



УДК 634.031.0002.5

**Е.А. Памфилов, Г.А. Пилюшина**

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Памфилов Евгений Анатольевич родился в 1941 г., окончил в 1964 г. Брянский институт транспортного машиностроения, доктор технических наук, профессор кафедры оборудования лесного комплекса Брянской государственной инженерно-технологической академии, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 380 печатных работ в области обеспечения долговечности машин и оборудования.

E-mail: pamfilov@bgita.ru



Пилюшина Галина Анатольевна окончила в 2000 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса БГИТА. Имеет более 40 печатных работ в области повышения работоспособности узлов и механизмов машин и оборудования лесного комплекса.

E-mail: gal-pi2009@yandex.ru



## **ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА**

Рассмотрены возможности повышения работоспособности машин и оборудования лесного комплекса и режущего инструмента на основе использования комплексных подходов, включающих конструкторско-технологические и эксплуатационные мероприятия с учетом особенностей изнашивания изделий в конкретных условиях их работы.

*Ключевые слова:* работоспособность, оборудование лесного комплекса, режущий инструмент, изнашивание, трение, функциональные поверхности, упрочняющая обработка.

Перспективы развития и обеспечения конкурентоспособности предприятий лесного комплекса неразрывно связаны с необходимостью повышения работоспособности используемой техники и достижения тем самым условий для осуществления высокопроизводительной заготовки и переработки древесины за счет увеличения надежности используемых машин.

Поэтому достижение высокой эксплуатационной надежности рассматриваемой техники актуально как при разработке новых перспективных образцов техники, так и при модернизации машин, уже осуществляющих технологический процесс на промышленных предприятиях.

По многим литературным и производственным данным уровень надежности машин и инструментов в значительной степени определяется показате-

лями износостойкости ряда ответственных узлов машин и инструментов, применяемых при осуществлении технологических операций. Наиболее эффективным для повышения их износостойкости является использование комплексных подходов, включающих конструкторско-технологические и эксплуатационные мероприятия, в полной мере учитывающие особенности изнашивания изделий в конкретных условиях их работы, а именно: динамико-скоростной характер нагружения, особенности температурного воздействия, наличие активных химических и абразивных сред и др. факторы.

Материалы, представленные в настоящей статье, являются результатом исследований, выполнявшихся в Брянской государственной инженерно-технологической академии и в Брянском государственном техническом университете в течение ряда лет и частично представленных в многочисленных описаниях изобретений и патентов, публикациях, приведенных в прилагаемом библиографическом списке, а также в материалах докторских и кандидатских диссертаций, выполненных и защищенных под руководством одного из авторов настоящего обзора.

Основные объекты указанных исследований – исполнительные рабочие органы машин и различные инструменты, древесно-металлические подшипники скольжения и детали неподвижных разъемных соединений, широко представленные в конструкциях лесозаготовительного и деревоперерабатывающего оборудования.

Для решения задач повышения их износостойкости и оптимизации других триботехнических параметров теоретически и экспериментально устанавливались закономерности фрикционного взаимодействия сопрягаемых поверхностей, оценивалось влияние на протекание процессов поверхностного разрушения микро- и макрогеометрии поверхностных слоев, физико-химических свойств используемых материалов и ряда др. факторов. При этом рассматривались не только исходные свойства материалов, но и особенности их трансформации в процессе контактного взаимодействия, приводящей либо к структурной приспособляемости и повышению за счет этого сопротивляемости изнашиванию поверхностей, или к разупрочнению поверхностных слоев и их ускоренному разрушению.

С учетом полученной информации ставились и решались научно-технические задачи комплексного обеспечения повышенной работоспособности изделий на основе направленной оптимизации конструкторских и технологических решений, способствующих минимизации изнашивания функциональных поверхностей инструментов и деталей машин.

*Создание и использование новых упрочняющих технологий  
для повышения износостойкости дереворежущих инструментов  
и рабочих органов лесозаготовительных и деревоперерабатывающих  
технологических машин*

Для разработки новых и обеспечения возможности эффективной модернизации существующих процессов упрочняющей обработки были выявлены

механизмы и установлены теоретические закономерности протекания изнашивания рассматриваемых объектов. Далее были разработаны модели реализации процессов поверхностного и микрообъемного разрушения режущих устройств, в основу которых положены основные закономерности механики хрупкого разрушения, коррозионно-механического, усталостного и водородного видов изнашивания. Также были использованы современные синергетические подходы создания прогностических оценок закономерностей изнашивания.

