

УДК 621.822.001.02

**Г. А. Пилюшина,**

д. т. н., доцент кафедры ТМиТМ, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск, РФ,  
gal-pi2009@yandex.ru

**Е. А. Памфилов,**

д. т. н., зав. кафедрой ТМиТМ, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск, РФ,  
epamfilov@yandex.ru

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ МАШИН ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

*В настоящее время среди композиционных материалов, применяемых в узлах трения машин, особое место занимают материалы из древесины. Однако древесные матрицы обладают низкой теплопроводностью, что отрицательно сказывается на эксплуатационных параметрах подшипников. При недостаточной диссипации зоны трения возможна термическая деструкция древесного материала, приводящая к разрушению функциональных поверхностных слоев и выходу подшипникового узла из строя. Для исключения этих недостатков и улучшения термомеханических характеристик узлов скольжения необходимо добавление базовую антифрикционную матрицу металлических наполнителей, обладающих высокой теплопроводностью. Этим достигается повышение совокупных эксплуатационных характеристик, вследствие проявления синергетического эффекта. В результате можно улучшить прочность, жесткость, теплостойкость, коррозионную стойкость и другие триботехнические свойства подшипников скольжения.*

**Ключевые слова:** композиционные материалы, подшипники скольжения, модифицированная древесина, металлический наполнитель, износостойкость, трение, смазка.

**G. A. Pilyushina,**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University, Bryansk, Russian Federation,  
gal-pi2009@yandex.ru

**E. A. Pamfilov,**

Doctor of Technical Sciences, Bryansk State Technical University, Bryansk, Russian Federation,  
epamfilov@yandex.ru

## COMPOSITE MATERIALS FOR NODES FRICTION OF FOREST COMPLEX MACHINES

*Currently, among the composite materials used in the friction units of machines, a special place is occupied by materials made of wood. However, wood matrices have low thermal conductivity, which negatively affects the performance parameters of bearings. With insufficient dissipation of the friction zone, thermal destruction of the wood material is possible, leading to the destruction of the functional surface layers and the failure of the bearing assembly. To eliminate these disadvantages and improve the thermomechanical characteristics of the sliding units, it is necessary to add metal fillers with high thermal conductivity to the basic antifriction matrix. This is achieved by increasing the overall performance characteristics, due to the manifestation of a synergistic effect. As a result, the strength, rigidity, heat resistance, corrosion resistance and other tribotechnical properties of plain bearings can be improved.*

**Keywords:** composite materials, sliding bearings, modified wood, metal filler, wear resistance, friction, lubrication.

Возможность использования композиционных материалов в узлах трения машин лесного комплекса представляет практический интерес. Во многом это связано с тем, что традиционные материалы, используемые для опор скольжения не всегда способны обеспечить долговечность их деталей. Работа подшипников скольжения при высоких удельных нагрузках, при недостаточной смазке, вибрации и реверсивно-вращательном движении вызывают быстрое разрушение вкладышей. Такие условия эксплуатации требуют использования в подшипниковых опорах материалов, сочетающих высокие антифрикционные и разночастотные демпфирующие показатели.

Из материалов, используемых в узлах трения скольжения, значительный интерес представляют композиты на основе модифицированной древесины и металлического наполнителя различной формы и дисперсности, выполненные как в виде отдельных включений, так и в виде армирующей сетки [1–4].

Такие подшипники скольжения хорошо зарекомендовали себя в многофункциональных опорах скольжения, так как обладают рядом достоинств: высокой износостойкостью, уменьшенным шумом, способностью поглощать вибрации, высокой работоспособностью в условиях недостаточной смазки и при ее отсутствии, в абразивной и загрязненной среде. Кроме того, такие материалы позволяют значительно снизить расход дорогостоящих антифрикционных металлических сплавов (бронзы, латуни) обладающих к тому же низкими диссипативными свойствами.

Для создания композиционных материалов древесину модифицируют, пропитывая в различных составах из органических кислот, щелочей, легкоплавкими металлами или растворами их оксидов. Учитывая, что древесина имеет низкий коэффициент теплопроводности, использование в каче-

стве наполнителей металлических материалов, обладающих хорошей теплопроводящими свойствами обеспечивает более интенсивный отвод тепла из зоны фрикционного контакта.

