

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УРАЛЬСКИЙ ЛЕСНОЙ ТЕХНОПАРК  
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАУКИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЛЕСНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
(IUFRO)  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ICFFI)  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ЭКОЛОГИИ  
И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ  
СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ «СТАНКОИНСТРУМЕНТ»  
АССОЦИАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ  
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО МАШИНОСТРОЕНИЯ «ДРЕВМАШ»  
АССОЦИАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ СЕКЦИИ НАУК О ЛЕСЕ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК  
УРАЛЬСКИЙ СОЮЗ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННИКОВ  
АССОЦИАЦИЯ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ УРАЛА  
АССОЦИАЦИЯ УРАЛЬСКИХ МЕБЕЛЬЩИКОВ**

## **ДЕРЕВООБРАБОТКА:**

**ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА**

**ТРУДЫ  
XII МЕЖДУНАРОДНОГО  
ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА  
19–22 сентября 2017 г.**

**ЕКАТЕРИНБУРГ  
2017**

УДК 674(063)  
ББК 37.13  
Д 36

Д 36 **Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века:** труды XII Международного евразийского симпозиума / под науч. ред. В.Г. Новоселова. [Электронный ресурс]. – Екатеринбург, 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Мин. системные требования: IBM IntelCeleron 1,3 ГГц; Microsoft Windows XP SP3; Видеосистема Intel HD Graphics; дисковод, мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-94984-626-1

В книгу трудов включены доклады XII Международного евразийского симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века», проходившего с 19 по 22 сентября 2017 года в городе Екатеринбург.

В трудах рассмотрены актуальные вопросы: теории и практики организации деревообрабатывающего производства; эффективности использования инновационных и информационных технологий в фундаментальных научных и прикладных исследованиях, образовательных и коммуникативных системах и средах; технологии подготовки круглых лесоматериалов и их переработки с получением пиломатериалов; деревянного домостроения и отделки изделий из древесины лакокрасочными материалами; теории резания древесины, расчета режимов резания древесины на станках, совершенствования и проектирования принципиально нового технологического деревообрабатывающего оборудования и режущего инструмента, повышения их точности и надежности; экологии и безопасности и др.

УДК 674(063)

ББК 37.13

#### **Организационный комитет:**

А.В. Мехренцев – председатель; С.В. Залесов – зам. председателя; Н.А. Вукович – зам. председателя; Э.Ф. Герц – зам. председателя; М.В. Газеев – модератор пленарного заседания и круглых столов; В.Г. Новоселов – ответственный редактор сборника трудов; О.В. Маковеева – пресс-секретарь, редактор газеты «Инженер леса»; И.Л. Чекашев – администратор сайта симпозиума.

#### **Члены оргкомитета:**

А.Г. Гороховский, В.А. Грачев, Н.В. Куцубина, А.И. Сафронов, Е.Н. Степанова, Е.Н. Стариков, О.Н. Чернышев, С.Б. Якимович.

#### **Редакционная коллегия:**

В.Г. Новоселов ответственный редактор; Э.Ф. Герц; А.Г. Гороховский; В.Н. Старжинский; С.Б. Якимович; О.Н. Чернышев; Н.В. Куцубина.

#### **Рецензенты:**

Анатолий Петрович Комиссаров – доктор технических наук, профессор Уральского государственного аграрного университета; Павел Спиридонович Власов – генеральный директор ООО «Уралгипролеспром».

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

Ответственный за выпуск сборника В.Г. Новоселов  
Дизайн обложки М.В. Газеев

ISBN 978-5-94984-626-1

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2017

## УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Одиннадцатый год подряд проводится международный евразийский симпозиум «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века», инициатором и организатором которого является Уральский государственный лесотехнический университет. За годы проведения симпозиума в нем приняли участие сотни ученых и специалистов из различных научных, образовательных и производственных организаций Российской Федерации, стран дальнего и ближнего зарубежья. Апробированные на симпозиуме научные работы нашли свое применение в производстве, в образовательной деятельности, стали основой подготовки научных кадров высшей квалификации. Симпозиум стал центром, вокруг которого объединились различные презентационные и конгрессные мероприятия ежегодного Евро-Азиатского лесопромышленного форума в Екатеринбурге. Проводимое мероприятие – один из ответов сообщества ученых-лесотехников на вызовы современности, сформулированные в утвержденной Указом Президента России В.В. Путиным «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».

Лесная индустрия играет сегодня важнейшую роль в решении проблем экологии, смягчения глобального изменения климата, обеспечения восполняемыми источниками энергии, рекреации и многих других. Нынешний XII Симпозиум сопряжен с международными выставками «ЭКСПОМЕБЕЛЬ-УРАЛ» и LESPROM-URAL Professional (при участии ООО «МВК-Урал» и ООО «Дойче Мессе Рус»). Активное участие в формировании программы конгрессных мероприятий второй год принимает Германский дом науки и инноваций в Москве (DWIN).

Проведение форума – важное событие не только для нашего университета и города Екатеринбург, но и для всей России. Сочетание конгрессных и выставочных мероприятий предоставляет участникам возможность наладить прямые контакты, продемонстрировать свои достижения.

В форуме принимают участие государственные учреждения, коммерческие фирмы, общественные организации и некоммерческие партнёрства. Евро-Азиатский форум стал площадкой для профессионального общения и обсуждения наиболее важных проблем в различных отраслях лесопромышленного комплекса. Участие в работе форума обучающихся и молодых исследователей будет способствовать сохранению и воспроизводству российского интеллектуального капитала, развитию национального инженерного потенциала.

От имени Уральского государственного лесотехнического университета и от себя лично я рад приветствовать всех участников и особенно молодых ученых и специалистов, прибывших из других регионов России и из-за рубежа на Евро-Азиатский лесопромышленный форум. Желаю всем плодотворной работы, достижения намеченных целей и отличного настроения!

*И. О. ректора УГЛТУ А.В. Мехренцев*

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ  
ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА**

**EFFICIENCY AND COMPETITIVENESS  
OF THE ENTERPRISES OF THE FOREST COMPLEX**

УДК 674+630

А.А. Борзин<sup>1</sup>, К.С. Бушуев<sup>2</sup>, П.В. Королев<sup>3</sup>  
(А.А. Borzin<sup>1</sup>, К.С. Bushuev<sup>2</sup>, P.V. Korolev<sup>3</sup>)

<sup>1</sup>Союз «Торгово-промышленная палата Восточной Сибири»,

<sup>2</sup>Молодежное правительство Иркутской области,

<sup>3</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
г. Иркутск, РФ)

E-mail для связи с авторами: ved@tpivs.ru, bushuev.k.s@yandex.ru, tpwood@rambler.ru

**СТРАТЕГИЯ И ТАКТИКА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ  
ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ СИБИРИ  
В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНУЮ ИНДУСТРИЮ В БУДУЩЕЙ РОССИИ**

**STRATEGY AND TACTICS OF TRANSFORMATION  
OF FOREST INDUSTRY OF SIBERIA  
IN HIGH-TECH INDUSTRY IN FUTURE RUSSIA**

*Предлагаются к обсуждению возможные направления преобразования лесной отрасли в биолесную индустрию. Движущей силой этого процесса на современном этапе является рост рынка индивидуального деревянного домостроения, тянущего за собой рост производства современных плитных материалов и энергосберегающее отопление, на основе использования возобновляемых источников тепла. В реформировании лесной отрасли в Сибири необходимо использовать опыт передовых стран, например, таких как Финляндия.*

*Авторы рекомендуют разработать в Иркутской области региональную программу по инновационной стратегии развития экономики и подготовки кадров для ее осуществления.*

*Also discussed possible directions of transformation of the forest industry in bolezney industry. The driving force of this process at the present stage is the growth of the market of wooden house-building, pulling in an increase in the production of modern materials and energy saving heating based on renewable heat. In the reform of the forestry sector in Siberia it is necessary to use the experience of advanced countries, such as Finland.*

*The authors recommend to develop in the Irkutsk region the regional programme for innovative economic development strategy and provided training in its implementation.*

В 2007 году была разработана «Концепция развития ЛПК Иркутской области до 2015 года» [1]. Специалисты лесной отрасли Иркутской области не раз разрабатывали и предлагали региональному правительству концепции и проекты программ по развитию ЛПК, но осуществить их не было возможности. Причина заключалась в следующем: руководили лесной отраслью в регионе в последние 10–15 лет не профессионалы, а врачи, юристы, туристы, автомобилисты... Эти менеджеры одобряли любые губительные для лесной отрасли решения федерального центра.



В регионе решались только текущие проблемы, а о стратегическом планировании задумываться не успевали, так как менеджеры менялись ежегодно или даже чаще. Их работа сводилась больше к имитации деятельности, которая создавала еще больше проблем в лесной отрасли, потому что большинство принятых решения не доводилось до логического завершения. У каждого нового менеджера отсутствовали базовые знания о лесной отрасли, но не было недостатка в «революционных идеях» по руководству отраслью.

Впервые за много лет Министерство лесного комплекса Иркутской области уже целый год возглавляет специалист лесной отрасли. В Министерстве планируют приступить к разработке программы развития ЛПК Иркутской области, которая позволит решать не только текущие проблемы, но и осуществлять стратегические задачи. Но для этого необходимо привлечь внешние инвестиции.

Специалистам не все равно, откуда придут эти инвестиции. Ни в коем случае нельзя привлекать иностранные компании в Россию для реализации их продукции, что происходит в настоящее время с китайскими компаниями на российском рынке. Китайские инвестиции в лесную отрасль направлены на выкачивание наших природных ресурсов в интересах развития китайской экономики [2].

В реформировании лесной отрасли в Сибири необходимо использовать опыт передовых стран – Финляндии, Швеции, Канады, США и др., сходных с нами по природным условиям. Лидером в команде передовых стран, проводящих кардинальные реформы в лесной отрасли, является Финляндия.

Движущей силой для преобразования лесной отрасли в биолесную индустрию на современном этапе является рост рынка индивидуального деревянного домостроения, тянущего за собой рост производства современных плитных материалов и энергосберегающее отопление, на основе использования возобновляемых источников тепла (пеллет).

Осуществлять предлагаемые нами цели будут молодые специалисты, которым в настоящее время 20–25 лет. Они должны понимать, что в будущем в России не будет места политике изоляционизма от внешнего мира. Будущая Россия изменит свой имидж в мире, станет свободной, встроится в международную систему разделения труда в соответствии со своими возможностями, а внешние санкции уйдут в прошлое, как кошмарный сон.

Мы понимаем, что в настоящее время наши предложения неосуществимы, но их можно и нужно обсуждать сейчас. Мы не первые поднимаем вопрос преобразований в Будущей России. Аналогичные предложения специалисты высказывают по проблемам образования, здравоохранения, восстановления промышленности, строительства, сельского хозяйства и т. д.

Проблемы других регионов России до боли похожи на проблемы Иркутской области: нам негде посмотреть на интересные региональные идеи и передовой опыт, например, по развитию лесной отрасли. Объясняется такое положение очень просто: федеральные власти как огня боятся самостоятельности регионов в проведении экономической политики, лишают их свободы выбора в поиске путей выхода из экономического кризиса, не создают условий, чтобы регион мог самостоятельно развиваться.

В Будущей России придется взять резкий старт по реформированию лесной отрасли, чтобы выйти на уровень передовых стран. В этом случае в России ежегодно будет возрастать доля используемых возобновляемых энергоисточников – за счет роста инвестиций в разработку энергосберегающих технологий. Таким образом, хотим мы или нет, но в недалеком будущем биотехнологии будут основой развития инновационной экономики региона (по обеспечению его продовольствием, биотопливом на основе

возобновляемого сырья, по использованию отходов деревообработки для получения возобновляемых источников энергии) [3].

Перестройка существующей лесной отрасли в биолесную индустрию неизбежна и будет связана с разработкой лесной политики в интересах всех граждан страны, будет учитывать социальные, экономические и экологические потребности нынешнего и будущего поколений, а не интересы отдельных финансовых структур. Уйдет в прошлое нищета населения маленьких городков и поселков и пропадет основная причина незаконных лесозаготовок.

Понимать причины и последствия происходящих процессов в лесной отрасли передовых стран мира нам жизненно необходимо, чтобы избежать собственных непродуманных действий и сократить затраты на осуществление ненужных программ.

Финская сторона проявляет заинтересованность в сотрудничестве с Иркутской областью, о чем свидетельствуют неоднократные приглашения с проведением презентаций Иркутской области в Финляндии. Иркутская область в этой ситуации должна воспользоваться шансом сотрудничества с Финляндией с целью возрождения своей лесной отрасли.

Чтобы использовать опыт Финляндии, рассмотрим решения, которые Финское правительство осуществляет в своей политике по развитию финского лесного сектора, и сформулируем стратегические и тактические цели развития лесной отрасли Сибири.

Бережное и рачительное отношение к лесу в Финляндии возведено в ранг государственной политики: щепа и опилки используются для производства бумаги, картона и целлюлозы, древесная кора сжигается на тепловых электростанциях, вырабатывающих электроэнергию, а граждане, заготавливающие сухостой и валежник в лесах, получают дотации от государства за санитарную уборку леса.

Политика Финского правительства в лесной отрасли состоит в следующем: в процессе преобразования существующая экономическая структура «творчески разрушается» и появляется улучшенная структура: биоэнергетика, новые продукты и технологии, новые комбинации производства и его организации. Подобные процессы также идут полным ходом в Швеции, Канаде и США.

Финские ученые знают, какое производство в лесной отрасли можно поддержать и к какому производству надо двигаться; правительство обеспечивает занятость освободившихся работников и поддерживает новые направления в лесной промышленности, а лесопромышленники 50 % инвестиций тратят на новое оборудование и замену действующих мощностей, а остальные 50 % – на маркетинг, энергосберегающие и IT-технологии, оптимизацию логистики. В результате 40 % лесных доходов получают в Финляндии, а 60 % – за границей [4].

Для повышения конкурентоспособности лесной отрасли Финляндия предоставляет своим предпринимателям налоговые льготы и поддержку за использование альтернативной энергии, за развитие биоэнергетических проектов по выработке энергии из древесной биомассы, за новые технологии и новую продукцию, за заготовку топливной древесины, а главное, за увеличение производственных мощностей за рубежом, в том числе в России. Поэтому финские лесопромышленники готовы к инвестициям в регионы России, уже вложив к настоящему времени 1 млрд евро.

Мы предполагаем, что инвестиции финского капитала в Иркутскую область могут быть связаны с поставками лесопроductии из нашего региона на рынки Китая и Азии. Поэтому нашей *главной стратегической целью* должно быть убеждение финских лесопромышленников в том, чтобы они приступили к постепенно возрастающему инвестированию в лесную отрасль Иркутской области в виде экспорта своих передовых лесных технологий [5].

Финской стороне на первом этапе сотрудничества следует предложить осуществление инвестиционных проектов с небольшой начальной стоимостью, таких как:

1. Использование финского опыта методов лесовосстановления и оптимизация процентного соотношения между искусственным и естественным лесовосстановлением.

2. Перевод котельных на биотопливо.

3. Использование финского опыта для строительства лесовозных дорог.

4. Повышение производительности труда при лесозаготовках в 15–20 раз за счет использования современной лесозаготовительной техники. В какой стране необходимо закупать лесозаготовительную технику – в Финляндии, Канаде или где-то еще – должны сказать специалисты лесной отрасли.

5. Предложить финской стороне открыть совместный научный центр при Союзе «ТПП ВС» с целью проведения инновационной политики в исследованиях – путем выявления проблем в лесной отрасли и поиска их решений. От научных разработок, на которые нет спроса, надо отказаться. Научный центр позволит привлечь к исследованиям обучающихся и преподавателей учебных вузов, а также специалистов профильных лесных НИИ.

Для достижения поставленной стратегической цели необходимо будет принять ряд региональных законов, способствующих привлечению инвестиций и гарантирующих их юридическую защиту.

*Тактической целью* развития лесной отрасли Иркутской области является глубокая переработка древесины по направлениям (в порядке убывания их важности):

- деревянное домостроение;
- производство современных плитных материалов;
- производство мебели;
- химическая переработка отходов древесины;
- производство пеллет и т. д.

Малозэтажное деревянное домостроение невозможно без производства современных плитных материалов. Для развития деревянного домостроения в Сибири и Иркутской области необходимо разработать региональную программу поддержки лесной и строительной отрасли, и мы готовы принять участие в этой работе.

Производство современных плитных материалов (шпонового бруса LVL, ориентированно-стружечных плит OSB, эффективного конструкционного материала для изготовления мебели, полов и облицовки стен) – плит средней плотности MDF – в Иркутской области отсутствует. Вместо этого производятся фанера и ДСтП (неофициальное название – ДСП – древесно-стружечные плиты), спрос на которые на мировом рынке резко снижается.

Мы также считаем, что в Иркутской области необходима разработка региональной программы по инновационной стратегии развития экономики и подготовки кадров [6]. В этом случае подготовленные кадры направят свои усилия на развитие инноваций не только в лесозаготовке и деревообработке, но и в формировании сектора услуг и удовлетворение запросов потребителей, например, в такой области, как использование пеллет для отопления индивидуальных жилых домов.

В 2016 году в Иркутской области зафиксирован стремительный рост объемов производства пеллет. Пять компаний активно производят и продают пеллеты как в Европу, так и в Азию. Иркутские пеллеты закупали компании из Южной Кореи, Китая, Дании, Латвии и Великобритании [7].

Самым крупным производителем пеллет в 2016 году стала компания ООО «Сибирские топливные гранулы». За ней идут такие компании, как «ТСЛК», «Лесресурс», «Русфорест Магистральный», «Евразия-Леспром», которые также производят пеллеты и экспортируют их на Запад и на Восток.

Компания «Сибирские Топливные Гранулы» в 2016 году запустила в работу два завода в Иркутской области по производству древесных топливных гранул (пеллет) на площадках заводов «ЛДК-Игирма» в поселке Новая Игирма и «ТСЛК» в городе Усть-Кут. Общая производительность заводов «Сибирских топливных гранул» составляет 200 тыс. тонн в год.

В 2016 г. в России, по данным разных источников, объем производства пеллет составил от 1 до 1,3 млн тонн. Однако внутренний спрос на древесные топливные гранулы в России практически отсутствует и не превышает 10 % от общего объема производства пеллет. По разным данным, от 70 до 90 % всего производства пеллет отгружается на экспорт. Согласно информации таможи, объем экспорта биотоплива (щепы, брикетов, пеллет) в 2016 г. вырос на 24,6 % в годовом исчислении и превысил 6,9 млн тонн [8].

В 2016 году продукция иркутских компаний, производящих пеллеты, отгружалась как на Запад (в страны Европы), так и на Восток (в Китай, Японию, Корею). При этом расстояние экспортных ж/д перевозок составляло от 5 до 6 тыс. км, а в конечной цене продаж затраты на доставку достигли 40 %.

В планах Иркутской области – увеличить мощности по выпуску пеллет до 500 000 тонн в год.

Считаем, что для поддержки глубокой переработки лесоматериалов в пеллеты необходимо:

- 1) снизить экспортные тарифы на грузовые экспортные железнодорожные перевозки на пеллеты;
- 2) кредитовать организации, реализующие инвестпрограммы по производству пеллет, под процент, не превышающий предел рентабельности;
- 3) предоставить льготы инвесторам, реализующим пеллетные производства – по аналогии с приоритетными инвестиционными проектами в области освоения лесов;
- 4) освободить от налогообложения ввоз иностранного оборудования для производства пеллет.

В то же время авторы призывают не поддаваться эйфории по поводу двухкратного повышения возможных объемов потребления пеллет в странах Европы и Азии в самое ближайшее время, и на этом основании вкладывать дополнительные финансовые ресурсы в производство пеллет.

Причин для скепсиса может быть несколько:

- 1) государственные программы поддержки развития биоэнергетики в странах Европы могут быть приостановлены или сокращены по требованию экологов, а также в связи с падением цен на ископаемое топливо. В этом случае рост потребления пеллет снизится;
- 2) в отношении России и ее поставщиков пеллет могут быть приняты дополнительные директивы (санкции стран Европы), а выбывшие объемы пеллет из России без проблем перекроют поставки из США и Канады;
- 3) сложной остается проблема сертификации пеллет и их производства в России (то есть еще одно возможное ограничение объема поставок);
- 4) производство плитных материалов в России будет конкурировать с производством пеллет за объемы сырья. Кроме того, в самое ближайшее время возможно появление новой «биолесной продукции», которая заменит или потеснит производство пеллет;
- 5) широкого развития рынка потребления пеллет в России на деле в ближайшее время не будет из-за отсутствия государственной поддержки. А на словах такой поддержки даже с избытком: российский рынок производства пеллет может повторить судьбу российского рынка производства нефти и газа.

Авторы хотели бы поделиться информацией о результатах апробации данного материала с обучающимися Института недропользования ИрННТУ. Таких материалов, как отношение молодого поколения к экологическим проблемам в лесной отрасли, авторы еще не встречали в специальной литературе.

*Анализ замечаний и предложений слушателей показал следующее:*

1) 53 % всех вопросов слушателей посвящены экологии. Авторы боятся того, что при осуществлении проекта (привлечении финских инвестиций) экологическая ситуация в Иркутской области ухудшится, и поэтому отрицательно высказались о привлечении внешних инвестиций, сравнивая их с распродажей российской земли иностранцам;

2) 26 % вопросов слушателей положительно высказались о привлечении внешних инвестиций, но рекомендовали очень внимательно следить за реализацией проектов и готовить под эти проекты профессиональные кадры, а лесовосстановление проводить по принципу «сколько срубил – столько посадил»;

3) 9 % всех вопросов вызваны недоумением, почему у нас в стране не выпускается современная лесозаготовительная техника и деревообрабатывающее оборудование, а также неверием слушателей в перспективу что-либо изменить в нынешней ситуации. Например, был такой ответ: «Мне без разницы, что будет с нашими лесами и этой страной»;

4) 12 % вопросов посвящены различным рекомендациям авторам по улучшению доклада.

### Библиографический список

1. Королев П.В. Учет мировых тенденций в лесной отрасли при формировании концепции развития ЛПК Иркутской области: мат-лы науч.-практич. конф. «Концепция развития ЛПК Иркутской области до 2015 года». Иркутск, 2007. С. 27–37.

2. Хватит снабжать ворованным лесом Китай? // Всемирный фонд дикой природы (WWF). URL: <http://www.wwf.ru/resources/news/article/10094>.

3. Кобыльский А.Г., Королев П.В., Полномочнов А.В. Основа инновационной экономики Иркутской области – развитие биотехнологий (на примере производства и использования биодизеля) // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сборник статей VII Всероссийской науч.-практич. конф. Иркутск: изд-во ИРННТУ, 2016. С. 303–307.

4. Королев П.В. Новая политика Финляндии в лесном секторе и перспективы возрождения лесопромышленного комплекса Иркутской области // Устойчивое лесопользование. 2010. № 1 (23). С. 14–19.

5. Борзин А.А., Бушуев К.С., Королев П.В. Будущее России: стратегия и тактика развития лесной отрасли // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сборник статей IX Всероссийской науч.-практич. конф. Иркутск: изд-во ИРННТУ, 2017. С. 140–144.

6. Королев П.В., Щербак В.П. Инновационная деятельность в Иркутской области // Проблемы подготовки кадров для инновационной экономики: мат-лы Китайско-Российско-Монгольского форума инновационного образования 21–24 июня 2010 г. Хух-Хото, КНР, 2010. С. 53–56.

7. Сибирские топливные гранулы. URL: <http://www.sibpellets.ru/about/>.

8. Россия увеличивает экспорт биотоплива // Лесная индустрия. URL: [www.lesindustry.ru/issues/li\\_107/Rossiya\\_uelichivaet\\_yeksport\\_biotopliva\\_1402](http://www.lesindustry.ru/issues/li_107/Rossiya_uelichivaet_yeksport_biotopliva_1402).

УДК 674.8:338.012

**С.В. Костылева**

(S.V. Kostyleva)

(БГУ, г. Иркутск, РФ)

E-mail для связи с автором: svet2674@mail.ru

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ  
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В СФЕРЕ  
ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

**PROSPECTIVE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT  
OF TIMBER INDUSTRY COMPLEX IN THE SPHERE OF PROCESSING  
OF WOOD WASTE IN IRKUTSK REGION**

*Отечественный и зарубежный опыт показывают, что наилучшие экономические результаты достигаются там, где организовано рациональное использование лесных ресурсов при их глубокой переработке. Лучшее всего эта цель достигается сочетанием поставок сырья для лесоперерабатывающих предприятий с организацией на местах лесопильных производств, деревянного домостроения, выпуска черновых заготовок различного назначения и т. п. Еще большей эффективности можно достичь, если развивать собственное энергообеспечение (за счет утилизации древесных отходов и не-реализуемых лесных ресурсов, что особо актуально в свете проблем изменения климата, появления киотских механизмов стимулирования энергоэффективности и роста целесообразности использования биотоплива) [1, с. 130].*

*Domestic and foreign experience show that the best economic results are achieved where organized forest resources management at their deep processing. Best of all, this goal is achieved with the use of the supply of raw materials for timber processing enterprises with the organization on the ground, the saw mills, wooden housing construction, production of rough workpieces for various purposes, etc. Even greater efficiency can be achieved if we develop our own energy supply (due to the disposal of wood waste-Dov and unrealizable forest resources, which is particularly important in light of climate change, the emergence of the Kyoto mechanisms to stimulate energy efficiency and increasing the feasibility of using biofuels) [1, p. 130].*

На первом этапе развития отечественной лесопильной промышленности ставился вопрос не об использовании отходов лесопиления, а об их уничтожении, так как эти отходы загромождали территорию вокруг лесозаводов, увеличивая пожароопасность.

К сожалению, примерно также в настоящее время обстоят дела с отходами и в Иркутской области. Огромное число мелких и средних лесоперерабатывающих производств, которые создаются и ликвидируются на российской территории в течение последних двадцати лет, окружены неиспользуемыми древесными отходами, объемы которых постоянно увеличиваются [2]. Кроме того, необходимо признать, что за последнее время практически утрачен накопленный передовой научно-технический и промышленный опыт комплексного использования древесины и ее отходов. Причина этого – ликвидация большинства прикладных научно-исследовательских и конструкторских отраслевых институтов и, как следствие, потеря кадрового потенциала специалистов.

Так называемый «кластерный подход» позволит решить задачу эффективного размещения предприятий лесного комплекса при сбалансированном развитии лесосырьевых районов и эффективном использовании лесных ресурсов.

Расчетная лесосека Иркутской области составляет порядка 70 млн м<sup>3</sup>, освоение ее при всех видах рубок в 2016 году составило более 50 %.

Предприятия лесопромышленного комплекса Иркутской области, число которых, по данным службы государственной статистики, составляет более двух тысяч, в процессе лесозаготовительной и деревообрабатывающей деятельности образуют большое количество древесных отходов (сучьев, веток, опилок, коры и других отходов деревообработки). В этой связи проблема переработки неликвидной древесины и отходов деревообработки является крайне актуальной для лесной отрасли Иркутской области.

Действующими лесопромышленными предприятиями региона часть объемов древесных отходов и неликвидной низкосортной древесины направляется на переработку. Полученный продукт используют, в частности, для производства щепы (для целлюлозно-бумажной промышленности и топливно-энергетического комплекса), производства древесных плит (ДСП и ДВП), производства топливных гранул и пеллет.

Предприятиями, осуществляющими переработку неликвидной древесины и отходов деревообработки, в 2016 году отгружено железнодорожным транспортом 531,9 тыс. тонн щепы и 98,05 тыс. тонн пеллет и топливных гранул. При этом пеллеты и топливные гранулы отправлялись как в регионы России, так и на экспорт (Южную Корею, Данию, Японию, Китай).

В топливно-энергетическом комплексе Иркутской области неликвидная древесина и отходы деревообработки потребляются в качестве топлива. Из 1030 котельных, действующих в Иркутской области, 150 работают на древесном топливе (на дровах и щепе). Кроме того, многие лесоперерабатывающие предприятия используют древесные отходы на собственных теплоисточниках (для обеспечения технологических процессов и производственных сооружений тепловой энергией). В топливно-энергетическом балансе Иркутской области доля отходов лесоперерабатывающей промышленности составляет порядка 8 %.

В сложившихся условиях принципиальным и последовательным содержанием технической политики Правительства Иркутской области в коммунальном комплексе является сокращение количества теплоисточников при повышении их топливной эффективности и последовательное замещение дорогих энергоносителей на более экономичные (дрова, древесные отходы).

Эффективность котельных, использующих в качестве топлива древесные отходы, подтверждена на практике в Усть-Кутском районе, г. Братск, Нижнеилимском, Тайшетском и Качугском районах.

За последний год запущено 2 завода мощностью 115 тыс. тонн в год (в п. Новая Игирма) и 75 тыс. тонн в год (в г. Усть-Кут) с перспективой развития до 280 тыс. тонн в год готовой продукции, и, несмотря на не очень удобную логистику, предприятия поставляют свои пеллеты на рынки Китая, Европы, Японии, Южной Кореи.

Так, 24 мая 2017 года губернатор Иркутской области Сергей Левченко провел рабочую встречу с президентом французской инвестиционной компании Thomas Vendome Investment Жан-Пьером Тома. Европейский инвестор приехал в Иркутск с партнерами, которые озвучили свои актуальные для региона бизнес-предложения, связанные с лесным хозяйством Приангарья [3].

Представители французской компании Dark to Green Partners рассказали об успешном опыте производства нового вида биотоплива, который производится из отходов лесопиления – торрефицированных пеллет. По мнению французских инвесторов,

черные пеллеты способны полностью заменить уголь в производстве энергии, поэтому предложили Губернатору рассмотреть возможность использования их технологии в Иркутской области.

Губернатор подчеркнул, что для региона очень важна тема утилизации отходов, особенно возможность вторичного их использования.

Рассмотрим понятие торрефицированного угля и проведем сравнение с показателями других видов топлива. Торрефицированные пеллеты, или биоуголь (черные), обладают рядом достоинств по сравнению с обычными, называемыми белыми. Эти достоинства особенно явно проявляются при совместном сжигании торрефицированных пеллет и угля на теплоэлектростанциях. В приведенной ниже таблице представлены характеристики торрефицированных пеллет в сравнении с показателями других видов топлива.

Характеристика торрефицированных пеллет  
в сравнении с показателями других видов топлива

Характеристика	Щепа	Традиционные древесные пеллеты	Торрефицированные пеллеты
Низшая теплота сгорания (в зависимости от влажности и вида древесины)	7,4–11,4 МДж/кг (1767–2722 ккал/кг)	17–18 МДж/кг (4059–4298 ккал/кг)	21–22 МДж/кг (5015–5253 ккал/кг)
Влажность, %	30–50	<10	<1
Удельный вес, кг/м <sup>3</sup>	250–400	650	900
Энергетическая плотность, кВт/м <sup>3</sup>	815	3 150	5 085

По результатам термодинамических исследований процессов торрефикации и газификации древесины следует, что характеристики торрефицированной древесины напрямую зависят от вида используемой древесины, продолжительности и температуры процесса.

Торрефицированные пеллеты уже называют биоугольными. Они обладают следующими достоинствами: не требуют специальных хранилищ, имеют лучшие показатели сжигания, близкие к углю, не гниют, не разбухают и не плесневеют.

Торрефицированные пеллеты приобретают гидрофобность, то есть способность отталкивать влагу и противостоять процессам гниения и брожения, что дает возможность хранить их даже под открытым небом. Оптимальное размещение пеллет при хранении – на деревянных поддонах или досках.

При торрефикации свойства биомассы кардинально меняются: разрушается структура целлюлозы, испаряется значительная часть влаги, образуются свободные молекулы углерода, водорода и кислорода. По структуре торрефицированные гранулы схожи с углем, так как в ходе химических процессов в древесине и другой растительной биомассе при торрефикации весь углерод превращается в биоуголь (ненасыщенные углеводороды), окисляясь и реагируя с молекулами кислорода. Биоуголь обладает теми же свойствами, что и ископаемый уголь, и может без проблем сжигаться вместе с ним.

Благодаря тому, что в результате обжига сильно снижается влажность торрефицированных пеллет, они становятся хрупкими и измельчаются легче, чем обычные пеллеты. Поэтому при совместном сжигании ТП с углем нет необходимости модернизировать технологическую линию подачи топлива – не нужно дополнительно устанавливать пеллетные дробилки и отдельную систему подачи гранул.



Кроме того, биоуголь – природное сырье, полученное путем высокотемпературного термохимического распада биомассы растительного происхождения при условии отсутствия доступа кислорода (пиролиз). В отличие от угля, который используется для производства тепла, биоуголь применяется, в частности, в сельском хозяйстве – в качестве средства улучшения качества почв. Он способствует аккумуляции питательных веществ в почвах, что особенно важно в условиях истощенных земель, а также положительно влияет на численность, состав и активность микроорганизмов в почве, отвечающих за плодородие земли и урожайность.

Биоуголь способен удерживать в почве углерод, что ведет к сокращению содержания углекислого газа в атмосфере, и, соответственно, способствует уменьшению парникового эффекта на планете. Также существенна роль биоугля в деле сохранения влаги в почвах в условиях засухи. Биоуголь не только имеет потенциал для открытия новых прибыльных рынков в области сельского хозяйства и промышленности, но и предоставляет огромные возможности для защиты почв и климата планеты [4].

Итак, подводя итоги встречи, Сергей Левченко сообщил, что предложение будет внимательно изучено с точки зрения эффективности и целесообразности использования в условиях Иркутской области.

Проблемным звеном в сфере переработки неликвидной древесины и порубочных остатков является использование отходов мелких и средних предприятий. Целесообразность передачи отходов на большие предприятия для энергетического или технологического применения определяется соображениями логистики.

Использование отходов мелкого предприятия на месте, как правило, не экономично, поскольку объем отходов недостаточен для организации устойчивого рентабельного производства.

Решение проблемы использования отходов малых и средних предприятий заключается в кооперации и создании совместных технологических и энергетических предприятий, приближенных к источникам образования отходов.

В случае комплексного подхода производство технологической продукции будет иметь надежное автономное энергетическое обеспечение. Так, 11 апреля 2017 года в Правительстве Иркутской области прошло заседание Координационного совета по развитию лесопромышленного комплекса Иркутской области, в котором приняли участие представители:

- 1) Министерства лесного комплекса Иркутской области;
- 2) Ассоциации лесозаготовителей и лесозэкспортеров;
- 3) отраслевого объединения работодателей «Союз лесопромышленников и лесозэкспортеров Иркутской области»;
- 4) управления проектами ФГУП «Государственный научный центр лесопромышленного комплекса»;
- 5) учебных заведений;
- 6) предприятий, занимающихся лесозаготовкой и лесопереработкой древесины.

На заседании обсуждался вопрос создания лесопромышленного кластера. О возможном его появлении на территории Иркутской области говорил начальник отдела лесной промышленности Минпромторга РФ Анатолий Артеев, выступивший 13 сентября 2016 года на круглом столе в Иркутске.

В Иркутской области, по словам Николая Кожемяко, замгендиректора по управлению проектами ФГУП «Государственный научный центр ЛПК», возможно открытие сразу трёх видов кластеров:

- лесозаготовки и переработки;
- строительных материалов и изделий из древесины;
- целлюлозно-бумажной промышленности.

Промышленный лесной кластер в Приангарье Николай Петрович предложил создать на базе «Группы компаний «Илим» [5].

В состав кластера ЛПК (регламент предусмотрен в Постановлении Правительства РФ № 779 «Правила предоставления субсидий лесным кластерам для реализации проектов») должно войти не менее 10 предприятий. При этом возможно объединение с лесопромышленниками других регионов.

В кластере должна быть создана управляющая организация. Заявка от объединившихся предприятий ЛПК направляется в Минпромторг, после её рассмотрения кластер включается в госреестр. Затем, при выполнении определённых условий, объединение может рассчитывать на налоговые льготы и субсидии от государства. Среди условий – как минимум одно из предприятий должно выпускать конечную продукцию. Производительность труда кластера должна быть выше средней по промышленной отрасли в субъекте. Не менее 50 % продукции должно использоваться участниками кластера, не менее 50 % рабочих мест должны быть высокопроизводительными.

Чиновники Минпромторга не называют суммы субсидий, на которые могут рассчитывать лесные кластеры. Зато, как надеются в ведомстве, объявленный курс на кластеризацию позволит увеличить добавленную стоимость продукции ЛПК в России к 2020 году в 2,5 раза.

Сегодня этот показатель, как отмечает Анатолий Артеев, остается крайне низким. И если по официальным отчётам Минпромторга во всех деревообрабатывающих отраслях (за исключением мебельной промышленности) в 2016 году наблюдался устойчивый рост, то обольщаться всё же не стоит. По объёмам продукции мы экспортируем намного больше чем импортируем, но в денежном выражении получается наоборот – поскольку экспортируем более дешёвые сорта бумаги, целлюлозу, а завозим дорогостоящие сорта – мелованную бумагу, картон и так далее.

Поскольку сохранение лесов представляет собой проблему не отдельно взятой страны, а целого мира, то целесообразно было бы ввести нормативы по обращению и продаже. Эти нормы должны распространяться и на древесное утильсырьё.

Согласно имеющейся статистической информации, в нашей стране существует наибольший резерв лесных насаждений во всём мире. Они находятся на площади практически 800 тыс. га. Этот показатель приблизительно равен 25 % лесных массивов всей планеты.

Лес представляет собой источник сырьевой базы для всех производящих или занимающихся переработкой древесного сырья компаний, но, кроме этого, в лесу живут многочисленные популяции животных, которые погибнут во время вырубki. Именно по этой причине очень важно перерабатывать отходы древесины. Их применение на производстве не только приведет к сохранению первичного древесного материала, но и снизит отходы древесины, чем существенно сократит объём вырубki лесов [6].

Проблема комплексного применения отходов деревообработки развивается с самого начала лесопильной промышленности. Тогда люди не думали о проблемах экологии, наступающих в результате сокращения зелёных насаждений. По этой причине отходы попросту сжигали, чтобы освободить место.

Однако в процессе эволюции деревообрабатывающих технологий, с развитием и внедрением автоматизированного управления, которое дает возможность извлечь максимум дохода, отношение к отходам осталось неизменным. Небольшие лесоперерабатывающие заводы не желают расходовать свои деньги на то, чтобы развивать технологические схемы переработки и дальнейшего применения.

Полагаем, что перспективным направлением развития переработки неликвидной древесины и древесных отходов в Иркутской области может являться развитие лесопромышленной отрасли в части плитного производства, биоэнергетики и лесохимии.

Эффективность использования лесных ресурсов в регионах нашей страны во многом определяет развитие экономики государства и благополучие его граждан. По этой причине создание условий для развития лесопромышленного комплекса России выделяется в число первоочередных задач государства. Особенно актуально это для многолесных районов страны, в том числе для Иркутской области.

## Библиографический список

1. Основы устойчивого лесопользования: учеб. пособие / под общ. ред. А.В. Беляковой, Н.М. Шматкова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: WWF России, 2014. 266 с.
2. ЛесПромИнформ. 2005. № 3 (25). СПб: Премьер. 125 с.
3. Сергей Левченко провел рабочую встречу с французскими инвесторами // Официальный портал Правительства Иркутской области. URL: <http://irkobl.ru/news/238417/>.
4. Разумов Е.Ю., Назипова Ф.В. Биоуголь: современное представление // Деревообрабатывающая промышленность. URL: [http://dop1952.ru/statues-statue\\_id-9.html](http://dop1952.ru/statues-statue_id-9.html).
5. Павлова А. Поманили в кластер // Артур Дан: авторский проект. URL: <http://economy.aldana.ru/new/view/id/6050>.
6. Отходы деревообработки // Лесная промышленность. URL: [http://wood-prom.ru/analitika/15274\\_otkhody-derevoobrabotki](http://wood-prom.ru/analitika/15274_otkhody-derevoobrabotki).

УДК 332.02

**М.В. Кузьмина, И.А. Иматова**

(M.V. Kuz'mina, I.A. Imatova)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: [margo-v66@mail.ru](mailto:margo-v66@mail.ru), [i.imatova@list.ru](mailto:i.imatova@list.ru)

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ БОРЬБЫ С НЕЗАКОННЫМИ РУБКАМИ В РЕГИОНЕ

### ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE FIGHT AGAINST ILLEGAL IN THE REGION LOGGING

*В статье определена динамика ущерба от несанкционированных рубок леса в Свердловской области за последние семь лет. Дана оценка результатов борьбы с нарушениями порядка лесопользования с учетом экономико-географических особенностей территории.*

*In the article the dynamics of loss from the unauthorized felling of a forest in the Sverdlovsk region for the last seven years. Evaluation of the results of the fight against violations in forest management taking into account economic and geographic characteristics of the territory.*

Проблема противодействия несанкционированным (нелегальным) рубкам леса имеет актуальное значение и приобретает глобальный характер. Остроту придает ее непосредственная связь с повсеместно развернутой деятельностью по поддержанию экологического равновесия на нашей планете.

С целью мобилизации усилий государственных структур и общественных организаций по предотвращению нелегальных рубок в Европейских странах Европейским парламентом принят Регламент (ЕС) № 995/2010. Всемирный фонд дикой природы

(WWF) России развил многие положения этого Регламента в действующей правоприменительной системе с целью их практической реализации [1].

Не только государственные органы России, но и общественные организации постоянно мониторят ситуацию с имеющимися место нарушениями Лесного кодекса РФ на территории страны. Предпринимаются попытки отслеживать эффективность борьбы с несанкционированными рубками леса и со стороны отдельных специалистов, особенно после принятия в декабре 2013 года ФЗ № 415 «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях», который существенно увеличил риски предпринимателей, занимающихся незаконной деятельностью по заготовке и переработке древесины и при ее транспортировке на значительные расстояния [2].

Авторы статьи проанализировали ситуацию в лесах отдельного региона, являющегося одним из крупных в стране, как по наличию лесных ресурсов, так и по имеющемуся лесопромышленному потенциалу. На основании данных, полученных из официальной отчетности Департамента лесного хозяйства Свердловской области, составлена аналитическая таблица 1.

Таблица 1

Динамика незаконных рубок леса в Свердловской области

№	Показатели	Значения по годам						
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	<i>Количество случаев лесонарушений</i>	974	935	691	718	666	572	620
	Из них незаконные рубки леса	794	717	613	578	561	468	471
	В т. ч. на арендованных участках	313	279	237	207	195	165	168
2	<i>Потери древесины от незаконных рубок леса</i>							
	Объем, тыс. м <sup>3</sup>	79,6	76,4	60,4	49,1	97,6	33,1	54,42
	В т. ч. на арендованных участках	39,1	36,6	31,6	13,1	34,0	13,7	17,29
	Ущерб для государства, млн руб.	Нет данных		486,1	477,5	1101,3	348,3	444,4
	В т. ч. на арендованных участках	Нет данных		209,6	153,6	275,1	131,0	141,1
3	Доля случаев с неустановленными нарушителями, %	71,1	72,7	70,3	75,6	84,3	83,3	80,7

Динамические ряды по каждому показателю за период 2010–2016 гг. демонстрируют тенденцию снижения количества лесонарушений и, соответственно, нанесенного ими ущерба. За 7 лет число нарушений сократилось на 36,3 %, а учитываемых в их общем количестве незаконных рубок леса – на 40,1 %. Обращаем внимание, что в структуре лесонарушений, в среднем за анализируемый период, почти 82 % приходится на незаконные рубки леса.

К сожалению, не подтверждены практикой ожидания, что при аренде лесов предприниматели смогут противодействовать поползновениям любителей чужого имущества, хотя количество незаконных рубок леса на арендованных участках за 7-летний

период снизилось на 41,7 %. Тем не менее в структуре такого рода правонарушений они составляют в среднем около 37 %.

Уменьшение числа незаконных рубок леса коррелирует с величиной ущерба от них как в натуральном, так и в стоимостном выражении. Потери древесины в период с 2010 по 2017 гг. снизились на 31,6 % в натуральном выражении (25,18 тыс. м<sup>3</sup>) и на 8,6 % (41,7 млн руб.) – в стоимостном.

При анализе динамических рядов по величине ущерба от незаконных рубок обращают на себя внимание отчетные данные 2014 г. Наряду с уменьшением количества зафиксированных случаев незаконных рубок показатель ущерба увеличился почти в 2 раза. Такая ситуация 2014 года полностью выпадает из сложившейся тенденции повышения эффективности работы лесных органов по предотвращению лесонарушений.

По нашему мнению, на показатели 2014 г. повлиял психологический фактор. В преддверии принятия 415-ФЗ, предусматривающего серьезные наказания за лесонарушения, браконьеры увеличили свою активность. В дальнейшем благодаря административным мерам со стороны государства тенденция снова сохранила свой вектор. Удручает одно обстоятельство – за анализируемый период произошло увеличение количества нераскрытых случаев незаконных рубок леса на 13,5 %. Для выяснения причин такого явления нужен особый анализ работы не только органов лесоуправления, но и правоохранительной системы.

Отдельно взятые зоны Свердловской области значительно отличаются по численности населения, степени урбанизации, уровню промышленного и аграрного развития, наличию транспортных коммуникаций и природно-климатическим условиям [3]. Исходя из вероятного воздействия каждой из изложенных характеристик конкретных зон региона на распространенность незаконных рубок, авторы провели адресный анализ по материалам за 2016 г.

Все лесничества в целях исследования проблемы были разделены на 3 группы. В I группу включены 14 лесничеств, тяготеющих к крупным городам Свердловской области (Екатеринбургу, Нижнему Тагилу, Первоуральску, Ирбиту, Алапаевску и др.), а также Тугулымское лесничество, расположенное недалеко от г. Тюмень, Сысертское и Нижнесергинское, которые граничат с малолесной Челябинской областью. Для этой группы лесничеств характерна развернутая сеть автомобильных дорог, высокая плотность населения, неограниченный местный спрос на древесину и изделия из нее.