Использование полученных зависимостей позволило выработать основы проведения мероприятий по минимизации износа дереворежущих устройств [4, 8 – 10.]. Анализ разработанных моделей изнашивания указанных устройств и результаты наших экспериментальных исследований показали, что наибольшей эффективностью в плане повышения износостойкости обладают комплексные упрочняющие обработки, сочетающие, наряду с выбором оптимальных конструкционных или инструментальных материалов, совместное или последовательное энергетическое воздействие на формируемые функциональные поверхности.

При этом наиболее эффективным является использование концентрированных потоков энергии [4, 7, 9, 14, 17, 19, 23 и др.]. В качестве высокоэнергетических источников создания таких потоков рационально использовать лазерное, плазменное и электроискровое воздействие. В ряде случаев после их реализации целесообразно выполнение дополнительных финишных операций абразивной обработки или поверхностное деформирование, которые могут существенно улучшить достигаемые показатели работоспособности.

Для надежной оценки результатов такого рода упрочняющих обработок чрезвычайно важно использовать эффективные методы испытаний и соответствующее лабораторное оборудование. Поэтому одной из важных задач постановки исследования являлась разработка и применение новых методов исследований: а. с. 1658024 СССР, пат. 2323428 РФ и др. [2, 4, 9 и др.]. Созданные методики и техника испытаний успешно использовались нами при изучении возможностей и эффективности предложенных упрочняющих технологий.

При разработке таких технологий полагалось необходимым формирование благоприятных уровней микротвердости и пластичности поверхностных функциональных слоев, повышение сопротивляемости развитию микротрещин в зоне режущего лезвия, увеличение стойкости к действию активных сред, в том числе водорода, оптимизация уровня остаточных напряжений, а также показателей микрорельефа поверхностей. Существенных результатов можно достигнуть также за счет снижения потерь на трение, возникающее при эксплуатации рассматриваемых режущих устройств, путем создания локальных антифрикционных поверхностных слоев [9, 11 и др.]

Для достижения благоприятных уровней указанных выше параметров был предложен ряд новых способов упрочняющей обработки, в основу которых было положено лазерное воздействие: а. с. 1481259 СССР, а. с. 1739642 СССР, пат. 2058400 РФ, пат. 2162111 РФ, пат. 2186670 РФ и др. Достижимые результаты по формированию благоприятных уровней состояния поверхностных слоев дереворежущих устройств и их технико-экономическая эффективность подробно описаны в следующих публикациях [7, 9, 10, 12 и др.].

Существенное повышение износостойкости поверхностей, подвергаемых лазерному упрочнению, может быть достигнуто за счет дополнительного магнитного воздействия в зоне действия луча вследствие формирования в функциональных слоях ориентированных анизотропных структур: пат. 2162111РФ, пат. 2186670 РФ, пат. 2238986 РФ, пат. 2224826 РФ, [12, 18 и др.].

Также следует отметить высокую степень повышения износостойкости дереворежущих устройств за счет упрочняющего воздействия на функциональные поверхности электрических разрядов. Однако при реализации этого способа по известным схемам обработки далеко не всегда обеспечивается получение желаемых результатов, прежде всего, по причине неблагоприятного уровня шероховатости, малой сопротивляемости действию активных сред и ряда других причин. Для исключения недостатков электроискрового упрочнения были предложены новые способы его реализации: а. с. 1259147 СССР, а. с. 1369115 СССР [9 и др.]. В частности, использование некоторых тугоплавких металлов в качестве электродов позволило существенно повысить сопротивляемость упрочненных поверхностных слоев действию активных сред при обработке древесины и древесных материалов, а также снизить их шероховатость и уровень дефектного состояния.

Весьма перспективным является сочетание легирующего действия электроискровых разрядов с деформационным воздействием твердосплавных роликов. Повышенная износостойкость поверхностей, упрочненных подобным образом, связана с тем, что деформация, непосредственно следующая за упрочняющим разрядом (электродеформационная обработка), позволяет в существенной степени избегать получения в поверхностных слоях опасных микротрещин и достигать дополнительного эффекта термомеханического упрочнения.

