

УДК 677.21.051.152

DOI 10.47367/0021-3497\_2023\_1\_114

**О ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ДРЕВЕСНОЙ ОСНОВЕ  
ДЛЯ ХЛОПКООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

**ABOUT WOOD BASED PLAIN BEARINGS FOR COTTON GINS**

*Х.Ж. АБДУГАФФАРОВ<sup>1</sup>, О.Ж. МУРОДОВ<sup>2</sup>*

*X.J. ABDUGAFFAROV<sup>1</sup>, O.J. MURODOV<sup>2</sup>*

*(<sup>1</sup>Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,  
<sup>2</sup>Костромской государственный университет, Россия)*

*(<sup>1</sup>Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,  
<sup>2</sup>Kostroma State University, Russia)*

E-mail: moscjom@mail.ru, baxrinjom@mail.ru

*В статье рассмотрены вопросы применения подшипников скольжения на основе древесно-композиционных материалов в рабочих органах комплекса машин и механизмов хлопкоочистительного производства. В работе выбраны древесно-композиционные материалы для подшипников скольжения, построены кривые зависимостей показателей физико-механических свойств композиций, приведена рецептура смеси композиций и основные характеристики композиционного материала на основе древесины и полимера. Результаты экспериментальных исследований показали возможность применения древесно-полимерных композиционных материалов на основе тала и тополя в подшипниках скольжения для установки в рабочих органах машин хлопкоочистительного производства. Применение полимерно-композиционных материалов обеспечит низкую себестоимость подшипников скольжения в опорах винтового шнека и увеличит эффективность работы машин хлопкоочистительной промышленности.*

*The article deals with the use of plain bearings based on wood-composite materials in the working bodies of a complex of machines and mechanisms of cotton-cleaning production. In the work, wood-composite materials for plain bearings are selected, curves of indicators dependences of both the physical and mechanical properties of the compositions are plotted, the formulation of the mixture of compositions and the main characteristics of the composite material based on wood and polymer are given. The results of experimental studies have shown the possibility of using wood-polymer composite materials based on steel and poplar in plain bearings for installation in the working bodies of cotton-cleaning machines. The use of polymer-composite materials will ensure the low cost of plain bearings in screw auger supports and increase the efficiency of cotton ginning machines.*

**Ключевые слова:** хлопкоочистительная промышленность, древесно-полимерные материалы, износ узлов, композиционный материал, поликарбонат, поликапроамид, пентапласт, подшипник.

**Keywords:** cotton ginning industry, wood-polymer materials, wear units, composite material, polycarbonate, polycapromide, pentaplast, bearing.

В хлопкоочистительной промышленности стоит острая проблема – проблема мелкого хлопкового пуха, который проникает в узел трения, сгущает смазку, превращая ее в твердые комки, способствуя тем самым быстрому износу узла трения. В качестве узлов трения в большинстве случаев применяют подшипники качения (ПК). Но их работоспособность снижается при наличии большого количества хлопкового пуха в смазке. При всех имеющихся достоинствах подшипники качения обладают недостатками. Прежде всего, они имеют довольно большие габариты и изготавливаются из высококачественной стали марки ШХ-15. К тому же работоспособность их в условиях запыленности окружающей среды низкая. Эти подшипники неразъемные, нерегулируемые, и поэтому частая их замена чревата большими материальными и трудовыми затратами. Нами изучался вопрос применения других подшипников, например, особый интерес представляет использование подшипников из композиционных материалов, в частности, на основе древесины.

Основу композиционного материала для подшипников скольжения составляет древесина. Выбор сорта древесного материала зависит от многих факторов: физико-механических свойств, пористости, влагопоглощения, распространенности, дешевизны и др. По данным [1] наиболее приемлемыми являются мягколиственные породы – березы, осины, ольхи и др. Однако в Узбекистане наибольшее распространение имеют подобные им породы – тополь, тал, чинар. Чинар культивируется в основном в городах, в качестве декоративных насаждений и не может быть использован в промышленных целях. Тополь и тал широко распространены на территории Узбекистана и могут быть использованы как основа для композиционного материала.

Другой составной частью композиционного материала могут быть полимеры.

Полиэтилен высокой плотности отличается высокой стойкостью к растрескиванию и ударным нагрузкам, низкой стоимостью, а также технологичностью. Однако полиэтилен высокого давления (ПЭВД) подвержен старению, для защиты от которого в полиэтилен необходимо вводить стабилизаторы и ингибиторы, замедляющие процессы старения.