Во II группу включены леса восьми лесничеств, расположенных в районах с развитым аграрным производством, сетью автомобильных дорог, но ограниченным местным спросом на древесину. Потребители лесных материалов находятся за сотни километров от территорий Верхотурского, Красноуфимского, Камышловского и других лесничеств, отнесенных в эту группу.

III группа – это удаленные лесные районы области (Таборинское, Гаринское, Ивдельское, Шалинское и др.) и территории с высоким уровнем заболоченности (Тавдинское, Синячихинское и т. д.). Их специфика заключается в низкой плотности населения, существенно ограниченном спросе на лесопroduкцию, неразвитости транспортной инфраструктуры и значительной отдаленностью (более 500 км) от основных лесных рынков.

Анализ информации, приведенной в таблице 2, свидетельствует о том, что в 70 % случаев незаконные рубки леса происходят в лесничествах I группы. В среднем на одно лесничество, относящееся к этой группе, приходится 23,6 случая в год, в то время как во II и III группах подобные нарушения происходят соответственно в 2 и 3 раза реже.

Интенсивность несанкционированных рубок леса  
по группам лесничеств Свердловской области за 2016 г.

Группы лесничеств	Количество лесничеств	Количество случаев незаконной рубки леса		Потери древесины от незаконной рубки, м <sup>3</sup>		Ущерб от незаконных рубок леса, млн руб.	
		Всего	На 1 лесничество	Всего	На 1 лесничество (на 1 случай)	Всего	На 1 лесничество (на 1 случай)
I	14	331	23,6	39 562	2 826 (119,5)	337,45	24,1 (1,02)
II	8	82	10,3	8 571	1 071 (104,5)	58,74	7,34 (0,09)
III	8	58	7,2	6 287	786 (108,4)	48,19	6,02 (0,83)
Итого	30	471	15,7*	54 420	1 814* (115,5)	444,38	14,81* (0,94)

\*Средние значения по лесничествам Свердловской области.

Среднее значение потерь древесины на одно лесничество I группы составило 2,8 тыс. м<sup>3</sup>, во II группе – в 2,6 раза меньше и в III группе – в 3,6 раз меньше. Средний ущерб для государства на одно лесничество I группы в год больше, чем во II и III группах – соответственно в 3,3 и 4 раза. При этом важно учесть, что лесничества II и III групп, как правило, имеют большие площади, чем лесничества I группы.

Результаты анализа позволяют сделать вывод: браконьеры в лесничествах II и III групп ориентированы в основном на местный спрос, который крайне ограничен. Зачастую отдельные граждане вынуждены нарушать законодательство по социальным причинам. Из-за отсутствия постоянного заработка жители незаконным способом пытаются добывать средства для своего существования.

По нашему мнению, государство обязано поддерживать удаленные лесные поселки созданием условий для занятости трудоспособного населения. В предыдущие десятилетия организованные на ранее неосвоенных землях населенные пункты являются в настоящее время форпостами государства, зримо подтверждая вовлечение значительных территорий в хозяйственный оборот. Следовало бы к жителям удаленных лесных поселков, особенно в северных районах Урала и Сибири, применять в части льгот те законодательные акты, которые регулируют жизнедеятельность проживающих там малочисленных народов. Это действие властей соответствовало бы рекомендациям WWF РФ [1].

Иные подходы для снижения криминогенной обстановки нужны при организации лесопользования для лесных территорий, характеристики которых свойственны лесничествам I группы. Хотя в зоне тяготения лесов к крупным населенным пунктам у сотрудников силовых структур для обнаружения уже случившихся фактов незаконных рубок вполне хватает технических средств, пока очевидно, что правоприменительная практика в этой сфере далека от совершенства. Как отмечали ранее, технический прогресс способствует организации незаконных рубок леса и обеспечению их скрытности.

Напрашивается вывод, что после принятия закона № 415-ФЗ до сих пор не достигнута должная координация усилий региональных органов лесного хозяйства, силовых структур и арендаторов лесных участков. Как следствие, не выработаны действенные меры по предотвращению несанкционированных рубок, по установлению предпринимателей, их организующих, по предъявлению исков на возмещение ущерба и реального внесения денежных средств в бюджет государства.

**Библиографический список**

1. Об обязанностях операторов, размещающих на рынке лесоматериалы и продукцию из древесины: Регламент ЕС № 995/2010 Европейского парламента и Совета от 20 октября 2010. URL: <http://www.lesexpert.info/eutr/>.

2. О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях: федер. Закон: принят Госдумой 20 декабря 2013 года: одобрен Советом Федерации 25 декабря 2013 года. URL: <http://base.garant.ru/70552596>.

3. Мезенина О.Б. Формирование эффективной системы управления земельными ресурсами лесного комплекса субъектов Российской Федерации: авт. дис. ... доктора экономических наук: 08.00.05 / Государственный университет по землеустройству. М., 2013. 47 с.

**УДК 630.79**

**О.Б. Мезенина**

(O.B. Mezenina)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: [mob.61@mail.ru](mailto:mob.61@mail.ru)

**ПРОГНОЗНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
И ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА  
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**PREDICTIVE EFFICIENCY AND PROBLEMS  
OF RESOURCE MANAGEMENT OF THE FOREST COMPLEX  
OF THE SVERDLOVSK REGION**

*В статье определены основные проблемы и ориентиры развития лесного комплекса Свердловской области. Дана прогнозная оценка доходности на ближайший год и обозначены факторы, ее обеспечивающие.*

*The article defines the main problems and guidelines for the development of the forest complex of the Sverdlovsk Region. The forecast estimation of profitableness for the nearest year is given and the factors providing it are indicated.*

Общая лесопокрытая площадь в Свердловской области составляет 12 733,7 тыс. га, площадь земель лесного фонда – 15 247,2 тыс. га, в т. ч. площадь защитных лесов – 3363,5 тыс. га, эксплуатационных лесов – 11 883,7 тыс. га; резервных лесов нет [1]. Доля земель, занятых лесными культурами, составляет 5,6 %, причем на долю хвойных лесов области приходится 64,7 % всей лесопокрытой площади. Около 85,2 % (13 639,2 тыс. га) площади лесного фонда находится в ведении Федеральной службы лесного хозяйства России. Основными лесобразующими породами являются сосна и береза, на их долю приходится соответственно 36,8 и 31,2 % покрытой лесом площади.

Надо отметить, что динамика площади защитных и эксплуатационных лесов, площадь лесов в целом и соотношение эксплуатационных и защитных лесов за последние 5 лет практически остаются без изменений (табл. 1).

Объемы использования лесов по видам использования согласно лесному плану Свердловской области на 2017 г.

Показатели	Единицы измерения	Значения
Заготовка древесины (с учетом рубок ухода)	Тыс. м <sup>3</sup>	8 142,1
Заготовка живицы	Тыс. га	39,9
	Т	110,5
Заготовка пищевых лесных ресурсов и сбор лекарственных растений	Га	177,3
Ведение охотничьего хозяйства и осуществление охоты	Га	33 700
Использование гражданами лесов для осуществления любительской охоты и спортивной охоты (ст. 37 ЛК РФ)	Тыс. га	89 255,819
Ведение сельского хозяйства	Га	745
Осуществление научно-исследовательской деятельности, образовательной деятельности	Га	29 126
Осуществление рекреационной деятельности	Га	1 700
Создание лесных плантаций и их эксплуатация	Га	20
Выращивание лесных плодовых, ягодных, декоративных растений, лекарственных растений	Га	23
Выполнение работ по геологическому изучению недр, разработка месторождений полезных ископаемых	Га	3 200
Строительство и эксплуатация водохранилищ и иных искусственных водных объектов, а также гидротехнических сооружений и специализированных портов	Га	50
Строительство, реконструкция, эксплуатация линий электропередачи, линий связи, дорог, трубопроводов и других линейных объектов	Га	2 000
Переработка древесины и иных лесных ресурсов	Га	11,3
Осуществление религиозной деятельности	Га	100

Источниками поступления доходов от использования лесов Свердловской области в прогнозе до конца 2017 года будут являться следующие (рис. 1):

- заготовка древесины – 90 %;
- выполнение работ по геологическому изучению недр, разработка месторождений полезных ископаемых – 3 %;
- осуществление рекреационной деятельности – 3 %;
- иные виды использования – 7 %.

Общая сумма дохода от использования лесов за 10 лет до 2018 г. составит 8 261 млн рублей.



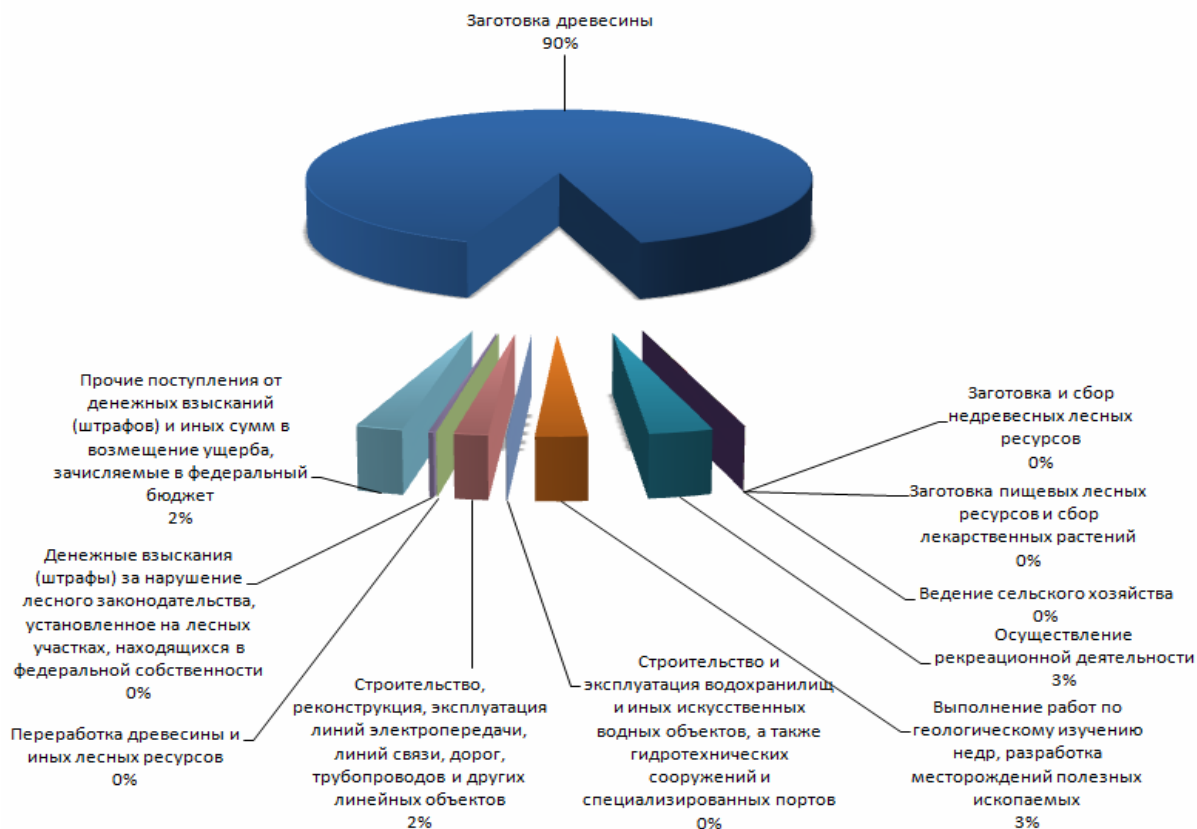


Рис. 1. Структура доходов от использования лесов Свердловской области в 2017 г.

Прогнозные доходы бюджетной системы Российской Федерации от реализации мероприятий лесного плана в 2017 году Свердловской области представим в таблице 2.

Таблица 2

Прогнозные доходы на 2017 г. [2]

Виды использования лесов (в соответствии со ст. 25 Лесного кодекса Российской Федерации)		Млн руб.
1	Заготовка древесины	1 211,07
2	Заготовка живицы	0,01
3	Заготовка и сбор недревесных лесных ресурсов	—
4	Заготовка пищевых лесных ресурсов и сбор лекарственных растений	0,05
5	Ведение охотничьего хозяйства и осуществление охоты	—
6	Ведение сельского хозяйства	0,02
7	Осуществление научно-исследовательской деятельности, образовательной деятельности	—
8	Осуществление рекреационной деятельности	31,63
9	Создание лесных плантаций и их эксплуатация	—
10	Выращивание лесных плодовых, ягодных, декоративных растений, лекарственных растений	—
11	Выполнение работ по геологическому изучению недр, разработка месторождений полезных ископаемых	31,43
12	Строительство и эксплуатация водохранилищ и иных искусственных водных объектов, а также гидротехнических сооружений и специализированных портов	0,62

Окончание табл. 2

Виды использования лесов (в соответствии со ст. 25 Лесного кодекса Российской Федерации)		Млн руб.
13	Строительство, реконструкция, эксплуатация линий электропередачи, линий связи, дорог, трубопроводов и других линейных объектов	19,82
14	Переработка древесины и иных лесных ресурсов	–
15	Осуществление религиозной деятельности	–
16	Денежные взыскания (штрафы) за нарушение лесного законодательства, установленное на лесных участках, находящихся в федеральной собственности	3,02
17	Прочие поступления от денежных взысканий (штрафов) и иных сумм в возмещение ущерба, зачисляемые в федеральный бюджет	30,00
Итого		1 293,40

Реальным источником средств финансирования лесохозяйственных мероприятий в Свердловской области является плата за древесину, отпускаемую на корню. Значения показателя доходности использования лесов, рассчитываемого как отношение прогнозируемых доходов бюджетной системы Российской Федерации к расходам на осуществление мероприятий лесного плана, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Доходность использования лесов Свердловской области в 2014–2017 гг.

Наименование	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Показатель доходности использования лесов	2,19	2,34	2,51	2,68

На рисунке 2 показана динамика и прогноз коэффициента доходности от ведения лесного хозяйства области [3].

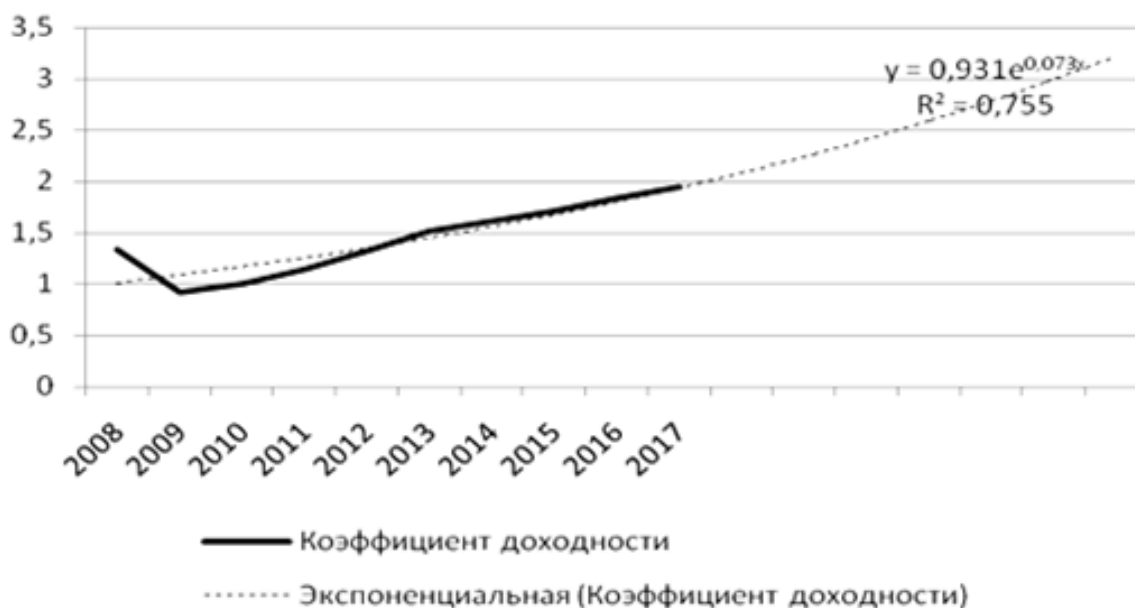


Рис. 2. Коэффициент доходности от ведения лесного хозяйства Свердловской области

Эффективность управления землями лесного сектора экономики формируется за счет целесообразного соотношения организационно-правовых, административных, экономических, экологических и других мероприятий.

Проведенный анализ управления лесным комплексом Свердловской области выявил проблемы, во многом схожие с проблемами экономического комплекса УрФО и всей страны. Они должны стать задачами плана развития лесного комплекса. Было выявлено следующее:

1. Высокий износ ОПФ (основных производственных фондов). Анализ полученных данных по лесному комплексу свидетельствует, что возраст техники в среднем достигает 25 лет, а износ ее по отрасли составляет более 69 %.

2. Отсутствие развитой сети лесовозных дорог, что привело к вырубке участков лесного фонда вдоль существующих дорог. Создание сети дорог позволит обеспечить круглогодичную вывозку древесины со всеми вытекающими результатами [3].

3. Сложное финансовое положение лесного комплекса региона. Например, по итогам работы за 2014 год около половины лесозаготовительных предприятий Свердловской области являются убыточными.

4. Низкая инвестиционная активность. Большая часть инвестиционных вложений (собственные средства предприятий) идет на замену оборудования и малая доля – на внедрение новейших ресурсо-эколого-сберегающих технологий.

5. Трудности в освоении лесосечного фонда. Сложное финансовое состояние лесного комплекса, нехватка техники и оборудования, несанкционированные рубки – малая часть причин отказа лесопользователей от аренды лесных участков [3].

6. Проблема кадрового обеспечения. Только 40–50 % выпускников лесотехнических университетов и колледжей работают по специальности (ввиду низкой оплаты труда в лесном комплексе).

7. Инновационная пассивность, которая обусловлена сложным современным экономическим периодом времени. В научных исследованиях О.В. Гарина достоверно отражена глобальная философия этой проблемы: «Серьезным препятствием в решении данной проблемы является так называемое ресурсное проклятие, которое означает, что страны, богатые природными ресурсами, имеют низкое качество государственных институтов, недостаточное инвестирование в новые технологии, неэффективную макроэкономическую политику, недостаточный уровень квалификации работников» [4].

Вместе с тем проведенный анализ показал, что в области имеется значительный потенциал неиспользуемых лесных ресурсов. Для лесного комплекса области могут быть предложены факторы развития, учитывающие особенности лесорастительных условий его территории и имеющие целью рациональное использование лесных ресурсов при современном уровне (техническом и экономическом) ведении хозяйства (табл. 4).

Факторы, стимулирующие развитие лесного комплекса Свердловской области  
(с использованием части показателей [5])

Факторы	Экономические				Социальные		Экологические				Производственные		Организационные	
	Повышение конкурентоспособности действующих предприятий	Стимулирование создания новых предприятий	Повышение эффективности использования ресурсов	Повышение доходов бюджета	Сохранение и создание рабочих мест в ЛК	Улучшение условий труда	Улучшение экологической безопасности	Лесоустойчивость и землеустройство	Воспроизводство леса	Охрана (контроль, надзор) леса	Развитие инфраструктуры	Совершенствование размещения пунктов сдачи вторичной продукции	Совершенствование оргструктуры ЛПК	Интеграция ЛК-области в мировую экономику
Высокий уровень освоения расчетной лесосеки	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Повышение размера платы за пользование лесными ресурсами	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Развитая транспортная инфраструктура	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Повышение уровня заработной платы в лесной отрасли	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

### Библиографический список

1. Лесной план Свердловской области на 2009–2018 годы: утв. Указом Губернатора Свердловской области от 29.12.2008 г. № 1370-УГ.
2. Мезенина О.Б. Формирование эффективной системы управления земельными ресурсами лесного комплекса субъектов Российской Федерации (теория, методология, практика): авт. дис. на соиск. доктора эконом. наук. М., 2013. 47 с.
3. Иматова И.А., Кузьмина М.В., Бирюков П.А. Тенденции в борьбе с нарушениями порядка лесопользования // Экономика. Право. Менеджмент: современные проблемы и тенденции развития. Краснодар: ИП Акелян. 2017. № 13. 4 с.

4. Гарин О.В. Управление реструктуризацией лесопромышленного комплекса региона: дис. на соиск. уч. степени канд. эконом. наук. Ижевск, 2009. 149 с.

5. Арбузова Т.В. Экономическое управление лесопользованием (на примере лесной отрасли Пермского края): дис. ... на соискание уч. степени канд. эконом. наук. Ижевск, 2008. 157 с.

**УДК 630. 6**

**О.Б. Мезенина, Д.А. Лукин**

(O.V. Mezenina, D.A. Lukin)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: mob.61@mail.ru

**УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСНЫМ СЕКТОРОМ ЭКОНОМИКИ УРФО:  
КРАТКИЙ ОБЗОР**

**FOREST SECTOR'S MANAGEMENT  
OF THE URAL FEDERAL DISTRICT'S ECONOMICS: BRIEF OVERVIEW**

*В статье проанализирован лесной фонд субъектов Российской Федерации Уральского федерального округа. Для анализа перспектив развития лесного сектора экономики данных субъектов РФ представлена государственная структура лесопользования, а также показаны анализ объема и структуры платежей по видам использования лесов и стоимость использования лесных ресурсов в различных субъектах УрФО.*

*The article analyzes the forest fund of the Russian Federation's subjects of the Urals Federal District. To analyze the prospects for the development of the forestry sector, we are presented the state structure of forest management, and also is shown the analysis of the volume and structure of payments by types of forest use and the cost of using forest resources in subjects of the Urals Federal District.*

Лесной фонд субъектов Российской Федерации Уральского федерального округа (УрФО) (по данным 2014 г.) составляет 111,9 млн га (табл. 1). При этом средняя лесистость территории округа составляет 39,9 % (табл. 2). Из данных таблицы видно, что в Свердловской области и Ханты-Мансийском АО (ХМАО) леса занимают более 50 % территории (68,6 и 54 % соответственно) [1]. Территория округа составляет 182 млн га, или 10,6 % территории Российской Федерации.

Как известно, площадь защитных лесов зависит от природоохранных объектов и территорий, а также от численности городского населения (в пригородных зонах, рекреационных территориях и др.) Сравнение данных таблиц 1 и 3 можно использовать для исследования динамики площади защитных лесов от численности городского населения субъектов УрФО.

Таблица 1

Динамика состава лесов субъектов УрФО по целевому назначению, тыс. га [1, 2]

Субъекты УрФО	Эксплуатационные			Защитные		
	2008 г.	2011 г.	2014 г.	2008 г.	2011 г.	2014 г.
Ямало-Ненецкий АО	13 141,9	19 266,1	19 262,1	13 016	12 389,3	12 385,6
ХМАО	22 378,2	46 575,3	46 480,3	2 612,1	2 775,1	2 689,5
Челябинская область	797,4	590,9	590,9	2 276,7	2 043,8	2 038,6
Свердловская область	11 864,4	11 724,0	11 883,9	3 352	3 816,9	3 363,6
Тюменская область	10 260,7	10 290,8	10 291	831,2	1 140,1	1 094,3
Курганская область	352,0	527,4	526	1 120,1	1 317,9	1 297,5
Итого	58 794,6	88 974,5	89 034,2	23 208,1	23 483,1	22 869,1

Таблица 2

Характеристика лесного фонда в границах УрФО  
(на 01.01.2014 г.) [1, 2].

Наименование субъекта Российской Федерации	Покрытые лесной растительностью земли, тыс. га			Средняя лесистость территории, %
	Всего	В том числе с преобладанием		
		хвойных пород	твердолиственных	
Курганская область	1 510,5	367,5	0,1	21,8
Свердловская область	12 733,7	7 274,4	0,5	68,6
Тюменская область	6 918,9	2 561,3	0,0	43,5
Челябинская область	2 349,9	731,3	30,9	29,4
Ханты-Мансийский АО	28 160,9	22 450,3	0,0	54,0
Ямало-Ненецкий АО	16 271,6	12 657,8	0,0	21,8
Итого по УрФО	67 945,5	46 042,6	31,5	39,9

Таблица 3

Численность населения УрФО по субъектам РФ [3]

Субъект Федерации	Площадь, км <sup>2</sup>	Население, чел.	Городское население, чел.
Курганская область	71 488	869 814	541 100
Свердловская область	194 307	4 327 472	3 676 900
Тюменская область	1 464 173	3 581 293	875 000
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	534 801	1 612 076	1 415 000
Челябинская область	88 529	3 497 274	2 857 100
Ямало-Ненецкий автономный округ	769 250	539 985	457 000

Структура органов государственного управления лесным фондом УрФО включает как отраслевые органы государственной власти (в Тюменской, Челябинской и Свердловской областях), так и межотраслевые (в Курганской области, ХМАО) (рис. 1, 2) [2].

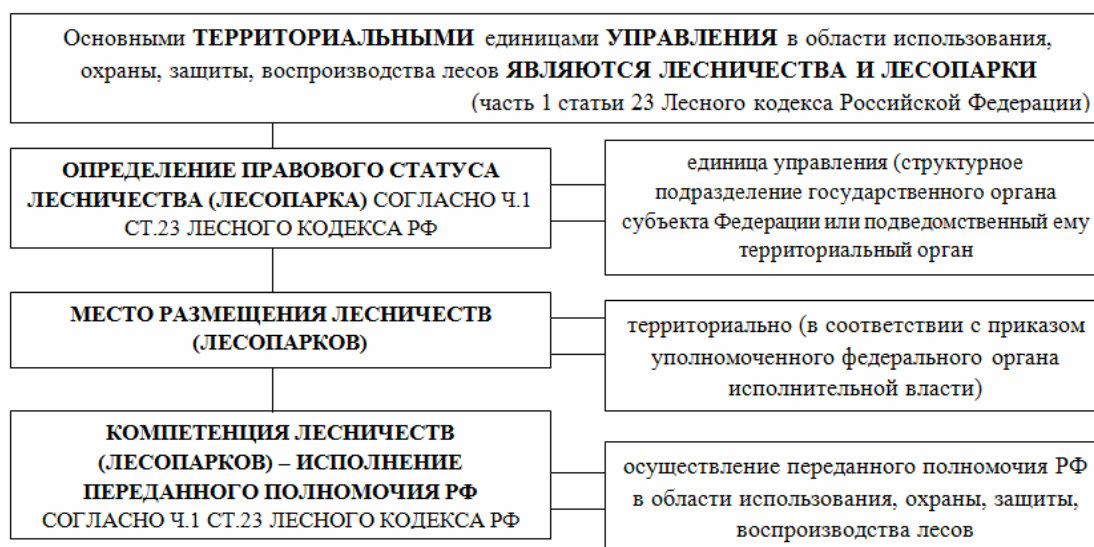


Рис. 1. Правовой статус лесничеств

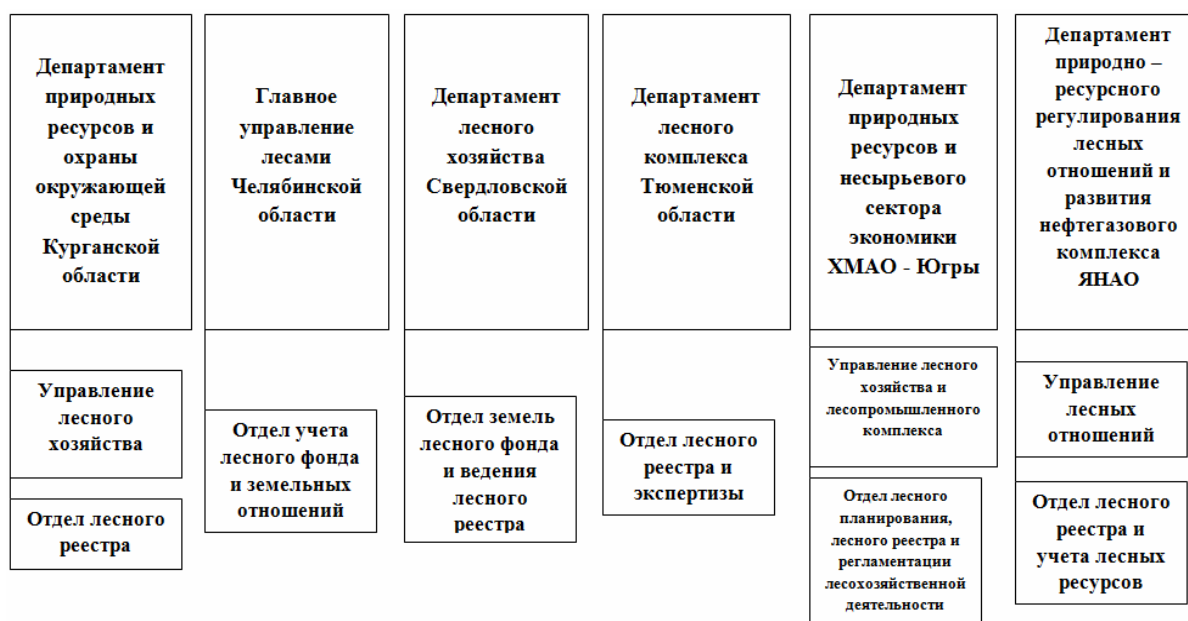


Рис. 2. Структура органов, ведущих государственный лесной реестр на уровне субъектов УрФО (данные на 2016 г.) [2]

На межмуниципальном уровне управление лесным фондом осуществляют лесничества. Так, в 7 муниципальных районах ЯНАО функционируют 5 лесничеств и 15 участковых лесничеств; в 9 муниципальных районах ХМАО – 14 лесничеств и 65 участковых лесничеств; в 68 территориальных образованиях Свердловской области – 31 лесничество и 210 участковых лесничеств; в 27 муниципальных районах Челябинской области – 22 лесничества и 107 участковых лесничеств; в Курганской области на 24 муниципальных района приходится 12 лесничеств и 45 участковых лесничеств; в Тюменской области на 22 муниципальных района – 22 лесничества и 104 участковых

лесничества. Таким образом, в УрФО, в среднем, на одно лесничество приходится 1,06 млн га земель лесного фонда, на одно участковое лесничество – 176 тыс. га площади лесного фонда; одно лесничество охватывает территорию 1,5 муниципальных образований [1].

Необходимо отметить увеличение финансирования лесного хозяйства УрФО за последние 10 лет в 1,8 раза, причем доля регионального бюджета возросла с 34 до 53 % (с 737 млн руб. до 2 069 млн руб.), а доля федерального бюджета уменьшилась в относительных показателях (с 66 до 47 %) при одновременном увеличении абсолютных показателей (от 1 467 млн руб. до 1 802 млн руб.) [1, 2].

Например, анализ объема и структуры платежей по видам использования лесов в 2014 году показал, что на заготовку древесины (47 %), недропользование (28 %) и строительство, эксплуатацию и реконструкцию линейных объектов (15 %) требуется 90 % выделяемых средств (рис. 3).



Рис. 3. Объем и структура платежей по видам использования лесов по УрФО за 2014 г. (млн руб.)

В таблице 4 представлена схема платежей за пользование ресурсами лесного комплекса УрФО. Значимость различных видов использования земельного фонда меняется: в южных субъектах УрФО преобладают платежи на заготовку древесины (86 %), в северных – на геологическое изучение недр, разработку месторождений полезных ископаемых (до 49 %), строительство, реконструкцию, эксплуатацию линий связи, дорог, трубопроводов и других линейных элементов (до 25 %) (табл. 4).

Таблица 4

Структура платежей по видам использования лесного комплекса УрФО, в % (2013–2016 гг.) [1, 2]

Субъекты РФ	Виды использования земель*					
	1*	2*	3*	4*	5*	6*
Курганская область	86	2	8	1	1	2
Свердловская область	86	3	2	5	3	1
Тюменская область	45	22	25	2	3	3
Челябинская область	65	9	3	4	17	2
ХМАО	26	49	15	9	0	1
ЯМАО	1	49	40	2	1	7

\*Примечания:

1. Заготовка древесины.
2. Выполнение работ по геологическому изучению недр, разработка месторождений полезных ископаемых.



3. Строительство, реконструкция, эксплуатация линий связи, дорог, трубопроводов и других линейных объектов.
4. Штрафы, ущербы.
5. Осуществление рекреационной деятельности.
6. Остальные виды использования.

Интерес представляет стоимость использования лесных ресурсов в различных субъектах УрФО, что отражено в таблице 5.

Таблица 5

Средняя плата за использование различных видов земель или лесов (на 1 га)

Вид использования земель или лесов	Курганская обл.	Свердловская обл.	Тюменская обл.	Челябинская обл.	ХМАО	ЯНАО	Средн. по УрФО
Заготовка древесины, руб./м <sup>3</sup> :	42,5	66,8	40,4	68,2	56,1	54,9	54,8
по договорам аренды	42,0	72,9	38,0	69,9	53,4	0,0	55,2
по договорам купли-продажи	52,6	33,1	20,7	50,9	88,0	56,2	50,3
по договорам купли-продажи для собственных нужд	4,0	74,9	78,5	74,6	45,3	45,4	53,8
Геологическое изучение недр и разработка месторождений полезных ископаемых, руб./га	7 891,9	5 830,3	3 962,7	17 871,1	2 498,1	3 028,4	6 847,1
Строительство, эксплуатация, реконструкция линейных сооружений, руб./га	4 488,2	4 389,9	3 750,5	7 800,7	2 193,2	4 362,4	4 497,5
Осуществление рекреационной деятельности, руб./га	33 379,7	21 740,2	10 974,2	28 643,5	7 436,4	12 729,9	19 150,7

Наиболее финансовоёмким видом использования земель лесного фонда УрФО является рекреационная деятельность (до 33 000 руб./га).

Стоит отметить, что в УрФО активно развиваются процессы передачи земельных участков лесного фонда в аренду. Лидирующим по общему количеству договоров аренды лесных участков является Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, что составило 70 % от общего числа по округу. В Челябинской области распространено использование лесов для осуществления рекреационной деятельности, где договоры аренды составляют 47,2 % от общего числа договоров в области. За последние годы площадь земель лесного фонда УрФО, переданной в аренду для заготовки древесины, увеличилась на 1,5 млн га, для разработки полезных ископаемых – на 47,3 млн га, для линейных объектов – на 16,1 млн га.

Активизация процессов землепользования в лесном секторе, включая арендные отношения, многообразии видов хозяйственного использования земель и лесов,

необходимость уменьшения объема недоимок, проведение земельного и лесного надзора, осуществление противопожарных мероприятий требуют усиления информационного обеспечения путем формирования земельного и лесного кадастров и реестров, проведения мониторинга земель и лесов региона, разработки и осуществления проектов землеустройства и лесоустройства [4]. Решение данных задач должно лежать в основе эффективного управления лесным комплексом региона.

## Библиографический список

1. Департамент лесного хозяйства по Уральскому федеральному округу: оф. сайт. URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru/>.
2. Мезенина О.Б. Формирование эффективной системы управления земельными ресурсами лесного комплекса субъектов Российской Федерации (теория, методология, практика): автореф. дисс. на соиск. доктора эконом. наук. М., 2013. 47 с.
3. О стратегии социально-экономического развития Уральского федерального округа на период до 2020 г.: распоряжение Правительства РФ от 6 октября 2011 г. № 1757-р.
4. Ивлев В.А. Экономический механизм управления лесными ресурсами региона. Екатеринбург: УРО РАН; Институт экономики, 2003. 292 с.

УДК 338.45

**А.В. Мехренцев<sup>1</sup>, Е.Н. Стариков<sup>1</sup>, В.В. Мезенова<sup>1</sup>, Н.К. Прядилина<sup>1</sup>,  
Е.С. Мезенцева<sup>2</sup>**

(A.V. Mekhrencev<sup>1</sup>, E.N. Starikov<sup>1</sup>, V.V. Mezenova<sup>1</sup>, N.K. Pryadilina<sup>1</sup>,  
E.S. Mezenceva<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>УГЛТУ, <sup>2</sup>Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: Lotos\_nk@inbox.ru, mezentseva\_elen@mail.ru

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЫНКА ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ\***

### **MODERN CONDITION OF THE WOOD BOARDS MARKET IN RUSSIAN FEDERATIONS**

*В статье рассматривается ситуация на рынке древесных плит в Российской Федерации. Приведен анализ динамики основных показателей, характеризующих развитие отрасли за 2013–2015 гг. Показано место отдельных видов плит (ДСП, ДВП, фанеры) на исследуемом рынке, их преимущества и недостатки, выявлены основные тенденции, обозначены перспективные направления развития производств рассматриваемой продукции лесопромышленного комплекса.*

*The article considers the situation in the market of wood boards in Russian Federation. An analysis of the dynamics of key indicators characterizing the development of the industry in 2013–2015 is given. We studied the place of some types of plates (chipboard, fiberboard, plywood) in the market, their advantages and disadvantages, identified the main trends,*

---

\* Статья подготовлена в соответствии с Планом НИР ИЭ УрО РАН по теме «Методология исследования структурных изменений отраслевых рынков в условиях трансформации механизмов управления государственными ресурсами» (№ 0404-2015-0015 в ИСГЗ ФАНО).

*outlined the prospective directions of production development of timber industry complex products which we considered.*

Ситуация для производителей древесных плит в Российской Федерации за последние два года по сути своей остается неизменной – производители продукции, ориентированной на внутренний рынок, существуют в режиме выживания и вытеснения импортной продукции, а производители экспортно-ориентированной продукции в целом чувствуют себя довольно уверенно и планируют наращивать мощности. Вероятно, что такая ситуация сохранится в ближайшие несколько лет. В таблице 1 представлены объемы производства основных видов плитной продукции в РФ в 2013–2015 гг.

Таблица 1

Объемы производства основных видов плитной продукции в РФ в 2013–2015 гг. [1, 2]

Вид продукции	2013 г.	2014 г.	2015 г.
ДВП, млн усл м <sup>3</sup>	311,2	310,2	363,7
OSB, млн усл м <sup>3</sup>	0,11	0,36	0,62
MDF, млн усл м <sup>3</sup>	1,4	1,5	1,8
ДСП, млн усл м <sup>3</sup>	6,6	6,8	6,8
Фанера, млн м <sup>3</sup>	3,3	3,5	3,6

Производство ДВП после сокращения объемов в 2014 г. выросло в 2015 г. более чем на 17 % (табл. 2). Развитие отраслей лесопромышленного комплекса в России определяется возможностями отдельно взятых регионов [3]. В разрезе федеральных округов темпы роста варьировались. Стабильный и даже ускоренный рост производства ДВП в течение этих лет наблюдался в Приволжском федеральном округе – 218,8 % за 3 года. Это обусловлено в первую очередь завершением модернизации производственных мощностей, в частности, на предприятиях ГК «СВЕЗА», а также выходом многих производителей на международный рынок.

В Уральском федеральном округе объем производства в 2015 г. сократился, так как снизились доходы населения. В Дальневосточном федеральном округе падение за рассматриваемый период составило 79,1 %, что объясняется банкротством нескольких производителей, место которых на рынке заняли производители из других округов.

Таблица 2

Темпы роста производства древесно-волоконистых плит в РФ в 2013–2015 гг., % [1]

Регион	2014 г. к 2013 г.	2015 г. к 2014 г.	2015 г. к 2013 г.
Российская Федерация	99,7	117,2	116,8
Центральный федеральный округ	94,2	95,5	90,0
Северо-Западный федеральный округ	94,7	102,6	97,2
Приволжский федеральный округ	114,1	191,8	218,8
Уральский федеральный округ	112,9	95,8	108,2
Сибирский федеральный округ	98,3	82,3	80,9
Дальневосточный федеральный округ	20,8	100,2	20,8

Еще одним важным показателем, характеризующим рынок плит, является изменение индекса цен (табл. 3).

Таблица 3

Индексы цен на древесные плиты в РФ с 2013 по 2015 гг., % [1]

Вид продукции	Каналы реализации	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Плиты древесно-волоконистые из древесины или других одревесневших материалов	Всего	106,8	110,0	101,4
	На экспорт	91,5	117,8	103,2
Плиты древесно-стружечные и аналогичные плиты из древесины или других одревесневших материалов	Всего	103,5	97,2	100,9
	На экспорт	116,6	100,1	90,0

За 3 года произошел рост цен на ДВП (111,5 %) и снижение цен на ДСП – индекс цен составил 98 %.

В таблице 4 представлены данные об объемах производства плит в денежном выражении (по данным Росстата).

Таблица 4

Выручка от реализации древесных плит по видам продукции в РФ за 2013–2015 гг., млн руб. [1]

Отрасль	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Производство древесно-волоконистых плит	12 976,1	15 397,6	15 598,7
Производство древесно-стружечных плит	29 554,0	29 435,6	34 534,6
Производство шпона, фанеры, плит, панелей	100 692,0	118 520,0	139 659,7

В структуре российского рынка древесных плит около 60 % приходится на ДСП [4], поскольку почти вся мебель в России изготавливается из древесно-стружечных плит. Однако в последнее время доля ДСП постепенно сокращается. В мебельном производстве все шире применяют плиты MDF (medium density fiberboard – древесно-волоконистые плиты средней плотности) и HDF (high density fiberboard – древесно-волоконистые плиты высокой плотности). Наиболее активно растет сегмент рынка этих плитных материалов. По той же причине сокращается и доля фанеры, хотя и медленнее чем доля ДСП.

На мебельном рынке производителям фанеры становится трудно конкурировать с плитами MDF. В то же время в машиностроении, производстве транспорта и строительной отрасли позиции фанеры достаточно сильны, хотя в строительстве конкурентные позиции начинают занимать OSB-плиты (oriented strand board – ориентированно-стружечная плита).

Рассмотрим ситуацию на рынке древесных плит более подробно – в разрезе различных видов плит, с выделением ситуации на внутреннем рынке и в экспорте продукции. Следует отметить, что официальные данные, публикуемые Росстатом и рассмотренные выше, не дают возможности реально оценить положение дел в производстве отдельных видов древесных плит. Так, данные о производстве ДСП публикуются в условных кубических метрах, к тому же некоторая их часть относится к плитам OSB. Приведенные ниже анализ будет основан на данных консалтинговой компании Роугу Management Consulting [5].

Внутренний рынок плитной продукции РФ переживает затяжной спад. С 2015 г. он обусловлен снижением спроса на мебель, ремонты, которые определяют уровень спроса на древесные плиты. Падение производства мебели в физических объемах в 2015 г. составило около 10 % к уровню 2012 г., падение потребления – около 20 %. При этом доля отечественной мебели на российском рынке имеет тенденцию к росту. На рынке товаров для отделки помещений ситуация аналогична. Например, рынок ламинированных полов составлял 85 млн м<sup>2</sup> в 2012 г., в 2015 г. он снизился до 79 млн м<sup>2</sup>. Доля продаж отечественных производителей за этот период увеличилась с 46 до 70 %.

Позиции российских экспортеров улучшились в 2015–2016 гг. в связи с ослаблением рубля. Начиная с конца 2014 г. конкурентоспособность российских предприятий лесопромышленного комплекса по себестоимости продукции в условиях ex-works улучшилась по многим позициям более чем в полтора раза по отношению к предприятиям, работающим в зоне доллара и евро. Некоторые составляющие себестоимости (например, смола) значительно выросли в цене, но основная часть себестоимости (рабочая сила, древесина, энергия) остались практически неизменными в рублях.

Рассмотрим подробнее ситуацию на рынке основных древесных плит в РФ в 2010–2015 гг.

Древесно-стружечные плиты (ДСП) являются основным видом плит, производимых и потребляемых в РФ. Почти все производимые в РФ ДСП используются в производстве мебели. Нетто-экспорт ДСП из РФ в 2015 г. вырос на 14 % и составил около 0,6 млн м<sup>3</sup> в год.

Уровень цен на ДСП в РФ остается крайне низким, большинство заводов работают на грани безубыточности или в убыток. Это может привести в ближайшие годы к закрытию мелких предприятий и усилению концентрации производства. Еще одной проблемой является то, что средний возраст линий по производству ДСП составляет 19 лет, что создает предпосылки к выбытию значительной части мощностей в ближайшие годы.

ДСП остается сырьевым товаром, поэтому основным фактором конкурентоспособности является повышение эффективности производства, т. е. снижение себестоимости продукции при небольших усилиях для повышения уровня сервиса для покупателей.

Плиты MDF в последние 10–15 лет активно завоевывают рынок РФ – сначала за счет импортных поставок, затем за счет производства на крупных конвейерных линиях внутри страны. В основном они используются для производства дверей, погонажа, мебели, ламинированных полов и настенных панелей. Объем производства плит MDF в 2015 г. составил около 1,8 млн м<sup>3</sup>, что примерно равно объему потребления. Имеется тенденция к росту производства и нетто-экспорта. Нетто-экспорт плит MDF из РФ впервые с 2009 г. стал положительным и составил в 2015 г. около 0,1 млн м<sup>3</sup>.

Уровень цен в РФ остается низким, при этом суммарные мощности по производству плит MDF выросли с 2,5 млн м<sup>3</sup> в 2014 г. до 4,1 млн м<sup>3</sup> в середине 2016 г. (за счет пуска на нескольких заводах линий большой мощности). Эта ситуация будет способствовать дальнейшему падению цен, росту нетто-экспорта, и, возможно, остановке нескольких производств. Доля линий большой мощности в производстве плит MDF гораздо выше, чем в производстве ДСП. При этом средневзвешенный возраст линий по производству плит MDF в РФ составляет всего 6 лет. Все это способствует высокому уровню конкуренции в этом секторе в ближайшие годы.

Аналогично производству ДСП доля бренда в формировании цены на плиты MDF незначительна. Она растет для продукции с добавочной стоимостью, в частности для ламинированных полов.

Производство и потребление плит OSB – самый быстрорастущий сегмент рынка древесных плит в РФ. Производство OSB в РФ началось в 2012 г. С 2013 г. происходит активное вытеснение импорта и рост потребления. Эти плиты в основном используются для производства кровельных систем, ремонта, в каркасном домостроении. Объем выпуска плит OSB в 2015 г. составил около 0,62 млн м<sup>3</sup>, потребление – около 1,1 млн м<sup>3</sup>. В 2015 г. по сравнению с 2014 г. производство выросло более чем в 1,7 раза. Потребление выросло на треть. Ожидается рост производства за счет повышения загрузки мощностей на действующих заводах, а также пуска новых производств. Нетто-импорт плит OSB в РФ всегда был положительным. Однако в ближайшее время он может существенно снизиться или даже стать отрицательным в силу заметного превышения установленных в РФ мощностей над уровнем потребления внутри страны. Уровень цен на плиты OSB в РФ существенно ниже, чем в Европе (на 15–20 %). Средневзвешенный по мощности возраст заводов по производству OSB в РФ составляет менее двух лет.