Эластичное шлифование поверхностей, подвергнутых электроискровому упрочнению, дает возможность существенно оптимизировать совокупность параметров микрорельефа получаемых поверхностей, а также обеспечить удаление дефектного поверхностного слоя и за счет этого повысить износостойкость и снизить энергозатраты на трение в процессе эксплуатации упрочненного инструмента. Аналогичные результаты достигаются и при алмазном выглаживании поверхностей после их электроискрового упрочнения.

Важнейшая задача – повышение износостойкости инструментов и рабочих органов при эксплуатации их в условиях действия низких климатических температур. Необходимость решения этой задачи обусловила создание новых методик проведения низкотемпературных исследований на изнашивание, в том числе необходимость их государственной стандартизации, выбор перспективных материалов для изготовления рабочих органов и инструментов техники северного исполнения и способов их упрочняющей обработки [2, 7, 19].

Наиболее полно и систематизированно результаты исследований, направленных на повышение работоспособности дереворежущих устройств и разработку рекомендаций по их промышленному использованию, представлены в диссертационных работах, выполненных по рассматриваемой тематике [1, 14, 18, 19, 23 и др.].

*Создание и использование древесно-металлических антифрикционных материалов в подшипниковых узлах оборудования лесного комплекса*

При изыскании возможных путей повышения работоспособности узлов трения лесозаготовительного и деревоперерабатывающего оборудования было признано целесообразным использовать антифрикционные материалы на основе древесины. Такой выбор был обоснован их высокой износостойкостью, необходимыми прочностными характеристиками, возможностью работать при наличии абразива в зоне трения, способностью гасить ударные нагрузки и вибрации, минимальным изнашивающим воздействием на сопрягаемые детали, способностью работать в условиях ограниченной смазки и даже при ее отсутствии.

Однако ряд недостатков такого антифрикционного материала резко ограничивают возможности его применения. Самый существенный из них – это невысокие теплофизические характеристики древесины и, в первую очередь, ее низкая теплопроводность, вследствие чего теплоотвод с фрикционного контакта затруднен, увеличение температуры выше некоторого допустимого предела приводит к термодеструкции древесины и последующему отказу узла трения.

Для изыскания повышения теплопроводности и других триботехнических параметров антифрикционных материалов на основе древесины был разработан и использовался алгоритм оптимизации функциональных параметров древесных антифрикционных материалов, приведенный на рис. 1.

В результате был обоснован ряд новых конструкций древесно-металлических подшипников скольжения, отличающихся структурой металлической фазы, закономерностями ее распределения в древесной матрице, а также предложены технологии их изготовления: пат. 2226240 РФ, пат. 2286489 РФ [3, 6, 13 и др.].

Возможные варианты размещения металлической фазы в древесной матрице приведены на рис. 2.



Рис. 1. Система взаимосвязи функциональных характеристик древесно-металлических подшипников скольжения и способы их достижения при проектировании и изготовлении

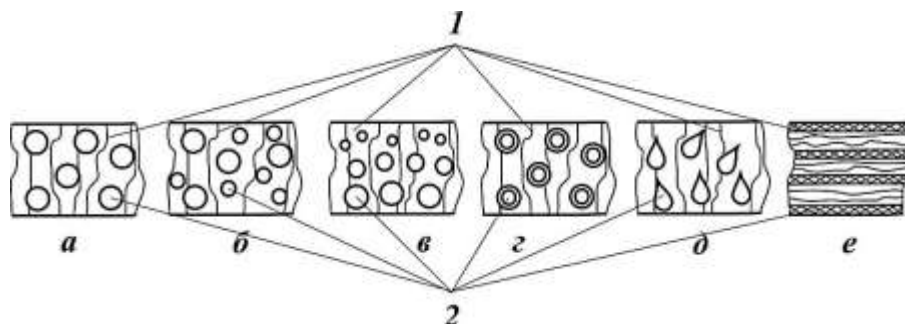


Рис. 2. Схемы распределения металлической фазы в древесной матрице: *a* – сферическая металлическая фаза одинаковой дисперсности; *б* – сферическая металлическая фаза разной дисперсности; *в* – сферическая металлическая фаза разной дисперсности, послойно размещенная в древесной матрице; *г* – биметаллическая фаза; *д* – каплевидная фаза, *е* – чередование металлической сетки и древесного шпона; 1 – древесная матрица, 2 – металлическая фаза