Полистирол ударопрочный обладает достаточной прочностью и твердостью. Однако изделия на основе ПС при механических нагрузках склонны к растрескиванию из-за высоких внутренних напряжений, образующихся в технологическом процессе получения, кроме того, невысокая теплоустойчивость, склонность к старению и хрупкость ограничивают его применение.

Поликарбонат, поликапроамид (ПКА) и пентапласт выделяют в особую группу конструкционных термопластов. Они обладают близкими прочностными свойствами.

ПКА обладает высокими прочностными и антифрикционными свойствами, а также высокой износостойкостью. Благодаря этому ПКА и композиции на его основе нашли широкое применение в узлах как сухого, так и граничного трения в машинах и механизмах. Существенным недостатком ПКА является низкая теплопроводность (50...60°C) и электропроводность. Кроме того, значительные коэффициенты линейного расширения ограничивают их использование в качестве антифрикционных материалов.

Пенопласт (ПНП) как ценный антифрикционный конструкционный материал, применяют в наиболее ответственных деталях и узлах машин и аппаратов химической промышленности. ПНП может разрушаться при температурах переработки,

его следует перерабатывать на оборудовании, где обеспечивается кратковременный нагрев до необходимой температуры.

В последние годы среди других материалов полипропилен (ПП) широко используется в качестве антифрикционного конструкционного материала в несильно нагруженных узлах трения. ПП отличается исключительной водостойкостью, достаточной прочностью, хорошей ударной вязкостью, устойчивостью к старению и истиранию. Его устойчивость к истиранию находится на уровне полиамидов.

Очевидно, что композиционный материал на основе древесины и полимеров, работающий в условиях трения, должен обладать достаточно высокими антифрикционными свойствами и износостойкостью.

Для решения одной из задач – определения оптимальной композиции, проведены исследования по изучению зависимостей основных физико-механических свойств полимеров от содержания наполнителей [2].

За основные показатели свойств композиции на основе полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) были приняты: предел прочности при сжатии, модуль упругости, ударная вязкость и твердость по Бринеллю. Это обусловлено тем, что работоспособность и долговечность подшипников скольжения в основном определяются этими показателями материала.

Для древесно-полимерных композиций, принятых к исследованию, были предварительно определены предел прочности при сжатии, модуль упругости, твердость по Бринеллю и ударная вязкость. Композиции состояли из ПЭВП и ПП с добавкой 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 10,0; 20,0; 30,0 и 40,0 мас.ч. графита или сажи.

Форма образцов и методика испытаний на сжатие соответствовали ГОСТ 4651-87. Результаты испытаний позволили получить средние арифметические значения величин предела прочности на сжатие. Кривая, выражающая зависимость предела прочности на сжатие от содержания графита и сажи (рис. 1 – зависимость предела прочности при сжатии ПП (1.2) и ПЭВД (3.4) от содержания наполнителей. 1.3-графит; 2.4-сажа), указывает, что при содержании 5-10 мас.ч.

графита и сажи достигается максимальная прочность на сжатие. Можно предположить, что при содержании 5-10 мас.ч. графита и сажи композиция представляет собой материал с особо интересными свойствами для дальнейшего исследования его при трении.

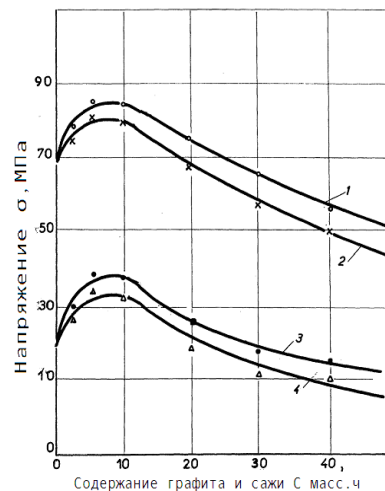


Рис. 1

Пользуясь экспериментальными данными, построены кривые зависимостей показателей физико-механических свойств композиций. Анализ полученных исследований показал, что введение наполнителей графита и сажи в матрицу ПЭВД и ПП ведет к снижению величин ударной вязкости с увеличением содержания наполнителей.

Твердость композиций с введением сажи и графита до 10-15 мас.ч. повышается, а затем снижается. Модуль упругости композиций с увеличением содержания наполнителей постепенно повышается. Известно [2], что наполнение полимеров сажей приводит к увеличению жесткости материала и модуля упругости, следовательно, это приводит к снижению ударной вязкости композиции. Результаты экспериментальных данных подтверждают это положение.