Фанера является основным видом древесных плит, экспортируемых из РФ. В 2015 г. было изготовлено 3,6 млн м<sup>3</sup> фанеры, в т. ч. около 3,3 млн м<sup>3</sup> – березовой. По сравнению с 2014 г. производство выросло лишь на 2 %, при том что в с 2010 по 2014 гг. средний рост производства составлял более 11 % в год. Объем потребления в 2015 г. упал до 1,5 млн м<sup>3</sup> (с 1,7 млн м<sup>3</sup> в 2014 г.).

Основные причины спада потребления – общее замедление в секторах основного спроса на фанеру (ремонт, мебель, строительство), повышение конкуренции с плитами OSB на внутреннем рынке и привлекательность цен внешних рынков по сравнению с ценами внутри страны. При почти нулевом импорте экспорт вырос с 1,9 млн м<sup>3</sup> в 2014 г. до почти 2,2 млн м<sup>3</sup> в 2015 г. В будущем ожидается дальнейший рост объемов выпуска за счет появления новых предприятий. Проблемными точками для производителей фанеры остаются конкуренция (рост предложения плит OSB, рост предложения фанеры в РФ, Республике Беларусь, Прибалтике) и долгосрочная доступность качественного фанерного кряжа. Тем не менее в ближайшие 2–3 года положение производителей березовой фанеры будет более благополучным, чем у других видов продукции, поскольку основные планы инвесторов касаются этого сегмента рынка.

Что касается производства ДСП, OSB и древесно-волоконистых плит, то их производителям предстоит решать задачи обеспечения долгосрочной работы хотя бы с минимальной прибылью и минимальными рисками. Для этого необходимо применять новые практики управления и работы с низкой маржинальной прибылью, в том числе используя опыт предприятий стран Восточной Европы.

### Библиографический список

1. Лесной комплекс в России в 2015–2016 гг.: аналитический обзор WhatWood. URL: <http://whatwood.ru/agentstvo-whatwood-anonsiruet-5-y-ezhegodnyiy-obzor-lesnoy-kompleks-rossii-v-2015-2016-gg/>.
2. Бесчастнов А. Общая экономическая ситуация и плитный бизнес в РФ // Лесо-ПромИнформ. 2016. № 5. С. 16–21.
3. Стариков Е.Н., Прядилина Н.К., Мезенцева Е.С. Современное состояние лесопромышленного комплекса в Свердловской области // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды XI Междунар. евразийск. симпозиума / под науч. ред. В.Г. Новоселова. Екатеринбург, 2016. С. 39–45.
4. Исследование Abarus Market Research. URL: <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/4512>.
5. Исследование Poyry Management Consulting. URL: <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/4418>.

УДК 338.23

**А.В. Мехренцев, Е.Н. Стариков, Л.А. Раменская**

(A.V. Mekhrencev, E.N. Starikov, L.A. Ramenskaya)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: mehrentsev@yandex.ru, starik1705@yandex.ru,  
ramen\_lu@mail.ru

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
МЕХАНИЗМА ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА  
В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

**PROSPECTS OF USING THE MECHANISM OF PUBLIC-PRIVATE  
PARTNERSHIP  
IN THE TIMBER INDUSTRY COMPLEX**

*Статья посвящена рассмотрению возможностей реализации проектов государственно-частного партнерства в лесном секторе экономики. В результате сделан вывод о том, что практическая реализация механизма ГЧП ограничивается неразвитостью института права собственности на объекты лесного фонда.*

*The article is devoted to consideration of the possibilities of implementing public-private partnership projects in the forestry sector of the economy. As a result, it was concluded that the practical implementation of PPPs is limited to the underdevelopment of the Institute of ownership of forest objects.*

В последние годы вся российская промышленность находится в непростых экономических условиях, обусловленных ростом производственных издержек, сокращением внутреннего спроса и падением цен на мировых рынках. В связи с этим особое внимание уделяется реализации инструментария государственной промышленной политики.

Реализация эффективной промышленной политики является одним из важнейших факторов повышения конкурентоспособности отдельных предприятий, секторов экономики и промышленности в целом.

Промышленная политика как часть экономической политики на федеральном уровне определяет государственные приоритеты формирования целевой отраслевой структуры экономики, способствует развитию и диверсификации промышленного потенциала территорий, содействует росту предпринимательской активности [1–3].

Несмотря на то, что лесной сектор экономики не является структурообразующим для государства, лесная промышленность обладает значительным потенциалом роста, обусловленным ростом спроса на мировом рынке на продукцию глубокой лесопереработки. Вместе с тем отраслевые предприятия не способны без государственной поддержки осуществить необходимую модернизацию.

Наиболее важными механизмами стимулирования развития лесного сектора экономики, доказавшими свою эффективность, являются реализация приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов и субсидирование процентных ставок по кредитам в рамках подпрограммы «Лесопромышленный комплекс» государственной программы «Развитие промышленности и повышение её конкурентоспособности». При этом возможности использования механизма государственно-частного партнерства (ГЧП) для развития отраслевых предприятий практически не используются.

В этой связи представляется целесообразным рассмотреть возможности применения механизма ГЧП в лесном секторе экономики.

В соответствии с Федеральным законом № 224-ФЗ государственно-частное и (или) муниципально-частное партнерство (ГЧП и МЧП) представляет собой «юридически оформленное на определенный срок и основанное на объединении ресурсов, распределении рисков сотрудничество публичного партнера, с одной стороны, и частного партнера, с другой стороны. Оно осуществляется на основании соглашения в целях привлечения в экономику частных инвестиций, обеспечения органами государственной власти и органами местного самоуправления доступности товаров, работ, услуг и повышения их качества».

Таким образом, механизм ГЧП представляет собой институциональный альянс между государством и бизнесом в целях реализации отдельных проектов [4].

Проекты, для которых может быть применим механизм ГЧП, должны отвечать следующим характеристикам:

- иметь долговременный характер;
- риски разделены между участниками;
- ресурсы участников партнерства объединены.

Инструментарий ГЧП может быть охарактеризован посредством рассмотрения его институциональных и контрактных форм. Контрактные формы представлены соглашениями о ГЧП, концессиями, контрактом жизненного цикла, арендой (лизингом) с инвестиционными обязательствами. Совместные предприятия (корпоративное партнерство), индустриальные и технологические парки, особые экономические зоны относятся к институциональным формам ГЧП [5]. Нормативная база реализации механизма ГЧП на федеральном уровне представлена в таблице 1.

Таблица 1

Нормативно-правовая база реализации механизма ГЧП на федеральном уровне

Организационно-правовая форма	Нормативно-правовое регулирование
Соглашение о государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве	Федеральный закон № 224-ФЗ от 13.07.2015 г. «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»; постановления Правительства РФ о предварительном отборе участников конкурса на заключение соглашений, проведение переговоров, перечне прав и обязанностей публичного партнёра и пр. ; приказы Минэкономразвития России об утверждении процедуры проведения и оценки эффективности проектов
Концессионное соглашение	Федеральный закон № 115-ФЗ от 21.07.2005 г. «О концессионных соглашениях»; постановления Правительства РФ об утверждении примерных концессионных соглашений
Контракт жизненного цикла	Федеральный закон от 05.04.2013 г. № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд»
Договор аренды (безвозмездного пользования) государственного имущества с инвестиционными обязательствами арендатора	Гражданский кодекс РФ, федеральный закон № 135-ФЗ «О защите конкуренции»

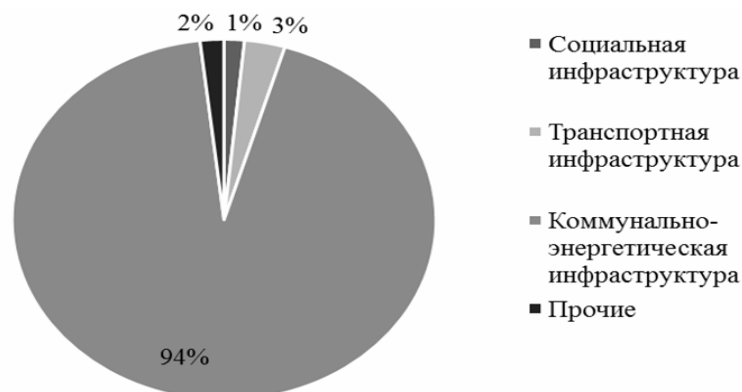


Организационно-правовая форма	Нормативно-правовое регулирование
Долгосрочный договор на оказание работ, услуг отдельным видам юридических лиц (компания с государственным участием) с инвестиционными обязательствами исполнителя (договор в рамках корпоративной системы закупок)	Федеральный закон № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» и положения о закупках соответствующих юридических лиц
Особые экономические зоны	Федеральный закон от 22.07.2005 г. № 116-ФЗ «Об особых экономических зонах в Российской Федерации»; Федеральный закон от 29.12.2014 г. № 473-ФЗ «О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации»

Для анализа возможных перспектив реализации проектов ГЧП в лесном секторе экономики целесообразно рассмотреть существующую практику применения инструментария ГЧП. На момент написания статьи база данных проектов ГЧП (<http://www.pppi.ru/projects>) содержала информацию о 2 446 инфраструктурных проектах.

Основной формой реализации проектов ГЧП является концессионное соглашение (2 200 проектов реализуются или будут реализованы в форме концессии). Соглашения о государственно-частном и муниципально-частном партнерстве (70 проектов) находят применение в основном в социальной сфере.

Распределение проектов ГЧП по сферам деятельности представлено на рисунке. Подавляющее большинство проектов ГЧП реализуется в сфере коммунально-энергетической инфраструктуры. Среди них наиболее распространены муниципальные проекты тепло- и водоснабжения, доля которых превышает 85 % всех проектов ГЧП.



Распределение проектов ГЧП по сферам деятельности (составлено по базе данных <http://www.pppi.ru/projects>)

К прочим относятся проекты по развитию информационно-коммуникационной, инженерно-технической, промышленной и сельскохозяйственной инфраструктуры.

Так, промышленная инфраструктура в перечне представлена одним проектом (который планируется реализовать в форме корпоративного партнерства) – «Перевод Нальчикского гидрометаллургического завода на новую территорию. Создание инновационного наукоемкого, экологически безопасного производства вольфрамового ангидрида, освоение производства новой продукции».

На сегодняшний день единственным функционирующим инструментом ГЧП в сфере промышленности является финансирование проекта за счет средств Инвестиционного фонда РФ.

Среди проектов Инвестиционного фонда, получивших финансирование в 2016 г., лесной сектор экономики представлен двумя (табл. 2). В результате их реализации ожидается, что оба предприятия станут одними из крупнейших производителей продукции глубокой лесопереработки.

Таблица 2

Проекты лесной промышленности, получившие финансирование в 2016 г. за счет средств Инвестиционного фонда (по данным Минэкономразвития России)

Проект	Регион	Обязательства	
		инвестора	исполнителя
Строительство комбината по глубокой переработке древесины «Зеленая фабрика»	Томская область	Строительство завода по производству шлифовальных древесно-стружечных плит	Реконструкция автомобильной дороги «Михайловка – Александровское – Итатка» протяженностью 15,04 км
Реконструкция и расширение ОАО «Игоревский деревообрабатывающий комбинат». Строительство завода древесно-волоконистых плит (MDF). Развитие инфраструктуры в муниципальном образовании «Холм-Жирковский район	Смоленская область	Строительство здания завода древесноволокнистых плит и двух 32-квартирных жилых домов	Создание и развитие объектов транспортной, коммунальной и энергетической инфраструктуры

Проекты, претендующие на получение финансирования за счет средств Инвестиционного фонда, должны отвечать ряду критериев, среди которых:

- обоснование невозможности реализации проекта без предоставления средств Инвестфонда;

- стоимость проектов – не менее 500 млн руб.;

- длительность периода предоставления средств фонда – не более 5 лет – и пр.

Подобные ограничения оправданы со стороны федеральных органов власти, поскольку согласование получения бюджетных средств занимает длительное время, но ограничивает применение данного инструмента лишь очень крупными проектами.

Таким образом, несмотря на то, что на сегодняшний день существуют единичные примеры проектов ГЧП в промышленной сфере, отсутствует отлаженный механизм применения существующего инструментария их реализации.

Вместе с тем возможности применения механизма ГЧП в смежных отраслях, имеющие типовые организационно-процедурные решения, такие как концессионные соглашения по строительству объектов транспортной и энергетической инфраструктуры, могут содействовать развитию лесного сектора экономики.

Применение механизма ГЧП в лесной промышленности способствует достижению следующих целей:

- 1) стимулирования глубокой переработки древесины посредством инновационного развития (строительства и реконструкции предприятий);

- 2) снижение инфраструктурных ограничений (в первую очередь, повышение доступности лесных ресурсов за счет строительства дорог);
- 3) снижение рисков частных партнеров;
- 4) стимулирование внутреннего спроса на лесопромышленную продукцию.

Перспективы использования механизма ГЧП для лесного хозяйства обусловлены невозможностью обеспечить долговременное воспроизводство лесного фонда исключительно за счет бюджетных средств.

Несмотря на отсутствие отечественной практики, мировой опыт свидетельствует об успешности применения концессионных соглашений в лесопользовании. В этом случае частный партнер-лесопромышленник берет на себя обязательства по охране, защите и воспроизводству лесных ресурсов.

Концессионное соглашение заключается на длительный период времени, и, в отличие от арендатора, концессионер обязан осуществлять инвестиции в реконструкцию и техническое перевооружение лесопромышленных предприятий, строительство лесных дорог.

Областью пересечения интересов частного и государственного партнеров в лесном хозяйстве также может являться получение дохода в сфере оказания экосистемных услуг [6].

Так, О.А. Николайчук и О.О. Николайчук называют следующие перспективные направления реализации механизма ГЧП в лесном хозяйстве [7, с. 114–115]:

- 1) уход за водостоками, источниками питьевой воды (родниками и ключами), водосборными бассейнами;
- 2) поддержание мест обитания растений и животных;
- 3) поддержание дорожно-тропиночной сети для использования туристами и местными жителями;
- 4) заготовка торфа, сбор грибов, ягод, лекарственных растений;
- 5) выращивание «лесов Киото».

Проблематика развития отношений ГЧП в лесном хозяйстве проистекает из конфликта интересов номинального собственника – государства, ориентированного на получение долгосрочных выгод, – и лесопользователя – частного собственника, ориентированного на максимизацию краткосрочного дохода.

С теоретико-методологической стороны она представляет собой модификацию классической проблематики выстраивания отношений «принципал-агент», связанную с отделением функции собственности от функции управления и возникновением «информационной асимметрии» и «оппортунистического поведения».

Основным способом решения проблемы является создание принципалом таких «правил игры», которые позволят явно определить границы ответственности партнеров. В данном случае – принятие концепции управления лесным фондом и соответствующего законодательства.

Отношения «принципал – агент» в лесном секторе экономики, представляющие собой сложную многоуровневую совокупность, будут складываться постепенно по мере уточнения границ ответственности собственника в отношении лесного фонда.

Обобщая сказанное выше, можно сделать вывод о том, что развитие механизма ГЧП в лесном секторе экономики выгодно обеим сторонам партнёрства, однако практическая реализация механизма наталкивается на неразвитость института права собственности на объекты лесного фонда.

**Библиографический список**

1. Промышленная политика и антикризисное управление предприятиями: монография / А.С. Лившиц, Р.С. Ибрагимова, В.А. Новиков, В.И. Куликов. М.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. 246 с.
2. Промышленная политика в условиях новой индустриализации: монография / авт. кол.: К.Н. Андрианов [и др.]; под ред. С.А. Толкачева. М.: МАКС Пресс, 2015. 252 с.
3. Татаркин А.И., Романова О.А. Промышленная политика: генезис, региональные особенности и законодательное обеспечение // Экономика региона. 2014. № 2. С. 10–11.
4. Кабашкин В.А. Государственно-частное партнерство: международный опыт и российские перспективы. М.: МИЦ, 2010. 576 с.
5. Ткаченко И.Н., Евсеева М.В. Инвестиционное развитие отраслевого комплекса промышленности на основе государственно-частного партнерства // Известия Уральского государственного экономического университета. 2015. № 5(67). С. 114–124.
6. Крайнев А.А. Управление лесными ресурсами России как объектом государственной собственности: авт. дис. ... кандидата эконом. наук. М., 2007. С. 16.
7. Николайчук О.А., Николайчук А.А. Экономическая реализация прав собственности на лесные ресурсы в современной России: монография. М.: Инфра-М., 2014. 163 с.

УДК 674.05:621.9

**В.Г. Новоселов**

(V.G. Novoselov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: kocerog54@yandex.ru

**ПРОБЛЕМА ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ  
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ  
И МЕСТО УГЛТУ В ЕЕ РЕШЕНИИ**

**PROBLEM OF IMPORT SUBSTITUTION  
OF THE WOODWORKING EQUIPMENT  
AND THE PLACE OF THE USFEU IN HER DECISION**

*Приводится анализ современного состояния деревообрабатывающего станкостроения России. Излагается опыт подготовки специалистов и выполнения научных, опытно-конструкторских работ в области проектирования и эксплуатации деревообрабатывающего оборудования. Предлагаются пути его импортозамещения.*

*The analysis of the current state of woodworking machine-tool construction of Russia is provided. Experience of training of specialists and performance of scientific, developmental works in the field of design and operation of the woodworking equipment is stated. Ways of his import substitution are offered.*

Станкостроение – базовая отрасль машиностроения, занимающаяся производством широчайшего спектра машин для обработки различных материалов (станков), а именно: металло- и деревообрабатывающих станков, автоматических и полуавтоматических линий, комплексно-автоматических машиностроительных линий, станков с ЧПУ.

Если ранее СССР конкурировал с США за первое место в области станкостроения, то в постсоветское время производство станков резко снизилось. Объем производства станков и инструментов в России упал с 74 тыс. штук в год в 1991 году до восьми с небольшим тысяч в 2016 году, то есть более чем в 9 раз. После смены модели экономики с Госплана на рыночные условия станкостроительная отрасль оказалась в глубочайшем кризисе. Из-за общеэкономического шока упал спрос на станки среди основных потребителей. В то же время на предприятиях сотрудники теряли квалификацию, а производственные мощности изнашивались и уходили с молотка, кончались деньги. Прекратили свое существование такие гиганты деревообрабатывающего станкостроения, как ставропольский завод «Красный металлист» и вологодский «Северный Коммунар».

В структуре современного российского производства станков деревообрабатывающее оборудование в натуральном выражении (штук) составляет около 2/3 от общего количества [1], а производством его занято, по данным «Продуктцентр.ру» [2], около 30 организаций. В номенклатуре выпускаемого оборудования:

- 1) одноэтажные лесопильные рамы;
- 2) станки:
  - окорочные,
  - оцилиндровочные,
  - древокольные,
  - круглопильные брусующие;
  - круглопильные углового пиления,
  - горизонтальные ленточнопильные,
  - многопильные,
  - кромкообрезные,
  - ребровые,
  - круглопалочные,
  - торцовочные,
  - продольно-фрезерные трех- и четырехсторонние,
  - токарные,
  - усозарезные,
  - сверлильно-присадочные,
  - форматно-раскроечные,
  - шипорезные ящичные,
  - шипорезные для мини шипа;
- 3) станки с ЧПУ:
  - фрезерно-гравировальные и токарно-фрезерные,
  - клеенаносящие вальцы,
  - гидравлические ваймы,
  - стружечные станки,
  - рубительные машины,
  - молотковые дробилки,
  - прессы для брикетирования древесных отходов;
- 4) линии сортировки бревен;
- 5) линии гранулирования крупных древесных отходов;
- 6) заводы по производству древесной муки и пеллет;
- 7) термовакуумные прессы для фасадов МДФ;
- 8) конвейерное оборудование;
- 9) гибкие воздуховоды для систем аспирации;

10) сушильные камеры;

11) установки вакуумной сушки и пропитки древесины.

Несмотря на широкую номенклатуру оборудования, из нее исчезли раскряжевочные линии, высокопроизводительные двухэтажные лесопильные рамы и околорамное оборудование, блочные бревнопильные ленточнопильные станки, шипорезные рамные станки, отсутствует оборудование для производства фанеры и древесно-стружечных плит. Выпускаемое же оборудование производится, как правило, на небольших неспециализированных предприятиях малыми партиями, без достаточной конструкторско-технологической проработки, отчего надежность и качество станков значительно уступают зарубежным, в том числе и китайским, образцам.

Фактически ликвидированной оказалась научно-конструкторская отраслевая база станкостроения [3]. В результате отечественный рынок перенасыщен импортным деревообрабатывающим оборудованием, чему способствует также протекционизм импортеров продукции деревопереработки, выдвигающих условие обязательного ее изготовления на импортном оборудовании конкретных производителей.

В решении проблемы импортозамещения деревообрабатывающего оборудования главной функцией УГЛТУ является подготовка специалистов, способных обеспечить повышение технического уровня и надежности отечественного деревообрабатывающего оборудования.

Для деревообрабатывающих производств проводится обучение по программам всех уровней. Начальная профессиональная подготовка включает профессии:

- станочник деревообрабатывающих станков;
- наладчик деревообрабатывающих станков;
- оператор сушильных установок.

Среднее специальное образование осуществляется по специальности «Технология деревообработки». Высшее образование реализуется в рамках бакалавриата и магистратуры по двум направлениям – «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» и «Технологические машины и оборудование», – а также в аспирантуре по специальности «Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве». В 2016 г. университет успешно прошел государственную аккредитацию по указанным образовательным программам.

За последние годы в УГЛТУ осуществлен переход на подготовку кадров для деревообработки в соответствии с федеральными образовательными стандартами последнего поколения: переработаны учебные планы и программы учебных дисциплин, обновлено существующее и разработано новое учебно-методическое обеспечение, улучшена материально-техническая база образовательного процесса (как за счет приобретения нового оборудования, так и за счет его получения в безвозмездное пользование по договору с ООО «КАМИ-Урал»).

Сегодня наряду с дисциплинами технологической составляющей образовательной программы обучающимся могут преподаваться и такие «станочно-ориентированные», как:

- «Резание древесины и дереворежущие инструменты»;
- «Теория и конструкции деревообрабатывающего оборудования»;
- «Перспективное оборудование для склеивания древесины»;
- «Проектирование деревообрабатывающего оборудования и инструмента»;
- «Подъемно-транспортные машины отрасли»;
- «Организация инструментального хозяйства деревообрабатывающего предприятия»;
- «Оборудование и проектирование инструментальных цехов»;
- «Деревообрабатывающее оборудование с ЧПУ»;
- «Технология машиностроительного производства»;
- «Обеспечение жизненного цикла технологического оборудования».

В начале двухтысячных годов в университете был произведен выпуск группы инженеров-механиков со специализацией «Конструктор-машиностроитель»; имеется также десятилетний опыт подготовки инженеров по специализации «Инструментальное хозяйство деревообрабатывающего предприятия». В то же время наметились тревожные негативные тенденции.

Организация приема в вузы выпускников школ исключительно по результатам ЕГЭ приводит к тому, что руководство органов управления образованием, ориентируя школы на достижение высоких показателей, фактически склоняет их к исключению из перечня экзаменуемых предметов физики, а в настоящее время и профильной математики. В результате резко сокращается количество абитуриентов, которые потенциально могут поступить в технические вузы. В то же время имеет место сокращение контрольных цифр приема на направления деревообработки.

Синергия двух этих факторов привела к тому, что сокращение численности абитуриентов, принятых в УГЛТУ на первый курс, по сравнению с 2010 г. сократилось на образовательную программу «Технология деревообработки» в 2,5 раза, а на «Машины и оборудование лесного комплекса» – в 5 раз. Срок обучения бакалавров по сравнению с инженерами сокращен на 20 %. На вторую ступень высшего образования – в магистратуру – поступает не более половины выпускников бакалавриата, а успешно заканчивает ее не более половины от поступивших. Учитывая и переход с 2011 г. на нормативно-подушевое финансирование вузов, мы имеем пропорциональное сокращение научно-педагогического состава, в первую очередь – выпускающих кафедр. В близкой перспективе это приведет как к истощению кадрового потенциала вуза, так и к дефициту молодых специалистов – технологов и механиков деревообрабатывающих производств. Кроме того, в УГЛТУ с 2013 г. без всяких внешних причин вообще прекращена подготовка механиков по профилю «Оборудование, инструмент и процессы механической и физико-технической обработки», ориентированному на деревообрабатывающую отрасль.

Для преодоления этих тенденций необходима помощь работодателей и их ассоциаций, которые могли бы обратиться в Минобрнауки России с предложением о перераспределении контрольных цифр приема абитуриентов для обучения за счет средств федерального бюджета в пользу направления «Технологические машины и оборудование» – для качественной подготовки специалистов деревообрабатывающего станкостроения на выпускающей кафедре, обладающей необходимыми материальными и кадровыми ресурсами.

Другой важной функцией УГЛТУ в повышении технического уровня и надежности отечественного деревообрабатывающего оборудования является выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР).

УГЛТУ обладает уникальным опытом взаимодействия с такими крупными станкостроителями-деревообработчиками, как завод «Северный Коммунар», заводы деревообрабатывающих станков в городах Данилов, Тарбагатай, Курган, Тюмень. УГЛТУ работает с ведущими научными и проектными организациями: «ГКБД» (г. Вологда), «ЦНИИМОД» (г. Архангельск), «УралНИИПДрев» (г. Екатеринбург). Этот опыт способствовал созданию и успешному функционированию в университете межотраслевых научно-исследовательских лабораторий: Динамики и надежности деревообрабатывающих станков (совместно с Главдревстанкопромом Минстанкопрома СССР) и Вибродиагностики и виброзащиты оборудования (совместно с Минлеспромом СССР). Выполнялись комплексные НИОКР по испытаниям и доводке головных образцов серийного оборудования. Разрабатывались и внедрялись методы и средства диагностики технического состояния и мониторинга надежности, отраслевые нормативно-технические документы и государственные стандарты. Более 15 разработок ученых УГЛТУ –

от отдельных узлов до комплектных единиц оборудования – успешно прошли испытания и внедрены в производство, в том числе в серийное. Несмотря на проходящее сокращение штата, кадровое ядро научно-конструкторского коллектива деревообработчиков еще сохраняется. Подтверждением этому служит проведение на базе УГЛТУ уже более 10 лет ежегодного международного симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века». Мощным подспорьем может служить активное вовлечение в науку студенческой молодежи.

Реализации имеющегося потенциала препятствуют отсутствие заказа на НИОКР как от государства, так и от бизнеса, а также отсутствие их координации. В результате разработки ведутся бессистемно, отдельными специалистами и субъектами предпринимательства по собственной инициативе и за собственные средства, с собственным представлением о конструктивном совершенстве и эффективности оборудования.

Для координации НИОКР необходимо создать из представителей науки, бизнеса и заинтересованных госструктур (Минобрнауки и Минпромторга России) совет, например, при ассоциации «Станкоинструмент», который мог бы формировать направления НИОКР, предлагать для оказания мер государственной поддержки перспективные проекты, проводить экспертизу и оценку тех или иных альтернативных технических решений.

## Библиографический список

1. Григорьев С.Н. Перспективы развития отечественного станкостроения в интересах обеспечения технологической независимости российского машиностроения // Станкоинструмент. 2017. № 1 (006). С. 18–23.
2. Производители деревообрабатывающих станков и оборудования // Продукт-центр.ру. URL: <https://productcenter.ru/producers/catalog-dierievoobrabatyvaiushchie-oborudovaniie-209> (дата обращения: 09.06.2017).
3. Самодуров Г.В. Конструкторско-технологическое обеспечение российского станкостроения в интересах технического перевооружения ОПК // Станкоинструмент. 2017, № 1 (006). С. 10–16.

УДК 658.562.4

**О.А. Рублева**

(O.A. Rubleva)

(ВятГУ, г. Киров, РФ)

E-mail для связи с автором: [ru\\_olga\\_ru@mail.ru](mailto:ru_olga_ru@mail.ru)

## **ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКИ**

## **COMPETITIVENESS EVALUATION OF WOODWORKING PRODUCTS**

*Современные подходы к управлению качеством на производстве включают процедуру оценки уровня качества продукции. Применение квалиметрических методик на практике сталкивается с рядом затруднений. Это выбор номенклатуры показателей качества, определение значений показателей, использование методик оценки уровня*



качества. В работе предложены пути усовершенствования методики оценки качества оборудования и продукции деревоперерабатывающих производств. Статья предназначена для специалистов в области деревопереработки и управления качеством продукции.

*Modern approach to quality management in production includes the procedure for assessing the level of product quality. The use of qualimetric techniques in practice faces a number of difficulties. These are the choice of the nomenclature of quality indicators, the definition of the values of indicators, the use of methods for assessing the quality level. The ways of improvement of quality estimation of the equipment and production of woodworking are offered in the study. The article is intended for specialists in the field of wood processing and product quality management.*

Современная достаточно жёсткая конкуренция на рынке полуфабрикатов и изделий из древесины стимулирует отечественных производителей повышать качество и конкурентоспособность своих предприятий и выпускаемой продукции. Внедрение современных систем качества, в том числе базирующихся на стандартах серии ИСО, позволяет повысить конкурентоспособность предприятия. Оценка уровня производства и качества выпускаемой продукции является неотъемлемой частью системы управления качеством на современном предприятии. В связи с этим осуществление корректной оценки уровня качества является одной из первостепенных задач в управлении качеством на предприятии.

При проведении оценки качества продукции деревоперерабатывающих производств [1–7] выявлен ряд проблем, затрудняющих процесс определения уровня качества и выработку рекомендаций по управлению качеством, на каждом типовом этапе [7] оценки уровня качества.

### *Определение цели оценки уровня качества*

Обобщённые цели оценки, приведенные в стандартах, например в [8], не учитывают новые задачи оценки, появившиеся в современных условиях рыночной экономики: прогнозирование потребностей, анализ динамики уровня качества и др. В связи с этим выбор развернутой и конкретной номенклатуры [7] выливается в серьёзную многоэтапную задачу с привлечением исчерпывающего набора документации на данную продукцию и мнений квалифицированных экспертов. Таким образом, нормативно-техническая документация на показатели качества продукции (далее – ПКП) должна быть усовершенствована в направлении уточнения целей оценки и соответствующего перечня показателей.

### *Выбор номенклатуры ПКП*

При необходимости разработки развернутой и конкретной номенклатуры ПКП необходимо учесть перечень показателей, приведенных в стандартах и документации на продукцию (международных, национальных зарубежных и отечественных стандартах; документации на поставку продукции; каталогах, проспектах и стандартах фирм-изготовителей; патентной информации). В этом случае номенклатура может быть разработана в соответствии с отраслевыми методиками оценки уровня качества продукции, а при их отсутствии – по аналогии с продукцией подобного назначения, как показано на примере арболита [4–6, 9] и прессованных шиповых соединений [3].

Данная работа достаточно трудоёмка и неформализуема. Так, в работе [3] для определения конкретной номенклатуры показателей качества шиповых соединений на первом этапе на основе требований к перечню типовых ПКП [10, 7] и 13 государственных стандартов на изделия из древесины [3] разработана развернутая

номенклатура, включающая 10 показателей первого уровня, 20 подгрупп типовых показателей, 57 комплексных показателей, 117 единичных показателей. Данная номенклатура может быть использована в качестве основы для определения системы критериев при решении задач оценки качества шиповых соединений различного назначения. Для формирования конкретной номенклатуры для заданной цели оценки необходимо выявить наиболее значимые и отсеять незначимые показатели, например, с помощью детального анализа нормативной документации и экспертных мнений. Это показывает, что отсутствие (или моральный износ) нормативно-технической документации на типовую номенклатуру ПКП для групп продукции применительно к целям оценки уровня качества является серьёзной проблемой применения квалиметрической оценки. Одним из решений может быть разработка отраслевых руководящих документов в данной сфере управления качеством.

### *Определение значений ПКП*

Наиболее затруднительным оказывается определение значений ПКП как традиционными (расчетным, экспериментальным), так и экспертными методами на стадии разработки технического предложения. Для вновь разрабатываемых видов продукции не имеется нормативно-технической документации. Не для всех показателей, нормируемых в технической документации, разработаны методики ориентировочных расчётов. При отсутствии опытного образца невозможно также провести лабораторные испытания. Так, в работе [11] показано, что показатель «истираемость» паркета на начальных стадиях проектирования изделия может быть оценен только с помощью экспертного метода. Этот метод дает адекватные данные при высокой квалификации и достаточном количестве экспертов [2, 7], что не всегда осуществимо в условиях малых предприятий и при проектировании продукции нового вида. Это приводит к снижению точности квалиметрической оценки проекта. Проблема может быть решена за счет создания специализированных экспертно-консультативных центров, например, при университетах.

### *Выбор методов оценки уровня качества продукции*

В качестве базовых методов квалиметрической оценки нашли применение дифференциальный, комплексный и смешанный методы [2, 7, 10]. При практическом применении указанных методов в оценке качества оборудования и продукции деревоперерабатывающих производств [1, 3–6, 9, 11] выявлен ряд проблем, затрудняющих процесс расчёта уровня качества и выработку рекомендаций по управлению качеством.

При применении дифференциального метода сопоставляются единичные показатели качества продукции с базовыми значениями. Комплексный метод основан на сопоставлении комплексных показателей качества оцениваемого и базового образцов продукции. Смешанный метод подразумевает совместное применение единичных и комплексных показателей качества и их сравнение по принципу дифференциального метода [2, 7]. Таким образом, исходными данными для осуществления квалиметрической оценки по указанным методам являются значения единичных показателей качества оцениваемого и базового образцов. При этом первым существенным моментом в процессе оценки является корректный выбор базового образца. Эталонные, конкурентные образцы выбираются таким образом, что они представляют собой передовые научно-технические достижения в развитии данного вида продукции.

*Дифференциальный* метод осуществляется путем сопоставления показателей отдельных свойств оцениваемого образца с соответствующими показателями базового образца. При этом учитываются наиболее значимые свойства объекта. Этот метод в первую очередь является квалификационным, то есть позволяет отнести продукцию к категории «соответствует», «превосходит» или «не соответствует» по отдельным

свойствам. Типовая формула (1) для определения уровня качества  $K_i$  для позитивных показателей выглядит следующим образом:

$$K_i = \frac{P_{i\text{оц}}}{P_{i\text{баз}}}, \quad (1)$$

где  $P_{i\text{оц}}$  – числовое значение  $i$ -го показателя качества оцениваемой продукции;  
 $P_{i\text{баз}}$  – числовое значение  $i$ -го показателя качества базового образца.

Соотношение (1) справедливо для позитивных показателей (случая, когда увеличению абсолютного значения показателя качества соответствует улучшение качества изделий). Для негативных показателей правая часть уравнения возводится в степень -1. Данная формула используется для вычисления относительных значений таких показателей, как материалоемкость, трудоемкость и т. п., т. е. таких показателей, для которых не имеется ограничений в документации на продукцию. Формула пригодна при близости значений показателей качества оцениваемой и базовой продукции (обычно до 10 %) [2].

Трудности при использовании соотношения (1) возникают в ситуации существенного различия значений оцениваемого и базового показателей. В ряде обоснованных случаев можно использовать другие зависимости, например, логарифмические по типу формулы (2) [2]:

$$K_i = \frac{\lg P_{i\text{оц}}}{\lg P_{i\text{баз}}}. \quad (2)$$

Работы [4–6, 9] иллюстрируют, что использование соотношения типа (2) для вычисления уровня качества по показателю, существенно различающемуся для оцениваемого и базового образцов строительных блоков (в данном случае – коэффициент теплопроводности), будет более рациональным чем по соотношению типа (1).

В случае наличия в нормативно-технической документации ограничений в предельных значениях единичных показателей  $P_{i\text{нр}}$  (например, шероховатость на лицевой стороне паркетных планок не более 80 мкм; предел прочности клеевого соединения при скалывании – не менее 0,8 МПа [8, 11]) формула (1) для позитивных показателей преобразуется к виду (3):

$$K_i = \frac{P_{i\text{оц}} - P_{i\text{нр}}}{P_{i\text{баз}} - P_{i\text{нр}}}. \quad (3)$$

Поскольку при использовании данного соотношения для расчета уровня качества получаем относительную оценку превышения требований стандарта оцениваемым образцом, то формула работает как для позитивных, так и для негативных ограниченных показателей. Так, при прочности клеевого соединения оцениваемого образца 0,9 МПа и базового образца 1 МПа уровень качества по данному показателю составит

$$K_i = \frac{0,9 - 0,8}{1 - 0,8} = 0,5.$$

При шероховатости оцениваемого образца 60 мкм и базового образца 55 мкм уровень качества по данному показателю составит

$$K_i = \frac{60 - 80}{55 - 80} = 0,8.$$

Вопросы при использовании соотношения (2) возникают в случае равенства какого-либо из показателей базового или оцениваемого образца предельному значению. Например, при оценке уровня качества модернизированного кромкообрезного станка Ц2Д-5А выявлена проблема совпадения базовых и предельных значений показателя «наименьшая ширина обрабатываемых заготовок»: ГОСТ 16543 [12] регламентирует минимальное значение, равное 60 мм. Поскольку эталонный базовый образец может быть виртуальным, при назначении базового значения можно воспользоваться рекомендациями стандарта и выбрать значение, равное 60 мм. Оцениваемое значение равно 80 мм. Получаем, что соотношение (3) не имеет смысла:

$$K_3 = \frac{80 - 60}{60 - 60}.$$

При приближении базового значения к предельному формула (3) также не работает: уровень качества принимает неадекватные значения – от 5 до 100. Результаты расчетов по формуле (3) становятся более адекватными при удалении базовых значений от предельных: при значениях базового показателя от 68 до 73,2 мм они находятся в диапазоне от 1,25 до 0,75 соответственно. Таким образом, применение формулы (3) необходимо регулировать в зависимости от соотношения базового и предельного значений. Это отдельная задача, которую необходимо решать с учетом сферы применения формулы.

Временным выходом из сложившейся ситуации может быть либо вынужденная корректировка базового значения, что противоречит самой идее базового образца (требования стандарта становятся недостижимыми), либо отказ от использования соотношения (3) и приблизительная оценка уровня качества по данному показателю с помощью интерпретации формулы (1) для негативных показателей:

$$K_i = \frac{P_{i\text{баз}}}{P_{i\text{оц}}} = \frac{60}{80} = 0,75.$$

Далее необходимо отметить, что соотношение (3) не работает и при совпадении оцениваемых и предельных значений. Допустим, что базовое значение показателя «наименьшая ширина обрабатываемых заготовок» составляет 70 мм, оцениваемое – 60 мм. Соотношение (3) приобретает вид:

$$K_i = \frac{60 - 60}{70 - 60} = 0,$$

что также не имеет смысла, поскольку уровень качества оцениваемого образца по данному показателю в реальности выше уровня качества базового образца.

Комплексный метод [2, 7] предусматривает использование определяющего показателя качества, который может быть рассчитан по формуле (4):

$$K_i = \sum M_i \frac{P_{i\text{оц}} - P_{i\text{нр}}}{P_{i\text{баз}} - P_{i\text{нр}}}, \quad (4)$$

где  $M_i$  – весовой коэффициент.

При использовании комплексного метода оценки качества продукции возникают вопросы при определении коэффициентов весомости показателей свойств  $M_i$ . Известны следующие методы определения коэффициентов весомости показателей [7]:

- метод параметрических и регрессионных зависимостей;
- метод предельных и номинальных значений;
- метод эквивалентных соотношений;
- экспертный метод.

Как обсуждалось выше, экспертный метод имеет ряд недостатков. Для квалиметрической оценки оборудования и продукции деревопереработки представляется наиболее обоснованным метод предельных и номинальных значений, использующий известные предельно допустимые значения показателей свойств продукции, определяющих требования к годной продукции.

Весовые коэффициенты по методу предельных и номинальных значений по средневзвешенному арифметическому показателю определяют по формуле (5):

$$M_i = \frac{P_{\text{юц}}}{P_{\text{ном}} - P_{\text{пр}}} / \sum \frac{P_{\text{юц}}}{P_{\text{ном}} - P_{\text{пр}}} \quad (5)$$

где  $P_{\text{ном}}$  – числовое номинальное значение параметра.

При расчёте уровня качества и коэффициентов весомости по методу предельных и номинальных значений возникают вопросы:

- 1) по использованию формулы (5) при назначении номинальных значений, если ведется расчет по неограниченным позитивным и негативным показателям;
- 2) по применению формулы (4) при равенстве оцениваемых или базовых значений предельным, как в случае с применением формулы (3) при дифференциальном методе оценки.

### *Выводы*

Для применения квалиметрических методик на практике, для оценки конкурентоспособности оборудования и продукции деревопереработки рекомендуется принять во внимание следующие аспекты:

- 1) необходимо совершенствование нормативно-технической документации на показатели качества продукции в направлении уточнения целей оценки и соответствующего перечня показателей;
- 2) требуется разработка отраслевых руководящих документов в сфере управления качеством продукции деревоперерабатывающих производств;
- 3) желательно создание специализированных экспертных центров, например, при вузах, для оказания консультативной помощи предприятиям при оценке конкурентоспособности вновь разрабатываемой продукции;
- 4) следует корректно выбирать базовый образец (базовые показатели). Базовые значения не должны совпадать с предельными в случае, если уровень качества определяется по формуле, содержащей предельные значения [формула (3)];
- 5) квалиметрические формулы (1–3) нужно применять с учетом соотношения значений оцениваемого и базового образцов. В квалиметрической литературе необходимо вводить правила по применению формул на основе предельных значений для ограниченных негативных показателей;
- 6) вычисление коэффициентов весомости по формуле (5) предваряется назначением номинальных значений, даже если расчет ведется по неограниченным позитивным и негативным показателям;

7) применение формулы (4) ограничено при равенстве оцениваемых или базовых значений предельным.

## Библиографический список

1. Деньгин А.В., Рублева О.А. Способ оценки уровня качества клееной балки // Общество, наука, инновации (НПК – 2015) [Электронный ресурс]: Всерос. ежегод. науч.-практич. конф.: сб. мат-лов: общеуниверситет. секция, БФ, ХФ, ФСА, ФАМ, ЭТФ, ФАВТ, ФПМТ, ФЭМ, ФГСН, ЮФ, 13–24 апреля 2015 г. Киров: Вят. гос. ун-т., 2015. 2803 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
2. Мишин В.М. Управление качеством: учебник [для студентов вузов]. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 463 с.
3. Рублева О.А. Квалиметрический подход к оценке качества шиповых соединений деревянных заготовок // Электронный научный журнал Advanced science / ВятГУ. URL: [http://www.vyatsu.ru/uploads/file/1301/1\\_red.pdf](http://www.vyatsu.ru/uploads/file/1301/1_red.pdf) (дата обращения: 25.01.17).
4. Федоровский А.Г., Рублева О.А. Квалиметрическая оценка арболита // Актуальные проблемы лесного комплекса: сборник науч. трудов / под общ. ред. Е.А. Памфилова. Вып. 43. Брянск: БГИТУ, 2015. С. 193–196.
5. Федоровский А.Г., Рублева О.А. Оценка уровня качества арболитовых блоков // Сборник науч. трудов по мат-лам Междунар. заоч. науч.-практич. конф. «Актуальные направления науч. исследований XXI века: теория и практика». № 7. Ч. 3 (18–3). Воронеж: ВГЛУ, 2015. С. 107–110.
6. Федоровский А.Г., Рублева О.А. Сравнительный анализ качества арболитовых блоков // Леса России в XXI веке: мат-лы: сборник науч. трудов по итогам Межд. науч.-технич. интернет-конф. Вып. 12 / под ред. И.В. Григорьева. СПб: СПбГЛТУ, 2015. С. 115–119.
7. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции: учеб. пособие. М.: Филинь, 2004. 296 с.
8. ГОСТ 4.223-83. Система показателей качества продукции. Строительство. Изделия паркетные. Номенклатура показателей. Введ. 1983-07-01.
9. Федоровский А.Г., Рублева О.А. Качество строительных блоков из отходов деревоперерабатывающих производств [Электронный ресурс] // Общество, наука, инновации (НПК – 2016): Всерос. ежегод. науч.-практич. конф.: сб. статей, 18–29 апреля 2016 г. Киров: Вят. гос. ун-т., 2016. С. 1317–1322. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
10. ГОСТ 15467-79 (СТ СЭВ 3519-81). Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. Введ. 1979–07–01. М.: Изд-во стандартов, 1991. 28 с.
11. Пустовалова И.О., Шуплецова А.М., Рублева О.А. Оценка уровня качества модульного паркета // Общество, наука, инновации (НПК – 2015) [Электронный ресурс]: Всерос. ежегод. науч.-практич. конф.: сб. мат-лов: общеуниверситет. секция, БФ, ХФ, ФСА, ФАМ, ЭТФ, ФАВТ, ФПМТ, ФЭМ, ФГСН, ЮФ, 13–24 апреля 2015 г. Киров: Вят. гос. ун-т., 2015. 2803 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
12. ГОСТ 16543-71. Деревообрабатывающее оборудование. Станки круглопильные обрезные. Основные параметры. Введ. 1974-01-01.