Применительно к предложенным антифрикционным материалам были выполнены теоретические и экспериментальные исследования по оптимизации их теплофизических, прочностных и триботехнических характеристик. На основании результатов этих исследований были выработаны пути конструкторско-технологического управления эксплуатационными характеристиками древесно-металлических антифрикционных композиций, которые обеспечили высокую технико-экономическую эффективность при использовании в подшипниковых узлах деревоперерабатывающего оборудования: пат. 2226240 РФ, пат. 2286489 РФ, пат. 2289732 РФ, пат. 2305804 РФ, пат. 2432508 РФ, [17, 20, 22 и др.].

#### *Повышение работоспособности неподвижных разъемных соединений*

К неподвижным разъемным соединениям относятся уплотнительные элементы, детали арматуры и соединительные части трубопроводов, крепежные соединения, посадки подшипников качения, различного рода переходные посадки и др. аналогичные конструкции. В этих соединениях должна обеспечиваться точность взаимного положения деталей в процессе их работы, а также выполнение ими ряда функциональных требований, таких как недопущение смещений деталей относительно друг друга, жидкостная и газовая герметичность и т.д.

Характерной особенностью эксплуатации таких соединений является то, что их контактирующие поверхности испытывают очень малые относительные микроперемещения, поэтому их следует рассматривать лишь как условно неподвижные. Таким образом, они представляют собой особый вид трибосопряжений, для которых характерны высокие удельные нагрузки, малые скорости и перемещения, что обуславливает такой характер их изнашивания, который классифицируется, как фреттинг-коррозия.

Среди параметров, обеспечивающих работоспособность условно неподвижных соединений, важными являются физико-химические характеристики материалов соединяемых деталей, их макро- и микрогеометрия, а также параметры внешнего силового, скоростного и температурного воздействий, наблюдающихся в процессе эксплуатации рассматриваемых изделий. К существенным факторам, обеспечивающим стабильность работы таких соединений, относится и коэффициент трения, реализующийся на площадках фрикционного контакта сопрягаемых поверхностей. Его величина, в частности, определяет прочностные показатели рассматриваемых соединений.

В процессе эксплуатации на показатели работоспособности этих соединений существенное влияние оказывает наличие различных промежуточных слоев между функциональными поверхностями сопрягаемых деталей. В качестве таких слоев могут выступать специально создаваемые тонкие металлические или полимерные покрытия, которые в существенной степени способствуют регламентируемой трансформации физико-химических характеристик исходных поверхностей и изменению их функциональных показателей, в том числе обеспечивают частичную или полную замену внешнего трения на поверхностях деталей на внутреннее в создаваемых промежуточных слоях.

Для решения задачи формирования защитно-герметизирующих промежуточных слоев весьма перспективным является возможность направленного создания на функциональных поверхностях неподвижных соединений защитных пленок, называемых «сервовитными». Такие пленки обладают особой структурой, образующейся и существующей в процессе трения, вследствие протекания в зоне фрикционного контакта сложных физических и химических явлений [5, 21 и др.].

Характерной особенностью таких слоев является то, что при эксплуатационном деформировании они не разрушаются. Это связано с тем, что действующие на соединение нагрузки локализируются в образовавшемся промежуточном слое, покрывающем микронеровности и волны поверхностей трения стальных деталей, которые вследствие реализации указанного явления практически не участвуют в процессе микротрения, а основные трибологические явления развиваются в самой сервовитной пленке.

В этих условиях мягкий материал, нанесенный на рабочую поверхность одной детали, взаимодействует с покрытием, нанесенным на соответствующую поверхность другой. Поэтому нагрузка достаточно равномерно распределяется по всей поверхности контактного взаимодействия. Это способствует повышению уровня эксплуатационных характеристик и продлению ресурса работы узла, в котором реализуются явления контактного взаимодействия при наличии промежуточных слоев.

Сервовитная пленка может образовываться в соединении сталь – сталь как при трансформации структуры специально наносимых медьсодержащих покрытий, так и при введении в контакт металлоплакирующих материалов, содержащих мелкие частицы меди, бронзы, латуни, свинца, серебра и др.