В общем возрастание прочности при сжатии до определенного содержания наполнителя связано с его накоплением в межсферолитных участках, куда наполнитель попадает в процессе кристаллизации. Снижение прочности композиции при больших наполнениях вызвано тем, что присутствие большого количества напол-

нителя между макромолекулами полимера несколько осложняет энергию их межмолекулярного взаимодействия, ускоряя процесс разрушения полимерной композиции.

Изменение значения твердости происходит за счет изменения жесткости системы полимер-наполнитель. Увеличение твердости при малом содержании наполнителя обусловлено изменением степени структурной упорядоченности полимеров, а снижение твердости композиции при дальнейшем увеличении содержания наполнителей, по-видимому, объясняется тем, что при сдвиговой деформации происходит разрушение структур из наполнителей, которые к тому же не способны к активному взаимодействию с полимером. Поэтому при деформации контакты между частицами наполнителя легко разрушаются и при отсутствии взаимодействия их с полимерной матрицей вся система ослабляется.

Уменьшение величин ударной вязкости композиции объясняется, очевидно, тем, что повышение содержания наполнителя приводит к повышению жесткости цепей и возникновению больших внутренних напряжений, снижающих прочность связей между полимерной матрицей и частицами наполнителя.

При разработке антифрикционных композиционных материалов необходимо учи-

тывать их целевое назначение и условия эксплуатации.

Очевидно, что наиболее важным является выбор связующего и наполнителей. Этот выбор проводится с учетом целевого назначения материала. Для антифрикционного материала необходимым условием является низкий коэффициент трения в различных условиях эксплуатации. Поэтому при создании материала антифрикционного назначения необходимо стремиться к повышению прочности материалов, снижению коэффициента трения и температуры в зоне трения.

Из анализа исследований физико-механических свойств (рис. 1) композиций видно, что графит и сажа обеспечивают достаточные прочностные характеристики материала и вполне удовлетворяют требованиям, предъявляемым к материалам подшипников скольжения на основе древесины и полимеров. Для этого достаточно вводить в связующую наполнители графит или сажу в размере 5-10 мас.ч.

Для обеспечения самосмазки было выбрано смазывающее вещество – моторное масло в размере 20 мас.ч.

Рецептура компонентов смеси композиций на основе древесины и полимеров, разработанная нами и из которых мы сделали подшипники, приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Компоненты смеси композиции	Номера рецептов смеси древесно-полимерной композиции			
	АСДПК-1	АСДПК-2	АСДПК-3	АСДПК-4
Древесина	100	100	100	100
Модифицированный полимер	3-4	5-6	7-8	9-10
Наполнители: сажа и графит	5-6	6-7	7-8	9-10
Смазывающее вещество: моторное масло и парафин	7-8	8	8-9	9-10

Физико-механические свойства разработанных антифрикционных самосмазывающихся древесно-полимерных материалов (АСДПМ), определенные в лаборатории организации ТИТЛП, приведены в табл. 2.

Образцы для исследований физико-механических свойств древесно-полимерных материалов были выполнены в форме параллелепипеда с размерами 28x28x56 мм.

Измерение твердости древесной полимерной композиции имеет свои особеннос-

ти из-за малой плотности материала и нестабильности физико-механических свойств по сечению.

Непосредственное измерение твердости на приборе Бринелля не представляется возможным, так как они ниже НВ-10. Поэтому подбирался диаметр шарика, соответствующий усилию при вдавливании шарика на ручном винтовом прессе. Наиболее достоверные результаты показали использование шарика диаметром 8 мм и прило-

жение усилия 50 кг. Отпечаток шарика получался четким, что повышало точность из-

мерения диаметра отпечатка, и глубина внедрения небольшая.

Т а б л и ц а 2

Показатели	Номер древесной композиции			
	АСДПК-1	АСДПК-2	АСДПК-3	АСДПК-4
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,77	0,77	0,947	0,966
Предел прочности при сжатии, МПа	69,3	64,9	61,2	66,8
Твердость по Бринеллю, МПа	52	78,7	65	107,9
Коэффициент трения	0,11	0,12	0,13	0,14
Интенсивность линейного изнашивания, 1·10 <sup>-9</sup>	0,8	0,85	0,90	1,0
Водопоглощение за 24 ч, %	48,3	-	-	37,6
Степень уплотнения, %	38,5	38,1	37,8	36,1

При большой глубине внедрения шарика происходило разрушение отдельных структур древесины, и необходимое соотношение между силой прижатия шарика и деформацией древесины нарушалось.