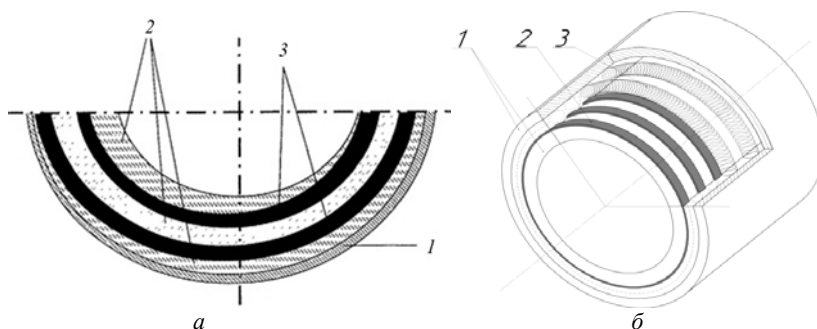
Анализ антифрикционных и виброгасящих свойств этих материалов показал, что более перспективным является применение в конструкциях узлов трения скольжения композиционных материалов, выполненных на основе прессованной модифицированной древесины, и имеющих в своей структуре базовый материал и элементы каркасного металлического наполнителя, что позволяет обеспечить хорошее сочетание необходимых триботехнических характеристик подшипника. Важной особенностью является использование в узле трения смазочного материала в виде водной эмульсии, обеспечивающего такую же работоспособность, как при смазывании минеральными и синтетическими маслами. При изготовлении древесно-металлических материалов кроме химического состава металлической фазы важно учитывать свойства матрицы: породы древесины, направление волокон, технологию модификации, а также соотношение древесной, металлической и упругой составляющих. Немаловажное значение для обеспечения теплофизических характеристик вкладышей имеет плотность композита, то есть плотностью контакта наполнителя и древесной основы.

Из разработанных и испытанных нами конструкций подшипников скольжения хорошую работоспособность показали древесно-металлические вкладыши, имеющие послойное размещение в объеме древесной матрицы сферического наполнителя. Металлические частицы наполнителя имели разные размеры: ближе к рабочей поверхности располагались частицы более крупного диаметра, которые уменьшались по мере удаления от зоны фрикционного контакта. Для исследований функциональных характеристик указанных подшипниковых материалов выбиралась древесина различных пород и способы ее модификации [2].

Поглощение тепловыделения внутри слоев матрицы можно создать используя металлический наполнитель из легкоплавких металлов, в которых значительная часть выделяемого при трении тепла затрачивается на плавление. Температура такого наполнителя при эксплуатации сначала повышается до значения равного температуре плавления металлического наполнителя, а затем выделяемая энергия затрачивается на плавление металла капсулы. Оптимальная температура в зоне трения может регулироваться путем увеличения количества дисперсных частиц, и достижения аккумуляции тепловой энергии при плавлении металла. Оболочка капсулы, изготовленная из меди, алюминия, серебра или бронзы, препятствует растеканию жидкого металла. Оболочка наносится на капсулу химическим или электроискровым методом [2, 3].

Более технологичная конструкция древесно-металлического вкладыша состоит из древесных и металлических чередующихся слоев (рис. а). В данном подшипнике металлический слой представляет собой армирующий элемент, выполненный в виде сплошной металлической полосы или со сквозными отверстиями. Возможно использование в качестве металлического наполнителя мелкоячеистой сетки. Для изготовления вкладыша металлическая полоса навивается на технологическую оправку и чередуется с проклеенными слоями шпона, изготовленного из древесины различных пород. Изменяя толщину древесного шпона и металлических полос можно добиться необходимых триботехнических характеристик композиционного материала. При создании других конструкций металлическая полоса была заменена металлической сеткой или пружиной [4].

С учетом опыта создания древесно-металлических антифрикционных подшипниковых материалов обоснована новая конструкция вкладышей скольжения, обладающая повышенными триботехническими характеристиками. В данном подшипнике металлический наполнитель представляет собой армирующий элемент в виде растянутой пружины, навитой между слоями проклеенной древесины (рис. б).