Создание условий для обеспечения формирования защитных промежуточных слоев может быть достигнуто и при контактировании стальных поверхностей с медно-фторопластовыми композитами при трении без смазочного материала за счет образования координационных соединений с двухвалентной медью.

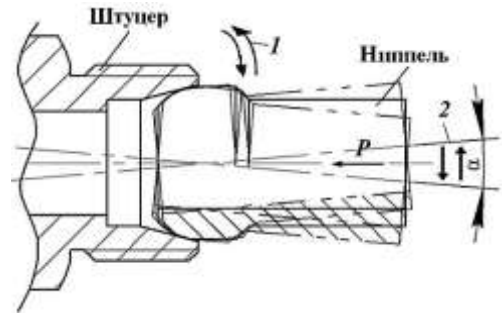
Анализируя явления, протекающие на фрикционном контакте, можно полагать, что материал сервоитной пленки находится в состоянии, подобном квазирасплаву. Такая пленка имеет малое сопротивление сдвигу и обеспечивает относительные микроперемещения контактирующих деталей без образования повреждений, т. е. трение в таких условиях может быть представлено, как относительные колебательные перемещения поверхностей, разделенных квазижидкой пленкой, образующейся за счет направленного структурирования металла создаваемых исходных покрытий. Кроме того, исключительно пластичный материал в условиях такого рода контактного взаимодействия обладает способностью, перемещаясь в пределах контактной зоны, устранять возможные места протекания рабочей среды (жидкости или газа), заполняя поры, капилляры и др. пустоты. Для обеспечения заполнения дегерметизирующих пустот требуется создание пленок, по толщине превышающих 4...5 мкм, а также возможности перемещения в контактной зоне материала, наносимого на функциональные поверхности.

Для формирования функционального защитного герметизирующего промежуточного слоя возможно использование различных способов нанесения исходных покрытий на поверхностях, образующих соединение. Наиболее перспективным для достижения поставленной цели является предложенный нами способ, сочетающий химическое осаждение на охватываемой поверхности и газопламенное напыление на охватывающей.

После нанесения указанных покрытий на контактирующие детали необходимо выполнить приработку, позволяющую осуществить совместную направленную реструктуризацию материалов с образованием функционального промежуточного слоя. Такая приработка, выполняемая применительно к неподвижному герметизирующему соединению штуцера-ниппель силовой гидравлической системы, представлена на рис. 3. В процессе наших исследований были установлены рациональные режимы указанной приработки, включающей возвратно-вращательное перемещение на 3–5 оборотов в каждую сторону и осциллирующее движение с частотой 10...12 Гц на угол 3...5° при приложении осевой нагрузки 30...50 Н в течение 8...12 мин.

Проведенные нами лабораторные исследования и производственные испытания показали, что работоспособность по показателям износостойкости и герметичности соединений, сформированных предложенным способом, по сравнению с другими видами упрочняющей обработки существенно повышается.

Рис. 3. Схема создания герметизирующего соединения: 1 – возвратно-вращательное перемещение, 2 – угловое осциллирующее перемещение на угол  $\alpha$  ( $P$  осевая нагрузка)



### *Оптимизация геометрии рабочих органов и инструментов*

При применении конструктивных методов повышения работоспособности узлов машин и инструментов, используемых при лесопилении и деревопереработке, важную роль играет задание рациональной геометрической формы функциональных поверхностей. Целесообразность такого подхода подтверждают результаты исследований, выполненных применительно к вальцовым подающим механизмам лесопильного оборудования, направляющим устройствам пильных цепных аппаратов, некоторым конструкциям дереворезающих инструментов.

В результате анализа работы подающих вальцов лесопильного оборудования было установлено, что эффективность их работы в основном определяется показателями износостойкости шипов. Износ рабочих элементов вальцов приводит к уменьшению степени сцепления шипов с древесиной, их проскальзыванию и вследствие этого потере подачи бревен. Что снижает точность получаемых изделий и интенсифицирует изнашивание используемых инструментов.

При этом отмечается, что в результате изнашивания шипов значительно изменяется их исходная геометрическая форма. Учитывая стабильность формирования эксплуатационной геометрии изнашиваемых поверхностей шипов, полагали, что существует форма шипа, при задании которой износ боковых поверхностей в различных ее точках будет примерно одинаков, а это, в свою очередь, позволит минимизировать общий износ.