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ЗАГОТОВКЕ, ПЕРЕРАБОТКЕ И ОТДЕЛКЕ ДРЕВЕСИНЫ

### NEW TECHNOLOGICAL DECISIONS IN PREPARATION, PROCESSING AND FINISHING OF WOOD

УДК 674.093.6

**В.В. Вараксин, А.Д. Водовозова, Д.В. Дроздов, В.Г. Уласовец**

(V.V. Varaksin, A.D. Vodovozova, D.V. Drozdov, V.G. Ulasovec)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: mod@usfeu.ru

### ОСОБЕННОСТИ ПРОДОЛЬНОГО БАЗИРОВАНИЯ БРЕВНА ПЕРЕД РАСПИЛОВКОЙ

#### FEATURES OF A LENGTH LOG ORIENTATION BEFORE A SAWING

*Рассмотрены возможные способы базирования бревен при распиловке их на лесопильных рамах, ленточнопильных, круглопильных, фрезерно-брусующих и фрезернопильных станках. Показано, что способ распиловки параллельно образующей бревна (по сбегу) можно реализовать на ленточнопильных и круглопильных станках без дополнительной их доработки.*

*Possible methods of orientation of logs are considered at their sawing on log frames, band headrig sawing, circular sawing, canting-milling and фрезернопильных machine tools. It is shown, that the method of a sawing in parallel forming logs (on a taper) can be realised on band headrig sawing and disk saws without their additional completion.*

Технологические потоки лесопильных цехов вырабатывают пиломатериалы различных размеров и качества, используя разнообразные схемы и способы раскря пиловочного сырья. При этом в каждом случае решается конкретная технологическая задача, в которой должен быть достигнут определенный практический результат (например, получение пиломатериалов большой длины или радиальной и тангентальной распиловки и т. п.). Большое влияние на результат в этом процессе оказывает способ раскря пиловочного сырья.

Особенности способов раскря могут заключаться в принципах продольного базирования бревна перед его подачей в бревнопильный станок.

Существующие лесопильные рамы, ленточнопильные, круглопильные, фрезерно-брусующие и фрезернопильные станки позволяют проводить обработку пиловочного сырья параллельно его продольной оси. При этом в качестве базирующих устройств применяют механизмы различных типов, основанные в своем большинстве на принципе выравнивания продольной оси бревна параллельно плоскости режущего инструмента [1].

При распиловке двухэтажными лесопильными рамами первого ряда базирование бревна осуществляют параллельно продольной оси на зажимных и кантующих тележках ПРТ8-2Д, ПРТ80-2, ПРТ100-1, а при распиловке одноэтажными лесопильными рамами – на ПРТ1-63 и ПРТ1-80 и др.

При распиловке бруса лесопильными рамами второго ряда базирование производят параллельно продольной оси с помощью манипуляторов ПРДВ75-1, ПРДВ100-1.

При распиловке тонких бревен на высоких скоростях в качестве базирующего параллельно продольной оси и подающего устройства перед лесопильными и фрезерно-брусующими станками может применяться конвейер с непрерывной подачей бревен, обеспечивающий устранение межторцовых разрывов, например, – бревноподатчик конструкции А.Ф. Гордина [1].

При распиловке на вертикальных ленточнопильных станках базирующая тележка предназначена для установки бревна в нужном положении относительно плоскости пильной ленты и закрепления его с помощью захватов, которые смонтированы на передвижных стойках. Стойки имеют независимое друг от друга перемещение в направляющих, уложенных поперек тележки. Такое устройство позволяет распиливать бревно параллельно его продольной оси или параллельно сбегу и обеспечивает боковое перемещение бревна. При обратном ходе тележки ее рама вместе со стойками и бревном отходит от плоскости распила. При этом скорость обратной подачи (холостого хода тележки) в 2–3 раза больше скорости рабочего хода.

Толщина полотен ленточных пил обычно не превышает 0,001 диаметра шкива, что уменьшает ширину пропила по сравнению с рамными и круглыми пилами и снижает объем опилок в балансе раскроя пиловочного сырья. Ленточное полотно может иметь зубья на обеих кромках, что сделает оба хода (вперед-назад) рабочими, а значит, будет существенно увеличена производительность станка.

Базирующая тележка перемещается по рельсам с помощью привода, имеющего бесступенчатое регулирование. Управляют ленточнопильными станками с пульта. Все операции при распиловке механизированы и автоматизированы.

Вертикальные ленточнопильные станки по сравнению с горизонтальными занимают меньшую площадь и имеют удобно расположенный привод.

На горизонтальных ленточнопильных станках шкивы расположены по горизонтали и при распиловке оператору лучше видна распиленная плоть бревна. После каждого реза установка бревна на тележке не меняется. Перемещение на величину толщины доски осуществляют опусканием пильных шкивов.

Горизонтальные ленточнопильные станки конструктивно могут быть выполнены со стационарно установленным пильным узлом и с перемещением его вдоль распиливаемого бревна, закреплённого на базирующей тележке или площадке. Оборудование такого типа хорошо вписывается в высокопроизводительные потоки.

На участках с небольшими объемами переработки пиловочного сырья применимы горизонтальные ленточнопильные станки, в которых бревно после ориентации и закрепления остается неподвижным, а пиление осуществляет пильный узел, перемещаемый по рельсовым направляющим механически или вручную.

При малом количестве пропилов производительность ленточнопильных станков выше чем у лесопильных рам.

Среди зарубежных изготовителей ленточнопильного оборудования наиболее известны в мире фирмы EWD (Германия), HEINOLA (Финляндия), SODERHAMN + A.K. ERIKSON (Швеция) и др.

В круглопильных бревнопильных станках выделяют два типа: для распиловки бревен крупных и средних диаметров и для распиловки тонкомерных бревен. Круглопильные станки первого типа (например, шпалопильные) имеют одну пилу большого диаметра (1 000–1 650 мм) или две, установленные в вертикальной плоскости одна над другой. При одной пиле можно распиливать бревна диаметром до 70 см, а при двух пилах – до 100 см. По конструкции, монтажу и уходу такие круглопильные станки значительно проще ленточнопильных, но имеют большую ширину пропила, так как для устойчивости круглых пил большого диаметра необходима и большая их толщина (4–6 мм).



Закрепление бревна на базирующей тележке и подача его на пилу такая же, как и в ленточнопильных станках. Питание к тележке подают через кабель, который перемещается на подвеске или на консольно-поворотной опоре.

В широко применяемых в нашей стране финских станках Laimet и Kara для закрепления бревен и их подачи на пилу используется площадка, которая перемещается по роликовым опорам посредством цепной передачи. Поворот бревна осуществляют рычагами параллельного перемещения, на консолях которых установлены приводные зубчатые ролики. Точность распиловки на таких станках выше чем у шпалопильных. Устройство базирования бревна на станках этого типа позволяет осуществлять распиловку бревна как параллельно его продольной оси, так и параллельно образующей.

У некоторых типов станков Kara Master в вертикальной плоскости выше основной пилы устанавливают дополнительную пилу, что позволяет увеличить диаметр распиливаемого бревна до 75 см.

Станки второго типа (как правило многопильные) имеют непрерывную подачу и предназначены для распиловки бревен малых диаметров, а поэтому оснащены более тонкими пилами.

Современные круглопильные станки имеют вспомогательное оборудование для механизированной подачи сырья и транспортирования продукции.

В настоящее время реализовать способ распиловки параллельно образующей бревна (по сбегу) можно на ленточнопильных и круглопильных станках без дополнительной их доработки. К основным достоинствам такой распиловки следует отнести:

- 1) индивидуальный подход к отпиливанию каждой доски и возможность заранее оценить ее качество;
- 2) отсутствие необходимости вести тщательную предварительную сортировку бревен по размерам и качеству, что снижает затраты на складе сырья;
- 3) возможность распиливать бревна таких диаметров, которые недоступны по техническим характеристикам лесопильным рамам;
- 4) малую ширину пропила и меньшее количество мягких отходов у ленточнопильных станков;
- 5) возможность производить специальную распиловку (например, круговую, секторную для выработки тангентальных и радиальных пиломатериалов);
- 6) необрезные доски, выпиленные параллельно образующей бревна, имеют длину, равную длине исходного бревна. Такие доски не требуют укорочения при выработке из них обрезных досок максимального объема [2];
- 7) как показали исследования [3], распиловка бревен параллельно их образующей (т. е. по сбегу) позволяет не только получать пиломатериалы с повышенным качеством и хорошими эксплуатационными характеристиками, но и существенно повысить общий объемный выход пиломатериалов.

### Библиографический список

1. Уласовец В.Г. Технологические основы производства пиломатериалов: учеб. пособие [для вузов]. Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. 510 с.
2. Уласовец В.Г. Сравнительный анализ двух способов распиловки бревен на необрезные пиломатериалы // Деревообработ. пром-сть. 2005. № 1. С. 5–7.
3. Уласовец В.Г. Распиловка бревен параллельно образующей: монография. Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. 147 с.

УДК 691.11:674.21

С.С. Гайдук, В.М. Чудук  
(S.S. Gajduk, V.M. Chuduk)  
(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: sergey1453@rambler.ru

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЗЛОВ МЕБЕЛИ  
В СРЕДЕ МНОГОТЕЛЬНОЙ ДЕТАЛИ**

**SOLIDWORKS DESIGNING FURNITURE UNITS IN THE MEDIUM  
OF MULTI-DETAIL DETAILS IN SOLIDWORKS**

*Работа посвящена исследованию системы автоматизированного проектирования мебели и изделий из древесины и древесных материалов. Полученные результаты показывают, что такие системы позволяют значительно сократить время разработки и повышается качество по сравнению с классическими способами проектирования. Создание трехмерной модели позволяет оценить свойства получаемого изделия и тем самым избежать ошибок в процессе производства.*

*The work is devoted to the study of the computer-aided design of furniture and products made of wood and wood materials. The obtained results show that such systems can significantly reduce the development time and improve quality in comparison with the classical design methods. The creation of a three-dimensional model allows us to evaluate the properties of the resulting product and thereby avoid mistakes in the production process.*

Создание и разработка систем автоматизированного проектирования (САПР) – одно из главных направлений научно-технического процесса. Это объясняется тем, что промышленный потенциал определяется не только возможностями массового производства новейших изделий техники, но и возможностями их быстрого проектирования. Так как количество вновь разрабатываемых отраслями промышленности изделий удваивается каждые 15 лет, а их сложность – каждые 10 лет, то требования к сроку и качеству их проектирования непрерывно растут [1]. Поэтому в настоящее время в процессе проектирования мебели и изделий из древесины все больше используются САПР с целью ускорения и повышения качества процесса проектирования. Структура затрат времени в процессе проектирования представлена в таблице 1.

Таблица 1

Структура и соотношение временных затрат  
на выполнение процедур проектирования [2]

Проектные процедуры	Время, %	Характер затрат времени
Проектирование/конструирование	15	«Прямые затраты» (проектные работы)
Расчеты	4	
Вычерчивание	33	
Прочие работы	10	
Составление спецификаций	5	«Косвенные затраты»
Контроль чертежей	6	
Поиск повторяющихся деталей	2	
Составление описаний	12	
Нормирование	3	
Поиск аналогов проекта	1	
Переписка	3	
Прочие работы	6	

Видно, что в прямых затратах времени чертёжные работы составляют более 30 %, в то время как творческие – только 15 % (дизайн и проектирование).

Так называемые косвенные проектные работы занимают примерно 1/3 суммарного времени конструктора. Отсюда следует, что первым направлением рационализации процесса проектирования является автоматизация выполнения «рутинных» этапов с помощью средств вычислительной техники [2].

В качестве примера использования рассмотрим программный продукт SolidWorks, который позволяет создавать трехмерные модели будущих изделий, с помощью которых можно оценить конструкцию и провести исследования различных свойств проектируемого изделия.

Готовые мебельные и столярные изделия включают в себя множество деталей, подборок и сборок. Наличие большого количества компонентов изделия вызывает необходимость выбора способа их оптимальной и логической организации в проекте. Часто встречаются такие узлы, как рамочно-филенчатые фасады, мебельные ящики, цокольные коробки и некоторые корпуса, которые являются подборками изделия, зачастую однотипными, но с различными конфигурациями и типоразмерами. В процессе проектирования таких узлов конструктор сталкивается с двумя принципиальными подходами:

- 1) проектирование в среде «Деталь – сборка».
- 2) проектирование в среде «Многотельная деталь».

В зависимости от того, какие поставленные вопросы и задачи нужно решить конструктору, происходит выбор среды проектирования (табл. 2).

Таблица 2

Зависимость выбора среды проектирования от поставленных задач

Среда проектирования «Деталь – сборка»	Среда проектирования «Многотельная деталь»
Промышленный дизайн; расширенные требования для операций на ЧПУ-оборудовании; метод для стандартных конструкционных решений; информация о материалах и спецификациях	Концептуальный и промышленный дизайн; средство связи вида и формы изделия; быстрое моделирование; метод для проектирования индивидуальной мебели на заказ; информация о материалах и спецификациях

Первый способ является классическим. Трехмерная деталь является основным стандартным блоком программного обеспечения механического проектирования SolidWorks. В документе «Сборка» собираются в единый узел смоделированные и сохраненные ранее детали: размещаются в пространстве, сопрягаются вместе и фиксируются (рис. 1).

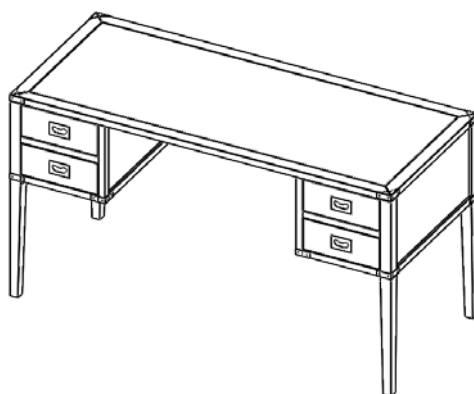


Рис. 1. Стол письменный, спроектированный в среде «Деталь – сборка»

Моделирование подборок изделий данным способом ведет к перенаполнению проекта похожими деталями разной конфигурации: брусками, филенками, штапиками, раскладками, карнизами и т. д. Вследствие чего увеличивается потребность в вычислительных мощностях компьютера, а также во временных затратах на организацию и преобразование подборок и включение их в конечную сборку. Также от конструктора требуется постоянная концентрация при многократном копировании таких узлов. Копирование такой подборки ведет к автоматическому копированию входящих в нее деталей, а если детали ссылались на родительскую сборку (были спроектированы в контексте сборки с использованием внешних ссылок), нарушение алгоритма копирования приведет к разрушению сопряжений в подборке.

Второй способ проектирования узлов мебели основывается на многотельных деталях. Многотельная деталь состоит из нескольких твердых тел, которые не являются динамическими (рис. 2). Однако, если необходимо представить динамическое перемещение тел, следует использовать сборку.



Рис. 2. Каркас комода, спроектированного в среде «Многотельная деталь»

При таком подходе не требуется создавать каждую деталь узла по отдельности и в отдельном файле. Простыми операциями выталкивания создаются отдельные панели корпуса (стенки, полки, перегородки и т. д.). Операцией «бобышка по траектории» проектируются целые комплекты штапиков, рамок, карнизов в одном документе многотельной детали. В таком документе не существует сопряжений, которые могут быть разрушены.

При активации опции «Сварная деталь» конструктор может создавать списки вырезов, которые являются аналогами спецификацией дляборок. В дереве конструирования все твердые тела автоматически сортируются по папкам в соответствии их геометрическому подобию.

Для каждой такой группы тел есть возможность создать граничную рамку. Граничная рамка представляет собой трехмерный эскиз, и ее основание по умолчанию находится на плоскости X-Y. Принимая во внимание ориентацию граничной рамки, она является наименьшей рамкой, охватывающей тело.

Таким образом для многотельной детали конструктор автоматически получает спецификацию элементов с их габаритными размерами без использования формул, свойств, ссылок и т. д.

При работе с многотельной деталью материал можно применить ко всем телам детали сразу либо к одному или нескольким отдельным телам. Для исследования нет разницы, будет ли это сборка или многотельная деталь (так же, как и для чертежа).

Многотельный узел по определению является параметрическим. Например, изменение габаритного размера фасада ведет к перестроению филенки и брусков (рис. 3).

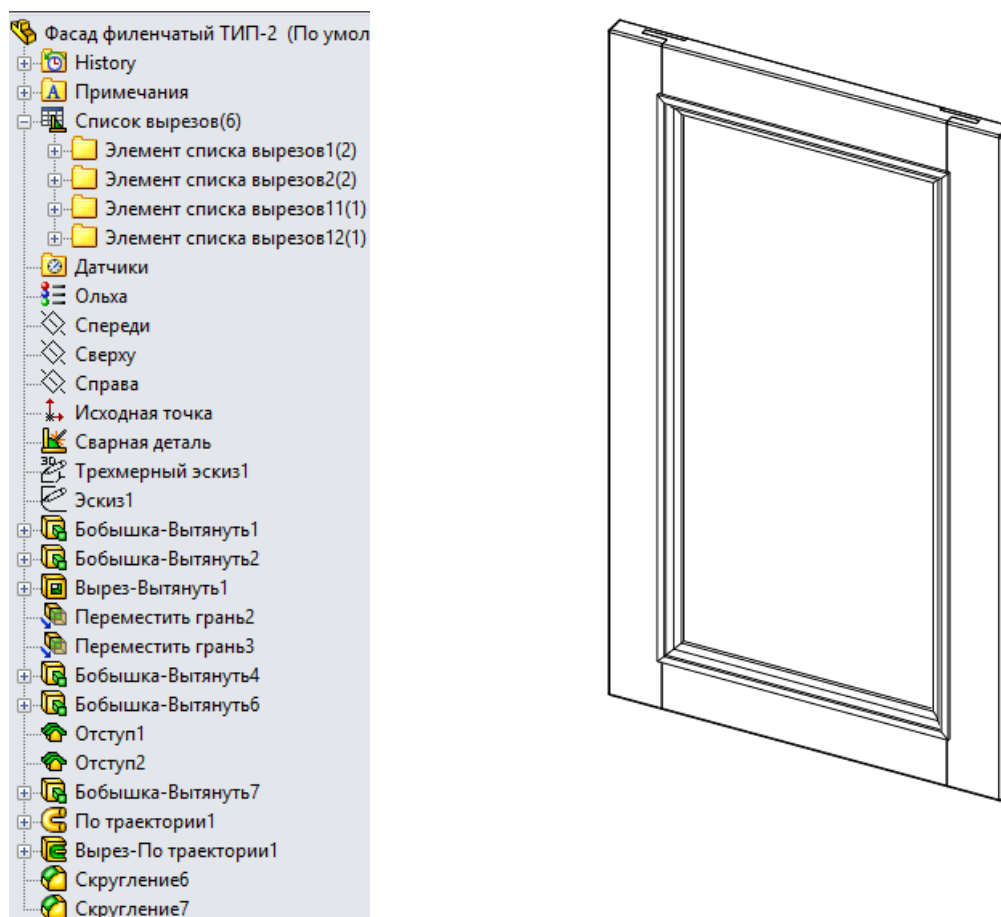


Рис. 3. Автоматический список вырезов в среде «Многотельная деталь» на примере параметрического фасада

Конструктор не затрачивает время на создание формул, параметров и алгоритмов для этого процесса. Копирование таких узлов можно осуществлять в проводнике без риска разрушения каких-либо ссылок. Копировать нужно только один файл, а не группу файлов (как в случае со сборкой).

Можно сохранить сборку как документ многотельной детали. Это позволяет сохранять сложные сборки как документы деталей меньшего размера, что обеспечивает более удобное совместное использование файлов. Например, имеется проект сложной кухни, и потенциальному клиенту требуется расположить ее в планировке помещения для визуализации. Можно сохранить сборку кухни как документ детали и отправить файл детали потенциальному клиенту без риска нарушить целостность проекта и без необходимости передавать файл документа сборки большого размера.

Таким образом, среда многотельного проектирования значительно снижает временные затраты конструкторской деятельности, а также снижает потребность в ресурсах компьютера. Можно сказать, что основным направлением развития проектирования мебели является внедрение систем автоматизирования проектирования с разработкой

трехмерной модели готового изделия, что позволяет сократить время на проектирование и значительно повысить качество получаемой продукции.

## Библиографический список

1. Бунаков П.Ю. Автоматизация мебельных предприятий: история и современность // Мебельщик. 2005. № 2. URL: <http://forum.tecnocom-ug.ru/viewtopic.php?t=1557> (дата обращения: 07.10.2016).

2. Нестеренко Е.С. Основы систем автоматизированного проектирования [Электронный ресурс]: электрон. конспект лекций / Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т). Электрон. текстовые и граф. дан. (0,31 Мбайт). Самара, 2013.

УДК 674.093

**И.Т. Глебов**

(I.T. Glebov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: [git5@yandex.ru](mailto:git5@yandex.ru)

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СКЛАДОВ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

### INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF WAREHOUSES ROUND FOREST PRODUCTS

*Приведено понятие технологии 3D-сканирования. Показаны сканеры, выпускаемые российскими предприятиями, сканеры бревен с инфракрасными излучателями одноплоскостные, двухплоскостные, 3D-лазерные и рентгеновские сканеры.*

*The concept of 3D-technology – scanning is given. The scanners released by the Russian enterprises, scanners of logs with infrared radiators one-plane, two-plane, 3D-laser scanners, x-ray scanners are shown.*

Россия – страна лесов, страна с огромными запасами деловой древесины, которые достигают 1/4 всех мировых запасов [1–3].

Основным потребителем деловой древесины является деревообрабатывающая промышленность, которая занимается производством пиломатериалов, деревянных домов, шпал, мебели, тары, плитных материалов, спортивного инвентаря и др. Лесопильное производство перерабатывает около 2/3 всей производимой деловой древесины.

Около 80 % пиломатериалов получают на лесопильных рамах, которые, вероятнее всего, будут заменены ленточнопильными, круглопильными и фрезерно-брусующими станками.

Сейчас в лесопиление России быстро внедряется инновационная модель развития технологии и оборудования лесопильного производства. Она базируется на достижениях науки и техники, на внедрении компьютерных технологий.

Новые технологии приживаются на складе сырья, где производится учет и сортировка круглых лесоматериалов по породам, диаметрам, длинам, качеству древесины, объему лесоматериалов. Новые технологии базируются на использовании различных сканеров.

Технология 3D-сканирования заключается в получении математической модели бревна, то есть его трехмерного образа в электронном виде. Для этого поверхность бревна тем или иным способом «ощупывается», и результат передается в компьютерную программу для обработки.

Современные бесконтактные сканеры имеют свой источник излучения (например, инфракрасный излучатель, лазерный излучатель). Скорость света излучателя огромна, и в единицу времени можно делать многие десятки и даже сотни тысяч замеров, а длина волны полупроводникового лазера обычно не превышает микрометра.

Сканер включает излучатель и регистрирующую камеру, которые на корпусе разнесены, и луч посылается под определенным углом относительно камеры. Таким образом, получается треугольник, основание которого образуют излучатель и камера, а вершиной является точка на поверхности объекта. По смещению формируемого объективом на сенсоре камеры отражения от этой точки можно вычислить угол между падающим и отраженным лучами, а зная угол и длину основания, можно очень точно вычислить расстояние до точки объекта.

Таким образом, 3D-сканер для бревен – это инновационное устройство, предназначенное для быстрого анализа физического бревна и создания его точной компьютерной 3D-модели (объемной модели). Как правило, 3D-сканер для бревен представляет собой небольшое электронное устройство, установленное стационарно.

На выходе сканера пользователь получает высокоточную цифровую модель бревна, которая позволяет на основе этих данных управлять технологическим режимом производства.

В качестве примера на рисунке 1 приведена схема 3D-сканера для бревен компании «Уральский Робототехнический Центр «Альфа-Интех» (г. Челябинск). Сканер используется и компанией «Камский Берег-Станкострой» (г. Ижевск) в линиях сортировки бревен.

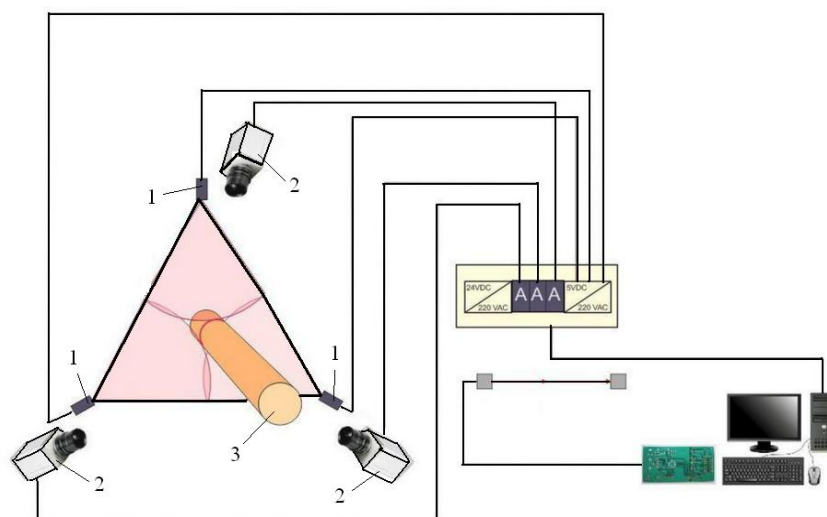


Рис. 1. 3D-сканер для обмера бревен компании «УРТЦ «Альфа-Интех»:  
1 – лазерные указатели; 2 – видеокamera; 3 – бревно

При работе 3D-сканера на поверхности бревна с помощью 3-лазерных указателей формируется след лазерного луча, который фиксируется видеокameraми. Все 3 лазерных указателя расположены так, что дают развертку своих лучей в одной рабочей плоскости, перпендикулярной направлению движения бревна через сканер. Сигнал о начале и конце оцифровки вырабатывается фотодатчиком, который фиксирует момент

пересечения светового луча торцом бревна. Для этого поступающие на продольный конвейер бревна проходят через рамку измерительного устройства.

Все данные об измерениях, а также снимки переходят в портативный компьютер. Данные и поверхность сканируемого бревна запоминаются, анализируются и выводятся на экран в виде трехмерного изображения.

### *Сканеры компании «Автоматика-вектор»*

Большой опыт в разработке, изготовлении и эксплуатации измерительных систем для бревен накоплен компанией «Автоматика-вектор». Первые электронные приборы, использующие принцип сканирования инфракрасными (ИК) лучами для автоматического подсчета объема и измерения диаметра бревен, появились в конце 70-х годов прошлого века. Для регистрации лучей использовались тепловые и фотоэлектрические приёмники.

Одни из первых приборов для автоматического измерения бревен был разработан лабораторией нижних складов СевНИИП (г. Архангельск) в 1989 году. Опытный образец, прообраз современных ИК-сканеров, был установлен в 1990 г. в Митинском лес-промхозе Вологодской области, на линии сортировки круглого леса ЛТ-192И.

В настоящее время выпускается уже пятое поколение сканеров бревен. Они находят применение на линиях сортировки пиловочного сырья и в системах управления позиционированием бревен на ленточнопильных станках.

В 2014 г. компания «Автоматика-вектор» начала выпуск модернизированных моделей сканеров под новыми названиями – «Вектор 1D» (с измерением в одной плоскости) и «Вектор 2D» (с измерением в двух плоскостях). У сканера «Вектор 1D» имеется две стойки, в одной из них смонтирован ИК-излучатель, в другой – приемник. При измерении (рис. 2) бревно проходит между стойками, и происходит его сканирование.



Рис. 2. Линия сортировки бревен с одноплоскостным сканером

По данным разработчика, сканер, имеющий одну плоскость измерения, обеспечивает качество сортировки бревен по диаметрам в пределах 80 %. Оставшиеся 20 % будут «непоставными», то есть несоответствующими рациональному поставу. При этом среди них примерно половина бревен будет большего диаметра, вторая половина – меньшего.

У двухплоскостного сканера «Вектор 2D» (рис. 3) имеется левый вертикальный и верхний горизонтальный ИК-излучатели и два противоположно расположенных приемника. Измерители отличаются простотой конструкции, надежностью и невысокой



стоимостью. Точность сортировки по диаметрам достигает 90 %. Объем непоставных бревен снижается до 10–12 %, причем процент полезного выхода пиломатериалов увеличивается почти на 0,6 %.



Рис. 3. Линия сортировки бревен с двухплоскостным сканером

Системы входного учета круглых лесоматериалов работают уже более 15 лет и в настоящее время используются на многих лесопильных предприятиях, фанерных и спичечных комбинатах. Одноплоскостные и двухплоскостные измерители обеспечивают измерение диаметра, длины, объема, кривизны, овальности, сбежистости, закомелистости бревна. Измерение производится в соответствии с ГОСТом 52117-2003 «Лесоматериалы круглые. Методы измерений».

Лазерный сканер бревен «Вектор 3D» обеспечивает высокую точность измерений за счет увеличения точек измерений параметров по всей длине бревна при его прохождении сквозь измерительный створ. При 3D-сканировании профиль строится по сотням тысяч точек. «Вектор 3D» работает с лазерной подсветкой контура и создает полную объемную модель поверхности бревна (рис. 4). Сканер устанавливается на продольном транспортере любой конструкции так, чтобы транспортируемое бревно проходило в створ сканера.

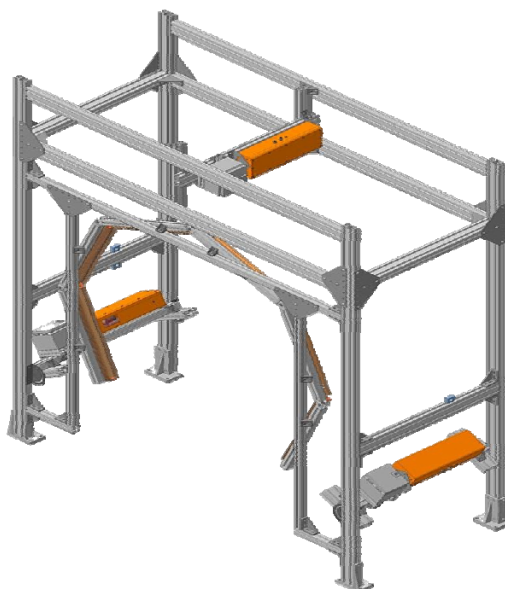


Рис. 4. Сканер «Вектор 3D»

Определение длины производится по специальному алгоритму. Фотодатчик отмечает на бревне точки входа и выхода бревна при прохождении измерительной рамки. Это точки А и В (рис. 5). Длина бревна находится как наименьшее расстояние между точками А и В.

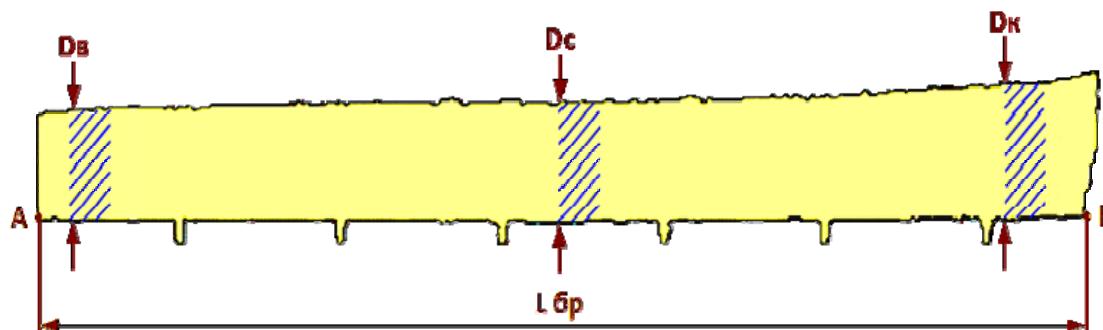


Рис. 5. Измерение параметров бревна сканером «Вектор-3D»

В настоящее время на деревообрабатывающих предприятиях используются 3D-сканеры, выпускаемые такими компаниями, как Microtec, «Автоматика-вектор», RemaSawco, LIMAB, Inx-Service, Sprecher Automation.

### *Рентгеновские сканеры*

Рентгеновское излучение представляет собой поток электромагнитных волн, энергия фотонов которых лежит на шкале электромагнитных волн между ультрафиолетовым излучением и гамма-излучением.

Естественными источниками рентгеновского излучения являются некоторые радиоактивные изотопы, например,  $^{55}\text{Fe}$ . Искусственными источниками мощного рентгеновского излучения являются *рентгеновские трубки* (рис. 6).

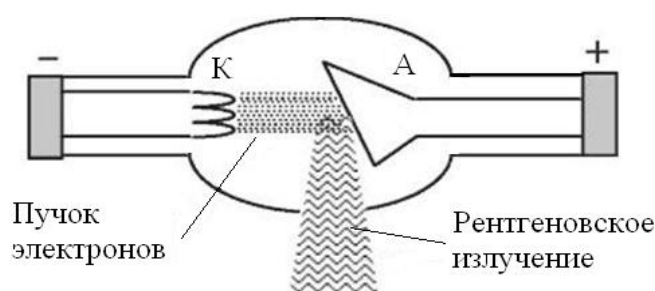


Рис. 6. Рентгеновская трубка

Рентгеновская трубка представляет собой вакуумированную стеклянную колбу с двумя электродами: анодом А и катодом К, между которыми создается высокое напряжение  $U$  (1–500 кВ). Катод представляет собой спираль, нагреваемую электрическим током. Электроны, испущенные нагретым катодом, разгоняются электрическим полем до больших скоростей. При торможении этих электронов с веществом анода возникает кванторентгеновское излучение в виде непрерывного спектра.

Одним из многочисленных направлений практического использования рентгеновского излучения является *рентгеновская компьютерная томография*. Если на движущееся бревно под разными углами направить поток рентгеновского излучения

с фиксацией изображений в памяти компьютера, то будет получено внутреннее изображение сканируемого бревна.

Рентгеновские сканеры, называемые томографами для бревен [4], выпускают различные иностранные компании: Microtec CT-Log, Bintec Wood-X, RemaSawco RS-XXRay, Inray Ormes AX1, ScanLog IX. Рентгеновские сканеры позволяют получить полную картину расположения пороков, увидеть сердцевину и ядро, оценить ширину годичных колец и плотность древесины, определить диаметр бревна с корой и без коры.

Технология сканирования у разных моделей различна. Самым простым считается сканер Ormes AX1 производства Inray Oy (Финляндия), который сканирует бревно в одной плоскости.

В нем используется одна пара – излучатель и детектор. Приборы монтируются в защищенном от вибрации и излучения отсеке, устанавливаемом на измерительный транспортер линии сортировки бревен. Трансформатор и генератор высокого напряжения располагают поблизости в обогреваемом шкафу или контейнере. Результатом сканирования на мониторе компьютера получается рентген-изображение (рис. 7).

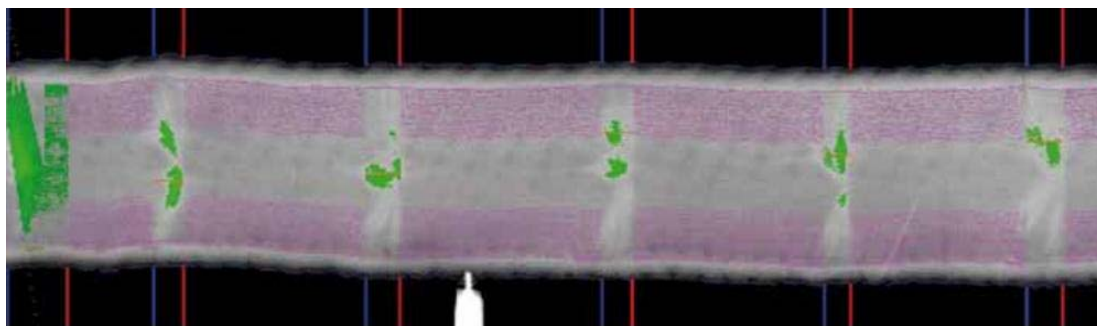


Рис. 7. Рентген-изображение соснового сортимента

Мощность рентгеновского излучателя колеблется от 2 до 5 кВт. Питается излучатель от генератора высокого напряжения (до 250 кВ). Необходимая интенсивность рентгеновского луча зависит от древесины круглых сортиментов, напряжения и силы тока, типа датчиков и скорости прохождения сканируемого материала. Датчики представляют собой рентгеночувствительные кремниевые пластины, которые способны фиксировать сотни строк в секунду.

Свою продуктивность данные сканеры доказали при работе со свежесрубленной и высушенной древесиной хвойной породы. На таких сканерах под рентгеновскими лучами отчетливо видны годичные кольца, сучки, их типы, трещины, червоточина и гниль, четко проявляются границы между ядром и заболонью.

С помощью программного обеспечения формируется черновое изображение всего бревна, которое тут же автоматически обрабатывается и сопровождается числовыми параметрами. Система в доли секунды рассчитывает характеристики бревна и выдает информацию по каждому бревну в виде кода, который определяет соответствующий накопительный карман линии сортировки.

### *Вывод*

Современной наукой и техникой созданы сканеры инфракрасные одноплоскостные и двухплоскостные, лазерные 3D-сканеры и рентгеновские томографы для бревен, создающие точную компьютерную модель бревен и позволяющие определять геометрические параметры бревна (диаметр, длину, объем, кривизну, закомелистость). При этом рентгеновские томографы для бревен дополнительно позволяют увидеть

внутреннюю структуру бревна (годовые кольца, сучки, их типы, трещины, червоточины и гниль, ядро и заболонь) и более точно оценить качество древесины каждого отдельного бревна. На базе сканеров создана современная технология сортировки бревен.

## Библиографический список

1. Прешкин Г.А. Нормативы оценки лесных благ: проблемы, решения. Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. 319 с.
2. Уласовец В.Г. Организация и технология лесопильного производства. Екатеринбург: УГЛТУ, 2001. 294 с.
3. Азаренок В.А., Левинская Г.Н., Меньшиков Б.Е. Основы технологии лесопиления на предприятиях лесного комплекса. Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. 279 с.
4. Лукичев А.А. Технологии и оборудование для современных лесопильных производств // ЛесПромИнформ. 2016. № 2, 3.

УДК 541.64

**И.Н. Медведев, В.А. Шамаев, А.Н. Семиндеев, О.И. Шакирова**  
(I.N. Medvedev, V.A. Shamaev, A.N. Semindeev, O.I. Shakirova)  
(ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, РФ)  
E-mail для связи с авторами: drevstal@mail.ru

## ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ

### THE THERMAL CONDUCTIVITY OF WOOD IN THE PROCESS OF ITS MODIFICATION

*Предложенный способ позволяет изготавливать подшипники скольжения для высокооборотных узлов трения, например, в деревообрабатывающих станках, автомобилях, в сфере авиации. Подшипники из металлизированной прессованной древесины будут в 5–6 раз легче подшипников скольжения из цветных металлов, сплавов и легче шарикоподшипников, а по теплопроводности и антифрикционным свойствам будут соответствовать им.*

*The proposed method allows to produce bearings for high-speed friction units, for example in woodworking machines, automobiles, and aircraft. Bearings, metallic, pressure-treated wood are 5–6 times lighter than bearings of non-ferrous metals and alloys, as well as ball bearings and the thermal conductivity and antifriction properties will meet them.*

Древесина – самый древний и распространенный материал, используемый человеком, но неоднородность строения и недостаточные физико-механические свойства ограничивает его применение в качестве конструкционного машиностроительного материала. Поскольку древесина является природным полимером, ее можно модифицировать, т. е. улучшать ее свойства различными способами, например прессованием, пропиткой и другими способами. Механическая прочность массивной древесины значительно ниже прочности ее волокон. Объясняется это тем, что древесина представляет собой волокнистую систему с невысокой плотностью, но ее плотность, а следовательно и прочность, могут быть значительно повышены за счет уплотнения (прессования).

Модифицированная прессованием древесина уже давно используется как материал для деталей трения в машиностроении и выгодно отличается от других антифрикционных материалов небольшой плотностью, быстрой прирабатываемостью, высокой износостойкостью, способностью работать после пропитки на самосмазке и в абразивной среде [1].

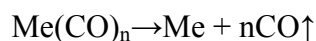
За последние 15–20 лет значительно возросли требования к подшипниковым узлам машин и механизмов, обусловленные в первую очередь ростом скоростей движущихся деталей, увеличением статических и ударных нагрузок, действующих на опоры, и необходимостью значительного увеличения надежности подшипниковых узлов, что в определенной мере ограничивает использование прессованной древесины из-за ее низкой стабильности размеров и форм, а также из-за плохой теплопроводности. Придание прессованной древесине стабильности и повышенной теплопроводности позволит значительно расширить область ее применения.

*Теплопроводность* – один из видов переноса теплоты от более нагретых частей тела к менее нагретым, приводящий к выравниванию температуры. При теплопроводности перенос энергии в теле осуществляется в результате непосредственной передачи ее от частиц (молекул, атомов, электронов), обладающих большей энергией, частицам с меньшей энергией.

Для повышения механических показателей древесину подвергают прессованию. Одновременно изменяются и тепловые свойства прессованной древесины – изменяются в зависимости от ее плотности, направления волокон, температуры, влажности, пропитки смазочными веществами.

Основной задачей, направленной на повышения долговечности подшипников из ДП, является увеличение теплопроводности материала вкладыша [2]. Известны различные методы решения этой задачи, среди которых создание обратных пар трения, пропитка вкладыша легкоплавкими металлическими сплавами [3–5], введение в древесину суспензии нанодисперсной меди и т. д. [6–8].

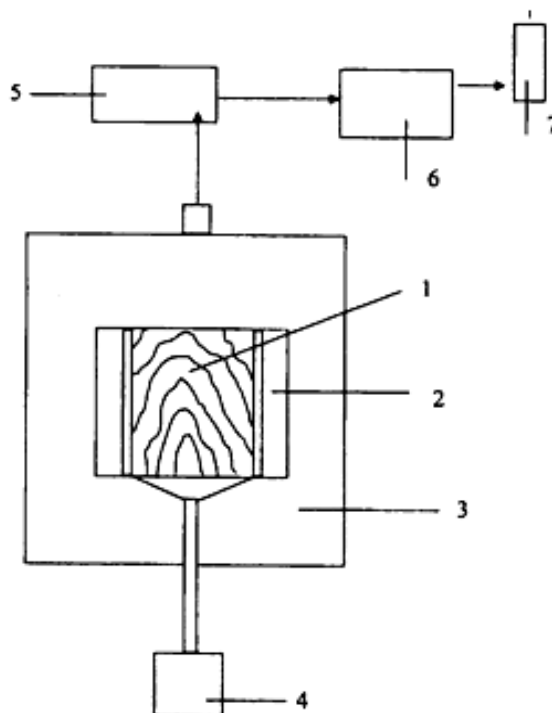
Как видно из приведенного обзора, задачи многократного повышения теплопроводности при малом содержании металла в древесине не была решена. Нами предлагается увеличивать теплопроводность древесины металлизацией карбонильным методом. Речь идет о том, что карбонилы некоторых металлов при температуре 120–160 °С разлагаются с образованием тонкой сплошной пленки толщиной 0,4 мкм по реакции:



В частности, для тетракарбонила никеля (ТКН) этот процесс происходит количественно, и образующаяся пленка никеля выстилает всю внутреннюю поверхность древесины. Содержание никеля в древесине при этом не превышает 10 % по массе.

Металл вводят путем термической диссоциации легколетучих металлоорганических соединений (МОС) при принудительной прокачке через один из торцов бруска древесины их паров при скорости не более 20 л/ч на 1 см<sup>2</sup> площади поперечного сечения заготовки при встречном движении тепловой зоны древесины с температурой, достаточной для разложения паров МОС, но не превышающей температуры деструкции древесины, со скоростью перемещения не превышающей 15 см/ч. При этом для модификации используют древесину с влажностью не более 2 % масс. [9]. В качестве исходных МОС используют карбонилы металлов. Осажденный металл равномерно распределяется по всей внутренней поверхности древесины, обеспечивая с ней достаточно надежный контакт.

Принципиальная схема технологической установки для модификации древесины представлена на рисунке.



Принципиальная технологическая установка для модификации древесины:  
 1 – заготовка древесины; 2 – секционный нагреватель; 3 – аппарат металлизации;  
 4 – испаритель карбонила; 5 – печь уничтожения паров карбонила металла;  
 6 – вакуум-насос; 7 – печь уничтожения оксида углерода

Процесс металлизации древесины осуществляется следующим образом. Заготовку древесины 1, предварительно высушенную до влажности не более 2 % масс., чтобы избежать ингибирования влагой процесса осаждения металла, помещают внутрь секционного нагревателя 2, расположенного вертикально в аппарате металлизации 3. При этом нижнюю часть заготовки герметично соединяют с испарителем карбонила 4. Аппарат закрывают и вакуумируют с помощью вакуум-насоса 6. Откачку из аппарата производят непрерывно с противоположной стороны от подачи паров карбонила. После этого включают все секции нагревателя и доводят температуру в них до величины на 20–30 °С ниже температуры начала разложения паров применяемого карбонила и выдерживают при этой температуре в течение 10–15 минут – до равномерного прогрева всего объема заготовки древесины. Затем температуру верхней секции нагревателя повышают до величины начала разложения паров карбонила металла и подают в нижнюю часть древесной заготовки пары карбонила со скоростью не более 20 л/ч на 1 см<sup>2</sup> площади ее поперечного сечения. После этого последовательно сверху вниз включают секции нагревателя, обеспечивая перемещение тепловой зоны со скоростью не выше 2,5 мм/мин.

С целью уничтожения неразложившихся в аппарате паров карбонила металла и выделяющегося в процессе оксида углерода в схеме предусмотрены печи 5 и 7.

Заготовку березовой древесины с влажностью не более 2 % масс. и размерами в сечении 60 × 60 мм, высотой 100 мм устанавливают в 3-секционный электронагреватель. Аппарат для металлизации закрывают и систему вакуумируют до остаточного давления 8 Па. Затем включают нагрев всех трех секций электронагревателя и доводят в них температуру до 120 °С. Температуру верхней секции повышают до 140 °С и из испарителя подают пары тетракарбонила никеля со скоростью 15 л/ч. После этого через 15 минут последовательно повышают температуру второй и третьей секций электронагревателя, обеспечивая скорость перемещения температурной зоны нагревателя,

приблизительно равной 140 °С, навстречу потоку паров карбонила со скоростью 15 см/ч. Через 50 минут после начала подачи паров карбонила прекращают их подачу в аппарат и выключают электронагреватели. Откачку системы продолжают до остывания нагревателей до комнатной температуры. Полученную модифицированную заготовку древесины анализируют на содержание осажденного металла и ее теплопроводность. Время металлизации для заготовок длиной 100 мм составляет 4 часа, для заготовок длиной 350 мм – 10 часов.