Как видно из табл. 2, где представлены основные характеристики композиционного материала на основе древесины и полимера, свойства разработанных АСДПК вполне отвечают функциональным требованиям, предъявляемым к материалам для подшипников скольжения, и могут быть применены в опорах винтовых шнеков хлопкоочистительного производства и других отраслях машиностроения.



Рис. 2

Предлагаемая конструкция подшипника скольжения на древесной основе представляет собой металлическую втулку с закрепленными внутри вкладышами из модифицированной древесины. Одна из таких конструкций, приведенная на рис. 2, разработана на кафедре технологических машин и оборудования. В основе этой конструкции лежит изготовление цельной втулки из модифицированной древесины. Втулка изготавливается из древесных заготовок с припуском на механическую обработку и на осадку при прессовании.

Имеется возможность применения в этих узлах подшипников скольжения (ПС) из древесно-полимерных композиционных материалов (ДПКМ) на основе цельной древесины. Однако себестоимость таких подшипников мало отличается от аналогичных ПК, хотя ресурс их работы в условиях запыленности цехов значительно выше. Для снижения производственных затрат было решено разработать и изготовить ПС на основе древесины из местного сырья – тала и тополя. Новая конструкция подшипника проста в изготовлении, не трудоемка по отношению к первоначальной, а следовательно, более экономична при массовом и среднем производстве (рис. 3 – упрощенная конструкция подшипника скольжения на основе тала).

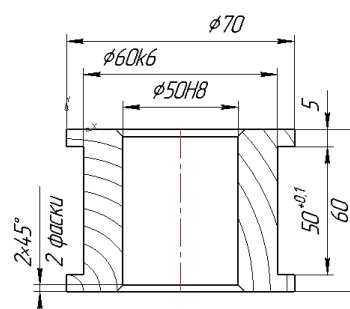


Рис. 3

Технология изготовления состоит в следующем:

- сушка и пропитка образцов в масляной ванне двумя ступенями;
- охлаждение образцов в ванне (12...24 ч);
- хранение пропитанных образцов заготовок на складе, ожидая своей очереди для модифицирования и прессования. При этом

их сушка или набухание будут ничтожными, а растрескивание практически исключается;

- нагрев модифицированной жидкости (92% масло + 4% полиэтилен + 4% сажи либо графита) до  $t=150...160^{\circ}\text{C}$  (1,0...1,5 ч);

- нагрев и частичная пропитка заготовок в предварительно нагретой модифицированной жидкости  $t=150...160^{\circ}\text{C}$  (2 ч);

- прессование горячих заготовок до необходимой степени прессования и выдержка под нагрузкой в пресс-форме в течение 10...15 мин для охлаждения до  $t=40...50^{\circ}\text{C}$  ( $p=150...200$  кг/см<sup>2</sup>);

- нормализация прессованных заготовок (24...48 ч);

- хранение СДМП в ванне с холодным обезвоженным маслом той же марки, которым и были пропитаны заготовки до прессования.

Древесина по своей структуре является пористым материалом. Влага, содержащаяся в порах древесины, легко может быть удалена в процессе выпаривания в масляной ванне, с последующим замещением пустого пространства пор полимерной композицией.

Очевидно, что выбор связующих (древесины), полимеров и наполнителей должен быть осуществлен с учетом целевого назначения изделий и требований, предъявляемых к материалам подшипников скольжения. Согласно этим требованиям древесина, полимер и наполнители должны обладать высокими антифрикционными (коэффициент трения) и прочностными (ударная вязкость, разрушающее напряжение при сжатии, твердость) свойствами, а также высокой износостойкостью, гигроскопичностью, водостойкостью, технологичностью, низкой стоимостью и недефицитностью.

## ВЫВОДЫ

1. Произведен выбор связующих древесины, полимеров и наполнителей для разработки композиционных материалов. Оптимальный состав наполнителя: 92% масло, 4% полиэтилен, 4% сажи либо графита.

2. Установлено влияние степени уплотнения древесины на ее механические свойства и выбран метод пропитки ДПКМ.

3. Определены физико-механические свойства древесно-полимерных композиционных материалов на основе тала и тополя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдугаффаров Х., Шукуров М.М., Махкамов Р.Г., Гулямов Г. Древесно-полимерные композиционные материалы для подшипников скольжения хлопкоочистительных машин // Тез. докл. III Санкт-Петербургской конф. молодых ученых: Современные проблемы науки о полимерах. – Санкт-Петербург, 2007, №3. С. 329.

