепла через тело подшипника. Ограниченная отдача тепла в окружающий воздух является большим недостатком подшипников из спрессованной древесины, а также подшипников из древесных пластиков, текстолита и других неметаллических материалов. Работоспособность их зависит, главным образом, от следующих факторов: а) максимально допустимой температуры нагрева вала в подшипнике; б) марки масла; в) теплопроводности материала вала и величины его поверхности, отдающей тепло окружающему воздуху (то есть от геометрических размеров вала); г) степени циркуляции воздуха.

Нашими опытами показано, что подшипники из спрессованной древесины могут длительное время работать устойчиво при температуре вала в подшипнике 80—85°С; на короткие промежутки времени (10—15 мин) допустима температура вала до 110—120°С.

В табл. 1 приведены предельные значения удельных нагрузок, полученные при испытаниях вкладышей из спрессованной древесины. В качестве смазки использовались минеральные масла.

Таблица I

| V м/сек | Прессованная древесина торцового гнущя | | | Древесина контурного прессования | | | Древесина одноосного прессования | | |
|---------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| | $p \frac{кг}{см^2}$ | $t \text{ } ^\circ\text{C}$ | $\frac{pV}{\frac{кгм}{см^2сек}}$ | $p \frac{кг}{см^2}$ | $t \text{ } ^\circ\text{C}$ | $\frac{pV}{\frac{кгм}{см^2сек}}$ | $p \frac{кг}{см^2}$ | $t \text{ } ^\circ\text{C}$ | $\frac{pV}{\frac{кгм}{см^2сек}}$ |
| При смазке веретенным маслом ЗВ | | | | | | | | | |
| 0,37 | 16 | 66 | 5,9 | 16 | 69 | 5,9 | 16 | 77 | 5,9 |
| 1,01 | 10 | 78 | 10,1 | 7 | 66 | 7,1 | 7 | 67 | 7,1 |
| 1,54 | 7 | 81 | 10,8 | 5 | 63 | 7,7 | 5 | 65 | 7,8 |
| 2,16 | 5 | 78 | 10,8 | 5 | 79 | 10,8 | 3 | 64 | 6,5 |
| При смазке автолом 18 | | | | | | | | | |
| 0,37 | 16 | 75 | 5,9 | 16 | 77 | 5,9 | 16 | 85 | 5,9 |
| 1,01 | 7 | 67 | 7,1 | 7 | 81 | 7,1 | 5 | 73 | 5,1 |
| 1,54 | 5 | 74 | 7,7 | 5 | 77 | 7,7 | 3 | 69 | 4,6 |
| 2,16 | 3 | 61 | 6,5 | 3 | 68 | 6,5 | 3 | 74 | 6,5 |
| При смазке солидолом | | | | | | | | | |
| 0,37 | 16 | 85 | 5,9 | — | — | — | 16 | 77 | 5,9 |
| 1,01 | 7 | 72 | 7,1 | 10 | 66 | 10,1 | 7 | 76 | 7,1 |
| 1,54 | 5 | 71 | 7,8 | 7 | 69 | 10,8 | 5 | 71 | 7,8 |
| 2,16 | 3 | 64 | 6,5 | 5 | 65 | 10,8 | 3 | 67 | 6,5 |

Рабочие поверхности вкладышей после испытаний в большинстве случаев были в хорошем состоянии, без трещин. Частичное обгорание вкладышей в местах контакта не снижало их грузоподъемности при повторных опытах.

Из диаграммы на рис. 3 видно, что при смазке подшипников минеральными маслами в условиях, когда отвод тепла не предусмотрен, коэффициент трения вкладышей из спрессованной древесины возрастает с увеличением удельной нагрузки и снижается с увеличением скорости скольжения. Но при скоростях больших $0,37$ м/сек коэффициент трения возрастает. Если в качестве смазки служит автол 18 или солидол, то коэффициент трения вкладышей из древесины одноосного прессования возрастает с увеличением как удельной нагрузки, так и скорости скольжения (рис. 3, в). Коэффициент трения вкладышей из древесины контурного прессования при солидоловой смазке уменьшается, когда удельная нагрузка увеличивается до 7 кг/см²; дальнейшее увеличение удельной нагрузки приводит к возрастанию коэффициента трения (рис. 3, б). Повышение коэффициента трения с увеличением удельной нагрузки и скорости скольжения можно объяснить нагреванием вала, которое возникло из-за того, что расход смазки не обеспечивал надлежащего отвода тепла. С повышением температуры происходит разжижение смазки, а в дальнейшем — ее подгорание и, как следствие, — повышение коэффициента трения.

Работа вкладышей из спрессованной древесины сравнивалась с работой баббитовых вкладышей (баббит марки БН). При испытании баббитовых подшипников вал нагревался значительно меньше, чем при испытании подшипников из спрессованной древесины. Коэффициент трения баббитовых подшипников с увеличением удельной нагрузки снижается для всех ступеней скоростей.

Эмпирическая зависимость коэффициента трения от скорости скольжения и удельной нагрузки при работе вкладышей на минеральных смазках выражается уравнением:

$$f = \frac{A}{V} + BV + C,$$

где V — скорость скольжения.

A , B и C — параметры, учитывающие влияние удельной нагрузки.