В случае модификации древесины по предложенному способу наблюдается значительное (более чем в 3 раза) увеличение теплопроводности древесины вдоль волокон по сравнению с металлизацией расплавами металлов и, как следствие, уменьшение температуры в зоне трения, благоприятно сказывающееся на эксплуатационных характеристиках полученных заготовок.

При модификации древесины с меньшей скоростью подачи паров карбонила и, соответственно, меньшим количеством введенного никеля, температура в зоне трения увеличивается. В случае повышения скорости подачи паров карбонила до 22–25 л/ч и более наблюдается частичная забивка отдельных каналов древесины и неравномерное осаждение металла внутри нее, что приводит к снижению теплопроводности.

Увеличение скорости перемещения тепловой зоны выше 15 см/ч приводит к неравномерному прогреву всей массы древесины и, соответственно, неравномерному осаждению никеля в отдельных каналах. При меньшей скорости перемещения тепловой зоны наблюдается частичная забивка отдельных каналов древесины. Все это также ухудшает теплопроводность древесины и увеличивает температуру в зоне трения.

Металлизированная никелем древесина имеет на внутренней поверхности пленку никеля, но ее пустоты (полости сосудов, поры, полости волокон либриформа) открыты, поэтому в нее вводят антифрикционные модификаторы (например, смазку Viol), стабилизаторы размеров (например, карбамидоформальдегидные смолы), нанокристаллическую целлюлозу, после чего прессуют до плотности 1200–1400 кг/м<sup>3</sup> и уже из такой древесины изготавливают детали трения.

Предложенный способ позволяет изготавливать подшипники скольжения для высокооборотных узлов трения, например, в деревообрабатывающих станках, автомобилях, сфере авиации. Подшипники из металлизированной прессованной древесины будут в 5–6 раз легче подшипников скольжения из цветных металлов и сплавов, а также шарикоподшипников, а по теплопроводности и антифрикционным свойствам будут соответствовать им (см. таблицу).

Свойства металлизированной никелем прессованной древесины\*

Наименование показателя	Ед. изм.	Показатели	
		по разработанному способу	по способу Н.И. Чубова (8)
Плотность	Кг/м <sup>3</sup>	1 250	5 800
Теплопроводность вдоль волокон при содержании никеля в древесине:	Вт/мК		
5		11	–
10		29	–
20	40	–	–
Теплопроводность вдоль волокон при содержании сплава в древесине 450 % масс.	Вт/мК	–	8

\*Примечание: данные по теплопроводности для никельсодержащей древесины получены при скорости подачи тетракарбонила никеля 2,2 л/ч на 1 см<sup>2</sup> площади сечения и скорости перемещения 15 см/ч.

## *Выводы*

1. Ранее известные методы увеличения теплопроводности древесины не нашли применения по причине большой стоимости металлов (висмут, свинец, олово) и их большого содержания в древесине либо при использовании металлических вставок вследствие сравнительно малого увеличения теплопроводности.

2. Способ металлизации древесины термическим разложением паров тетракарбонила никеля позволят получать наивысшую теплопроводность (до 40 Вт/мК) при содержании никеля 20 % от массы абсолютно сухой древесины или несколько меньшую (29 Вт/м<sup>2</sup>К) при содержании никеля 10 % от массы древесины.

3. Оптимальные режимы получения металлизированной прессованной древесины следующие:

- скорость подачи паров ТКН = 2,2 л/ч на 1 см<sup>2</sup> площади сечения;
- скорость перемещения паров ТКМ внутри древесины = 15 см/ч;
- температура разложения паров ТКМ = 140 °С;
- глубина вакуума = 8 кПа.

4. Подшипники скольжения, изготовленные предложенным способом, не будут при эксплуатации иметь скоростных и температурных ограничений, т. к. температура в зоне трения не будет превышать 100 °С.

## **Библиографический список**

1. Анучин А.И. Исследование теплофизических показателей прессованной древесины, пропитанной парами тетракарбонила никеля, методом температурных интервалов // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления: межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГЛТА, 2010. Вып. 15. С. 42–47.

2. Гнусов Ю.В., Мовнин М.С., Берзиньш Г.В. К теории модификации прессованной древесины. Рига: Зинатне, 1970. С. 121–124.

3. Карпович С.И. Получение металлизировано-стабилизированной древесины и ее основные физико-механические характеристики // Пластификация и модификация древесины. Рига: Зинатне, 1970. С. 99–102.

4. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М., 1967. С. 241–244

5. Способ модификации древесины: пат. 2339505 Рос. Федерация / А.В. Гребенников, В.Г. Рахманов, П.А. Стороженко, А.А. Уэльский, В.А. Шамаев; заявитель и патентооладатель ООО «Лигнум»; заявка 2006147021/04 от 27.12.2006 г.: опубл 10.07.08, Бюл. № 19. 2 с.

6. Скрупискис В.П., Снеговский В.П., Берзиньш Г.В. Исследование химически пластифицированной древесины как антифрикционного материала // Пластификация и модификация древесины. Рига: Зинатне, 1970. С. 144–147.

7. Симкин А.П., Шевелева Е.В. Повышение работоспособности подшипников скольжения из модифицированной древесины // Технологии и оборудование деревообработки в XXI веке: Межвузовский сборник науч. трудов. Воронеж, 2003. С. 237–240.

8. Чубов Н.И. Металлизированная прессованная древесина. Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1975. 210 с.

9. Шамаев В.А., Никулина Н.С., Медведев И.Н. Модифицирование древесины. М.: Флинта, Наука, 2013. 455 с.



УДК 674.812.2

**М.В. Мотовилова, О.А. Рублева**

(M.V. Motovilova, O.A. Rubleva)

(ВятГУ, г. Киров, РФ)

E-mail для связи с авторами: kaf\_mtd@vyatsu.ru

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ**

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF STRUCTURAL MATERIALS BASED OF CRUSHED WOOD WASTE**

*В работе обоснована необходимость использования низкосортной древесины и древесных отходов производства. Приведен сравнительный анализ материалов на основе измельченной древесины. Рассмотрены положительные и отрицательные характеристики древесно-полимерных композитов.*

*The paper substantiates the necessity of using low-grade wood and wood waste products. Comparative analysis of materials based on crushed wood is given. Positive and negative characteristics of wood-polymer composites are considered.*

При наблюдаемой тенденции стремительного ухудшения экологической обстановки проблема использования низкосортной древесины и утилизации древесных отходов деревоперерабатывающих производств актуальна как с экологической, так и с экономической точек зрения. Загрязнение окружающей среды отходами от деревоперерабатывающих предприятий наносит существенный ущерб природе, а также ведет к недополучению экономической прибыли от реализации продуктов переработки отходов и низкосортной древесины. На многих, особенно малых, предприятиях деревоперерабатывающей промышленности значительную часть низкосортной древесины и древесных отходов утилизируют, вместо того чтобы использовать для производства продукции.

Между тем из отходов древесины можно получить материалы с заданными свойствами, которые могут рассматриваться как альтернатива древесине. Например, это композиционные материалы на основе измельченной древесины, получаемые в результате её химико-механической переработки. Такие конструкционные материалы широко используются в строительной, мебельной промышленности, машиностроении, судостроении и автостроении. Характеристики таких материалов существенно различаются в зависимости от состава и количества связующих и модифицирующих добавок, технологии изготовления, назначения.

К распространенным видам композиционных древесных материалов (далее – ДКМ) относят:

- древесно-стружечные плиты (ДСтП);
- древесно-волокнистые плиты (ДВП);
- древесно-волокнистые плиты средней плотности (Medium Density Fiberboard, МДФ);
- фибролитовые плиты (Green Board);
- плиты OSB;
- цементно-стружечные плиты (ЦСП);
- гипсостружечные плиты (ГСП);
- столярные плиты.

Также выпускаются древесно-полимерные композиты (ДПК), пьезотермопластики (ПТП), лигноуглеродные древесные пластики (ЛДП). Многие материалы, обладая положительными экономическими и технологическими характеристиками, содержат формальдегидные смолы и прочие химические включения, которые являются вредными для человека.

Среди приведённых материалов группы ДКМ и ДПК представляются одними из наиболее перспективных для организации производства с целью утилизации отходов производства (в связи с их широкой распространённостью и популярностью среди мебельщиков и строителей). Для выбора конкретного направления использования отходов необходимо учесть технологические требования при производстве данных материалов, а также сравнить их эксплуатационные характеристики.

У сравниваемых материалов отличаются требования к сырью, применяемому оборудованию, технологическим режимам обработки.

Сырьем для производства, в частности, служат круглые и колотые лесоматериалы, отходы лесо- и деревоперерабатывающих производства. Сырье проходит несколько стадий подготовки для получения исходных типоразмеров, необходимых для изготовления готовой продукции. В результате переработки получают технологическую и топливную щепу [1], опил, стружку (тип и геометрия зависят от вида получаемой продукции), древесную муку [2].

При производстве ДКМ подготовка щепы – наиболее трудоемкий процесс и составляет около 70 % всех трудозатрат от производства. К технологической щепе предъявляют требования по присутствию примесей (в зависимости от вида плиты до 0,5–1 % от общего объема сырья), а также требования к геометрическим размерам щепы по каждой фракции и процентному содержанию гнили (не более 5 %) и коры (не более 15 %). Щепу получают измельчением в дисковых или барабанных рубительных машинах, стружечных станках, фрезерованием древесины специальным инструментом с последующей сортировкой щепы по фракциям. При получении плит ДВП щепу дополнительно размалывается на волокна в дефибраторах или рафинерах [3, 4]. Дальнейший процесс изготовления плит состоит в прессовании древесных частиц различного размера и формы, смешанных со связующими веществами.

В ДПК основным наполнителем являются древесные волокна. Второй основной составляющей являются синтетические термопластические полимеры (полиэтилен, полипропилен), а также комплекс химических добавок от 5 до 10 %, который улучшает технологические свойства композита или придаёт материалу определенные свойства.

Получение измельченной древесины до размеров древесной муки происходит в несколько стадий. Необходимо не просто измельчить материал, но и получить большинство частиц одинаковыми по физическим параметрам (объему, форме, размеру, влажности). Например, в мельничных установках эта проблема решается так: древесная мука покидает устройство только при достижении заданного размера. ДПК получают методом экструзии пластичной массы, что позволяет формировать различные профили готового изделия.

Производство ДПК менее энергозатратно (по сравнению с производственными мощностями и площадями по размещению оборудования для изготовления ДКМ (ДСтП, ДВП). Линия экструзионного оборудования требует меньших площадей для размещения.

При сравнении эксплуатационных характеристик ДКМ и ДПК выявляются перечисленные ниже особенности:

– ДКМ (т. е. ДСтП, ДВП, МДФ) в процессе эксплуатации имеют невысокий предел прочности;

- использование ДКМ в неблагоприятных условиях приводит к частичному или полному разрушению композиционного материала;
- экологические показатели плит снижены за счёт содержания формальдегидных смол.

Изделия и конструкции из ДПК технологичны и удобны в монтаже, обладают хорошими эксплуатационными требованиями и имеют эстетичный внешний вид. ДПК однороден по структуре: в нём нет чередования отдельных клеевых слоев и слоёв древесных включений, а значит, постоянен по своим свойствам в разных направлениях. В таблице приведены для сравнения некоторые из обсуждаемых показателей.

Показатели ДКМ и ДПК

Сравниваемые показатели	ДКМ	ДПК
Сырьё	По ГОСТу 15815-83. «Щепа технологическая. Технические условия» [1]	По ГОСТ 16361-87. «Мука древесная. Технические условия» [2]
Оборудование для подготовки сырья	Оборудование для производства щепы в соответствии с ГОСТом 15815-83, дополнительный размол на волокна в дефибраторах или рафинерах	Оборудование (линия) для производства древесной муки
Энергозатраты при производстве	Длительный трудоемкий и энергозатратный процесс производства плит	Экструзионная установка (линия)
Необходимость технологической выдержки	Необходима выдержка	Требований к выдержке нет
Структура материала	Неоднородный (чередование слоев связующего материала и фракций древесины (ДСтП))	Однородность высокая
Обработка в размер	Распил на форматных станках, универсальных станках с кареткой	Готовая форма и размер при выходе из экструдера. Торцовка по длине
Гигроскопичность	Высокая, рекомендуется облицовка, использование для внутренней отделки	Низкая, возможно применение для внутренней и внешней отделки
Форма и размеры	Плитный материал, размерная сетка по ГОСТ	Разнообразные, в зависимости от экструзионной головки. Имеется возможность изготовления внутренних полостей
Плотность	ДСтП = 550–750 кг/м <sup>3</sup> , ДВП = 800–1100 кг/м <sup>3</sup>	ДПК = 1,3 г/см <sup>3</sup> (при наполнении деревом 60–65 %)

Таким образом, на первом этапе сравнения рассмотренных материалов можно сделать заключение о некоторых преимуществах ДПК перед ДКМ с точки зрения их эксплуатационных характеристик, жёсткости технологических требований, предъявляемых к сырью, энергозатратности оборудования и рекомендовать использование отходов деревопереработки в качестве сырья для производства такого перспективного материала, как ДПК.

**Библиографический список**

1. ГОСТ 15815-83. Щепя технологическая. Технические условия. Введ. 85–01–01.
2. ГОСТ 16361-87. Мука древесная. Технические условия. Введ. 89–01–01.
3. Никишов В.Д. Комплексное использование древесины. М.: Лесная промышленность, 1985.
4. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение. М.: Академия, 2011. 265 с.

**УДК 667.646.42**

**Е.И. Стенина<sup>1</sup>, М.А. Андреев<sup>1</sup>, Д.М. Нигматуллина<sup>2</sup>**  
(E.I. Stenina<sup>1</sup>, M.A. Andreev<sup>1</sup>, D.M. Nigmatullina<sup>2</sup>)  
(<sup>1</sup>УГЛТУ, г. Екатеринбург; <sup>2</sup>АГПС МЧС России, г. Москва, РФ)  
E-mail для связи с авторами: sten\_elena@mail.ru, еруур@уа.ру

**КОНСЕРВИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ  
ОГНЕБИОЗАЩИТНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ**

**WOOD PRESERVATION OGNEBIOZASHNITNYMI DRUGS**

*В статье приведены результаты исследований по изучению проникающей способности препаратов комбинированного действия нового поколения, которая определяется химической формулой состава.*

*The results of studies on the penetration of drugs combined action of new generation, which is determined by the chemical formula composition.*

В настоящее время прорабатывается идея снятия ряда нормативных ограничений на применение деревянных конструкций при многоэтажном строительстве, так как являясь самым дешевым и доступным конструкционным материалом, древесина при малой плотности обладает уникальными прочностными показателями, которые не уступают иным материалам. Кроме этого, хоть древесина является горючим материалом, но она противостоит огневому воздействию лучше даже металлических конструкций, которые быстрее нагреваются и стремительно теряют несущую способность. При условии повышения огнестойкости древесных конструкций они становятся конкурентно способными известным негорючим материалам.

Огнезащита деревянных элементов может осуществляться различными способами, включая конструктивную защиту путем изоляции негорючими материалами, а также химическими методами, предполагающими нанесение защитных покрытий на поверхность, либо введение антипиренов в структуру древесины с помощью методов глубокой пропитки.

Антипирены работают за счет реализации в той или иной степени следующих механизмов проявления огнезащитного действия: подавления горения в газовой фазе, за счет выделения негорючих или флегматизирующих газов; изменения механизма термического разложения древесины в сторону образования продуктов полного сгорания; теплофизической защиты за счет образования над поверхностью материала вспученного слоя [1].

В последнее время были разработаны защитные составы, способствующие в области огневого воздействия активному образованию угля, обладающего большой теплоемкостью и препятствующему горению древесного материала. Помимо этого в состав этих препаратов входят биоцидные компоненты, либо они имеют выраженную щелочную среду, неблагоприятную для жизнедеятельности биоразрушителей.

Например, препарат «Аммофон-1» на основе аммонийных солей нитрилтриметиленфосфоновой кислоты с нейтральной средой (рН 6,5–7,5) содержит незначительное количество формальдегида (не более 0,15 %). В рецептуру солевого препарата входят аммоний фосфорнокислый однозамещенный, аммоний сернокислый, синергическая добавка и биоцид – фтористый натрий (рН 4,0–4,5). Экологически чистый препарат на основе окисленных полисахаридов (МПС) имеет рН 11,5–12,5 и условную вязкость по ВЗ-4 – 150 с.

Необходимо отметить, что применение метода глубокой пропитки (консервирования) деревянных элементов не получило столь широкого применения для огнезащитной обработки строительных материалов, как, например, при биозащите древесины. Одной из основных причин развития в последние десятилетия практики применения метода поверхностной обработки является развитие теории и технологии по пути получения высокоэффективных составов комбинированного действия. В немалой степени данному процессу способствовало и несовершенство нормативно-технической базы по огнезащите древесины [2].

Известно, что тонкослойные покрытия, сформированные способами поверхностной обработки, не обеспечивают формирования на защищаемой поверхности надежного теплоизоляционного слоя, поэтому их эффект ограничивается несколькими минутами при огневом воздействии, после чего поверхностный слой выгорает до золы и уносится конвективным потоком. В дальнейшем в процесс горения вступают слои необработанной древесины [3].

*Пропитка* – это процесс, основанный на введении в межклеточное пространство древесины растворов различных веществ в результате действия капиллярных, диффузных сил, а также избыточного давления, создаваемого либо за счет температурного градиента, либо центробежных или гидравлических сил. Пропитка считается физическим процессом, так как компоненты раствора обычно не взаимодействуют с компонентами древесины, однако введение веществ в структуру этого материала позволяет производить модификацию её свойств, основанную, например, на изменении механизма отклика на действие внешнего источника тепла в присутствии антипиренов.

Повышение огнестойкости древесины возможно путем ее обработки антипиренами, которые должны быть введены в материал в значительно большем количестве, чем антисептики. Опыт показывает, что данное требование может обеспечить только глубокая пропитка защитными растворами, осуществляемая в автоклавах.

Технологии глубокой пропитки в последние десятилетия не стояли на месте. С развитием методов импульсной пропитки возникает возможность обеспечить высокие показатели защищенности и прочности древесины при относительно невысоких технологических и экономических затратах [4].

С целью определения оптимальных концентраций рабочих режимов пропитки была изучена проникающая способность составов. Для этого был реализован ряд экспериментов по консервированию древесины сосны способом «Импульсный вакуум-давление (патент 2469842)» составами различных концентраций препаратов «Аммофон-1», солевого, а также МПС. Для повышения надежности полученных результатов была проведена необходимая их статистическая обработка.

На основании анализа результатов экспериментов можно сделать следующие выводы:

1. При концентрации многокомпонентного солевого раствора 8 % максимальная величина поглощения составляет  $40 \text{ кг/м}^3$ ; при концентрации 14,25 % –  $90 \text{ кг/м}^3$ ; при концентрации 28,5 % –  $70 \text{ кг/м}^3$  (рис. 1). Таким образом, нецелесообразно увеличивать концентрацию раствора выше 14,25 %. Это объясняется тем, что поверхностные слои древесины благодаря высокой концентрации пропиточного раствора максимально насыщаются антипиреном. При этом происходит внедрение препарата в древесную массу за счет замещения поликонденсационной и капиллярно-конденсационной влаги, забивая межмицеллярные пространства в клеточных стенках и маргинальных зонах пор. В силу этих явлений затрудняется или совсем прекращается сообщение между клетками и снижается их проницаемость. Разброс значений поглощения в пределах одной концентрации объясняется различным соотношением ядровой и заболонной древесины в образцах (чем больше заболони, тем больше поглощение).



Рис. 1. Зависимость величины поглощения от концентрации солевого раствора

2. При концентрации раствора «Аммофон-1» 11,25 % максимальная величина поглощения составляет  $35 \text{ кг/м}^3$ , при концентрации 22,5 % –  $65 \text{ кг/м}^3$ , при концентрации 33,75 % –  $98 \text{ кг/м}^3$ , при концентрации 45 % –  $110 \text{ кг/м}^3$  (рис. 2). Вероятно, однокомпонентный состав антипирена способствует его лучшей проникающей способности.



Рис. 2. Зависимость величины поглощения от концентрации раствора «Аммофон-1»

3. Аналогичная тенденция наблюдается на пропитке однокомпонентным антипиреном МПС (рис. 3). Так, при концентрации 14 % максимальная величина поглощения

составляет  $9 \text{ кг/м}^3$ , при концентрации 24,5 % –  $12 \text{ кг/м}^3$ , при концентрации 35 % –  $17 \text{ кг/м}^3$ . Невысокие значения поглощения и относительная стабильность полученных результатов объясняются высокой вязкостью. Увеличение концентрации приводит к незначительному приросту поглощения.



Рис. 3. Зависимость поглощения состава МПС от концентрации

В целом, можно заключить, что наибольшей проникающей способностью обладает солевой состав благодаря своему химическому составу. Так, регламентированное ГОСТом 30495-2006 поглощение более  $30 \text{ кг/м}^3$  можно обеспечить при использовании пропиточного раствора концентрацией 14,25 % (рис. 4) [5]. Повышение концентрации рабочего раствора нецелесообразно, так как прирост поглощения незначителен.

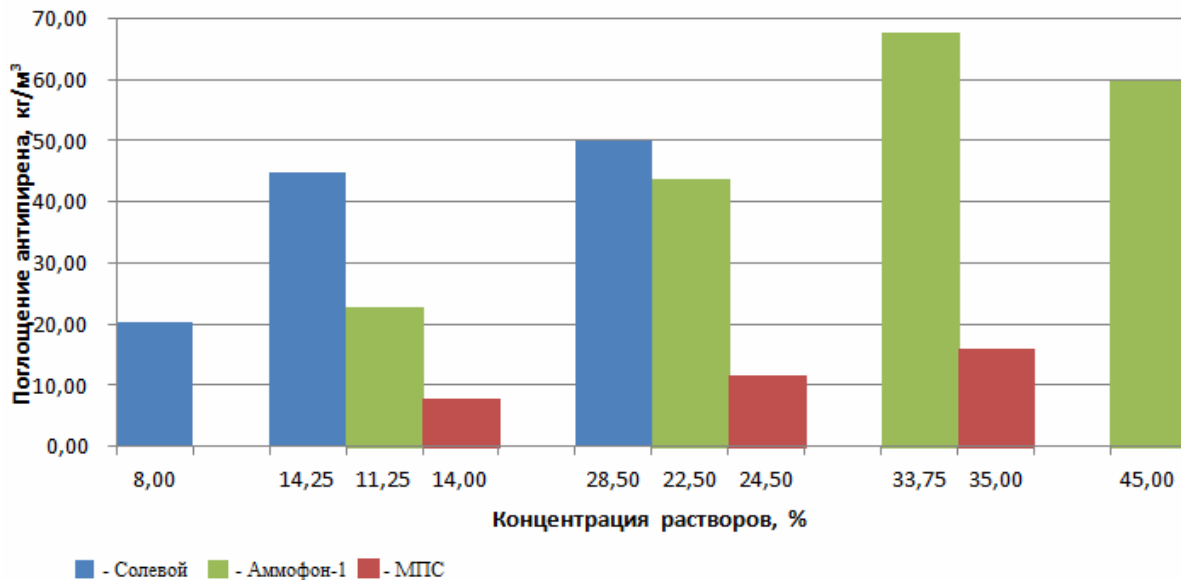


Рис. 4. Гистограмма поглощения препаратов в зависимости от концентрации их растворов

Регламентируемое поглощение «Аммофон-1» уже достигается при концентрации 22,5 %. Увеличение концентрации этого препарата приведет к его перерасходу.

Высокомолекулярный состав полисахаридов МПС обладает низкой проникающей способностью. Учитывая иной принцип огнебиозидного действия данного препарата, можно рекомендовать его не разбавлять, поэтому рекомендуемая концентрация рабочих растворов МПС должна составлять 35 %.

## Библиографический список

1. Стенина Е.И. Левинский Ю.Б. Защита древесины и деревянных конструкций. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. 219 с.
2. Полищук Е.Ю., Сивенков А.Б., Бирюков Е.П. Нормативные требования к огнезащите древесины и экспертная оценка её качества // Пожары и ЧС: предотвращение, ликвидация. 2016. № 2. С. 77–80.
3. Антипирирование деревянных конструкций способом глубокой пропитки / Д.М. Нигматуллина, Е.И. Стенина, Е.Ю. Полищук, А.Б. Сивенков // Технологии техно-сферной безопасности: научный интернет-журнал. 2016. № 5 (69).
4. Способ глубокой пропитки: пат. 2469842. Рос. Федерация / Е.И. Стенина; заявитель и патентообладатель УГЛТУ; заявл. 2011125585/13.
5. ГОСТ 30495-2006. Средства защитные для древесины. Общие технические условия. Введ. 2007–07–01.

УДК 667.646.42

**Е.И. Стенина<sup>1</sup>, Д.М. Нигматуллина<sup>2</sup>, Е.Ю. Полищук<sup>2</sup>, А.Б. Сивенков<sup>2</sup>**  
(Е.И. Stenina<sup>1</sup>, D.M. Nigmatullina<sup>2</sup>, E.Y. Polishchuk<sup>2</sup>, A.B. Sivenkov<sup>2</sup>)  
(<sup>1</sup>УГЛТУ, г. Екатеринбург; <sup>2</sup>АГПС МЧС России, г. Москва, РФ)  
E-mail для связи с авторами: sten\_elena@mail.ru, epyur@ya.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИИ ЛКП НА МОДИФИЦИРОВАННОЙ АНТИПИРЕНАМИ ПОДЛОЖКЕ

### STUDY ON THE ADHESION OF COATINGS ON SUBSTRATE WITH MODIFIED

*Приведены результаты исследований по изучению адгезии ЛКП на основе органикорастворимой алкидной композиции и водорастворимых акриловых дисперсий, которые относятся к древесной подложке, модифицированной огнебиозащитными препаратами.*

*The results of studies on the adhesion of COATINGS based on alkyd organikorastvorimoy compositions and aqueous acrylic dispersions to wood substrate, retrofit огнебиозащитными drugs.*

Основным недостатком водорастворимых антипиренов является их легкое вымывание из древесины под действием внешних факторов. Одним из эффективных путей, предотвращающих выщелачивание солей защитных средств, является поверхностное нанесение лакокрасочных материалов (ЛКМ), повышающих, в том числе, декоративные свойства огнебиозащитной древесины.

В связи с этим практический интерес представляет изучение адгезии наиболее широко используемых ЛКМ к сосновой подложке, законсервированной способом полного поглощения огнебиозащитными составами нового поколения [1].



В работе были использованы три огнебиозащитные системы. Одна – на основе солей аммония и полифункциональных соединений (солевой состав), другой состав на основе аммонийных солей нитрилтриметиленфосфоновой кислоты – «Аммофон-1», а также третий – новый состав, полученный модификацией полисахаридов растительного сырья (МПС) [2]. Подробная характеристика данных препаратов приведена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика используемых антипиренов

Характеристики	Антипирены		
	Солевой состав	«Аммофон-1»	МПС
Область применения	Предназначен для огнезащиты древесины и материалов на ее основе	Предназначен для огнезащиты древесины и материалов на ее основе	Предназначен для огнезащиты древесины и материалов на ее основе
Внешний вид	Прозрачная жидкость светло-желтого цвета	Прозрачная жидкость светло-коричневого цвета	Густая жидкость коричневого цвета
Содержание воды, %	71,5	55	70
Привес сухих солей, %	28,5	44–50	Не менее 30
Концентрация водородных ионов(pH)	4–4,5	6,5–7,5	11,5–12,5
Огнезащитная эффективность по ГОСТу 53292-2009	I группа огнезащитной эффективности (потеря массы менее 9 %)	I или II группа в зависимости от расхода	I группа огнезащитной эффективности (потеря массы менее 9 %)
Показатель безопасности	Нетоксичен и пожаровзрывобезопасен	Нетоксичен и пожаровзрывобезопасен	Нетоксичен и пожаровзрывобезопасен
Влияние на здоровье человека	При работе не раздражает глаза и кожу	При работе не раздражает глаза и кожу	При работе не раздражает глаза и кожу

Отличительной особенностью данных комбинированных препаратов является ускорение углеобразования при пиролизе древесины. За счет высокой теплопоглощающей способности угля процесс горения прекращается. И для отделки древесины, модифицированной этими препаратами, целесообразно использовать ЛКМ, не образующие толстые покрытия [3]. Исходя из данных умозаключений, в экспериментах использовались водостойкий алкидно-уретановый яхтный лак, а также пигментированная и непигментированная вододисперсионные акриловые композиции.

Оценка адгезии ЛКП к консервированной подложке проводилась в соответствии с ГОСТом 15140-78 методом параллельных надрезов по трёхбалльной системе [4]. Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Сводная таблица результатов исследования адгезии

Наименование ЛКП	Наименование антипирена	Содержание антипиренов в подложке, кг/м <sup>3</sup>	Оценка адгезии, балл
Алкидно-уретановый лак	Солевой	12,16–19,15	1
	«Аммафон-1»	24,88–58,27	1
	МПС	2,54–3,96	1
Акриловая краска (пигментированная)	Солевой	12,16–19,15	1
	«Аммафон-1»	24,88–58,27	1,4
	МПС	2,54–3,96	1
Акриловый лак	Солевой	12,16–19,15	1
	«Аммафон-1»	24,88–58,27	1,2
	МПС	2,54–3,96	1

Из анализа результатов эксперимента можно сделать однозначный вывод о том, что присутствие в древесине солевого антипирена и МПС даже в значительных количествах не влияет на адгезию 3-слойных влагостойких лакокрасочных покрытий на пропитанной подложке. На подложке, модифицированной «Аммофон-1», хорошая адгезия алкидно-уретанового лака (1 балл), оценка адгезии акрилового лака составила 1,2 балла. Хуже результат у пигментированной акриловой краски – 1,4 балла.

Таким образом, модифицированные подложки с кислой и щелочной средой обеспечивают лучшую адгезию с покрытиями, имеющими различную природу пленкообразования, нежели древесина, обработанная антипиреном с нейтральной средой.

### Библиографический список

1. Глубокая пропитка деревянных конструкций для повышения их пожарной безопасности / Д.М. Нигматуллина, Е.И. Стенина, Е.Ю. Полищук, А.Б. Сивенков // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. 2016. № 4 (68). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb.pdf>.
2. Нигматуллина Д.М., Стенина Е.И., Полищук Е.Ю., Сивенков А.Б. Антипирирование деревянных конструкций способом глубокой пропитки // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. 2016. № 5 (69). URL: <http://ipb.mos.ru/ttb/2016-5/2016-5.html>.
3. ЕЖЕ: все ежедневные и еженедельные обзоры русского Интернета. URL: <http://ezhe.ru/>.
4. ГОСТ 15140-78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии. Введ. 1979–01–01. 15 с.

УДК 674.815

**Е.И. Стенина, Д.Б. Карасов, Т.Ю. Чеснокова**  
(E.I. Stenina, D.B. Karasov, T.YU. Chesnokova)  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
E-mail для связи с авторами: sten\_elena@mail.ru

## **ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ**

### **WAYS TO REDUCE TOXICITY OF WOOD-POLYMER COMPOSITES**

*В статье приведены результаты исследований по изучению возможности применения в качестве поглотителя свободного формальдегида наноразмерного серебра.*

*In the article the results of research into possible applications as free formaldehyde absorber Nano Silver.*

Древесно-стружечные плиты (ДСтП), а также строительные и отделочные материалы на их основе традиционно широко используются в строительстве и мебельной промышленности. Анализ мирового рынка строительных материалов свидетельствует о ежегодном росте производства и потребления данных видов продукции. При этом отмечен наибольший рост производства древесно-стружечных плит из крупноразмерной ориентированной стружки (OSB). Благодаря высоким прочностным показателям при статическом изгибе данный материал с успехом используется в строительстве в качестве заменителя клееной фанеры. При этом производство ДСтП не требует использования высококачественной древесины, необходимой для изготовления фанеры и OSB, и может быть основано на переработке отходов лесопиления и других деревообрабатывающих производств.

Основным фактором, сдерживающим рост объемов использования ДСтП в строительстве, является достаточно жесткие ограничения ПДК свободного формальдегида в воздухе жилых помещений, принятые в России ( $0,003 \text{ мг/м}^3$ ). Необходимо отметить, что данные ограничения в несколько раз жестче, чем в ряде стран Европы, США и Японии. Так, в Германии и Нидерландах среднесуточное ПДК формальдегида составляет  $0,125 \text{ мг/м}^3$ .

Одним из направлений выполнения требований к воздуху жилых помещений является снижения класса эмиссии свободного формальдегида из используемых в строительстве и мебельном производстве древесно-стружечных плит.

Решением проблемы снижения токсичности является отыскание способов подавления эмиссии свободного формальдегида из плит без заметного снижения их физико-механических свойств.

Известно несколько основных направлений снижения токсичности ДСтП:

- 1) нанесение на поверхность плит изолирующего слоя из облицовочных и лакокрасочных материалов;
- 2) модификация связующего;
- 3) разработка рациональных режимов прессования плит;
- 4) обработка стружки или внесение в клей веществ (акцепторов или поглотителей), способных образовывать устойчивые во времени соединения с формальдегидом.

В качестве поглотителей, как правило, выступают вещества и материалы с развитой активной поверхностью. Известно, что в частицах размером 1–10 нм действие поверхностных сил проникает на 5–6 атомных плоскостей вглубь кристалла. Таким

образом, влиянию этих сил подвергается практически весь объём, и, соответственно, все атомы могут рассматриваться как поверхностные [1].

При уменьшении размеров от 10 до 1 нм, как отмечал Ю.И. Михайлов (российский химик, специалист в области физикохимии и материаловедения, академик Российской академии наук), происходят кардинальные изменения фундаментальных физических и химических свойств веществ (параметры кристаллической решетки, температуры плавления, электронная структура, каталитические и многие другие свойства) [1].

Благодаря влиянию высокоразвитой поверхности нановеществ на упорядочение расположения элементов в системах со случайно формируемой структурой (percolation threshold), а также локальным химическим взаимодействиям, происходят изменения скорости отверждения, мобильности и деформируемости полимерных цепей, упорядоченности структуры (степени кристаллизации полимерной матрицы) [2]. Как предполагает А.В. Гороховский, стимулируется возникновение в расплаве значительно большего числа центров кристаллизации (зародышей кристаллизации), приводящих в конечном итоге к формированию материала со значительно более высокой степенью кристаллизации, что в конечном итоге сказывается на снижении эмиссии свободного формальдегида, более высокой механической прочности композита.

Известно, что введение в состав композита всего 5 масс. % наноразмерных наполнителей позволяет в 5–15 раз снизить газопроницаемость и трещиностойкость, а также улучшить износостойкость материала по сравнению с полимерным композитом, содержащим 20–30 масс. % микроразмерного наполнителя. Введение в полимерную матрицу некоторых наноразмерных веществ придает ей негорючесть и огнезащитные свойства [3].

Нанокompозитные материалы, содержащие наночастицы металлов в полимерной матрице, обладают уникальными свойствами, о чём свидетельствует успешный синтез нанокompозитов серебра и биосовместимых полимеров [1]. Кроме того, наночастицы серебра сферической формы и данных размеров обладают наилучшими антимикробными свойствами [4].

Целью исследовательской работы стало изучение возможности использования в качестве поглотителя свободного формальдегида наноразмерного серебра, характеризующегося, в том числе, широкими антибактериальными и фунгицидными свойствами.

В качестве защитного средства при испытаниях применялся раствор наноразмерных частиц серебра марки «AgBion-2» концерна «Наноиндустрия». Состав обладает фунгицидными свойствами и не содержит хлорсодержащих и других экологически вредных компонентов, биосовместим и относится к IV классу опасности. Концентрат коллоидного раствора наноразмерных частиц серебра представляет собой подвижную жидкость темно-бурого цвета без запаха. Основным действующим началом материала являются наночастицы коллоидного металлического серебра (Ag), их средний размер – 10 нм, а содержание в продукте – 0,27 мг/мл.

Продукт содержит в качестве стабилизатора поверхностно активное вещество (ПАВ) – диоктилдисульфосукцинат натрия, представляющий собой разрешенную (согласно СанПиНу 2.3.2.1078-01) пищевую добавку Е-480 в количестве 17,7 мг/мл. Присутствующее в составе продукта ПАВ является необходимым вспомогательным компонентом, стабилизирующим коллоидную дисперсию и препятствующим агрегации наночастиц. Остальную часть продукта составляет дистиллированная вода [4].

В ходе работы были сформированы (в соответствии с техническими условиями ГОСТа 10632-2014 [5]) трехслойные древесно-стружечные плиты на основе карбамидоформальдегидных смол. Они готовились с добавлением концентрата препарата «AgBion-2», рабочего 10 %-го раствора коллоидного наносеребра в связующее, а также

с предварительным смешиванием рабочего раствора со стружкой и без нанодобавки (в контрольном образце).

Эксперименты носили разведывательный характер. Опытные образцы плит формировались в лаборатории кафедры инновационных технологий и оборудования деревообработки. Режим прессования представлен в таблице.

Режим прессования плит

№	Наименование	Значение
1	Время, мин: приготовления прессмассы подпрессовки прессования	3–5 0,33–0,67 0,35–2,4
2	Давление прессования, ати	13,03
3	Показания манометра	–
4	Температура плит прессы, °С: верхняя плита нижняя плита	160 148

Испытания плит проводились в условиях сертифицированной лаборатории АО «Югра-плит», которая является крупнейшим производителем древесно-стружечных плит в Уральском федеральном округе.

Содержание свободного формальдегида в исследуемых образцах (показатель класса эмиссии) определялось в соответствии с ГОСТом 27678-2014, а основных физико-механических показателей – в соответствии с ГОСТом 10634-88 [6].

Анализ результатов экспериментов показал, что максимальное содержание свободного формальдегида наблюдается у плит без добавления наносеребра (20,58 мг/100 г), минимальное значение – у плиты с добавлением концентрата наносеребра в связующие (10,3 мг/100 г), что в 2 раза ниже и близко к регламентируемому ГОСТом 10632-2014 значению для марки плиты П-А (не более 8 мг/100 г) (рис. 1).

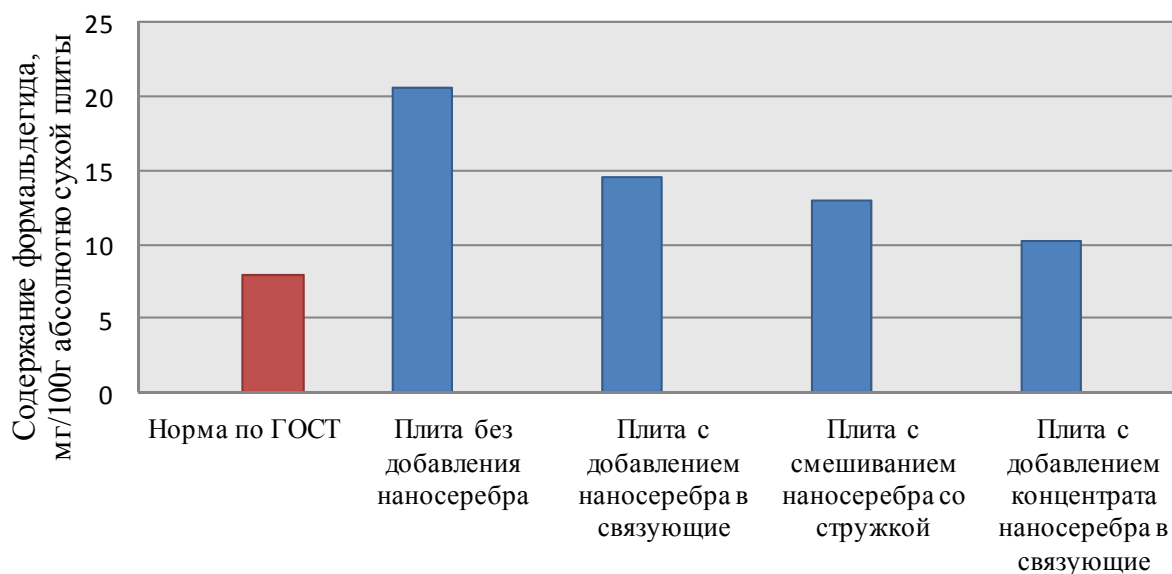


Рис. 1. Диаграмма содержания свободного формальдегида в ДСтП

Однозначно более предпочтительным является вариант предварительного смешивания концентрата наносеребра со связующим, так как в этом случае разбухание, водопоглощение и содержание свободного формальдегида существенно снижаются (рис. 1, 2, 3).

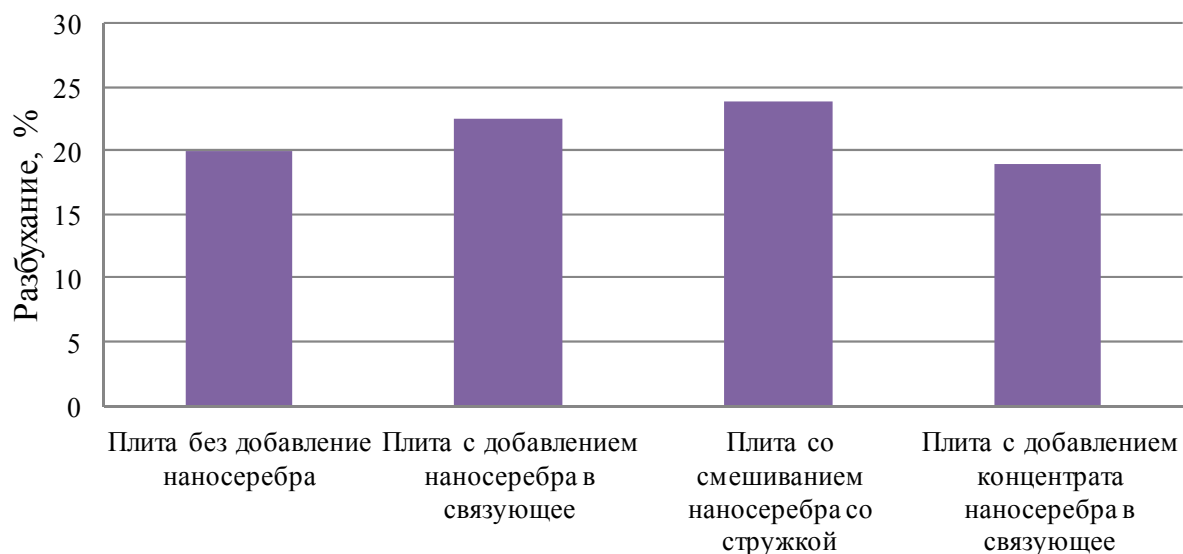


Рис. 2. Диаграмма разбухания ДСтП

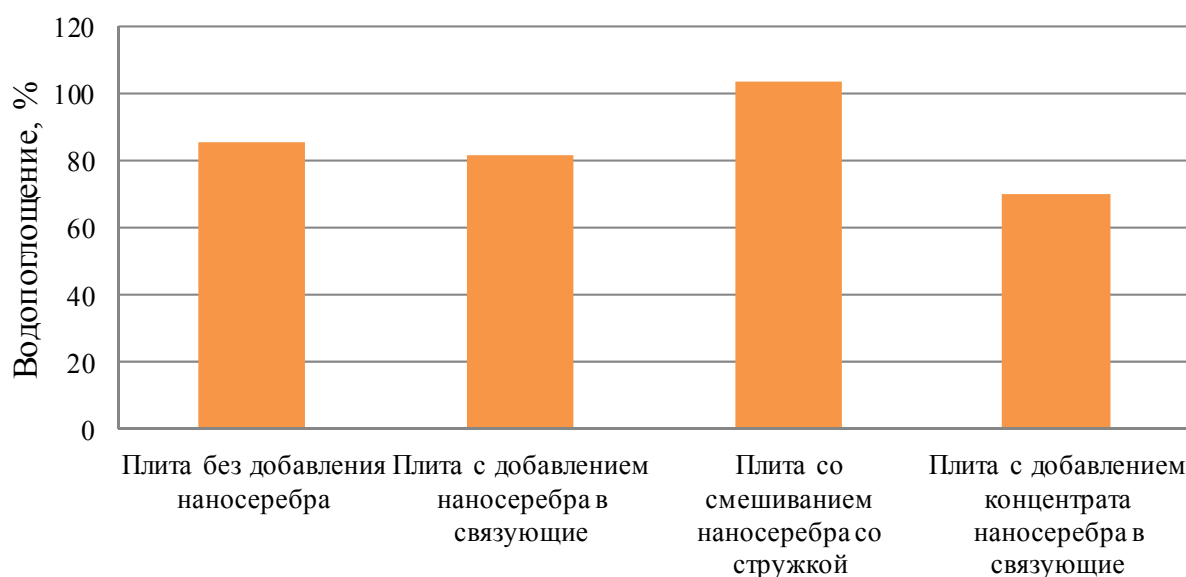


Рис. 3. Диаграмма водопоглощения ДСтП

Вопреки ожиданиям прочность плит с увеличением содержания наносеребра и снижением количества добавляемой воды в связующее снижается (рис. 4). Данное обстоятельство можно объяснить технологическими особенностями приготовления прессмассы, которые требуют дополнительного изучения.