2. Абдугаффаров Х.Ж., Шукуров М.М. О новой конструкции винтового конвейера // Сб. тр. Междунар. научн.-практич. конф.: Инновационные технологии товаров народного потребления, качество и безопасность. – Алматы, 2010. С. 161...163

3. Abdugaffarov Kh.J., Safoev A.A. and Murodov O.J. Improving the quality of lint by strengthening the cleaning of cotton seeds from waste IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 862(3), 2020.032026.

4. Abdugaffarov Kh.Zh. 2018 Improving the efficiency of screw conveyors for transporting cotton seeds (Tashkent: TITLI)

5. Abdugaffarov Kh.Zh. Experimental studies of the screw conveyor to transport the cotton seeds // International Journal Of Advanced Research In Science Engineering And Technology. Of ijarset, volume 6, issue 6, June 2019.

6. Abdugaffarov Kh/Zh., Zaydullaeva G.B., Otakhonov G.O., Ulugmurodov Zh.D. Research of the influence of the passive area on the productivity of the screw conveyor with a cleaning section of cotton seeds // International Journal Of Engineering And Information Systems (Ijeais). – Volume 5. Issue 4, April 2021. Pages: 266//272.

7. Abdugaffarov Kh. J., Safoev A.A., Murodov O.J. Improving the quality of lint by strengthening the cleaning of cotton seeds from waste // MIP: Engineering-2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 862 (2020) 032026 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/862/3/032026. page-1-6.

8. Murodov O.J. Perfection of Designs and Rationale of Parameters of Plastic Koloski Cleaning Cleaners // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Volume-8 Issue-12, October 2019. P. 2640...2646.

9. Agzamov M., Agzamov M.M., Madgidov G.F. Ways for improvement of cotton fiber quality in process of ginning // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2007, (3). P. 34...37.

10. Agzamov M.M., Yunusov S.Z., Gafurov J.K. On the technological development of cotton primary processing, using a new drying-purifying unit // 2017 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 254 082017.

## REFERENCES

1. Abdugaffarov H., Shukurov M.M., Makhkamov R.G., Gulyamov G. Wood-polymer composite materials for plain bearings of cotton-cleaning machines // Abstracts of the III St. Petersburg Conference of Young Scientists "Modern Problems of Polymer Science". - St. Petersburg, 2007. No. 3. S. 329.
2. Abdugaffarov H.Zh., Shukurov M.M. On the new design of the screw conveyor // Collection of works Innovative technologies of consumer goods, quality and safety. International scientific and practical conference. - Almaty, 2010. P. 161...163.
3. Abdugaffarov KH. J., Safoev A.A. and Murodov O.J. 2020 Improving the quality of lint by strengthening the cleaning of cotton seeds from waste IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 862(3), 032026
4. Abdugaffarov Kh.Zh. 2018 Improving the efficiency of screw conveyors for transporting cotton seeds (Tashkent: TITLI)
5. Abdugaffarov KhZh “Experimental studies of the screw conveyor to transport the cotton seeds” International Journal Of Advanced Research In Science Engineering And Technology. Of ijarset, volume 6, issue 6, June 2019
6. Abdugaffarov Kh.Zh., Zaydullaeva G.B., Ota-khonov G.O., Ulugmurodov Zh.D. Research of the influence of the passive area on the productivity of the screw conveyor with a cleaning section of cotton seeds // International Journal Of Engineering And Information Systems (Ijeais). – Volume 5, issue 4, April 2021. Pages: 266...272.
7. Abdugaffarov Kh.J., Safoev A.A., Murodov O.J. Improving the quality of lint by strengthening the cleaning of cotton seeds from waste // MIP: Engineering-2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 862 (2020) 032026 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/862/3/032026. page-1-6.
8. Murodov O.J. Perfection of Designs and Rationale of Parameters of Plastic Koloski Cleaning Cleaners // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Volume-8 Issue-12, October 2019. page-2640-2646.
9. Agzamov, M., Agzamov, M.M., Madgidov, G.F. /Ways for improvement of cotton fiber quality in the process of ginning// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennost'is. – 2007, (3).P. 34...37.
10. Agzamov, M.M., Yunusov, S.Z., Gafurov, J.K. /On the technological development of cotton primary processing, using a new drying-purifying unit// M Agzamov et al 2017 IOP Conf. Ser.: Mater. sci. Eng. 254 082017.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин КГУ. Поступила 30.11.22.