**Рис. Древесно-металлические вкладыши подшипника скольжения:**

а – схема подшипника из древесных и металлических чередующихся слоев:

1 – опорная втулка; 2 – древесные слои; 3 – металлическая полоса;

б – схема подшипника с металлической лентой и пружиной: 1 – слои древесины; 2 – металлическая лента; 3 – пружина

Пружина обеспечивает сжимающий эффект, что увеличивает прочностные и демпфирующие характеристики вкладыша, а также увеличивает площадь отвода тепла во вкладыше. Количество металлической фазы в объеме композиционного материала и расстояние между витками в древесной матрице формируют температурный режим работы подшипника скольжения и уровень остаточного напряженного состояния.

Результаты экспериментальных исследований эксплуатационных параметров различных конструкций композиционных древесно-металлических материалов показали хорошие результаты применительно к условиям работы узлов трения скольжения машин лесного комплекса [3].

Представленные конструкции композиционных материалов, сочетающие в себе модифицированную древесину и металлический наполнитель, обеспечивают достижение повышенных, антифрикционных, триботехнических и демпфирующих характеристик, а также возможность управления показателями температурного режима работы древесно-металлических вкладышей, что способствует значительному повышению долговечности подшипниковых узлов машин лесного комплекса.

### Список литературы

1. Пилюшина Г. А., Памфилов Е. А., Шевелева Е. В. Подшипники скольжения из армированных композиционных материалов // Вестник БГТУ. 2019. № 6. С. 56–64.
2. Пилюшина Г. А., Памфилов Е. А., Прусс Б. Н., Алексеева Е. В. Новые антифрикционные материалы на основе модифицированной древесины // Материаловедение. Москва, 2009. № 4. С. 36–39.
3. Памфилов Е. А., Шевелева Е. В., Пилюшина Г. А. Антифрикционные армированные древесно-металлические материалы // Трение и износ. 2019. Т.40. № 1. С. 121–128.
4. Патент РФ № 177912, МПК F16C 33/04, 33/24. Подшипник скольжения : № 177912 : заявл. 13.06.2017 : опубл. 15.03.2018, Бюл. № 8 / Памфилов Е. А., Пилюшина Г. А., Осипов А. А.

УДК 674.093

**Д. С. Русаков,**

к. т. н., доцент кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова», Санкт-Петербург, РФ, [dima-ru25@mail.ru](mailto:dima-ru25@mail.ru)

**С. Г. Башкиров,**

магистрант 2 года обучения, кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова», Санкт-Петербург, РФ, [kaynovspbgtu@yandex.ru](mailto:kaynovspbgtu@yandex.ru)

### ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СКЛЕИВАНИЯ ФАНЕРЫ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ КЛЕЯМИ

*Модернизация фанерных предприятий предъявляет новые требования к клеям, которые можно удовлетворить, в основном, путём модификации существующих смол и клеев на их основе. Модификация фенолоформальдегидных смол способствует увеличению их пластичности, биостойкости, повышению скорости и степени отверждения при условии образования полимера пространственной структуры. Это может обеспечить материалу новый комплекс свойств. Введение в клеящие составы на основе фенолоформальдегидной смолы относительно дешёвых побочных продуктов сульфатно-целлюлозного производства, позволило не только улучшить свойства клеев и снизить себестоимость готовой продукции, но и утилизировать отходы целлюлозно-бумажной промышленности тем самым, разрешая актуальные задачи в области экологии.*

**Ключевые слова:** шпон, фанера, модификация, отходы сульфатно-целлюлозного производства, физико-механические свойства фанеры.

**D. S. Rusakov,**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Materials, Structures and Structures from Wood, St. Petersburg State Forestry University named after S. M. Kirov, St. Petersburg, RF, [dima-ru25@mail.ru](mailto:dima-ru25@mail.ru)

**S. G. Bashkirov,**

2-year undergraduate student, department of technology of materials, structures and structures made of wood, St. Petersburg State Forestry University named after S. M. Kirov, St. Petersburg, RF, [kaynovspbgtu@yandex.ru](mailto:kaynovspbgtu@yandex.ru)

### JUSTIFICATION OF TECHNOLOGICAL MODES FOR GLUING PLYWOOD WITH MODIFIED ADHESIVES

*The modernization of plywood mills imposes new demands on adhesives, which can be met mainly by modifying existing resins and adhesives based on them. Modification of phenol-formaldehyde resins contributes to an increase in their plasticity, biostability, an*