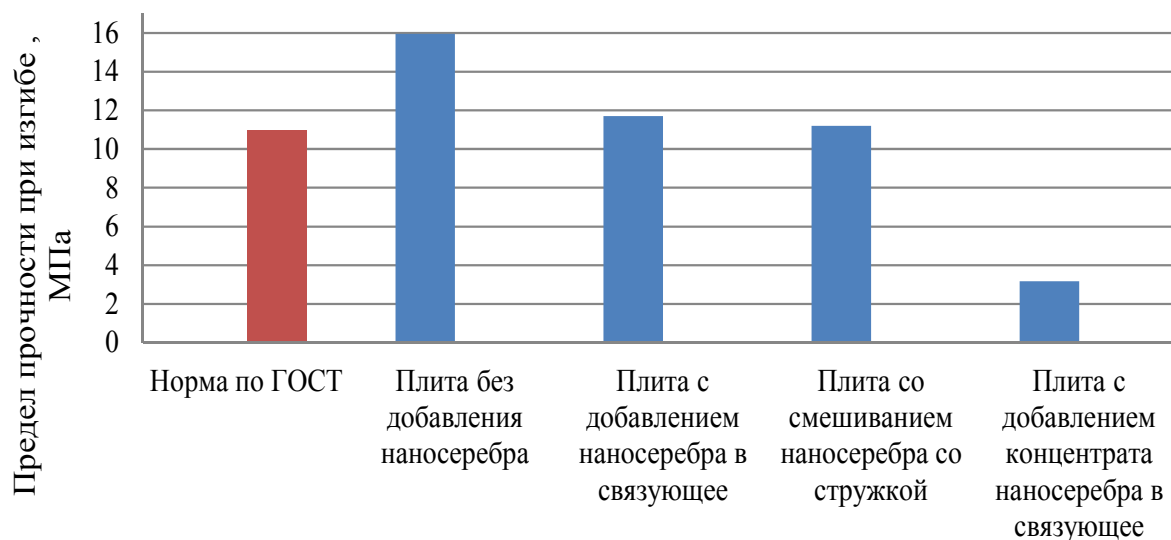


Рис. 4. Диаграмма предела прочности на статический изгиб ДСтП

В целом, можно сделать вывод, что добавление наносеребра в связующее с целью снижения токсичности плит является перспективным направлением дальнейших исследований.

### Библиографический список

1. Гороховский А.В. Композиционные наноматериалы. Саратов: Саратов. гос. тех. ун-т, 2008. 73 с.
2. Наука в Сибири. 2007. № 44 (2629). URL: <http://www.sbras.ru/HBC/hbc.phtml?11+439+1>.
3. Модифицирование древесно-стружечных плит наноразмерным серебром / Е.И. Стенина, Т.Ю. Чеснокова, Н.А. Оберюхтина, И.А. Ваулина // Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов: труды БГТУ. 2017. № 1 (192). С. 147–151.
4. Стенина Е.И., Чеснокова Т.Ю. Исследование возможностей применения коллоидного раствора наноразмерных частиц серебра в качестве биоцида для древесины в жестких условиях эксплуатации // Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов: труды БГТУ. 2017. № 1 (192). С. 152–155.
5. ГОСТ 10632-2014. Плиты древесно-стружечные. Технические условия. Введ. 2015–07–01. М.: Стандартинформ, 2014. 16 с.
6. ГОСТ 10634-88. Плиты древесно-стружечные. Методы определения физических свойств. Введ. 1990–01–01. М.: Изд-во стандартов, 1991. 6 с.

УДК 674.812

**О.Н. Чернышев, Ю.И. Ветошкин, И.В. Яцун**  
 (O.N. Chernyshev, Y.I. Vetoshkin, I.V. Yatsun)  
 (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
 E-mail для связи с авторами: olegch62@mail.ru

## КОМПОЗИЦИОННЫЙ ДЕКОРАТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ «ФАНОТРЕН»

### COMPOSITE DECORATIVE MATERIAL "FANOTREN"

*В представленной работе рассматриваются композиционные слоистые материалы специального назначения типа «Фанотрен», фанера от рентгена. Перечислены возможные варианты повышения декоративных свойств панелей за счет формирования на их поверхности рельефного изображения. Анализируется исследование изменений рентгенозащитных свойств в связи с изменением содержания наполнителя в облицовочном слое.*

*In the presented work composite layered materials of a special purpose like "FANOTREN", plywood from a X-ray are considered. In work possible options of increase of decorative properties of panels, due to formation on their surface of the relief image are considered. The problems connected with research of change of X-ray protective properties in connection with change of maintenance of a filler in a facing layer are solved.*

Многообразие композиционных материалов на основе древесины в разных формах, используемых в различных областях народного хозяйства, свидетельствует об актуальности их применения и разработки [1]. В представленной работе рассматриваются композиционные слоистые материалы специального назначения (типа «Фанотрен»), фанера от рентгена.

Конструктивной особенностью материала является его многослойность [2], за счет которой возможно регулировать степень защитных свойств материала «Фанотрен» от рентгеновского излучения (рис. 1).



Рис. 1. Панель стеновая декоративная с тисненным декоративным покрытием

В чистом виде (без отделки и облицовывания) плитные древесные материалы практически не применяются в силу низких декоративно-эстетических свойств. Для придания изделиям индивидуальных архитектурных художественных форм, улучшения их товарного вида, а также для повышения их конкурентоспособности на рынке специалисты-дизайнеры пользуются различными приемами:

- 1) облицовывают фасадные поверхности строганым шпоном ценных пород, синтетическим шпоном и декоративными пленками;
- 2) делают отделку непрозрачными лакокрасочными материалами и т. д. (рис. 2).





Рис. 2. Декоративный материал «Фанотрен»

Относительно новым методом декорирования является тиснение, заключающееся в нанесении на фасадные поверхности мебельных деталей и панелей рельефных композиций, полученных прессованием. В основе метода лежит способность некоторых материалов получать остаточные деформации при определенном давлении и температуре. Рельефы могут быть вогнутыми, выпуклыми и комбинированными [3]. Это дает возможность формировать на плоских поверхностях рельефные композиции различных форм и конфигураций – от простейших геометрических до сложных растительных орнаментов (рис. 3).



Рис. 3. Панель стеновая декоративная с рельефным декоративным покрытием

Нанесение декоративного рельефного рисунка на поверхность деталей осуществляется следующим образом. Заготовку, облицованную защитным слоем с наполнителем, располагают на стальной пластине, уложенной на неподвижной части пресса. Затем на нее кладут узоробразующий элемент рисунком вниз, верхнюю часть пресса опускают и выполняют тиснение. Эластичная пластина предохраняет заготовку от коробления порывов. Композиция из облицовочного материала, наполнителя, клея и воды позволяет получить хорошее качество тиснения при самых сложных узорах на заготовках композиционного материала при сохранении целостности и четкости изображения.

Режим прессования представляет собой сочетание ряда факторов, обеспечивающее возможность наиболее экономичного получения композиционного материала с определенными требованиями к ее качеству:

1. Удельное давление прессования – 10–12 МПа.
2. Температура плит пресса – 50–75 °С.
3. Время выдержки в прессе – 3–5 мин.
4. Глубина тиснения – 1,6 мм.
5. Расход клея – 100–200 г/м<sup>2</sup>.

Схема прессования пакета и создания рельефа представлена на рисунке (рис. 4).

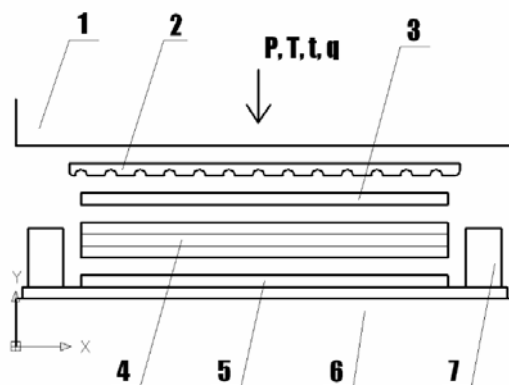


Рис. 4. Схема прессования пакета и создания рельефной поверхности:

- 1 – верхняя плита пресса; 2 – матрица;  
 3 – облицовочный материал, на котором создается рельефная поверхность;  
 4 – основа; 5 – облицовочный материал; 6 – нижняя плита пресса; 7 – прокладки

В результате проведенных экспериментов (с последующей обработкой данных) определили оптимальный вариант композиции рентгенозащитного материала для стеновых панелей. Данный композиционный материал (рис. 5) обладает высокой стоимостью. Основную часть цены составляет сульфат бария ( $BaSO_4$ ), являясь основой, поглощающей рентгеновское излучение.

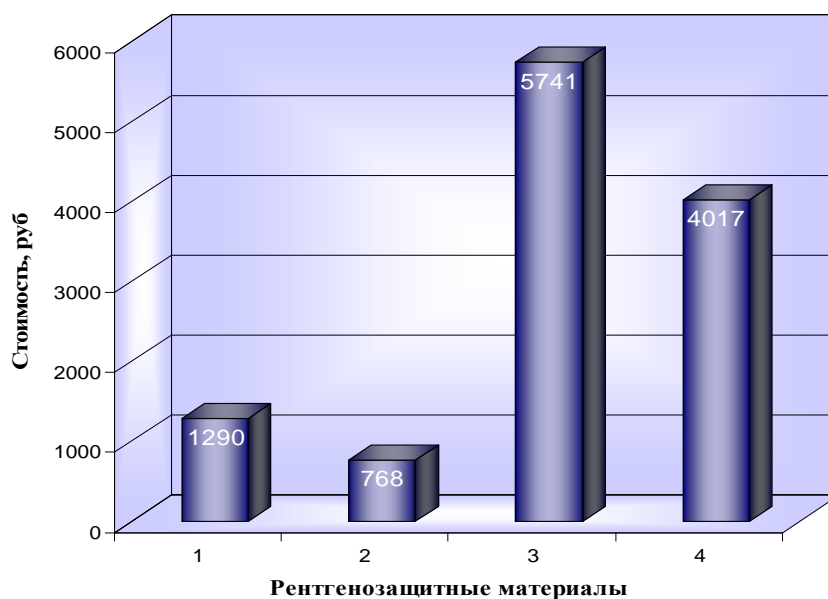


Рис. 5. Сравнительная стоимость рентгенозащитных материалов:

- 1 – пластик ППС-73; 2 – свинец рольный ССУ-2;  
 3 – просвинцованная резина; 4 – «Фанотрен Г»

Разработанный материал «Фанотрен» является конструкционным, и поэтому для полной отделки помещения потребуются затраты лишь на крепежную фурнитуру и монтажные работы.

В заключение можно отметить, что в связи с все более растущим спросом населения на декоративные панели повышение их художественно-декоративных и эстетических свойств, качества и конкурентоспособности, а также снижение себестоимости является одной из наиболее важных задач.

Можно сделать следующие выводы:

1. Установлено влияние на рентгенозащитные свойства 3-х независимых факторов: количество барита, клея ПВА и воды в растворе, – которым пропитан облицовочный слой.

2. С целью определения оптимального количества составляющих раствора на основании результатов эксперимента были построены графики зависимости, позволяющие определить степень вышеуказанных факторов на защитные и декоративные свойства.

3. По результатам анализа математической модели и графиков было выявлено оптимальное содержание барита, клея и воды в растворе.

4. Предложена схема технологического процесса изготовления стеновых панелей на основе фанеры с тисненной облицовочной поверхностью.

5. Экономические показатели подтверждают целесообразность данной работы.

## Библиографический список

1. Ветошкин Ю.И., Яцун И.В., Чернышев О.Н. Конструкции и эксплуатационно-технологические особенности композиционных рентгенозащитных материалов на основе древесины. Екатеринбург, 2009. 148 с.

2. Кноп А., Шейб В. Фенольные смолы и материалы на их основе. М.: Химия, 1983. 280 с.

3. Мэттьюс Ф., Ролинге Р. Композиционные материалы. Механика и технология. М.: Техносфера, 2004. 408 с.

УДК 674.812

**О.Н. Чернышев, Ю.И. Ветошкин, И.В. Яцун, Д.О. Чернышев**

(O.N. Chernyshev, Y.I. Vetoshkin, I.V. Yatsun, D.O. Chernyshev)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: olegch62@mail.ru

## РЕНТГЕНОЗАЩИТНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ

### X-RAY PROTECTIVE MATERIAL ON THE BASIS OF WOOD WASTE

*На кафедре механической обработки древесины и производственной безопасности (УГЛТУ) были проведены экспериментально-поисковые опыты с целью получения композиционного материала на основе отходов древесины, обладающего защитными свойствами от рентгеновского излучения. Для снижения токсичности готовых плит проведены испытания по получению новой смолы КФ-ЛТ со значительным сокращением доли свободного формальдегида (одновременно с хорошими показателями по технической характеристике подобных смол).*

*At department of Machining of wood and production safety, the Ural state timber university are carried out experimentally – search experiences, for the purpose of receiving the composite material on the basis of waste of wood possessing protective properties from x-ray radiation. For decrease in toxicity of ready plates tests on receiving the KF new pitch – LT, with considerable reduction of a share of free formaldehyde, along with good indicators on a technical characteristic of similar pitches are carried out.*

Разработанная конструкция композиционного материала КФ-ЛТ с защитными свойствами от рентгеновского излучения, технология его получения и эксперименты показывают, что производство данного материала и древесностружечных плит на предлагаемом связующем перспективно [1]. Материал рекомендуется применять при оборудовании рентгеновских кабинетов, для обшивки стен, пола, потолков, для изготовления ширм, дверных блоков и др.

Степень защиты полученного материала от рентгеновского излучения можно регулировать в зависимости от требований заказчика. Результаты оценки защитных свойств получены при жестком (пучковом) излучении и могут быть оценены положительно [2].

Известно, что в производстве ДСтП применяются карбамидоформальдегидные смолы многих марок. Эти смолы различаются молекулярными состояниями исходных компонентов, содержанием сухих веществ, свободных непрореагировавших продуктов, показателями вязкости, продолжительностью желатинизации, выделением определенной доли формальдегида и др. [3].

В России для производства ДСтП рекомендована малотоксичная карбамидоформальдегидная смола КФ-МТ (ГОСТ 14231).

Для снижения токсичности готовых плит в лабораториях кафедры механической обработки древесины и производственной безопасности проведены испытания по получению новой смолы КФ-ЛТ. Полученная на основании опытных варок, она не уступает КФ-МТ, а по экологической безопасности значительно ее превосходит. Сравнительная характеристика представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика клеящих карбамидоформальдегидных смол

Показатель	Смола КФ-МТ	Смола КФ-ЛТ
Массовая доля сухого остатка, %	66	65
Массовая доля свободного формальдегида, %, не более	0,3	≈ 0,1
Условная вязкость при 200 °С (по ВЗ-4), после хранения в течение 60 суток	30–50	26
Концентрация водородных ионов (рН)	6,5–8,5	7,5
Продолжительность желатинизации при 1 000 °С, с 5–20 %-м раствором хлористого аммония	35–55	50
Смешиваемость с водой при 200 °С в соотношении по объему 1:2	Полная	Полная
Срок хранения, мес., не менее	2	–
Способ склеивания	Горячий	Горячий
Предел прочности при скалывании по клеевому слою фанеры, МПа, не менее	1,6	–

Предложенная карбаминоформальдегидная смола КФ-ЛТ не имеет канцерогенных выбросов (формальдегида) и при этом обладает высокими показателями по технической характеристике, поэтому может быть использована как защитный материал от рентгеновского излучения. Для изготовления материала можно использовать отходы деревообработки.

Физико-механические характеристики ДСтП и нового композиционного материала представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-механические свойства ДСтП и композиционного материала

Показатель	Композиционный материал	ДСтП (Р-2)
Влажность, %	6	8
Водопоглощение, %, не более	15	15
Разбухание, %, не более, при водостойкости:		
обычной	23	30
повышенной	18	25
Предел прочности при растяжении $\perp$ пласти плиты, МПа, не менее	–	0,295
Предел прочности при статическом изгибе, Мпа, не менее, для толщин от 10 до 14 включительно	16, 38	15,69
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	900	550-750
Параметр шероховатости пластин по ГОСТу 7016-2013, мкм, не более, для нешлифованных плит	300	500

Разработанная конструкция композиционного материала (согласно патентным исследованиям) не имеет аналогов в мире (см. рисунок).



Изготовленные стеновые панели на основе материала «Плитотрен»

Новый композиционный материал обладает оригинальными конструктивно-декоративными особенностями, а также:

- защитными свойствами от рентгеновского излучения;
- разнообразными вариантами отделки;
- хорошими свойствами для монтажа, крепежа и т. п.;
- хорошо обрабатывается на специальном оборудовании;

– долговременным хранением и допускает традиционные способы упаковки и транспортировки.

Поисковые экспериментальные работы свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших исследований.

Ожидаемые результаты:

- получить технологический регламент изготовления композиционного материала;
- отработать рецептуру карбамидоформальдегидной смолы нового типа КФ-ЛТ;
- отработать технику и технологию формирования защитно-декоративного покрытия на композиционном материале;
- оценить защитные и санитарно-эксплуатационные свойства связующего и композиционного материала.

## Библиографический список

1. Чернышев Д.О., Бражников С.Г. Материалы на основе древесных отходов DS и DS-1 / Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды XI Междунар. евразийск. симпозиума. Екатеринбург: УГЛТУ, 2016. 305 с.

2. Ветошкин Ю.И., Яцун И.В., Чернышев О.Н. Конструкции и эксплуатационно-технологические особенности композиционных рентгенозащитных материалов на основе древесины. Екатеринбург, 2009. 148 с.

3. Кноп А., Шейб, В. Фенольные смолы и материалы на их основе. М.: Химия, 1983. 280 с.

УДК 339.137.2

**А.В. Шустов**

(A.V. Shustov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: [al.v.shustov@mail.ru](mailto:al.v.shustov@mail.ru)

## ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

### THE FEASIBILITY OF VOLUNTARY CERTIFICATION IN WOODWORKING

*Проанализированы нормативно-технические документы по подтверждению соответствия в деревообработке, обоснована целесообразность добровольной сертификации на примере мебельной продукции.*

*Analyzed regulatory and technical documents on conformity assessment in wood processing, the expediency of voluntary certification on the example of furniture products.*

Вопросы, связанные с обязательными формами подтверждения соответствия в деревообработке для оборудования, инструмента и мебельной продукции, рассмотрены в наших прошлых статьях [1, 2]. Проанализированы различные схемы обязательного декларирования соответствия и обязательной сертификации.

В условиях рыночной экономики, значительной конкуренции в области деревообработки продукция, товары, работы и услуги, не подлежащие обязательному подтверждению

соответствия, могут проходить процедуру добровольного подтверждения соответствия в виде добровольной сертификации.

Добровольную сертификацию можно разделить на два вида:

- 1) сертификация системы менеджмента качества на предприятии;
- 2) сертификация продукции, работ и услуг.

Самой распространенной, признанной системой менеджмента качества является сертификация на соответствие серии стандартов ИСО 9000. Основная модель системы качества описана в стандарте ИСО 9001. Последняя новая версия данного стандарта вышла в 2015 году – ИСО 9001:2015. Она существенно изменилась по сравнению с версией 2008 года. Пояснения по каждому требованию ИСО 9001:2015 и рекомендации по их внедрению приводятся в книге [3].

Стандарты серии ИСО 9000 являются основной нормативной базой для обучающихся и выпускников направления бакалавриата 27.03.02 «Управление качеством» института экономики и управления (выпускающая кафедра менеджмента и управления качеством). Рационально их использовать для сертификации предприятий лесного комплекса, например, для деревообрабатывающих предприятий.

Добровольная сертификация продукции, товаров и услуг применяется в случае отсутствия обязательных к выполнению требований по безопасности в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании [4].

Добровольная сертификация проводится по инициативе заявителей (производителей, изготовителей, исполнителей, продавцов) в целях подтверждения соответствия товаров и услуг требованиям ГОСТов, стандартов организаций, технических условий и других документов, определяемых заявителем. Добровольная сертификация проводится органом по сертификации на условиях договора с заявителем.

Основной целью добровольной сертификации в условиях современных рыночных отношений является повышение конкурентоспособности продукции, товаров и услуг.

Это может окупить затраты на проведение процедуры добровольной сертификации. Например, для мебели при соблюдении всех требований по механической, химической, санитарно-гигиенической, пожарной и электрической безопасности в соответствии с техническим регламентом [5] проведение дополнительных испытаний и исследований на предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в материалах, используемых при изготовлении мебели и влияющих на здоровье и все виды безопасности, может показать преимущество продукции данного производителя по сравнению с конкурентами, которые используют материалы с более низкими показателями, но соответствующие техническому регламенту и ГОСТам. При подтверждении данных испытаний добровольным сертификатом и активной рекламной компании реализация продукции (объем продаж) значительно возрастают.

Необходимо отметить, что после принятия нового Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации» [6] создается национальная система сертификации (НСС) соответствия конкретной продукции государственным стандартам (ГОСТам и ГОСТам Р, как было ранее и в плановой экономике), а не стандартам организаций и техническим условиям. Возможно, и мебель придется делать по ГОСТам, а не по ТУ, и подтверждать это добровольной или обязательной сертификацией. Данный пилотный проект запущен в 7 регионах России с 2017 года, включая Свердловскую область и республику Крым.

В современных условиях целесообразно использовать для повышения конкурентоспособности продукции деревообрабатывающих предприятий форму подтверждения соответствия – добровольную сертификацию.

**Библиографический список**

1. Шустов А.В. Анализ подтверждения соответствия в деревообработке // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: мат-лы X Симпозиума. Екатеринбург, 2015.
2. Шустов А.В. Анализ нормативно-технических документов по безопасности деревообрабатывающего оборудования и инструмента // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: мат-лы XI Симпозиума. Екатеринбург, 2016.
3. Козлов П.М. ИСО 9001:2015. Пояснения. Интерпретация требований. Руководство по внедрению. М.: КРМС, 2016. 221 с.
4. О техническом регулировании: федер. закон РФ № 184-ФЗ от 27.12.2002 (ред. от 28.12.2013): принят Госдумой 23 декабря 2013 г.: одобрен Советом Федерации 25 декабря 2013 г.
5. О безопасности мебельной продукции: технический регламент ТС 025/2012 от 15.06.2012 г.: принят решением Совета Евразийск. экономич. комиссии от 15 июня 2012 г. № 32.
6. О стандартизации в Российской Федерации: федер. закон РФ от 19.06.2015 г.: принят Госдумой 22 июня 2016 г.: одобрен Советом Федерации 29 июня 2016 г.

**УДК 674.816**

**Г.З. Щепочкина, Ю.И. Ветошкин, С.В. Смирнов**  
(G.Z. Shchepochkina, Y.I. Vetoshkin, S.V. Smirnov)  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: shchepochkinag@mail.ru

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА  
ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ В РОССИИ**

**IMPROVEMENT OF CHIPBOARDS PRODUCTION IN RUSSIA**

*Предлагается технология производства древесно-стружечных плит с использованием экологически безопасных связующих на основе алюмофосфатов. Древесно-стружечные плиты, произведенные с использованием связующего на основе алюмофосфатов, будут соответствовать классу эмиссии формальдегида E 0,5.*

*The technology of particle board production using environmentally friendly binders on the basis of aluminophosphates. Wood chipboards produced using a binder based on aluminophosphates, will conform to the formaldehyde emission class E 0,5.*

Деревообрабатывающая отрасль промышленности одна из самых динамично развивающихся. Она включает в себя деревообрабатывающую и мебельную, производство стройматериалов и другие. Влияние на развитие отрасли оказывает не только наличие и качество сырьевой базы (запасы сырья на территории нашей страны составляют около 20 % от общемировых), но и внедрение новых технологий. В России основным потребителем древесно-стружечных плит является мебельная промышленность. На ее долю приходится более 75 % общего объема вырабатываемой продукции [1].

Согласно статистике, основными производителями древесно-стружечных плит являются: Центральный федеральный округ (здесь сосредоточено 48 % производства ДСтП), далее следует Северо-Западный федеральный округ (24 % производств),



Сибирский и Приволжский ФО (11 и 10 % соответственно). На Южный, Уральский и Дальневосточный ФО приходится лишь 7 % производства древесно-стружечных плит (см. рисунок).



Распределение основных производителей древесно-стружечных плит по регионам

Предприятия-изготовители ДСтП в:

- 1) Центральном ФО – ОАО «Дятьково ДОЗ», ЗАО «Муром», ОАО «Фанплит» и другие;
- 2) Западном ФО – ООО «Монзенский ДОК», ООО «Сыктывкарский ФЗ» и многие другие предприятия;
- 3) Сибирском ФО – ЗАО «Красноярский ДОК», ОАО «Уст-Илимский ДЗ» и т. д.;
- 4) Приволжском ФО – ООО «Увадрев», ЗАО «Пермский ФК»;
- 5) Южном ФО – ЗАО «ЮГ», ЗАО «Томский завод ДСП» и ЗАО РНП «Волгоград-мебель»;
- 6) Уральском ФО – ОАО ДОК «Красный Октябрь» и ЗАО «Фанком»;
- 7) Дальневосточном ФО – ОАО «Амурский МДК».

В настоящее время в России при производстве древесно-стружечных плит используются органические связующие на базе карбамидоформальдегидных (КФС) и фенолоформальдегидных (ФФС) смол, оказывающих вредное воздействие на организм человека и окружающую среду. Формальдегид является ядовитым веществом и выделяется из плиты более 10 лет. Мебель для жилых помещений изготавливают из древесно-стружечных плит класса эмиссии формальдегида Е1. В соответствии с ГОСТом 10632-2014 предельно допустимое содержание формальдегида для плит класса Е1 составляет 8 мг на 100 г абсолютно сухой плиты, а предельно-допустимые нормы выделения формальдегида из плиты в воздух, установленные методом испытания в климатической камере, – до 0,124 мг/м<sup>3</sup> воздуха.

Предельно-допустимая концентрация (ПДК) формальдегида в воздухе в соответствии с ГОСТом 12.1.005-88 составляет 0,05 мг на 1 м<sup>3</sup>. По данным Центра сертификации лесопродукции («Лессертика») ЗАО «ВНИИдрев» [2], выделение формальдегида из готовых плитных материалов и фанеры при обследовании 180 Российских предприятий значительно превышает предельно-допустимое его значение и составляет от 0,02 до 0,43 мг/м<sup>3</sup> воздуха (при исследовании по камерному методу). Следовательно, необходимо использовать экологически безопасные связующие в технологии производства древесно-стружечных плит [3].

Решить проблему нетоксичных древесно-стружечных плит возможно использованием связующих, не содержащих формальдегид. Их применение в домостроении и производстве мебели позволят избежать вредных выбросов (выделений) в окружающую среду. Древесно-стружечные плиты на основе разработанного связующего будут

иметь достоинство – выделение токсичных веществ ниже ПДК. Инновационностью исследовательской работы является замена в технологии производства древесных плит органических связующих на неорганические водные композиции дигидрофосфатов металлов (второй и третьей групп периодической таблицы Д.И. Менделеева и переходных металлов 3D-ряда).

Основной способ получения экологически безопасного металлофосфатного связующего заключается в термическом растворении (варке) оксидных соединений в высококонцентрированной ортофосфорной кислоте. В качестве сырья для получения алюмофосфатного связующего (АФС) служат глинозем технический гранулированный с массовой долей оксида алюминия  $62,0 \pm 3,0$  % (ТУ 171130-002-9870-8430-2007) и ортофосфорная кислота термическая (ГОСТ 10678-76) с массовой долей 73 %.

Основные преимущества алюмофосфатных связующих по сравнению со связующими на основе органических полимеров заключаются в отсутствии газообразных выделений фенолов, альдегидов и других остаточных компонентов полимеризации, в огнестойкости и повышенной биостойкости изделий по отношению к разрушительному действию грибков и микроорганизмов.

Древесно-стружечные плиты, произведенные с использованием связующего на основе алюмофосфатов, будут соответствовать классу эмиссии формальдегида Е 0,5 (ГОСТ 10632-2014), обладать огнестойкостью и повышенной биостойкостью изделий по отношению к разрушительному действию грибков и микроорганизмов.

## Библиографический список

1. Леонович А.А. Новые древесноплитные материалы. СПб: Химиздат, 2008. С. 160.
2. Разиньков Е.М. Миграция формальдегида из древесно-стружечных плит // Лесотехнический журнал. 2013. №4. С. 117–125.
3. Щепочкина Г.З., Ветошкин Ю.И., Киселева Г.В. Физико-химические свойства водных растворов неорганических связующих // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: сборник: мат-лы XIII Всерос. науч.-технич. конф. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т., 2017. С. 112–113.

УДК 630.24:630.81

**Е.С. Залесова<sup>1</sup>, А.В. Данчева<sup>2</sup>, В.И. Крюк<sup>1</sup>,  
Н.А. Луганский<sup>1</sup>, Е.Н. Нестерова<sup>1</sup>, О.В. Толкач<sup>3</sup>**  
(E.S. Zalesova<sup>1</sup>, A.V. Dancheva<sup>2</sup>, V.I. Kryuk<sup>1</sup>,  
N.A. Luganskij<sup>1</sup>, E.N. Nesterova<sup>1</sup>, O.V. Tolkach<sup>3</sup>)

(<sup>1</sup>УГЛТУ и <sup>3</sup>Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург, РФ;

<sup>2</sup>ОАО «КазНИИЛХА, г. Щучинск, Республика Казахстан)

E-mail для связи с авторами: zalesov@usfeu.ru

## ВЛИЯНИЕ РУБОК УХОДА НА КАЧЕСТВО ВЫРАЩИВАЕМОЙ ДРЕВЕСИНЫ

### THE EFFECT OF THINNING ON THE QUALITY OF THE GROWN WOOD

*Рассмотрены вопросы влияния рубок ухода на количественные и качественные показатели выращиваемой древесины. Установлено, что рубки ухода способствуют*

увеличению доли крупных деревьев, а следовательно, позволяют увеличить выход наиболее ценных крупных сортиментов. В результате проведения рубок ухода формируются насаждения нужного породного состава и предотвращается смена пород. В процессе изреживания из древостоя изымаются больные, поврежденные, необратимо угнетенные, с наличием пороков древесины и другие деревья нежелательные с лесоводственной точки зрения. В то же время при чрезмерном изреживании в молодом возрасте увеличивается сучковатость деревьев. В последнем случае снижается качество древесины. Экспериментально доказано, что оптимизируя режим рубок ухода можно обеспечить существенные улучшения количественных и качественных показателей древесины к возрасту спелости. Улучшение качества древесины, вызванное рубками ухода, обеспечивает также повышение рекреационной привлекательности и пожароустойчивости формируемых насаждений.

*There are considered questions of influence of cabins of leaving on the quantitative and quality indicators of the grown-up wood. It is established that cabins of leaving promote increase in a share of large trees and consequently allow to increase an exit of the most valuable large assortments. As a result of carrying out cabins of leaving plantings of the necessary breed structure are formed and change of breeds is prevented. In the process of thinning defective, sick, irreversible oppressed, with existence of defects of wood and other undesirable trees (from the silvicultural point of view) are withdrawn from a forest stand. At the same time the branchiness of trees increases at an excessive thinning in a young age. In the latter case the quality of wood decreases. It is experimentally proved that optimizing the mode of cabins of leaving it is possible to provide significant improvements of the quantitative and quality indicators of wood to a ripeness age. Improvement of quality of wood, caused by cabins of leaving, provides also increase in recreational appeal and fire resistance of the formed plantings.*

Общеизвестно [1–4], что рубки ухода являются основным лесоводственным мероприятием, направленным на улучшение породного и качественного состава насаждений, их санитарного состояния, повышение устойчивости к неблагоприятным факторам и усиление многогранных полезных функций леса.

Библиография работ по рубкам ухода чрезвычайно обширна и касается многих вопросов их влияния на компоненты насаждений [5, 6], их пожароустойчивость [7], продуктивность [8, 9] и рекреационную привлекательность [10, 11]. В то же время работ по изучению влияния рубок ухода на качественные показатели древесины в научной литературе относительно немного [3, 8], что и определило направление наших исследований.

Целью работы являлось установление влияния рубок ухода в сосняках Среднего Урала на количественные и качественные показатели выращиваемой древесины.

Объектом исследований служили насаждения сосняка ягодникового, произрастающего в южной подзоне тайги Урала.

В ходе исследований была восстановлена постоянная пробная площадь (ППП), заложенная в 1952 г. профессором кафедры лесоводства М.В. Колпиковым с целью изучения лесоводственной эффективности рубок ухода. Работы на указанной ППП в дальнейшем были продолжены под руководством доцента А.Л. Клебанова и профессора С.В. Залесова. Подробная характеристика ППП приведена в ранее опубликованных работах [3, 8].

В процессе проведения исследований использовались общеизвестные апробированные методики [12, 13], дополненные обмером оснований сучьев у спиленных модельных деревьев.

Древостой ППП-13, на которой проводились исследования, были пройдены в 17-летнем возрасте прочистками интенсивностью от 50 до 70 % по густоте, а спустя 22 года – проходными рубками интенсивностью от 5,1 до 36,8 % по запасу.

Таксационная характеристика древостоев на ППП-13 по секциям спустя 60 лет после прочисток и 36 после проходных рубок приведена в таблице 1.

Таблица 1

Таксационная характеристика 76-летних древостоев на секциях ППП-13

Индекс секции	Интенсивность рубки, %		Состав	Средние		Густота, шт./га	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup>	Запас, м <sup>3</sup> /га	Класс бонитета
	Прочистки	Проходные рубки		Высота, м	Диаметр, см				
КС-1	–	–	10С	21,2	17	2180	53,62	573	II
			9,5С	23,9	24,9	873	42,66	489	
КС-2	70	–	0,5Б	22,6	21,4	<u>45</u> 918	<u>1,64</u> 44,3	<u>24</u> 513	I
РС-1	0	15	9,9С	21,8	19,9	1516	47,2	493	II
			0,1Б	23,3	23,5	<u>10</u> 1526	<u>0,43</u> 47,63	<u>4</u> 497	
РС-II	50	36,8	9,4С	22,6	20,9	1275	43,55	473	I
			0,6Б	21	18,9	<u>132</u> 1407	<u>4,24</u> 47,79	<u>31</u> 504	
РС-V	60	5,1	9,4С	22,5	19	1569	44,74	473	I
			0,6Б	21	18,4	<u>59</u> 1628	<u>1,57</u> 46,31	<u>18</u> 491	
РС-VI	70	26	9,3С	23,6	23,7	972	43,09	480	I
			0,7Б	23,4	22	<u>105</u> 1077	<u>4,01</u> 47,1	<u>37</u> 517	

Материалы таблицы 1 наглядно свидетельствуют, что рубки ухода не привели к существенному увеличению запаса древостоев. Если на контроле (КС-1) он составлял 573 м<sup>3</sup>/га, то на рабочих секциях варьировался от 491 до 517 м<sup>3</sup>/га. Однако указанный запас был представлен различным количеством деревьев, а следовательно, их средний размер существенно различался. Так, если на контроле объем среднего дерева составлял 0,2628 м<sup>3</sup>, то на секции РС-VI он был 0,4800 м<sup>3</sup>, а на секции КС-2 – 0,5588 м<sup>3</sup>. Другими словами, рубки ухода обеспечили в 2,1 раза увеличение объема среднего дерева.

Большой практический интерес представляют вопросы влияния систематического проведения рубок ухода на наружную сучковатость. Анализ материалов обработки модельных деревьев, отобранных на секциях, пройденных рубками ухода и контрольном участке, показал, что последние не оказывают существенного влияния на характер взаимосвязи между таксационными показателями оставляемых на дорастивание деревьев и показателями сучковатости (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между диаметром деревьев и параметрами сучковатости на секциях ППП-13

Параметры сучковатости*	Секция					
	КС-1	КС-2	РС-1	РС-2	РС-V	РС-VI
Диаметр кроны	0,980	0,971	0,986	0,992	0,982	0,997
Площадь оснований сучьев	0,910	0,973	0,952	0,978	0,942	0,984
Площадь оснований зеленых сучьев	0,870	0,856	0,883	0,892	0,806	0,850
Количество сучьев	0,917	0,899	0,934	0,707	0,887	0,891
Количество зеленых сучьев	0,870	0,850	0,874	0,888	0,847	0,850
Диаметр основания среднего сучка	0,942	0,995	0,956	0,979	0,879	0,996
Диаметр основания среднего зеленого сучка	0,990	0,995	0,758	0,990	0,773	0,994
Масса живой кроны	0,976	0,960	0,974	0,965	0,989	0,932
* На каждой секции было обмерено по 15 модельных деревьев.						

Для более объективного анализа влияния рубок ухода на показатели сучковатости все модельные деревья от основания к вершине были разделены на 10 равновеликих частей. Данные о количестве живых (зеленых) сучьев по частям ствола на секциях ППП-13 приведены в таблице 3.

Таблица 3

Распределение количества зеленых сучьев (числитель) и площади их оснований (знаменатель) по частям ствола на секциях ППП-13, %

Секция	Часть ствола						Всего
	5	6	7	8	9	10	
КС-1	–	$2,4 \pm 0,12$	$20,5 \pm 0,88$	$33,3 \pm 1,32$	$26,2 \pm 0,77$	$17,6 \pm 0,69$	<u>100</u>
		$2,4 \pm 0,11$	$23,0 \pm 0,81$	$28,0 \pm 1,04$	$34,2 \pm 1,35$	$12,4 \pm 0,41$	100
КС-2	$0,5 \pm 0,03$ $1,3 \pm 0,05$	$9,1 \pm 0,45$	$20,3 \pm 0,74$	$23,5 \pm 0,92$	$24,4 \pm 1,20$	$22,2 \pm 1,10$	<u>100</u>
		$13,0 \pm 0,47$	$27,3 \pm 0,99$	$30,1 \pm 1,35$	$18,3 \pm 0,91$	$10,0 \pm 0,45$	100
РС-1	–	$2,4 \pm 0,10$	$20,7 \pm 1,00$	$33,3 \pm 1,42$	$26,1 \pm 1,05$	$17,5 \pm 0,70$	<u>100</u>
		$2,4 \pm 0,09$	$23,9 \pm 1,02$	$28,0 \pm 1,30$	$34,1 \pm 1,33$	$11,6 \pm 0,46$	100
РС-2	–	$5,2 \pm 0,21$	$14,7 \pm 0,29$	$24,9 \pm 1,20$	$29,9 \pm 1,37$	$25,3 \pm 1,16$	<u>100</u>
		$7,1 \pm 0,34$	$19,4 \pm 0,88$	$27,8 \pm 1,06$	$29,8 \pm 1,30$	$15,9 \pm 0,78$	100
РС-V	–	$5,4 \pm 0,20$	$10,0 \pm 0,38$	$31,4 \pm 1,30$	$39,0 \pm 1,17$	$14,2 \pm 0,55$	<u>100</u>
		$7,7 \pm 0,35$	$10,5 \pm 0,44$	$33,6 \pm 1,48$	$38,4 \pm 1,34$	$8,8 \pm 0,33$	100
РС-VI	$0,8 \pm 0,04$ $1,7 \pm 0,08$	$9,4 \pm 0,38$	$20,3 \pm 1,00$	$23,4 \pm 1,01$	$24,4 \pm 1,20$	$21,7 \pm 0,99$	<u>100</u>
		$13,3 \pm 0,60$	$27,3 \pm 1,15$	$30,1 \pm 1,28$	$18,3 \pm 0,90$	$9,3 \pm 0,36$	100

Материалы таблицы 3 свидетельствуют, что в контрольных насаждениях основная доля сучьев расположена на 30 % верхней части стволов деревьев, в то время как на секциях, пройденных 60 лет назад прочистками интенсивностью 70 % (КС-2, РС-VI), зеленые сучья встречаются на 50 % верхней части деревьев сосны. Другими словами, оптимизируя режим рубок ухода и, прежде всего, их интенсивность, можно регулировать качество древесины, в том числе сучковатость.

*Выводы:*

1. Рубки ухода позволяют не только обеспечить формирование насаждений нужного породного состава и структуры, но и увеличить объем среднего дерева более чем в 2 раза, повысить рекреационную привлекательность и пожароустойчивость формируемых насаждений.

2. Увеличение доли крупных деревьев существенно повышает ценность выращиваемой древесины, а следовательно, и выход наиболее востребованных сортиментов.

3. Рубки ухода не изменяют основных закономерностей взаимосвязи наружной сучковатости с таксационными показателями деревьев.

4. В процессе прореживания из древостоя изымаются больные и поврежденные экземпляры, необратимо угнетенные, с наличием пороков древесины и другие нежелательные с лесоводственной точки зрения деревья. В то же время при чрезмерном изреживании в молодом возрасте увеличивается сучковатость деревьев. В последнем случае снижается качество древесины. Таким образом, регулируя режим рубок ухода и, прежде всего, интенсивность изреживания, можно выращивать древесину с установленными показателями сучковатости.

**Библиографический список**

1. Рубки ухода / С.В. Залесов, Н.А. Луганский, Н.Н. Теринов, В.А. Щавровский. Екатеринбург: Урал. лесотехн. ин-т, 1993. 112 с.

2. Луганский Н.А., Залесов С.В. Лесоведение и лесоводство. Термины, понятия, определения. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 1997. 101 с.

3. Залесов С.В., Луганский Н.А. Проходные рубки в сосняках Урала. Свердловск: Изд-во Урал. гос. ун-та, 1989. 128 с.

4. Залесов С.В. Научное обоснование системы лесоводственных мероприятий по повышению продуктивности сосновых лесов Урала: дис. ... д-ра с.-х. наук / Сергей Вениаминович Залесов. Екатеринбург, 2000. 450 с.

5. Влияние полноты и густоты на рост сосновых древостоев Казахского мелкосопочника и эффективность рубок ухода в них / А.В. Эбель, Е.И. Эбель, С.В. Залесов, Б.М. Муканов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 221 с.

6. Хайретдинов А.Ф., Залесов С.В. Введение в лесоводство. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 202 с.

7. Роль рубок ухода в повышении пожароустойчивости сосняков Казахского мелкосопочника / С.В. Залесов, А.В. Данчева, Б.М. Муканов, А.В. Эбель, Е.И. Эбель // Аграрный вестник Урала, 2013. № 6 (112). С. 64–67.

8. Залесов С.В., Луганский Н.А. Повышение продуктивности сосновых лесов Урала. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. 331 с.

9. Азаренок В.А., Залесов С.В. Экологизированные рубки леса. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 97 с.

10. Залесов С.В., Хайретдинов А.Ф. Ландшафтные рубки в лесопарках. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 176 с.

11. Ландшафтные рубки / Н.А. Луганский, Л.И. Аткина, Е.С. Гневнов, С.В. Залесов, В.Н. Луганский // Лесное хозяйство. 2007. № 6. С. 20–22.

12. Основы фитомониторинга / Н.П. Бунькова, С.В. Залесов, Е.А. Зотева, А.Г. Магасумова. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 89 с.

13. Данчева А.В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 152 с.

**ДЕРЕВООБРАБОТКА  
В МАЛОЭТАЖНОМ И ИНДУСТРИАЛЬНОМ  
ДОМОСТРОЕНИИ**

**WOODWORKING  
IN LOW AND INDUSTRIAL HOUSING CONSTRUCTION**

УДК 674.812-41:674.213(043.3)

**Л.В. Игнатович, С.В. Шетько**

(L.V. Ignatovich, S.V. Shetko)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: ignatovich@belstu.by

**СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАРКЕТНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ЛИЦЕВЫМ СЛОЕМ  
ИЗ УПЛОТНЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ ПРОКАТА  
С ОДНОВРЕМЕННЫМ ПРИКЛЕИВАНИЕМ ОСНОВАНИЯ**

**METHOD OF MAKING OF PARQUET WARES WITH FACIAL LAYER FROM  
CLOSE-SETTLED WOOD BY METHOD  
OF RENT WITH SIMULTANEOUS GLUING OF FOUNDING**

*Предлагаемая технология изготовления паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины методом проката с одновременным приклеиванием основания дает возможность изготавливать многослойные паркетные изделия любой заданной длины из древесины мягких лиственных пород с высокими физико-механическими свойствами, не уступающими свойствам древесины твердолиственных пород. Технология изготовления паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины мягких лиственных пород данным методом перспективная, ресурсо- и энергосберегающая, экономически эффективная, позволяющая получать высококачественную продукцию за счет возможности использования в качестве исходного сырья мягких лиственных пород древесины.*

*Offered technology of making of parquet wares with a facial layer from close-settled wood with the simultaneous gluing of founding gives an opportunity to make the multi-layered parquet wares of any proper-length from wood of soft leafy breeds with high physical and mechanical properties the method of rent, to not yielding properties of wood of hardwoods. Technology making of parquet wares with a facial layer from close-settled wood of soft leafy breeds by this method perspective, resource-and energy-saving, cost-effective, allowing to obtain high-quality products due to the possibility of using soft hardwoods as a raw material.*

Одной из основных задач деревообрабатывающей промышленности Республики Беларусь является разработка эффективных экономически целесообразных изделий, в частности и при производстве напольных изделий из древесины. Рациональное использование лесосырьевых ресурсов и производство экологически безопасной и конкурентоспособной продукции обуславливается необходимостью ресурсосбережения и импортозамещения в деревообработке.

Проблема может быть решена за счет разработки специальной технологии использования более дешевых мягких лиственных и хвойных пород древесины вместо

ценных и твердых лиственных. Запасы мягких лиственных пород древесины в нашей республике имеются в значительном количестве.

Доля мягколиственных пород превышает 33 % (по статистическим данным Министерства лесного хозяйства), в то время как твердолиственные породы (дуб, бук, ясень) составляют не более 3,4 % от основных лесообразующих пород. Однако использование древесины мягколиственных пород не нашло применения в производстве паркетных изделий в качестве лицевого слоя в связи со сравнительно низкими физико-механическими и эксплуатационными показателями. В качестве сырья для изготовления лицевого слоя паркетных изделий (многослойных) традиционно применяется древесина твердолиственных пород. В Республике Беларусь за последние три года было произведено 500 тыс. м<sup>2</sup> паркетных изделий. Если учесть, что на каждые 100 м<sup>2</sup> паркетных изделий расходуется около 2,5 м<sup>3</sup> древесины твердолиственных пород, то в ближайшие годы дополнительно потребуются десятки тысяч кубометров дуба, ясеня, бука [1].

Таким образом, исследования, посвященные повышению свойств мягколиственных пород древесины до уровня требований, предъявляемых к древесине лицевого слоя паркетных изделий, являются актуальными и важными.