Для расчета благоприятной геометрии шипа подающего вальца был использован принцип оценки минимума производства энтропии. За механическую модель изнашивающей среды была принята реологическая модель, состоящая из последовательно соединенных моделей упругого тела Гука и эластического тела Кельвина [15, 16].

В результате теоретически была установлена приближенная геометрия шипа, к которой стремится поверхность при контакте с древесиной в процессе эксплуатации подающих вальцов и их изнашивания. Подобная форма позволяет сократить энергозатраты при перемещении заготовки и повысить ресурс работы шипов.

В данном случае помимо конструкционных путей повышения износостойкости шипов чрезвычайно важен целесообразный выбор марки материала и его упрочняющей обработки. Учитывая требования, предъявляемые к материалу шипов по изгибной прочности и ударной вязкости, было предложено для изготовления шипованных колец использовать высокопрочный чугун с шаровидным графитом, обеспечивающий в сочетании с высокой прочностью достаточную пластичность и вязкость, а также повышенную сопротивляемость действию активных сред. Например, такими свойствами обладает высокопрочный чугун марки ВЧ60.

В качестве упрочняющей обработки было обосновано применение поверхностной закалки с нагревом токами высокой частоты, которая обеспечивает формирование перлитно-мартенситной структуры на глубину, равную допустимой величине износа рабочих поверхностей шипов.

Для подтверждения целесообразности предлагаемых научно-инженерных решений и уточнения теоретических предпосылок о рациональной форме шипов были выполнены экспериментальные исследования, которые показали, что шипы с параболической формой боковых поверхностей помимо повышенной износостойкости отличаются более высокими значениями коэффициента сцепления по сравнению с шипами, выполненными в форме трех- и четырехгранных пирамид.

Производственные испытания шипованных колец подающих вальцов были проведены при установке их в нижних подающих вальцах лесопильной рамы. Отмечено, что благодаря предложенной геометрии шипов резко снижаются случаи проскальзывания распиливаемых бревен в подающих вальцах, а сроки службы опытных образцов шипованных колец подающих вальцов оказываются в 1,7–1,8 раза выше, чем серийных.

Аналогичные задачи решались для повышения износостойкости направляющих устройств цепных пильных аппаратов мотоинструмента и многооперационных лесозаготовительных машин. В данном случае позитивный эффект был достигнут за счет минимизации действующих динамических нагрузок, что обеспечивает снижение интенсивности изнашивания за счет меньшего проявления склонности к хрупкому разрушению используемых конструкционных материалов.

Также было установлено, что повышение износостойкости деревообрабатывающих фрез с плоскими режущими ножами может быть достигнуто за счет изменения их макрогеометрии путем использования специальных устройств, которые обеспечивают упругую деформацию режущих ножей в процессе работы, что приводит к созданию благоприятного уровня технологических напряжений сжатия в зоне режущей кромки [18 и др.].

Выполненный обзор показал, что наиболее эффективные решения задач повышения работоспособности машин и оборудования лесного комплекса могут быть достигнуты только за счет комплексного использования современных инновационных технологий. Для этого на всех стадиях подготовки