Для вкладышей из спрессованной древесины торцового гнутья при смазке веретенным маслом эти параметры определяются из уравнений:

$$A = 0,00012p + 0,00047$$

$$B = 0,0002p + 0,0095$$

$$C = 0,0404 \lg p - 0,0165$$

Для вкладышей из древесины контурного прессования при смазке солидолом:

$$A = 0,0008$$

$$B = 0,009$$

$$C = 0,071 \frac{1}{p} + 0,0024p - 0,0257$$

Таким образом, при смазке минеральными маслами наименьшими коэффициентами трения обладают вкладыши из древесины торцового гнутья. Смазка веретенным маслом дает в отношении снижения коэффициента трения лучшие результаты, чем смазка автолом 18. При смаз-

ке солидолом минимальные коэффициенты трения соответствуют вкладышам из древесины контурного прессования. Вкладыши из спрессованной древесины торцового гнутья и древесины одноосного прессования при смазке солидолом показывают, примерно, одинаковые результаты.

Максимально допустимая нагрузка на подшипник определяется из теплового баланса, то есть из условия равновесия между количеством тепла, образующегося при работе сил трения, и количеством тепла, отдаваемого валом окружающему воздуху при максимальной допустимой температуре ($80-85^{\circ}\text{C}$). Работа вкладышей из спрессованной древесины при диаметре вала $45-60\text{ мм}$ и $V=1,0-1,5\text{ м/сек}$ может быть допущена на минеральных смазках без охлаждения, если удельная нагрузка не превышает $7-10\text{ кг/см}^2$.

При испытании на износ условия работы трущейся пары должны быть тяжелыми, но в то же время горение смазки — недопустимо. Исходя из этих требований и на основании опытов первой группы, режим трения при испытании на износ был принят следующий: $V=1,01\text{ м/сек}$, $p=5\text{ кг/см}^2$, смазка — солидол при периодической подаче. Срок непрерывной работы вкладыша составлял 4 часа. Опыты с одной антифрикционной парой продолжались в течение 24 часов. Вся серия опытов повторялась заново для проверки воспроизводимости результатов. Износ вкладышей измерялся резьбовым микрометром; точность отсчетов составляла $0,001\text{ мм}$. В табл. 2 приведены результаты испытаний вкладышей из спрессованной древесины на износ. Данные позволяют утверждать, что наиболее износостойкими являются вкладыши из спрессованной древесины торцового гнутья, второе место занимают вкладыши из древесины контурного прессования, третье — вкладыши из древесины одноосного прессования. В этой же таблице для сравнения приведены результаты протестированных В. К. Петриченко испытаний на износ подшипников, изготовленных из различных пластиков, при капельной смазке машинным маслом С [1].

Таблица 2

| Наименование материала подшипника | Удельная нагрузка $p\text{ кг/см}^2$ | Окружная скорость $V\text{ м/сек}$ | Изменение диаметра в мм за 50 тыс. м пробега | |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|--------|
| | | | подшипника | цапфы |
| Спрессованная древесина торцового гнутья | 5,0 | 1,01 | 0,0115 | 0,0008 |
| Древесина контурного прессования | 5,0 | 1,01 | 0,0302 | 0,0 |
| Древесина одноосного прессования | 5,0 | 1,01 | 0,0456 | 0,0 |
| Слоистый древесный пластик ДСП-В | 4,0 | 1,5 | 0,0130 | 0,0021 |
| Древесный пластик из крошки шпона | 4,0 | 2,5 | 0,0064 | 0,0028 |
| Древесный пластик из крошки шпона | 6,5 | 1,5 | 0,00198 | 0,0093 |
| Текстолит | 3,0 | 2,5 | 0,0146 | — |
| Текстолит | 12,0 | 1,5 | 0,0156 | 0,0034 |
| Текстолит | 7,0 | 2,5 | 0,0084 | 0,0031 |

Несмотря на некоторые несовпадения условий постановки опытов, из приводимых в табл. 2 данных можно сделать следующие выводы:

1. Спрессованная древесина торцового гнутья и древесные пластики (ДСП и из крошки шпона) обладают, примерно, одинаковой износостойкостью.

2. Древесные пластики и текстолит вызывают бóльший износ вала, чем спрессованная древесина.

Спрессованная древесина во многих случаях может служить ценным заменителем цветных металлов и других дефицитных антифрикционных материалов. Этот дешевый материал, по своим антифрикционным свойствам не уступающий древесным пластикам, может применяться в узлах трения многих машин и механизмов как в лесной промышленности, так и в общем машиностроении, например:

а) в дышловых подшипниках и ползунах крещкопфов узкоколейных паровозов;

б) в буксирах лесовозных вагонеток грузоподъемностью 2,5—3,0 т;

в) в подшипниках осей барабанов трелевочных лебедок;

г) в узлах трения сплочных машин, элеваторов, кранов, лесопильных рам;

д) в дейдвудных втулках речных и морских катеров, в подшипниках флотационных машин, шнеков, растворомешалок, ленточных транспортеров и многих других машин и механизмов, применяющихся в различных отраслях промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. К. Петриченко. Антифрикционные материалы и подшипники скольжения. Машгиз, 1954. [2]. П. Н. Хухрянский. Дерево вместо металла. Воронежское книжное издательство, 1956.

Поступила в редакцию
6 января 1958 г.