Целью данной работы являлось обеспечение высокой производительности технологического процесса уплотнения древесины методом проката, а также сокращения энергоемкости процесса термомодифицирования (уплотнения) заготовок. В качестве способа улучшения физико-механических свойств древесины мягколиственных пород, например, ольхи (породы древесины широко распространенной на территории Республики Беларусь) научно обоснован и применен метод термомеханического модифицирования.

В работах многих исследователей отмечено, что в качестве способа улучшения физико-механических свойств древесины используется термомеханическое модифицирование, в то же время в большинстве исследований изучено уплотнение пропаренной и увлажненной (25–30 %) древесины. Для предотвращения рассредоточивания уплотненной древесины применяется обработка паром или прогрев при температуре 180–200 °С, что приводит к увеличению продолжительности и энергоемкости процесса модифицирования [1–3].

В качестве способа улучшения физико-механических свойств древесины мягких лиственных пород предлагается метод термомеханического модифицирования – способ изготовления паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины методом проката с одновременным приклеиванием основания [2]. В результате предыдущих исследований были выявлены три основных параметра, в наибольшей степени влияющих на свойства получаемого материала: давление, температура и время термомеханического модифицирования [4]. Время уплотнения заготовок является важным технологическим параметром, оказывающим влияние на продолжительность технологического процесса изготовления многослойных паркетных изделий.

Для обеспечения высокой производительности технологического процесса, а также сокращения энергоемкости процесса термомодифицирования (уплотнения) заготовок предлагается способ уплотнения древесины методом проката с одновременным приклеиванием основания [5].

Принцип метода уплотнения прокатом с одновременным приклеиванием лицевого слоя к основанию заключается в следующем. Обрезную доску мягких лиственных пород влажностью  $10 \pm 2$  %, толщиной 22–60 мм и шириной равной или кратной ширине заготовки для лицевого слоя (с учетом припусков на механическую обработку) распиливают по толщине вдоль волокон древесины на заготовки толщиной 6–12 мм, соответствующей толщине лицевого слоя износа паркетных изделий (с учетом степени



уплотнения). На рисунке показана схема технологического процесса паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины методом проката с одновременным приклеиванием основания.

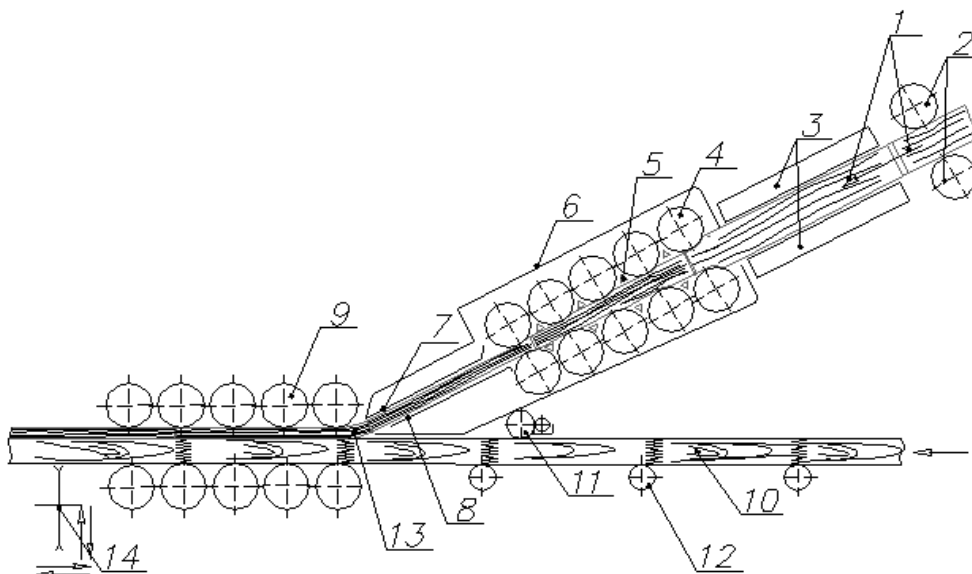


Схема технологического процесса паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины методом проката с одновременным приклеиванием основания:

- 1 – заготовки; 2 – питатель; 3 – нагревательные элементы;
- 4 – цилиндрические прокатные вальцы; 5 – прокатные вальцы;
- 6 – теплоизоляционный кожух; 7, 8 – направляющие; 9 – прижимные ролики;
- 10 – основание; 11 – клеенаносящий валец; 12 – приводные ролики;
- 13 – уплотненные планки лицевого слоя; 14 – торцовочная пила

Полученные заготовки 1 для лицевого слоя подаются из питателя 2 между нагревательными элементами 3 с температурой нагрева от 110 до 140 °С (для улучшения пластических свойств) в попарно расположенные друг под другом цилиндрические прокатные вальцы 4 с последующим уменьшением зазоров между ними и ламелями лицевого слоя.

Уплотнение заготовок древесины ольхи 1 для лицевого слоя толщиной от 3 до 6 мм, степенью уплотнения в пределах от 33 до 45 % проводится при усилии прессования от 10 до 20 МПа, скорости подачи – от 10 до 20 м/мин; количество пар прокатных вальцов 4 может быть от 3 до 5 штук.

Для создания температуры от 110 до 140 °С между прокатными вальцами установлены нагреватели 5. С целью уменьшения теплопотерь прокатные вальцы закрыты теплоизоляционным кожухом 6.

Термомодифицированные (уплотненные) планки лицевого слоя по направляющим 7, 8 подаются в прижимные ролики 9. На пластъ основания 10 наносится клеенаносящим вальцом 11 клеевой материал. Пластъ основания представляет собой непрерывную строганую доску из соединенных заготовок. Ее влажность составляет  $10 \pm 2\%$ , ширина – от 30 до 200 мм (в соответствии ширине лицевого слоя), а толщина определяется в зависимости от конструкции и назначения паркетных изделий. При помощи приводных роликов 12 основание подается к участку соединения с уплотненными планками лицевого слоя 13, где прижимные ролики 9 создают усилие склеивания (0,8–1 МПа) лицевого слоя с основанием. Торцовочная пила 14, синхронно перемещающаяся со скоростью подачи склеенной конструкции, раскраивает ее на необходимую длину, т. е. на длину паркетных изделий.

После склеивания полученные клееные конструкции кондиционируют в стопах под нагрузкой (это технологическая выдержка) для охлаждения и стабилизации внутренних напряжений (на время от 40 до 60 мин) и обрабатывают по периметру для получения необходимого профиля соединения и чистового размера паркетных изделий (штучный паркет шириной 50–100 мм и длиной 150–500 мм; паркетная доска – шириной 50–100 мм, длиной – 1 200–3 000 мм).

В результате исследования физико-механических свойств, полученных методом проката опытных образцов древесины ольхи (термомодифицированных), были определены следующие показатели:

- степень уплотнения – 30–45 %,
- плотность – 775 кг/м<sup>3</sup>;
- твердость – 60 МПа (при давлении  $P = 20$  МПа, температуре  $T = 115$  С° и скорости прессования (уплотнения)  $t = 15$  м/мин);
- износостойкость – 0,078 г на 1 000 об.;
- влагопоглощение – 24 %.

Предлагаемая технология изготовления паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины методом проката с одновременным приклеиванием основания дает возможность изготавливать многослойные паркетные доски или штучный паркет любой заданной длины из древесины мягких лиственных пород с высокими физико-механическими свойствами, не уступающим свойствам древесины дуба [6].

Изготовление паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины данным методом – это перспективная ресурс- и энергосберегающая технология, позволяющая получать высококачественную продукцию. Данная технология обеспечивает повышение производительности и экономической эффективности за счет возможности использования в качестве исходного сырья мягких лиственных пород древесины. Изготовление лицевого слоя паркетного покрытия из уплотненной древесины без химической обработки является экологически чистым процессом.

## Библиографический список

1. Improvement of Surface Properties of Low Density Wood: Mechanical Modification with Heat Treatment. Canada: University of New Brunswick. 2007. 111 p.
2. Gong M., Lamason C. Optimization of pressing parameters for mechanically surface-densified aspen // Forest Products Journal. 2007. № 57 (10). Pp. 64–68.
3. Cooper P., Wang J. Effect of grain orientation and surface wetting on vertical density profiles of thermally compressed fir and spruce // HolzalsRoh und Werkstoff. 2005. № 63. Pp. 397–402.
4. Утгоф С.С., Игнатович Л.В. Оптимизация технологических режимов термомеханического модифицирования древесины ольхи и березы для изготовления лицевого слоя многослойных паркетных изделий // Труды БГТУ. № 2. Минск: Лесная и деревообаб. пром-ть, 2015. С. 130–136.
5. Способ изготовления паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины мягкой лиственной породы: пат. 20419 РБ, МПК В 27М 1/02 (2006.1), МПК В 27М 3/04 (2006.1) / Л.В. Игнатович, С.С. Утгоф, С.В. Шетько; заявитель УО «БГТУ»; заявл. 19.02.2013; опубл. 10.30.2016.
6. Утгоф С.С., Игнатович Л.В. Применение математического моделирования для определения влияния технологических факторов на физико-механические свойства уплотненной термомеханическим способом древесины березы и ольхи // Труды БГТУ. 2014. № 2. Минск: Лесная и деревообаб. пром-ть. С. 94–100.

УДК 674.815

**И.С. Мельниченко, Г.Г. Говоров, Ю.И. Ветошкин, О.Н. Чернышев**

(I.S. Melnichenko, G.G. Govorov, Y.I. Vetoshkin, O.N. Chernyshev)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: olegch62@mail.ru

**ДРЕВЕСНЫЕ ОТХОДЫ КАК СЫРЬЕ  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**WOOD WASTE AS RAW MATERIALS  
FOR RECEIVING HEAT-INSULATING MATERIALS**

*Предлагается использовать мелкие древесные отходы для получения композиционного теплоизоляционного материала, изготовление которого не требует сложного технологического оборудования. Для приготовления древесно-минеральной композиции использовались древесные отходы (опил, станочная стружка) и щелочные силикаты с добавками инициатора отверждения. Сравнение композиционного материала с другими теплоизоляционными материалами показывает, что по своим характеристикам он близок к арболиту.*

*It is offered to use small wood waste for receiving composite heat-insulating material which production does not demand difficult processing equipment. For preparation drevesno – mineral composition wood waste (opit, machine shaving) and alkaline silicates with additives of the initiator of curing were used. Comparison of composite material with other heat-insulating materials shows that according to the characteristics it is close to wood concrete.*

В процессе деревообработки образуется большое количество мелких отходов (опила, станочной стружки, дробленки и т. д.), которые практически не находят применения и складываются в отвалы. Предпринимались попытки получить из них плитные материалы – пьезотермопластики, лигноуглеводные древесные пластики, арболит, фибролит, опилкобетон [1]. Однако для получения указанных материалов требуется размольное, сушильное, формирующее, транспортное оборудование. К тому же все эти материалы имеют высокую плотность и требуют использования цементов высоких марок [2].

Предлагается использовать мелкие древесные отходы для получения композиционного теплоизоляционного материала, изготовление которого не требует сложного технологического оборудования.

Для приготовления древесно-минеральной композиции использовались древесные отходы (опил, станочная стружка) и щелочные силикаты с добавками инициатора отверждения. В качестве инициатора брался технический гексафторсиликат натрия. При смешивании указанных компонентов получается текучая масса, которой можно заполнять пустоты в межкомнатных перегородках, кирпичных кладках и других подобных конструкциях. Полученный материал является негорючим и биостойким [3].

Основные и сравнительные характеристики теплоизоляционных материалов представлены на рисунках 1 и 2 и в таблице.

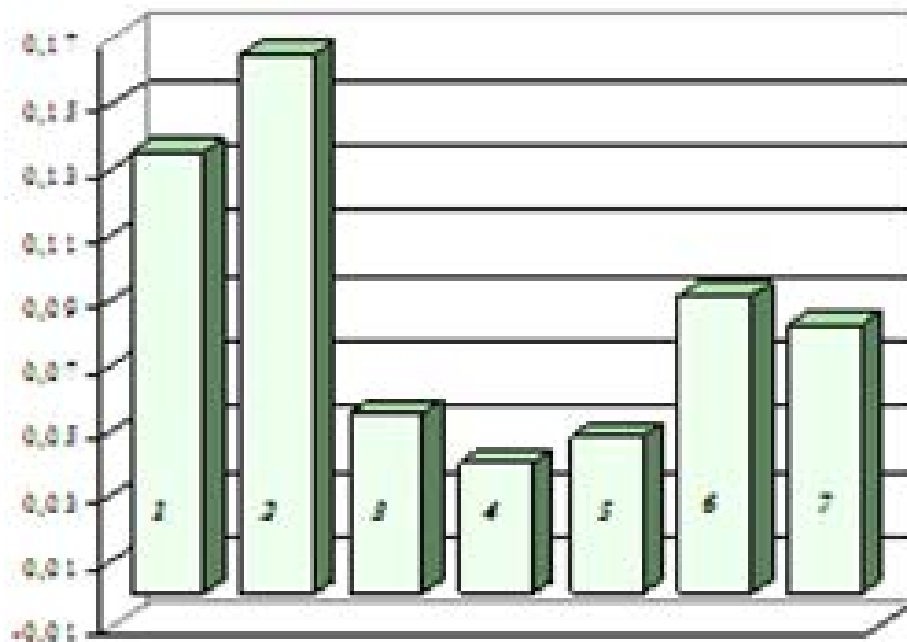


Рис. 1. Теплопроводность различных материалов:  
1 – ячеистый бетон; 2 – теплоизоляционный арболит;  
3 – минеральные жесткие плиты; 4 – пенополистирольные плиты;  
5 – плиты ФРП-1; 6 – фибролит; 7 – композиционный материал

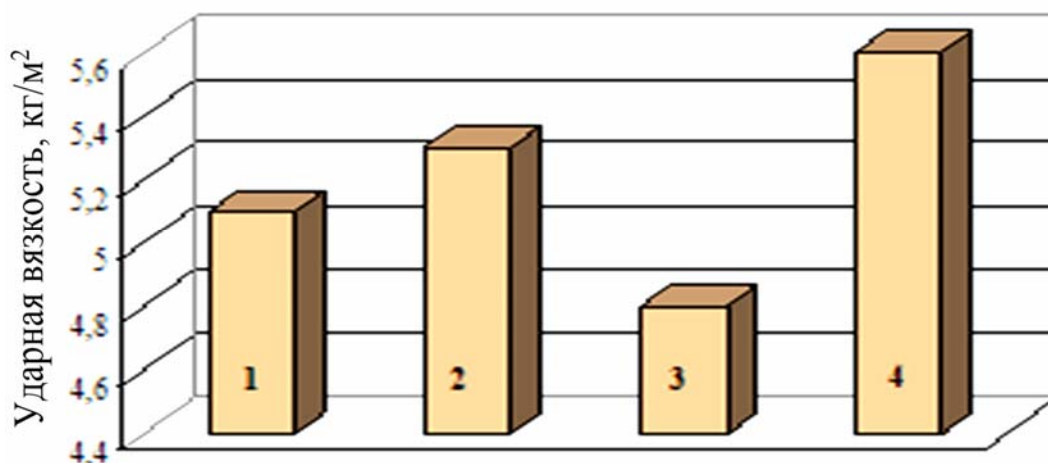


Рис. 2. Ударная вязкость различных материалов:  
1 – макулатура; 2 – гипсоопилочный материал;  
3 – пенопласт; 4 – композиционный материал

Сравнительная характеристика теплоизоляционных материалов

Материалы	Свойства	Область применения	Теплопроводность, Вт/м °С	Недостатки	Цена, руб./м <sup>3</sup> (ориентировочная)
Мин. вата «Баттс»	Низкая теплопроводность, негорючая основа, синт. Смолы в качестве связующего	«Сэндвич-панели», стены, кровля, полы	0,038–0,045	Осыпание волокна со временем, потеря свойств при попадании влаги, нет защиты против бактерий, грызунов	1 600–5 100
Керамзит	Негорюч, основа – глина	Изоляция пола, чердаков	0,148	Большой вес, трудоемкий монтаж	400
Пенополистирол	Легкость монтажа, жесткость, гидрофобность	Полы, кровля	0,035–0,040	Горюч, токсичен, при горении не дышит, ограниченная теплостойкость	6 000–7 000
Пенобетон, газобетон	Конструкционный материал, негорюч, поставляется блоками	Наружные стены, перегородки	0,090–0,150	Недостаточное теплосопротивление, дефицит на рынке, постоянно растущая цена	650–1 100
Эковата	Низкая теплопроводность, экологичность, огнестойкость, высокая способность к поглощению звука, долговечность, борьба с грибками	Изоляция полов, стен, крыш, потолков, утепление «сэндвич-панелей»	0,032–0,041	Дороговизна напыляющего оборудования, не любит механических нагрузок	650–1 100
Арболит	Конструкционный материал, негорюч, поставляется блоками, огнестойкий, биостойкий	Изоляция стен, пола, потолков	~ 0,080	Недостаточное теплосопротивление, дефицит на рынке, постоянно растущая цена	3 500–4 000
Композиционный материал	Конструкционный материал, негорюч, поставляется блоками, огнестойкий, биостойкий	Изоляция стен, пола, потолков	~ 0,080	Недостаточное теплосопротивление, дефицит на рынке, постоянно растущая цена	2 500–4 000

Установлено, что показатели зависят от соотношения древесного наполнителя и жидкого стекла и от количества гексафторсиликата натрия. Для определения первой

зависимости рассматривались соотношения компонентов от 1:0,5 до 1:4. Полученные результаты показывают, что оптимальное соотношение – 1:3. При нем прочность материала при сжатии составляет 9,8 кг/см<sup>2</sup>.

При определении количества инициатора твердения его долю изменяли от 3 до 11 %. Установлено, что наибольший предел прочности достигается при добавлении 9 % гексафторсиликата натрия.

Кроме этого, изучалось изменение предела прочности материала при сжатии во временном интервале – через 3, 7 и 30 суток после его изготовления. Результаты исследований показали, что значения данного показателя со временем возрастают.

Сравнение композиционного материала с другими теплоизоляционными материалами показывает, что по своим характеристикам он близок к арболиту.

Таким образом, экспериментальные данные позволяют утверждать, что можно получить теплоизоляционный материал из древесных отходов с использованием щелочных силикатов. Это позволяет утилизировать мелкие древесные и растительные отходы в широком влажностном диапазоне и исключить образование свалок. Предлагаемый композиционный материал по эксплуатационным показателям биостойкий экологически чистый и менее возгораемый чем массивная древесина. Его можно использовать в малоэтажном домостроении для теплоизоляции. Изготовление материала не требует сложного технологического оборудования.

### Библиографический список

1. Коробов В.В. Комплексное использование низкокачественной древесины и отходов. М.: 1973. 241 с.
2. Бухаркин В.И., Свиридов С.Г., Умняков П.Н. Использование древесных отходов для производства арболита. М., 1975. 192 с.
3. Вьюнков С.Н. Технология древесных плит с использованием связующего на основе жидкого стекла. М., 1999. 151 с.

**ПРОГРЕССИВНОЕ  
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
И ИНСТРУМЕНТ**

**PROGRESSIVE WOODWORKING EQUIPMENT AND TOOL**

УДК 676.024.61

**С.Н. Вихарев**

(S.N. Viharev)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: cbp200558@mail.ru

**ВИБРАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ  
ПРИ РАЗМОЛЕ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ  
В НОЖЕВЫХ МЕЛЬНИЦАХ**

**VIBRATING PROCESSES AT MILL FIBROUS SEMIFINISHED ITEMS  
IN REFINER**

*Статья посвящена новым подходам к исследованию вибрационных процессов при размоле волокнистых полуфабрикатов в ножевых размалывающих машинах. Ножевые размалывающие машины – основное технологическое оборудование для размола волокнистых материалов в целлюлозно-бумажной промышленности. Именно в них закладываются основные свойства бумаги и картона. В статье исследуется скорость скольжения ножей ротора по ножам статора. Впервые показана необходимость учета эффекта Доплера при исследовании вибрационных процессов в зоне размола. Погрешность при расчете гарнитурных частот без учета вышеназванного эффекта может достигать более 40 %, с учетом – до 8 %.*

*Article is devoted to new approaches to research of vibrating processes at mill fibrous semifinished items in refiner. Refiner – the basic process equipment for mill fibrous materials in a pulp and paper industry. In these machines the basic properties of a paper and a cardboard are pawned. In article speed of sliding of knives of a rotor on knives stamopa is investigated. For the first time necessity of the account of effect Doppler is shown at research of vibrating processes in a zone mill. The error at calculation plate frequencies without taking into account above named effect can reach more than 40 %, with the account – up to 8 %.*

Размол волокнистых полуфабрикатов производится, как правило, в ножевых размалывающих машинах. Динамика этих машин исследована в наших предыдущих работах [1–3]. Рассмотрим особенности вибрационных процессов в межножевом зазоре размалывающих машин.

Взаимодействие ротора и статора этих машин рассматривается как «движущаяся нагрузка» между подвижными и неподвижными ножами. При размоле ножи ротора скользят по ножам статора. Между ними находится размалываемый волокнистый материал.

Существует большое количество работ, посвящённых проблеме «движущихся нагрузок», где рассмотрены различные модели, описывающие взаимодействие движущегося объекта и упругой системы. Особенно стоит отметить работы школы

А.И. Весницкого [4, 5], его учеников и последователей. По отношению и типу упругой системы эти работы могут быть подразделены на две группы. Первая группа – анализ структур бесконечной длины, вторая – анализ структур конечной длины. Данная статья относится ко второй группе работ.

Рассмотрим пересечение ножей ротора и статора, имеющих некоторый угол наклона к радиусу гарнитуры (рис. 1).

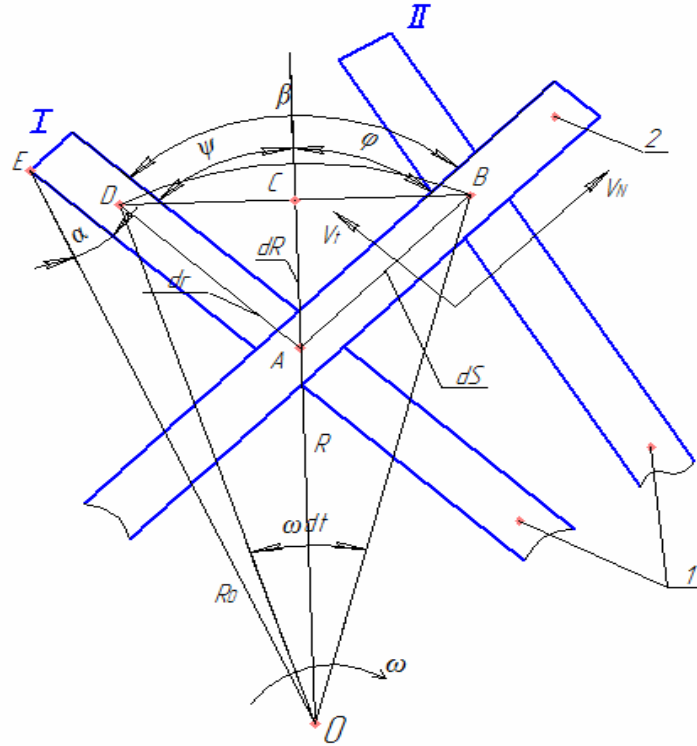


Рис. 1. Схема взаимодействия ножей ротора и статора:  
1 – нож ротора; 2 – нож статора

Ротор вращается с постоянной частотой  $\omega$ . За время  $dt$  гарнитура ротора повернется на угол  $\omega dt$ , и нож ротора переместится из положения I в II. Из  $\triangle ABC$  имеем

$$dR = dS \cos\varphi, \quad (1)$$

где  $dR$  и  $dS$  – стороны треугольника  $ABC$ ;  
 $\varphi$  – угол между этими сторонами (рис. 1),

а из  $\triangle ACD$

$$dR = dr \cos\psi, \quad (2)$$

где  $dr$  – сторона треугольника  $ACD$ ;  
 $\psi$  – угол между сторонами  $dr$  и  $dR$  этого треугольника.

Приравняв правые части (1) и (2), получаем

$$dS = dr \cos\psi / \cos\varphi. \quad (3)$$



Из  $\triangle ODB$ ,  $\triangle ABC$  и  $\triangle ACD$  имеем

$$R\omega dt = dS \sin\varphi + dr \sin\psi, \quad (4)$$

где  $R$  – сторона треугольника  $OCB$ .

Подставляя (3) в (4), получим

$$R\omega dt = dS \sin(\psi + \varphi)/\cos\psi, \quad (5)$$

откуда имеем

$$V_N = dS/dt = \omega R \cos\psi/\sin\beta, \quad (6)$$

$$V_t = dr/dt = \omega R \cos\varphi/\sin\beta, \quad (7)$$

где  $V_N$  и  $V_t$  – векторы скоростей;

$\beta$  – угол перекрещивания ножей ротора и статора.

Из  $\triangle AEO$   $\sin\alpha/R = \sin\psi/R_0$ , откуда

$$\begin{aligned} \sin\psi &= R_0 \sin\alpha/R, \\ \cos\psi &= (1/R)(R^2 - R_0^2 \sin^2\alpha)^{1/2}, \end{aligned}$$

где  $\alpha$  – угол между ножом ротора и наружным радиусом гарнитуры  $R_0$ .

Подставляя полученное выражение в уравнение (6), получим

$$V_N = [\omega (R^2 - R_0^2 \sin^2\alpha)^{1/2}] / \sin\beta, \quad (8)$$

$$\cos\varphi = \cos(\beta - \arcsin R_0 \sin\alpha/R). \quad (9)$$

Подставляя полученные данные в уравнение (7), получим

$$V_t = [\omega R \cos(\beta - \arcsin R_0 \sin\alpha/R)] / \sin\beta. \quad (10)$$

Суммарная скорость скольжения ножа ротора по ножу статора

$$V = [(V_N)^2 + (V_t)^2]^{1/2}. \quad (11)$$

Формулы (8) и (10) справедливы при угле  $\beta$ , отличном от 0. Векторы скоростей  $V_t$  и  $V_N$  в зависимости от рисунка гарнитуры могут быть направлены от центра к периферии (режим прокачивания массы) и наоборот – от периферии к центру (режим удержания массы). Как показали расчёты, скорости скольжения ножей могут достигать 5 000 м/с и более, что сопоставимо со скоростью звуковых волн в металле.

При исследованиях подобных систем можно выделить два подхода, используемых при моделировании. В основе первого подхода лежит пренебрежение внутренними

степенями свободы движущегося объекта, а упругая система рассматривается как подвергшаяся воздействию заданной определённым образом внешней силы. Второй подход предлагает, что движущийся объект имеет свои степени свободы и смоделирован как масса или упругая дискретная система со многими степенями свободы. В этом случае контактная задача неизвестна и должна быть определена путём исследования взаимодействия двух тел [6].

При исследовании вибрационных процессов при размоле необходимо учитывать эффект Доплера, т. е. частоты, регистрируемые неподвижным вибропреобразователем на статоре, следует рассчитывать по формуле:

$$f^*ri = fri / (1 \pm V/C), \quad (12)$$

где  $fri$  – гарнитурная частота на  $i$ -м ножевом поясе;

$C$  – скорость звука в материале гарнитуры.

Частоты перекрещивания ножей гарнитуры будем называть «гарнитурными частотами». Это было впервые предложено нами в работе [7]. В уравнении (12) рассматривается «+», если скорость скольжения ножей направлена к вибропреобразователю, а «-» – в противоположном направлении. Частоты колебаний, регистрируемые вибропреобразователем, во многом зависят от места его закрепления, т. е. одни гарнитурные частоты определяются со знаком «+», другие – со знаком «-». Длина принимаемой волны определяется как

$$\lambda = (C - V) / f^*ri.$$

При малых скоростях движения ножей ротора по ножам статора на ножевых поясах отношение  $V/C \ll 1$ , и уравнение (12) можно записать как

$$f^*ri \approx fri.$$

Эффектом Доплера в этом случае можно пренебречь. Однако при больших скоростях, когда  $V \approx C$ , расхождение между  $fri$  и  $f^*ri$  возрастает. При этом вышеназванный эффект необходимо учитывать.

Произведен расчет гарнитурных частот на периферийных ножевых поясах по методике, предложенной в работе [7] и формуле (12) с учетом эффекта Доплера. Проведены экспериментальные исследования вибрации мельниц на предприятиях отрасли. На рисунке 2 показан спектр вибрации статора мельницы RT-70 ЗАО «Туринский ЦБЗ» (гарнитура Д-1000.02, частота вращения ротора – 1000 об/мин). Скорость скольжения ножей составила  $V = 216$  м/с. Частота вибрации на статоре составляет 4,26 кГц. Гарнитурная частота на периферийном ножевом поясе, полученная расчетом по методике [7], составила 4,53 кГц (ошибка составила 6 %). С учетом эффекта Доплера расчетная гарнитурная частота составила 4,34 кГц (ошибка составила 2 %). Результаты исследований представлены в таблице.

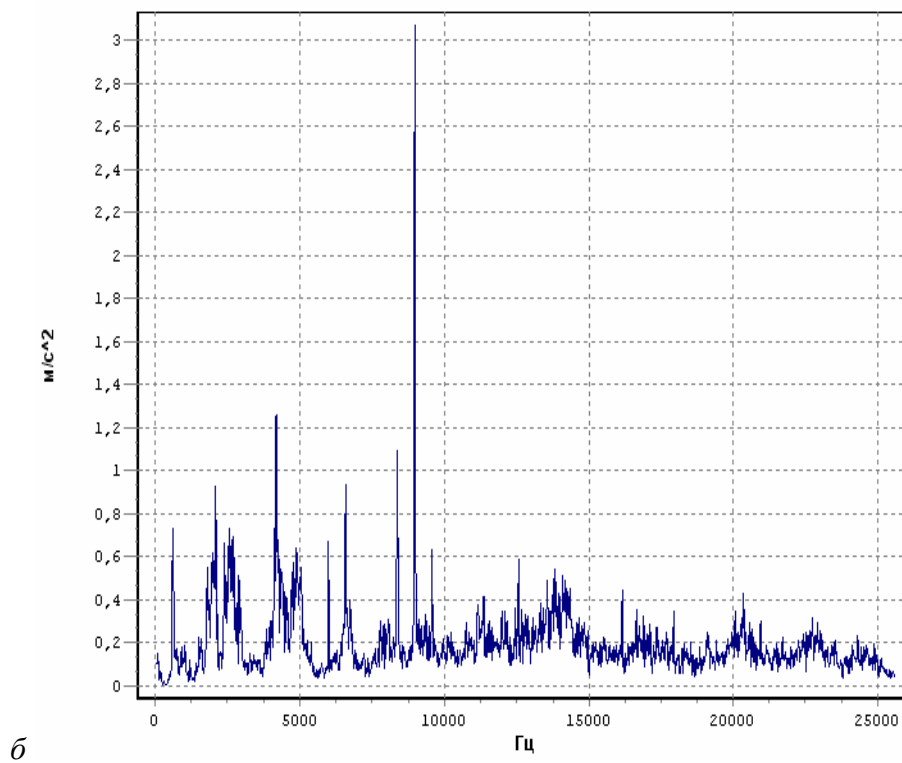
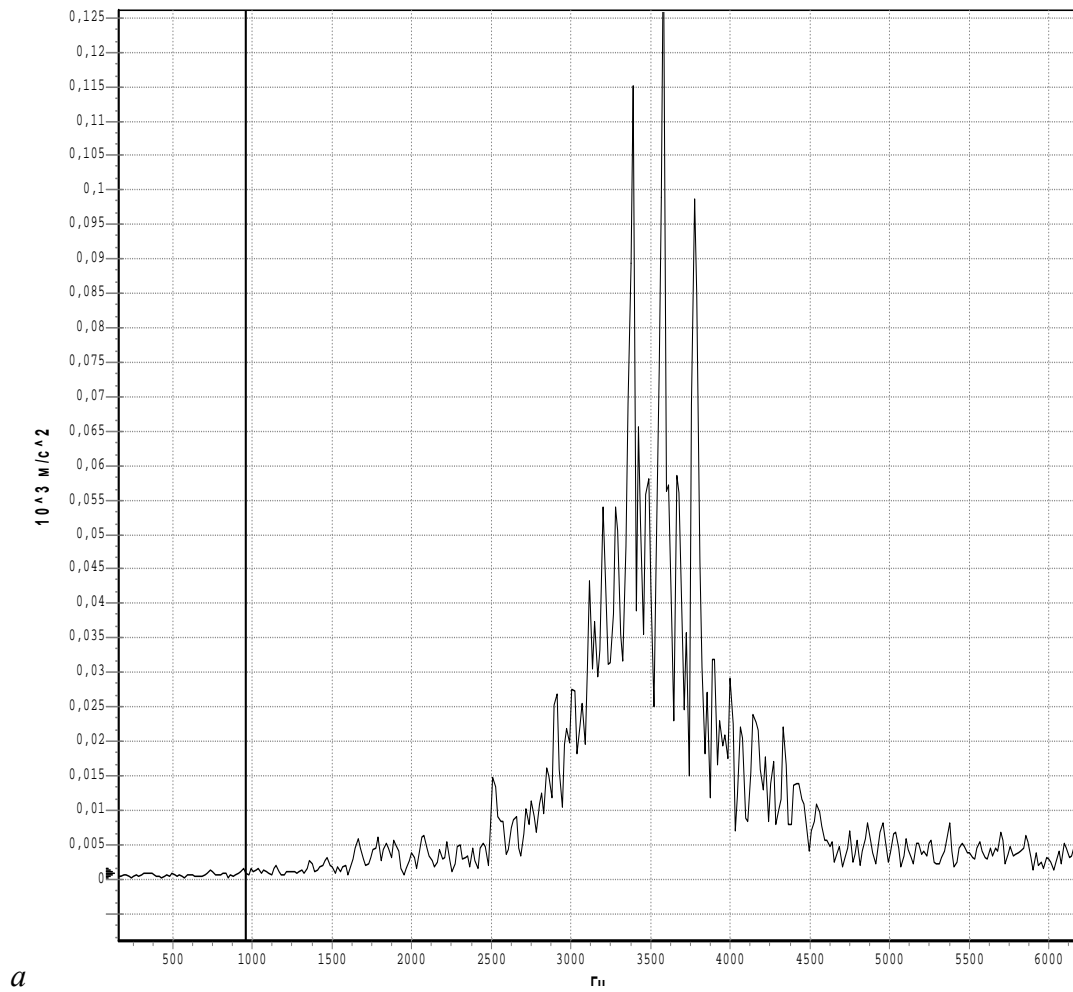


Рис. 2. Спектры вибрации статора мельниц:  
 а – RT-70 (ЗАОр «Туринский ЦБЗ»); б – TF-52 (ОАО «Соликамскбумпром»)

Скорость скольжения ножей и гарнитурные частоты на периферийных ножевых поясах гарнитуры

Марка мельницы / марка гарнитуры	Скорость скольжения ножей, м/с	Угол перекрещивания ножей, град	Частота вращения ротора, об/мин	Гарнитурная частота		
				По методике С.Н. Вихарева [7], кГц / относительная ошибка, %	По формуле (12), кГц / Относительная ошибка, %	Эксперимент, кГц
RT70 / Д.1000.002	216	26	1500	$\frac{4,53}{6}$	$\frac{4,34}{2}$	4,26
МД-5Ш1А / ХТМ1-00-11	253	20	1500	$\frac{7,07}{7}$	$\frac{7,68}{1}$	7,58
МД-5Ш1А / ХТМ1-00-17	8028	1,2	1500	$\frac{7,51}{41}$	$\frac{12,40}{3}$	12,75
МД-5Ш1А / ХТМ1-00-18	9210	0,8	1500	$\frac{9,12}{23}$	$\frac{10,83}{8}$	11,80
МД-31 / 1000.071	186	22	1000	$\frac{7,20}{5}$	$\frac{7,326}{4}$	7,59
МД-31 / Д56.01	442	12	1000	$\frac{6,67}{7}$	$\frac{6,13}{1}$	6,12
МД-31 / 1000.071	186	22	1000	$\frac{7,47}{9}$	$\frac{7,557}{4}$	7,85
МД-3Ш7 / 1000.71	448	14	1500	$\frac{9,60}{9}$	$\frac{9,88}{6}$	10,52
МД-14 / Р-630.002	164	12	750	$\frac{3,30}{7}$	$\frac{2,975}{3}$	3,07

Гарнитура мельниц имеет разнообразные рисунки, зависящие от размалываемого полуфабриката, конструкции мельниц, режимных и технологических факторов размолла. Зависимости гарнитурных частот от радиуса диска и скорости скольжения ножей от частоты вращения ротора, углов наклона и перекрещивания ножей представлены соответственно на рисунках 3 и 4.

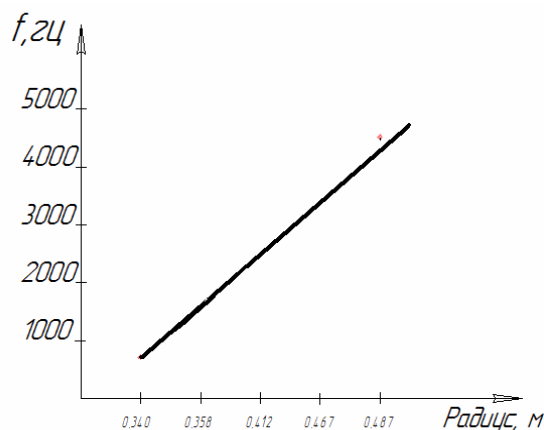


Рис. 3. Зависимость гарнитурных частот от радиуса диска

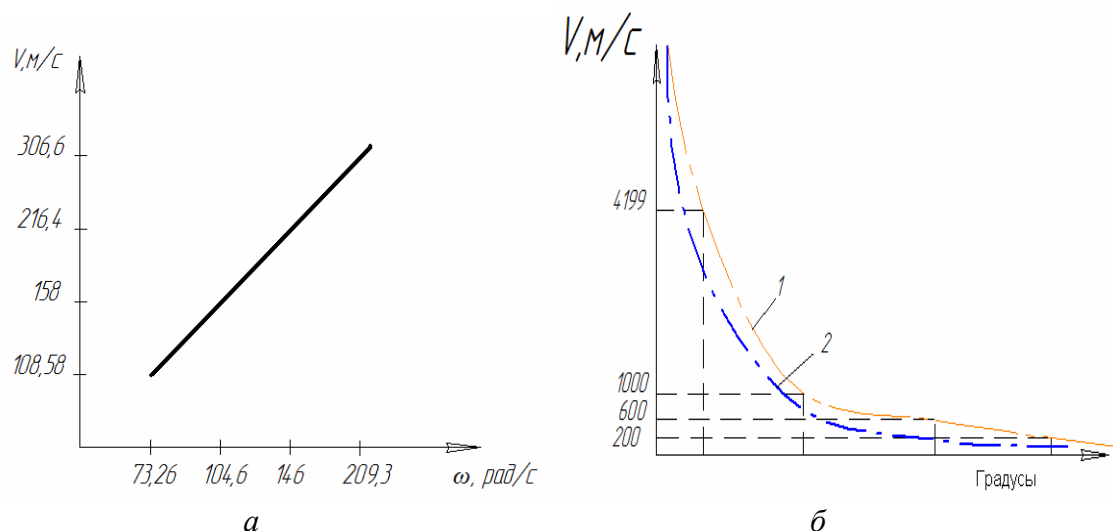


Рис. 4. Зависимости скорости скольжения ножей гарнитуры:

$a$  – от скорости вращения ротора;

$б$  – от угла наклона их к радиусу  $\alpha$  (1) и от угла перекрещивания  $\beta$  (2)

Скорость скольжения ножей зависит от рисунка гарнитуры и частоты вращения ротора. Вектор скорости может быть направлен к центру диска (режим удержания волокнистой массы) или к периферии диска (режим прокачивания). Скорость скольжения ножей может достигать скорости звука в металле. Поэтому при исследовании вибрационных процессов ножевых размалывающих машин необходимо учитывать эффект Доплера. Погрешности при расчете гарнитурных частот без учета вышеназванного эффекта может достигать более 40 %, с учетом – до 8 %. Для расчета гарнитурных частот рекомендуется вышеприведенная методика.

### Библиографический список

1. Вихарев С.Н. Динамика мельниц для размола волокнистых полуфабрикатов. Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 184 с.
2. Вихарев С.Н., Санников А.А. Критические частоты вращения роторов дисковых мельниц // Машины и аппараты ЦБП: Межвуз. сб. науч. тр. Л., 1988. С. 36–40.
3. Вихарев С.Н., Сиваков В.П. Динамика роторов дисковых мельниц // Вестник Казанского гос. технич. университета, 2012. № 6. 4 с.
4. Весницкий А.И. Волны в системах с движущимися границами и нагрузками. М.: Физматлит, 2001. 320 с.
5. Весницкий А.И., Потапов А.И. Теория колебаний распределенных параметрических систем. Горький: Издат-во Горьковского госуд. университета, 1980. 212 с.
6. Горячева И.Г. Механика фрикционного взаимодействия. М.: Наука, 2001. 478 с.
7. Вихарев С.Н. Экспериментальные исследования процесса размола при помощи вибрации на гарнитуре статора // Машины и аппараты ЦБП: Межвуз. сб. науч. тр. Л., 1990. С. 29–33.

УДК 676.024.61

**С.Н. Вихарев**

(S.N. Viharev)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: cbp200558@mail.ru

**СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ВОЛОКНИСТЫЙ ПОЛУФАБРИКАТ  
В НОЖЕВЫХ РАЗМАЛЫВАЮЩИХ МАШИНАХ**

**THE FORCES WORKING ON PULP THE SEMIFINISHED ITEM  
IN RERINERS**

*В статье рассматриваются силы, действующие на волокнистый полуфабрикат при размоле в мельницах. Рассмотрено течение волокнистого полуфабриката и пара в межножевом зазоре дисковой мельницы. Показано, что выделяющийся при размоле пар может способствовать или тормозить движение полуфабриката. Предложены формулы для расчета сил и мощности мельницы. Предложенная методика рекомендуется для определения мощности и сил, действующих на полуфабрикат при размоле в ножевых размалывающих машинах.*

*In article the forces working on a fibrous semifinished item at mill in refiners are considered. Current of a fibrous semifinished item and pair in межножевом a backlash of a disk mill is considered. It is shown, that allocated at размоле pairs movement of a semifinished item can promote or brake. Formulas for calculation of forces and are offered to capacity of a mill. The offered technique is recommended for definition of capacity and the forces working on a semifinished item at mill in refiners.*

В межножевом зазоре ножевых размалывающих машин волокнистый полуфабрикат подвергается воздействию нормальных, радиальных и тангенциальных сил [1]. При размоле щепы и массы высокой концентрации выделяется много тепла и пара [2]. Течение полуфабриката и пара в межножевом зазоре дисковой мельницы представлено на рисунке 1 [3]. При исследовании этой модели считаем, что роторный и статорный диски – абсолютно жесткие тела, а ножи гарнитуры ротора и статора параллельны.

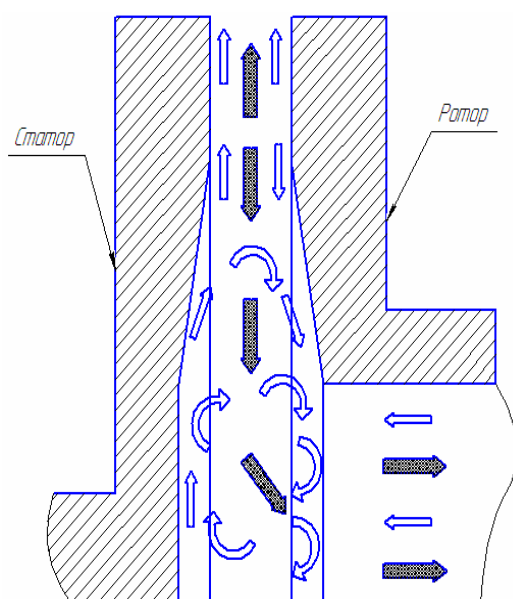




Рис. 1. Течение волокнистого полуфабриката и пара в межножевом зазоре дисковой мельницы:

-  – полуфабрикат (щепы);
-  – пар.

Выделим кольцо  $dr$  волокнистого полуфабриката массой  $dm$  в межножевом зазоре (рис. 2).

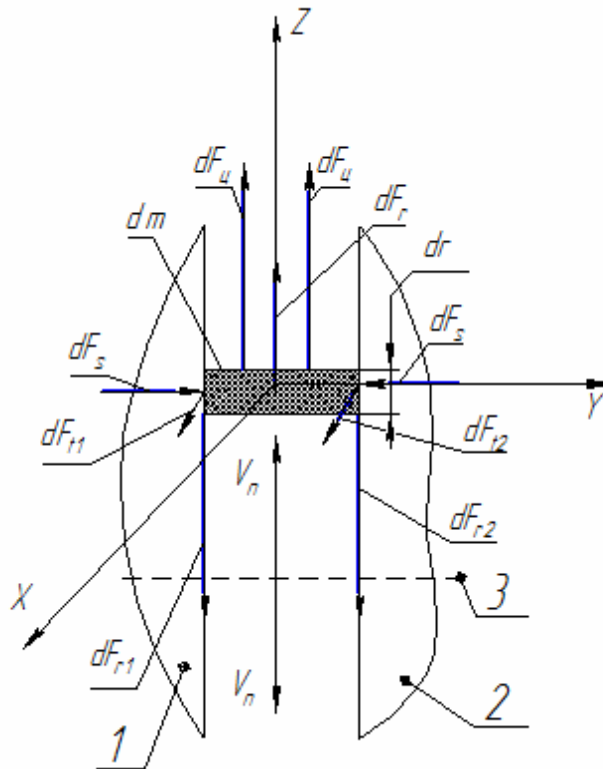


Рис. 2. Силы, действующие на полуфабрикат в радиальном направлении: 1 – статорный диск, 2 – роторный диск, 3 – линия нулевой скорости пара

Радиальная сила, способствующая перемещению полуфабриката по радиусу гарнитуры,

$$dF_r = dF_u - dF_{r1} - dF_{r2} \pm dF_n, \quad (1)$$

где  $dF_u$  – центробежная сила;

$dF_{r1}$  и  $dF_{r2}$  – сила трения полуфабриката о статорный и роторный диски;

$dF_n$  – сила воздействия пара на полуфабрикат.