к производству новой продукции необходима направленная проработка всех возможных путей повышения качества и конкурентноспособности создаваемой техники.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буглаев А.М. Совершенствование конструктивно-технологических методов повышения износостойкости инструментов для обработки неметаллических материалов : автореф. дис.... д-ра техн. наук. М., 2002. 37 с.
2. ГОСТ 23.212–82. Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытаний материалов на изнашивание при ударе в условиях низких температур / Е.А. Памфилов, В.А. Ковальчук, С.С. Грядунов, В.В. Майоров. М.: Изд-во стандартов, 1982. 11 с.
3. *Евельсон Л.И.* и др. Проектирование древесно-металлических подшипников скольжения // Лесн. журн. 2005. № 1–2. С. 182–187. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Зотов Г.А., Памфилов Е.А.* Повышение стойкости дереворежущего инструмента. М., 1991. 304 с.
5. Обеспечение работоспособности соединений гидросистем технологических машин / Е.А. Памфилов, Г.А. Пилюшина, П.Г. Пыриков, С.В. Тяпин // Системы. Методы. Технологии. 2012. № 1 (13). С. 33–38.
6. Особенности разработки и применения средств автоматизированного проектирования древесно-металлических подшипников скольжения / Л.И. Евельсон, Е.А. Памфилов, А.П. Симин, Е.В. Шевелева // Лесн. журн. 2005. № 2. С. 182–187. (Изв. высш. учеб. заведений).
7. *Памфилов Е.А., Грядунов С.С., Сиваков В.В.* Повышение износостойкости дереворежущего инструмента методом комплексного упрочнения // Вест. машиностроения. 2000. № 3. С. 45–46.
8. *Памфилов Е.А., Евельсон Л.И.* Оптимизация узлов трения машин с учетом неопределенности информации в исходных данных // Трение и износ. 2006. Т. 27, № 2. С. 191–195.
9. *Памфилов Е.А.* Оптимизация упрочняющих технологий и их реализация с целью существенного повышения износостойкости штампового и дереворежущего инструмента: автореф. дис... д-ра техн. наук. М., 1988. 24 с.
10. *Памфилов Е.А.* Особенности изнашивания и повышения стойкости дереворежущих инструментов // Лесн. журн. 1997. № 1–2. С. 142–146. (Изв. высш. учеб. заведений).
11. *Памфилов Е.А.* Повышение износостойкости некоторых режущих устройств путем создания антифрикционных поверхностных слоев // Надежность и контроль качества. 1988. № 4. С. 17–21.
12. *Памфилов Е.А., Пыриков П.Г.* Применение управляемых магнитных полей в функциональных узлах деревообрабатывающего оборудования // Лесн. журн. 2006. № 2. С. 84–90. (Изв. высш. учеб. заведений).
13. *Памфилов Е.А., Шевелева Е.В., Муратов Д.И.* Создание новых композиционных древесно-металлических материалов // Лесн. журн. 2006. № 2. С. 60–65. (Изв. высш. учеб. заведений).
14. *Петренко Н.М.* Повышение стойкости дереворежущего инструмента технологическими методами: автореф. дис.... канд. техн. наук. Химки, 1984. 18 с.

15. *Пилушина Г.А., Памфилов Е.А.* Повышение работоспособности лесопильного оборудования // Лесн. журн. 2007. № 4. С.85–91. (Изв. высш. учеб. заведений).

16. *Пилушина Г.А.* Повышение работоспособности деталей подающих устройств лесопильного оборудования: автореф. дис.... канд. техн. наук. Брянск, 2005. 20 с.

17. *Прусс Б.Н.* Повышение работоспособности подшипников скольжения деревообрабатывающего оборудования: автореф. дис.... канд. техн. наук. Брянск, 2010. 20 с.

18. *Пыриков П.Г.* Разработка научных основ повышения работоспособности рабочих органов и инструментов машин и оборудования лесного комплекса: автореф. дис.... д-ра техн. наук. Брянск, 2009. 36 с.

19. *Сиваков В.В.* Повышение износостойкости режущих рабочих органов лесозаготовительных машин и инструмента для резания мерзлой древесины: автореф. дис.... канд. техн. наук. Брянск, 2000. 19 с.

20. *Симин А.П.* Повышение долговечности вкладышей подшипников скольжения, изготавливаемых из композиционных материалов на основе растительных полимеров : автореф. дис.... канд. техн. наук. Брянск, 2003. 20 с.

21. *Тягин С.В.* Повышение работоспособности неподвижных соединений в гидросистемах деревоперерабатывающего оборудования: автореф. дис.... канд. техн. наук. Брянск, 2012. 18 с.

22. *Шевелева Е.В.* Повышение работоспособности подшипников скольжения деревообрабатывающего оборудования на основе использования древесно-металлических композиционных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Брянск, 2004. 20 с.

23. *Шуленина Т.И.* Повышение износостойкости дисковых пил для обработки композиционных древесных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Брянск, 1997. 17 с.

Поступила 21.01.13

*Е.А. Pamfilov, G.A. Pilyushina*

Bryansk State Engineering and Technological Academy

### **Possibilities and Prospective Ways to Increase Working Capacity of Forest Sector Machines and Equipment**

The paper considers possible ways of increasing working capacity of forest sector machines and equipment as well as of cutting tools, on the basis of complex approaches including design-engineering and operational measures taking into account the wear process of the products under specific operation conditions.

*Keywords:* working capacity, forest sector equipment, cutting tool, wear process, friction, functional surfaces, strengthening treatment.