«+» в формуле (1) используется тогда, когда пар способствует движению полуфабриката к периферии гарнитуры, а «-» – тогда, когда пар тормозит движение полуфабриката.

Сила воздействия пара зависит от степени сжатия полуфабриката, которая в свою очередь зависит от межножевого зазора и степени его заполнения. Также эта сила зависит от упруговязких характеристик самого полуфабриката [1–4]. Силу воздействие пара на полуфабрикат в направлениях X, Y, Z можно записать как

$$dF_{nx, ny, nz} = f_n \rho_n(r) (V(r))^2 S(r)_{x, y, z} dm, \quad (2)$$

где  $f_n$  – коэффициент трения между паром и полуфабрикатом в направлениях X, Y, Z;

$\rho_n(r)$  – плотность пара на радиусе  $r$  в направлениях X, Y, Z;

$V(r)$  – скорость пара на радиусе  $r$ ;

$S(r)_{x,y,z}$  – аэродинамическая поверхность размалываемого полуфабриката на радиусе  $r$  в направлениях  $X, Y, Z$ ;

$dm$  – масса полуфабриката на бесконечно малом кольце межножевого зазора.

Центробежная сила, действующая на полуфабрикат,

$$dF_{ц} = \omega^2 r dm, \quad (3)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения ротора;

$r$  – текущий радиус гарнитуры.

Сила трения полуфабриката о диски в радиальном направлении

$$dFr_{1,2} = dFr_1 + dFr_2 = 4 f_r \pi r P(r) dr, \quad (4)$$

где  $f_r$  – средний коэффициент трения полуфабриката о диски в радиальном направлении;

$P(r)$  – среднее осевое давление полуфабриката на радиусе  $r$  [1, 5];

$$P(r) = EQ/(\pi(r_2 - r_1) f \omega r), \quad (5)$$

где  $Q$  – производительность мельницы по абсолютно сухому волокну;

$E$  – удельный расход энергии на размол;

$r_1, r_2$  – внутренний и наружный радиус гарнитуры соответственно;

$f$  – средний коэффициент трения полуфабриката о гарнитуру.

Сила трения полуфабриката о диски в тангенциальном направлении

$$dFt = dFt_1 + dFt_2 = 4\pi f_t P(r) r dr, \quad (6)$$

где  $dFt_1$  и  $dFt_2$  – сила трения полуфабриката соответственно о статорный и роторный диск в тангенциальном направлении;

$f_t$  – средний коэффициент трения полуфабриката о диски в тангенциальном направлении.

Мощность для преодоления тангенциальной и радиальной сил трения полуфабриката о диски

$$N_{t,r} = \int_{r_1}^{r_2} 4\pi f_{t,r} P(r) \omega r^2 dr. \quad (7)$$

Осевая сила, действующая на полуфабрикат в осевом направлении,

$$F_s = \int_{r_1}^{r_2} 2\pi P(r) r dr + \int_{r_1}^{r_2} dF_{ny} dr, \quad (8)$$

где  $dF_{ny}$  – сила воздействия пара на полуфабрикат  $dm$  в направлениях  $Y, Z, X$  соответственно.



Сила, действующая на полуфабрикат в радиальном направлении,

$$F_r = \int_{r_1}^{r_2} 4\pi f_r r P(r) dr + \int_{r_1}^{r_2} dF_{rz} dr. \quad (9)$$

где  $dF_{rz}$  – сила воздействия пара на полуфабрикат  $dm$  в направлениях Y, Z, X соответственно.

Сила, действующая на полуфабрикат в тангенциальном направлении,

$$F_t = \int_{r_1}^{r_2} 4\pi f_t r P(r) dr + \int_{r_1}^{r_2} dF_{tz} dr, \quad (10)$$

где  $dF_{tz}$  – сила воздействия пара на полуфабрикат  $dm$  в направлениях Y, Z, X соответственно.

Для движения полуфабриката от центра к периферии гарнитуры необходимо выполнение условия

$$\vec{F}_c > \vec{F}_t + \vec{F}_r \quad (11)$$

Уравнение движения ротора мельницы в осевом направлении Y без учета рассеивания колебаний, воздействий подшипниковых опор и муфты:

$$m_p (d^2 S / dt^2) - F_n - F_s + F_m = 0, \quad (12)$$

где  $m_p$  – масса ротора мельницы;

$S$  – зазор между ротором и статором;

$t$  – время;

$F_n$  – сила, воздействия пара на ротор;

$F_s$  – сила воздействия полуфабриката на ротор;

$F_m$  – сила, воспринимаемая упорным подшипником мельницы.

Предложенная методика рекомендуется для определения сил, действующих на полуфабрикат при размоле в ножевых размалывающих машинах.

### Библиографический список

1. Вихарев С.Н. Осевые силы, возникающие при размоле в дисковой мельнице // Лесной журнал. 2013. № 6.
2. Гончаров В.Н. Теоретические основы размола волокнистых материалов в ножевых мельницах: авт. дис. ... на соискание уч. степ. доктора технич. наук. Л., 1990. 31с.
3. Miles K.B. The essence of high consistency refining. The Marcus Wallenberg Foundation Symposia. Stockholm, 1998. Pp. 20–30.
4. Вихарев С.Н. Динамика мельниц для размола волокнистых полуфабрикатов. Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 184 с.
5. Mills K.B. Wood characteristics and energy consumption in refiner pulps. I. Pulp. 1995. № 21(11). Pp. 1383–1389.

УДК 676.024.61

**С.Н. Вихарев**

(S.N. Viharev)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: cbp200558@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЙ ГАРНИТУРЫ НА ВОЛОКНО ПРИ РАЗМОЛЕ

### RESEARCH OF INFLUENCES PLATE ON THE FIBRE OF MILL

*Статья посвящена исследованию числа воздействий гарнитуры на волокно в ножевых размалывающих машинах. Волокно при размоле получает импульсное воздействие. Число этих воздействий зависит от рисунка гарнитуры, частоты вращения ротора, характеристик самих древесных волокон и времени размола. Сделана попытка обобщения работ по исследованию числа воздействий на волокно при размоле. Получена формула для определения числа воздействий, связывающая все вышеперечисленные факторы.*

*Article is devoted to research of number of influences of knives plate on a fibre in refiners. The fibre at mill receives pulse influence. The number of these influences depends on figure sets, frequencies of rotation of a rotor, characteristics of wood fibres and time mill. Attempt of generalization of works on research of number of influences on a fibre is made at mill. The formula for definition of number of the influences, connecting all set forth above factors is received.*

При прохождении древесных волокон через ножевые размалывающие машины волокна испытывают механические и гидродинамические воздействия. Эти воздействия создаются ножами гарнитуры (рис. 1). Такая обработка волокон называется размолом.

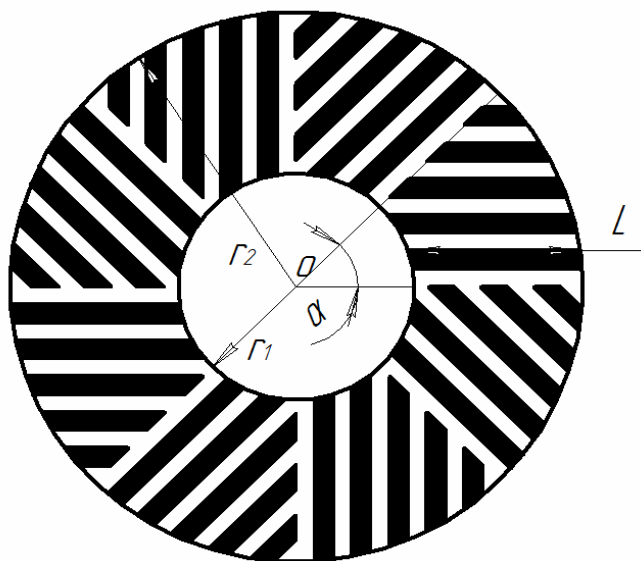


Рис. 1. Геометрические параметры гарнитуры

При размоле закладываются основные свойства бумаги, картона и древесных плит. Многие авторы [1–5] исследовали число воздействий на волокно при прохождении через ножевые размалывающие машины. Обобщая эти работы, можно записать, что число воздействий на волокно

$$N = f\left(z_p, z_c, \tau, \frac{S_f}{S_r}\right), \quad (1)$$

где  $f$  – некоторая функция;

$z_p, z_c$  – число ножей ротора и статора;

$\tau$  – время нахождения волокон в мельнице;

$S_f$  – средняя площадь продольного сечения волокон;

$S_r$  – площадь живого сечения между гарнитурами ротора и статора.

В общем случае можно записать

$$N = Az_p z_c \tau, \frac{S_f}{S_r}, \quad (2)$$

где  $A$  – коэффициент пропорциональности.

Число ножей на гарнитуре можно определить как:

$$z_p = z_c = \frac{2\pi r}{a + b}, \quad (3)$$

где  $r$  – средний радиус гарнитуры;

$a, b$  – ширина ножа и канавки (рис. 2).

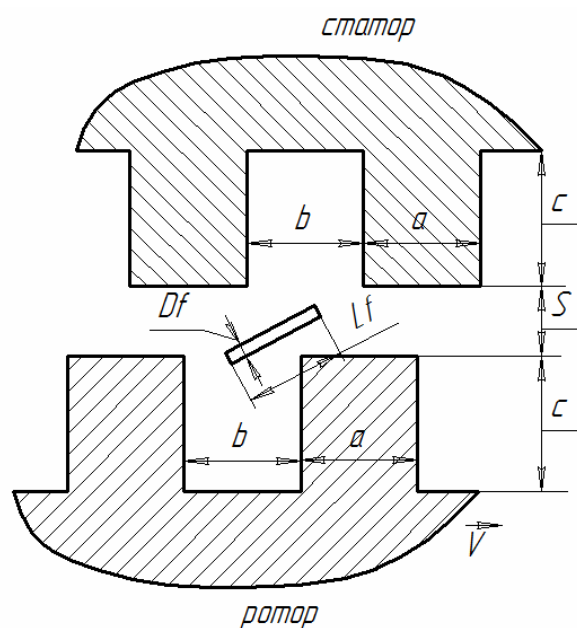


Рис. 2. Геометрические параметры ножей гарнитуры

Время нахождения волокна в зоне размола можно определить как

$$\tau = \frac{L}{U_s}, \quad (4)$$

где  $L$  – длина межножевой канавки;

$U_s$  – средняя скорость движения волокна в межножевой канавке.

$$L = \frac{r_2 - r_1}{\cos \alpha}, \quad (5)$$

где  $r_1$   $r_2$  – соответственно внутренний и наружный радиус гарнитуры;

$\alpha$  – угол наклона ножа к радиусу гарнитуры.

$$U_s = \frac{Q}{S_r}, \quad (6)$$

где  $Q$  – объёмная производительность мельницы;

$S_r$  – средняя площадь живого сечения между гарнитурами.

$$S_r = \frac{2\pi r}{a + b} (Sa + cb). \quad (7)$$

где  $S$  – зазор между ротором и статором;

$c$  – высота ножей гарнитуры.

Тогда время нахождения волокна в зоне размола с учётом уравнений (5), (6) и (7)

$$\tau = \frac{2\pi r (Sa + cb)(r_2 - r_1)}{Q(a + b)\cos\alpha}. \quad (8)$$

Площадь поперечного сечения волокон можно представить как

$$S_f = D_f L_f, \quad (9)$$

где  $D_f$ ,  $L_f$  – средний диаметр и длина древесных волокон.

Подставив уравнения (3), (8), (9) в (2), получим:

$$N = A \frac{4\pi^2 r^2 (r_2 - r_1) D_f L_f}{Q(a + b)^2 \cos\alpha}. \quad (10)$$

Полученная зависимость (10) отличается от известных учетом большего числа факторов размола. Рекомендуется предложенная методика для определения числа воздействий гарнитуры на волокно при размоле.

**Библиографический список**

1. Бывшев А.В., Савицкий Е.Е. Механическое диспергирование волокнистых материалов: учеб. пособие. Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1991. 216 с.
2. Гончаров В.Н. Теоретические основы размола волокнистых материалов в ножевых мельницах: авт. дис. ... на соискание уч. степ. доктора технич. наук. Л., 1990. 31 с.
3. Алашкевич Ю.Д. Исследование гидродинамических явлений в процессе размола волокон в ножевых размалывающих машинах: автореф. дис. ... на соиск. уч. степ. канд. технич. наук. Л., 1970. 11 с.
4. Вихарев С.Н. Динамика мельниц для размола волокнистых полуфабрикатов. Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 184 с.
5. Вихарев С.Н., Сиваков В.П. Динамика роторов дисковых мельниц // Вестник Казанского государственного технического университета. 2012. № 6. 4 с.

УДК 630\*83

**А.М. Газизов**

(А.М. Gazizov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: ashatgaz@mail.ru

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОКОРКИ ХЛЫСТОВ**

**THE VALIDITY OF PARAMETERS FOR DEBARKING WHIP**

*Окорка хлыстов и полухлыстов дает возможность использовать отходы, образующиеся при раскряжевке и полностью механизировать процесс работ, к тому же отпадает потребность в окорочных станках для окорки вершин и откомлевок. Цель исследований заключается в следующем: установить причины возникновения динамических нагрузок в линиях передач привода подачи; определить влияние режима работы и характера нагрузок в окорочном станке на характер и величину динамических усилий в линиях передач привода. Экспериментальные исследования проводились в летнее и зимнее время.*

*The introduction of debarking in whips and poluhlystah, there will be full use of the waste generated during bucking, full mechanization of work and there is no need for a debarking machine for debarking vertices otkomlevok. The purpose of research is as follows: to establish the cause of the dynamic loads in the supply lines privoda transmission; determine the effect of mode of operation and the nature of loads to the debarker on the nature and magnitude of dynamic forces in liniyah drive gear. Experimental studies were carried out in summer and winter.*

Окорка древесины является наиболее энерго- и трудоемкой операцией первичной лесопереработки, которая осуществляется на всех типах лесопромышленных складов. В результате ее выполнения образуются значительные объемы отходов, которые в настоящее время не находят эффективного применения. При современном состоянии окорки древесины в лесной, целлюлозно-бумажной промышленности нашей страны ресурсы коры, пригодной для использования, составляют свыше 6 млн м<sup>3</sup>, в том числе около 2 млн м<sup>3</sup> коры образуется на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях. Однако доля её использования в промышленности составляет всего 12,7 %. Остальная

часть коры свозится на свалки или неэффективно сжигается, засоряя территорию предприятий. Можно утверждать, что без возможности эффективной утилизации отходов окорки, особенно это касается хвойных пород, процесс окорки не может быть признан эффективным, иначе говоря, качественным [1].

Проведенные отечественными и зарубежными учеными исследования свидетельствуют о ценности коры как сырья для выработки различного вида продуктов, которые в дальнейшем могут быть использованы в качестве:

- компонентов в композиции древесно-волоконистых плит, бумаг и формовочных составов;
- пластификаторов и наполнителей клеев, пластмасс, резины и различных строительных растворов;
- фильтрующих материалов;
- добавок к буровым растворам, а также в качестве подслоного материала для уплотнения твёрдых грунтов при сооружении дорог в заболоченных местностях, изоляционного материала от промерзания грунтов;
- мульчи для садовых почв.

Важно также приготовление компостов, подстилки в животноводческих фермах с последующим использованием этих материалов в качестве гумуса [2].

Анализ производительности вновь создаваемого или модернизируемого окорочного оборудования необходимо производить с учетом требований к качеству окорки тех или иных видов лесоматериалов.

Обязательным условием для рационального использования отходов является предрамная окорка пиловочника и шпального кряжа на станках роторного типа. Окорка позволяет подучить не только высококачественное сырье для целлюлозно-бумажного производства, но и повысить на 5–8 % производительность лесопильных рам, увеличить коэффициент использования оборудования на 4 % [3].

Таким образом, если внедрить окорку в хлыстах и полухлыстах, будет достигнуто полное использование отходов, образующихся при раскряжевке, полная механизация работ и отпадает потребность в окорочных станках для окорки вершин, откомлевок. В связи с этим полная окорка хлыстов применима для крупных комбинатов с комплексной переработкой древесины, получающих не отдельные сортименты, а целые товарные хлысты. В результате этого:

- 1) можно достигнуть повышения производительности на окорке древесины за счет увеличения объема стволов и снижения количества подъемно-транспортных операций;
- 2) при раскряжевке окоренных хлыстов повышается качество разделки, производительность труда, увеличивается срок службы пилы и качество опилок для гидролизного производства;
- 3) при разделке окоренных хлыстов легче выявить пороки и удалить их, повышается выход из хлыста деловой древесины, процент используемых отходов в дальнейшей переработке;
- 4) при рубке хлыстов на щепу увеличивается ее объем за счет исключения опилок и выхода кондиционной щепы, исключая операции раскряжевки и необходимость в станках для окорки «коротышей» и «вершин».

Выделяются следующие основные факторы, существенно влияющие на характер и величину усилий в системе передач подающих механизмов:

- а) диаметр хлыста;
- б) усилие прижима вальца к стволу;
- в) скорость подачи;
- г) усилие прижима короснимателей.

Вся совокупность параметров, воздействующих на этот процесс, разделена на три группы. 1-я группа: параметр входной группы – показатели, характеризующие объект труда. 2-я группа: группа управляемых параметров – совокупность показателей, характеризующих технические возможности механизма подачи. К регулируемым параметрам относятся скорость подачи, усилие прижима вальца, усилия прижима короснимателей. 3-я группа: выходными параметрами исследуемого процесса являются мощность, потребляемая электродвигателем подачи, крутящий момент, возникающий на валу механизма подачи, и вертикальная сила [4].

Экспериментальные исследования проводились в летнее и зимнее время (рис. 1, 2). На первом этапе эксперимент проводился летом на роторном окорочном станке с целью определения степени влияния доминирующих факторов на нагрузки, возникающие в приводе подачи. Второй этап эксперимента проводился на том же станке, только в зимний период, где определялось влияние доминирующих факторов на крутящий момент на валу привода подачи.



Рис. 1. Окорка древесины в летнее время

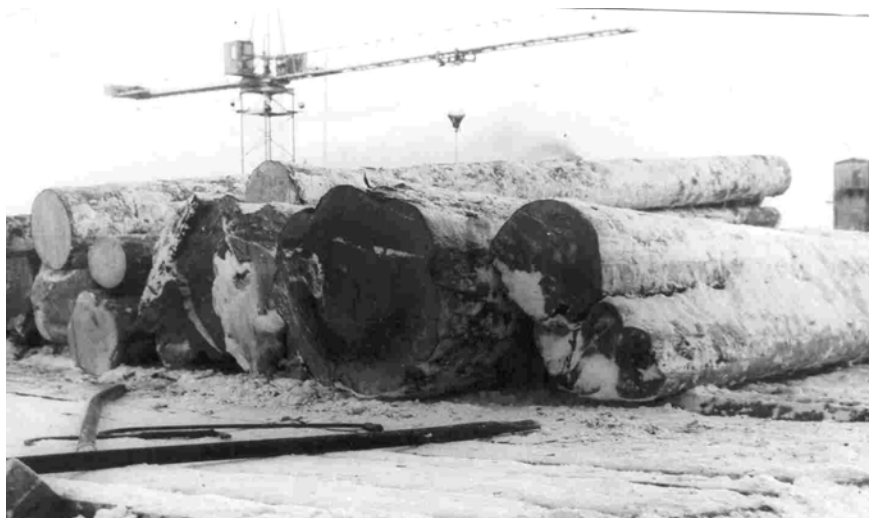


Рис. 2. Окорка древесины в зимнее время

## *Выводы*

1. Установлено, что окорка в хлыстах является во многих случаях более прогрессивной технологией чем окорка бревен. Для этих целей необходимо создать новые более производительные станки.

2. Анализ конструкции роторных окорочных станков показал, что без учета динамических нагрузок, действующих на механизмы подачи, обосновать параметры станка, обеспечивающие его надежную и долговечную работу для окорки хлыстов, практически невозможно.

3. В результате изучения конструкций существующих механизмов подачи и теоретических исследований в качестве тягового механизма хлыстов в процессе окорки следует использовать вальцово-гусеничный механизм. При этом увеличивается контактная площадь и уменьшаются затраты мощности на полезную работу.

4. Теоретическими исследованиями установлено, что длина окариваемых хлыстов разная, ввиду чего рекомендуется применять поддерживающие «плавающие» ролики, текущее положение которых определяется в зависимости от нагрузок, возникающих в элементах привода механизма подачи.

5. Определено также, что диаметры хлыстов в комлях изменяются в широких пределах и практически всегда к вершине стремятся к нулю, поэтому и окаривающая головка должна быть «плавающей».

## **Библиографический список**

1. Мазур И.И., Шапиро В.Д. Управление качеством: учеб. пособие. М.: Омега-Л, 2007. 400 с.

2. Веретенник Д.Г. Использование древесной коры в народном хозяйстве. М.: Лесная промышленность, 1976. 120 с.

3. Симонов М.Н. Механизация окорки лесоматериалов. М.: Лесная промышленность, 1984. 212 с.

4. Газизов А.М. Оптимизация окорки древесины на роторных окорочных станках, 2014. 299 с.

**УДК 674.023**

**И.Т. Глебов, А. Мартинон**

(I.T. Glebov, A. Martinon)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: [git5@yandex.ru](mailto:git5@yandex.ru)

## **ДОПУСТИМАЯ ГЛУБИНА СВЕРЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ**

### **ADMISSIBLE DEPTH OF DRILLING OF WOOD**

*Были проведены экспериментальные исследования на сверлильном станке массивной древесины сосны, березы, осины с целью получения зависимости критической глубины сверления от переменных факторов режима сверления. В статье приведены методика исследования и полученные результаты, показано качество поверхности на входе и выходе сверла из заготовки.*

*The pilot studies on the drilling machine of massive wood of a pine, birch, an aspen for the purpose of obtaining dependence of critical depth of drilling on variable factors of the mode of drilling were conducted. The technique of a research and the received results are given in article, quality of a surface on an input and an output of a drill from preparation is shown.*



Сверление отверстий в древесине часто выполняется сверлами спиральными либо с конической заточкой, либо с центром и подрезателями. Образующая стружка удаляется из отверстия по винтовым канавкам сверла.

При некотором режиме сверления стружка в канавке брикетируется и уплотняется, ее удаление прекращается, и возможно заклинивание сверла. Это приводит либо к проворачиванию сверла в патроне шпинделя, либо к поломке сверла.

Обычно допустимую глубину отверстия, выполняемую за один проход, связывают с его диаметром:

$$m = t/d_0,$$

где  $m$  – коэффициент отношения;

$t$  – глубина отверстия, выполненная за один проход;

$d_0$  – диаметр отверстия.

При обработке отверстий в металле  $m = 3,5-5$  [1]. При сверлении фанеры  $m = 3,3-6,7$  [2]. При обработке массивной древесины, по данным Е.Г. Ивановского [1],  $m \leq 10$ . Специальные исследования по этому вопросу при сверлении древесины не проводились.

При обработке глубоких отверстий с превышением коэффициента  $m$  сверление производят в несколько приемов. Чтобы предотвратить заклинивание, сверло многократно поднимают из отверстия, очищают от стружки и снова опускают в отверстие и сверлят. При такой организации сверления и стружкоотвода можно избежать отказов станка, повысить производительность труда.

Для выявления зависимости глубины сверления от диаметра сверла были проведены экспериментальные исследования.

#### *Методика исследований*

Экспериментальные исследования проводились на вертикальном сверлильном станке с ручной подачей и переменной ступенчатой частоте вращения шпинделя в диапазоне 385–2 096 мин<sup>-1</sup>. Скорость подачи приблизительно составляла 0,5 м/мин. Используемые сверла имели коническую заточку, заточку с центром и подрезателями.

Переменные факторы опытов показаны в таблице 1.

Таблица 1

Переменные факторы

Порода древесины	Влажность, $W$ , %	Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	Диаметр сверла $d$ , мм
Сосна, береза, осина	8, 30	385, 2 096	4,5; 6,0

*Фиксируемый параметр* – глубина сверления  $t$ , при достижении которой выход стружки на поверхность заготовки прекращается. Каждый опыт повторялся по 10–12 раз. Пример записи и статистической обработки результатов измерений показан в таблице 2.

Таблица 2

Пример записи и статистической обработки результатов измерений

<p><b>Сосна сухая</b></p> <p><math>W\% = 8\%</math></p> <p><b>Сверло <math>D = 4,5</math> мм</b></p> <p><math>n = 2096 \text{ мин}^{-1}</math></p> <p><math>t = m D</math></p>	Значение $t$ , мм	Среднее значение $\bar{t}$ , мм	27,00
	27	$m$	6,00
	25	Квадратическое отклонение	22,00
	28	Дисперсия $S^2$ , мм <sup>2</sup>	2,44
	27	Дисперсия для генеральной совокупности	2,20
	24	Среднеквадратическое отклонение $\sigma$ , мм	1,56
	28	3 $\sigma$ , мм	4,69
	26		
	28		
	29		

Глубину сверления, при которой прекращается выход стружки на поверхность заготовки, назовем *критической*. Момент достижения критической глубины можно определить визуально. Критическая глубина сверления  $t_k$  зависит от породы древесины, ее влажности, диаметра сверла, частоты вращения и скорости подачи.

Значения режимных параметров для достижения критической глубины  $t_k$  приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты экспериментов

Порода древесины	Влажность $W$ , %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Диаметр сверла $D$ , мм			
			$D = 4,5$ мм		$D = 6$ мм	
			Глубина $t$ , мм	$t_k = mD$	Глубина $t$ , мм	$t_k = mD$
$n = 345 \text{ мин}^{-1}, V_s = 0,5 \text{ м/мин}$						
Сосна	8	516	24,7	5,5D	36,5	6,1D
Сосна	30	577	14,2	3,2D	14,8	2,5D
Береза	8	679	16,1	3,6D	30,9	5,2D
Береза	30	917	10,9	2,4D	18,3	3,1D
$n = 2096 \text{ мин}^{-1}, V_s = 0,5 \text{ м/мин}$						
Сосна	8	516	27,0	6,0D	51,6	8,6D
Сосна	30	577	18,8	4,18D	39,82	6,64D
Береза	8	679	30,5	6,78D	52,4	8,73D
Береза	30	917	18,7	4,16D	43,05	7,18D
Осина	30	490	–	–	35,8	5,97D

Из данных исследований следует: с увеличением влажности древесины и уменьшением диаметра сверла значение  $m$  убывает. С увеличением частоты вращения сверла подача на зуб убывает, производительность удаления стружки увеличивается и коэффициент  $m$  возрастает. Значение  $m$  всегда зависит от режима сверления. Для исследуемых режимов сверления значение  $m \leq 8,6$ .

При сверлении массивной древесины сосны и березы в поперечном направлении была выявлена важная закономерность удаления стружки из отверстия. В начале сверления стружка транспортируется из отверстия по канавкам сверла быстро. На некоторой глубине сверления подъемные силы винтовых канавок уравниваются с силами сопротивления (трения) подъему стружки.

Выход стружки на поверхность заготовки прекращается. Заглубление сверла еще продолжается, но стружка не выходит на поверхность, она уплотняется в канавках в брикеты (рис. 1). Силы трения сверла с брикетами в отверстии резко возрастают, крутящий момент на сверле величивается, что может привести к поломке сверла и отказу станка.

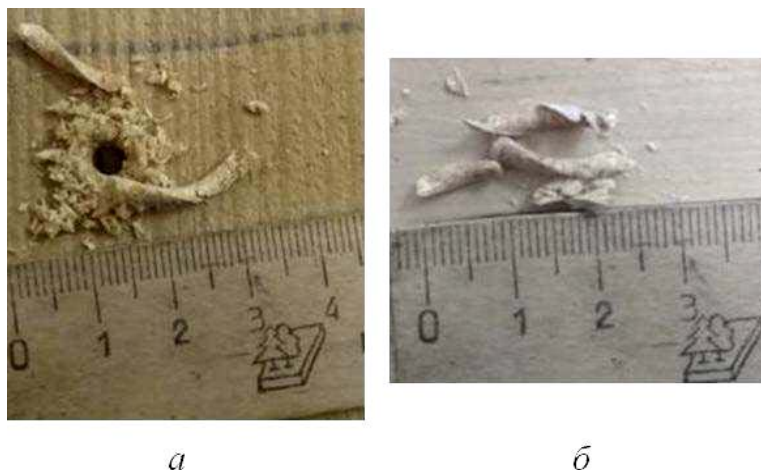


Рис. 1. Брикеты стружки, получаемые при сверлении сухой древесины:  
*а* – сосны; *б* – березы

### *Качество обработанных отверстий*

Исследование проводилось на рабочем станке с ЧПУ (рис. 2). Брали доску из древесины сосны толщиной 25 мм и в ней сверлили сквозные отверстия спиральным сверлом диаметром 6 мм. Использовалось сверло с конической заточкой и сверло с центром и подрезателями.



Рис. 2. Исследование качества отверстий на станке с ЧПУ на входе и выходе

В исследованиях контролировалось качество поверхности доски на входе и выходе сверла из отверстия. На входе качество доски удовлетворительное, а на выходе образуются концевые сколы волокон древесины. Величина сколов измерялась миллиметровой линейкой (рис. 3 и 4).



Рис. 3. Качество поверхности на выходе сверла из отверстий

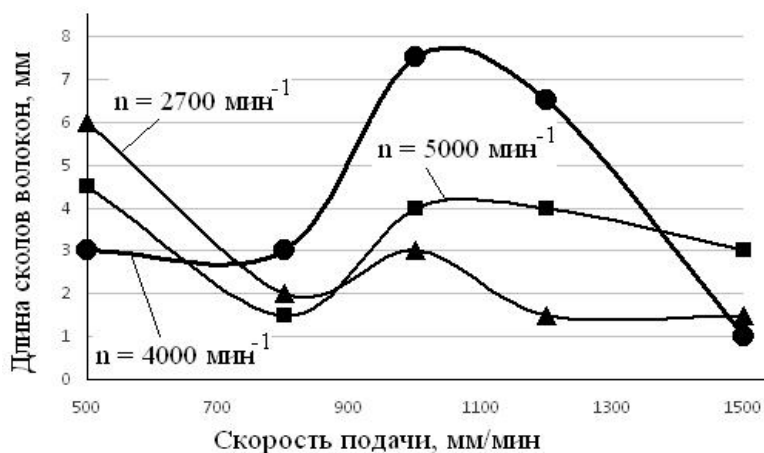


Рис. 4. Зависимость сколов на выходе сверла из отверстия от скорости подачи и частоты вращения шпинделя

При сверлении отверстий сверлом диаметром 6 мм с конической заточкой концевые сколы на выходе сверла из отверстия равнялись 3,5–5 мм.

### *Точность выполнения экспериментов*

При определении критической глубины сверления, при которой прекращается выход стружки на поверхность заготовки, глубина сверления фиксировалась визуально. В связи с этим в формируемой выборке с объемом 10–12 измерений неизбежны погрешности полученных значений глубины сверления и среднего выборочного значения глубины сверления. Точность или погрешность среднего выборочного значения определяются полем рассеяния значений выборки.

Показатель точности исследования определяется по формуле:

$$P = \frac{\sigma}{\bar{t}\sqrt{N}} = \frac{1,56}{27\sqrt{10}} = 0,018.$$

Показатель точности  $P = 1,8 \%$ .

Если величина показателя точности исследований равна или меньше 5 %, считается, что точность исследований вполне достаточна, а полученные данные могут характеризовать средние значения замеров с достоверностью 95 %.

## *Вывод*

При сверлении массивной древесины критическая глубина сверления всегда зависит от режима сверления. С изменением породы древесины, влажности, частоты вращения и диаметра сверла критическая глубина сверления изменяются. Для проведенных режимов сверления  $t_{кр} = 2,4-8,73D$ .

## **Библиографический список**

1. Ивановский Е.Г. Резание древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1975. 200 с.
2. Глебов И.Т., Амет Г. Удаление стружки при сверлении // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Междун. евразийск. симпозиума / под науч. ред. В.Г. Новоселова. Екатеринбург, 2015. С. 137–142.

**УДК 674.023**

**И.Т. Глебов, А. Мартинон**

(I.T. Glebov, A. Martinon)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: [git5@yandex.ru](mailto:git5@yandex.ru)

## **ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ СТРУЖКИ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ**

### **TRANSPORTATION OF SHAVING WHEN DRILLING WOOD**

*В статье показаны трудности удаления стружки при сверлении отверстий в древесине. Рассмотрена конструкция винтовых сверл, показана роль винтовой канавки сверла. Приведен вывод формулы для расчета предельно допустимой подачи на зуб при сверлении отверстий в древесине.*

*Difficulties of removal of shaving when drilling openings in wood are shown in article. The design of screw drills is considered, the role of a screw flute of a drill is shown. A formula conclusion for calculation of maximum permissible giving to tooth when drilling openings is given in wood.*

Выполнение отверстий в древесине методом сверления широко применяется в производстве мебели, столярно-плотницком и катушечном производствах, в изготовлении строительных конструкций и др. Для сверления используются разнообразные сверла.

Трудности сверления связаны с удалением стружки из обрабатываемого отверстия. На некоторой глубине сверления объем образующейся стружки начинает превышать объем удаляемой из отверстия. Стружка начинает уплотняться, в стружечных канавках сверла образуются брикеты, и сверло заклинивает в отверстии. Затрудненный стружкоотвод приводит к отказам при сверлении, снижению производительности труда и частым поломкам сверл.

Обычно глубину отверстия связывают с его диаметром:

$$m = t/d_0,$$

где  $m$  – коэффициент отношения;  
 $t$  – глубина отверстия;  
 $d_0$  – диаметр отверстия.

При обработке отверстий в металле  $m = 3,5-5$ . При обработке массивной древесины, по данным Е.Г. Ивановского [1],  $m \leq 10$ . Специальные исследования по этому вопросу при сверлении древесины не проводились.

При обработке глубоких отверстий с превышением коэффициента  $m$  сверление производят в несколько приемов. Чтобы предотвратить заклинивание сверло многократно поднимают из отверстия, очищают от стружки и снова опускают в отверстие и сверлят. При такой организации сверления и стружкоотвода можно избежать отказов станка, повысить производительность труда.

#### Элементы сверла

Для обработки древесины и древесных материалов часто используют спиральные сверла с конической заточкой (для продольного сверления) и спиральные сверла с центром и подрезателями (для поперечного сверления) [2]. Подрезатели расположены на периферии сверла и предназначены для перерезания волокон древесины. Центр представляет собой пирамидальный выступ в центральной режущей части сверла и предназначен для направления сверла.

Рабочая часть сверла (рис. 1) представляет собой сердцевину, вокруг которой расположены винтовые стружечные канавки, примыкающие к режущим кромкам. Толщина сердцевины равна  $(0,3-0,4)D$ , угол наклона спирали  $\omega = 20-30^\circ$ . Сердцевина утолщается к хвостовику на 1,4–1,8 мм на каждые 100 мм длины сверла (ГОСТ 22057-76).

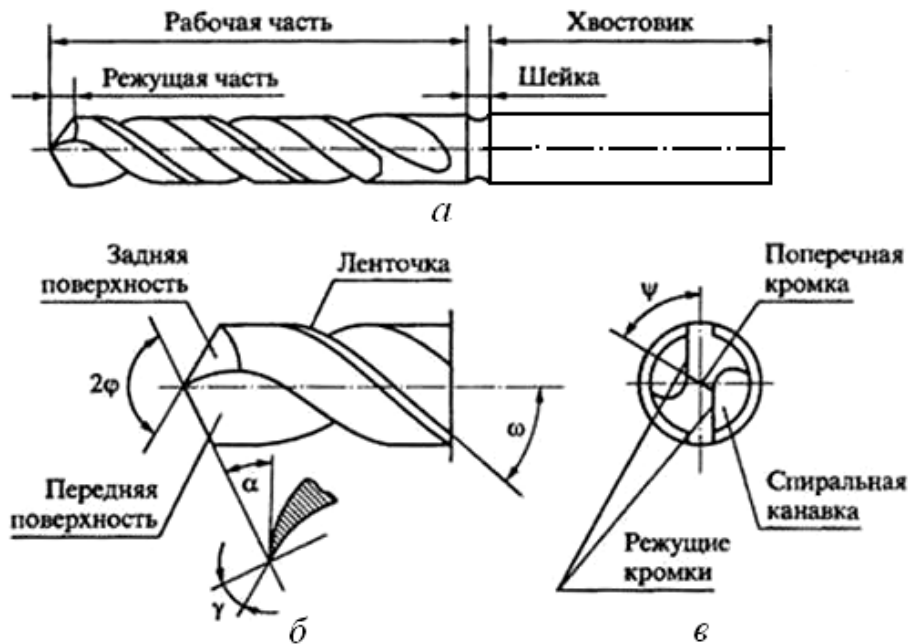


Рис. 1. Элементы спирального сверла:

- $a$  – конструкция сверла;  $б$  – конструкция рабочей части;
- $в$  – конструкция режущей части;  $2\phi$  – угол заточки вершины сверла;
- $\omega$  – угол наклона винтовой канавки;  $\alpha$  – задний угол лезвия;
- $\gamma$  – передний угол;  $\psi$  – угол наклона поперечной режущей кромки

К режущим кромкам на поверхности сверла примыкают узкие ленточки, направляющие сверло при работе с наименьшим сопротивлением трения в отверстии. *Винтовая канавка сверла* предназначена для удаления стружки из отверстия, образующейся при резании.

*Шейка сверла* – промежуточная часть между рабочей частью и хвостовиком. Хвостовик служит для закрепления сверла в патроне станка.

Рекомендуемые номинальные углы резания:

- задний угол  $\alpha = 20\text{--}30^\circ$ ,
- угол заострения (заточки)  $\beta = 20\text{--}25^\circ$ ,
- угол резания  $\delta = 40\text{--}50^\circ$ .

Передний угол на чертежах сверла не проставляют, так как положение и форму передней поверхности сверла определяет угол наклона винтовой канавки  $\omega$ . Передняя поверхность лезвия сверла винтовая. Угол наклона винтовой канавки уменьшается при приближении к оси сверла, поэтому передний угол лезвия – величина переменная. Чем ближе рассматриваемая точка к оси сверла, тем меньше этот угол. На периферии сверла передний угол, замеренный в рабочей секущей плоскости, равен углу наклона винтовой канавки  $\omega$ .

*Винтовая канавка сверла* предназначена для вывода стружки из просверленного отверстия. Она создает требуемый передний угол резания лезвия, позволяющий с наименьшим энергопотреблением срезать стружку. Чем больше объем винтовой канавки, тем проще отвести стружку из отверстия. Однако винтовая канавка ослабляет тело сверла, понижает его прочность.

Угол подъема винтовой канавки находится из соотношения:

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{\pi D}{S},$$

где  $D$  – диаметр рабочей части сверла, мм;

$S$  – шаг винтовой канавки, мм.

Увеличение угла наклона винтовой канавки  $\omega$  приводит к увеличению рабочего пространства для размещения стружки, к увеличению переднего угла  $\gamma$ , к снижению угла резания  $\delta$ , а это, в свою очередь, приводит к снижению сил и мощности резания. Увеличение угла  $\omega$  от  $22^\circ$  до  $30^\circ$  приводит к уменьшению крутящего момента на 20–30 %

#### *Транспортирование стружки*

Рассмотрим схему транспортирования стружки из отверстия при сверлении (рис. 2).

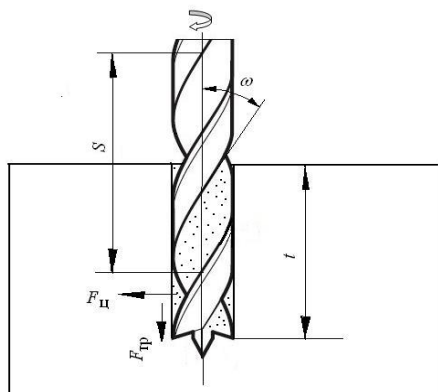


Рис. 2. Схема удаления стружки и конструкция сверла

При работе сверло заглубляется в древесину со скоростью подачи  $V_s$ . При заглублении на небольшую глубину  $dt$  сверло диаметром  $D$  срезает слой древесины

$$\text{объемом } dO = \frac{\pi D^2}{4} dt \text{ (см}^3\text{),}$$

$$\text{массой } dm = 0,001 \frac{\pi D^2 \rho}{4} dt \text{ (кг),}$$

где  $\rho$  – плотность древесины, г/см<sup>3</sup>.

В каждую из двух винтовых канавок попадает половина указанной массы стружки, кг:

$$dm_0 = 0,001 \frac{\pi D^2 \rho}{8} dt. \quad (1)$$

Стружка, попавшая в канавки, вращается вместе со сверлом и под действием центробежных сил  $dF_{ц}$  прижимается к внутренней цилиндрической поверхности отверстия, Н:

$$dF_{ц} = \frac{dmV^2}{r}, \quad (2)$$

где  $V$  – максимальная окружная скорость вращения сверла, м/с;

$r$  – радиус сверла, м.

$$V = \frac{\pi D n}{60000}, \quad (3)$$

где  $D$  – наружный диаметр сверла, мм;

$n$  – частота вращения сверла, мин<sup>-1</sup>.

Заметим, что на периферии сверла окружная скорость вращения равна  $V$ , на средней цилиндрической поверхности (в точке на середине режущей кромки) –  $0,5V$ , а в точке режущей кромки, расположенной около центра, близка к нулю (рис. 3). По такой же закономерности изменяются и центробежные силы. В пространстве, расположенном в промежутке между периферией сверла и цилиндрической поверхностью с диаметром  $D/2$ , центробежные силы отбрасывают стружку к стенке отверстия. В пространстве внутреннего цилиндра, особенно около сердцевины, окружные скорости вращения сверла близки к нулю и центробежные силы небольшие по величине, неспособные преодолеть сопротивление трения, чтобы отбросить стружку к периферии. Здесь стружка только вращается вместе со сверлом.

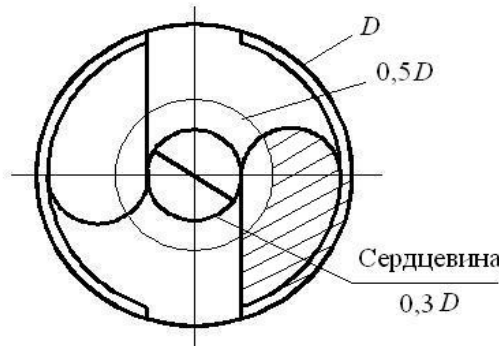


Рис. 3. Поперечное сечение спирального сверла



Найдем массу стружки, срезаемой в периферийной зоне между цилиндрическими поверхностями с диаметрами  $D$  и  $0,5D$ , кг:

$$dm_1 = 0,001 \frac{(\pi D^2 - \pi(0,5D)^2)\rho}{8} dt = 0,003 \frac{\pi D^2 \rho}{32} dt. \quad (4)$$

Масса стружки между сердцевиной и цилиндрической поверхностью с диаметром  $0,5D$ , кг:

$$dm_2 = 0,001 \frac{\pi D^2 \rho}{32} dt. \quad (5)$$

На цилиндрической поверхности отверстия стружка тормозится силами трения,  $H$ :

$$dF_{\text{тр}} = dF_{\text{ц}} f = \frac{dm_1 V^2}{r} \quad f = 0,003 \frac{\pi D^2 \rho}{32} dt \frac{V^2}{r}, \quad (6)$$

где  $f$  – коэффициент трения скольжения древесной стружки по деревянной поверхности отверстия ( $f = 0,5$ ).

Сила трения создает тормозной вращательный момент, а также препятствует перемещению стружки в осевом направлении сверла. Стружка стремится остановиться около поверхности отверстия. Однако винтовая поверхность канавки сверла подхватывает стружку и, преодолевая торможение, вращает ее. В результате на поверхности канавки касательно к ней возникает усилие  $F_{\text{к}}$ , создающее скольжение стружки по канавке к выходу:

$$dF_{\text{к}} = dF_{\text{тр}} \sin(\omega + \rho_1) = 0,003 \frac{\pi D^2 \rho}{32} dt \frac{V^2}{r} \sin(\omega + \rho_1), \quad (7)$$

где  $\rho_1$  – угол трения стружки по стальной поверхности канавки сверла;  
 $\omega$  – угол подъема винтовой поверхности канавки;

$$\text{tg} \omega = \frac{S}{\pi d},$$

где  $S$  – шаг винтовой канавки.

Стружка, словно гайка на вращающемся винте, скользит по канавке и выходит из отверстия. При оптимальном режиме сверления количество удаляемой разрыхленной стружки должно равняться количеству образующейся разрыхленной стружки. Производительность удаления стружки зависит от глубины сверления, частоты вращения сверла и параметров сверла – диаметра и шага винтовой канавки. Чем больше глубина сверления, тем больше силы трения стружки в отверстии, препятствующие выносу стружки. С увеличением частоты вращения производительность выноса стружки увеличивается.

Производительность вновь образующейся стружки зависит от подачи на зуб при сверлении. При малых значениях подачи на зуб образуется небольшое количество разрыхленной стружки, и сверло беспрепятственно удаляет ее из отверстия. При больших значениях подачи на зуб образуется много разрыхленной стружки, и сверло не успевает удалить ее из зоны сверления. В отверстиях канавок образуются брикеты уплотненной стружки.

Сравнивая формулы (4) и (5), отметим, что  $\frac{3}{4}$  образовавшихся стружек расположены в периферийной зоне сверла и они нормально удаляются по канавкам сверла из отверстия. При этом  $\frac{1}{4}$  часть стружек расположена в центральной зоне сверла, около его сердцевины, и эта часть стружек плохо удаляется из отверстия. Стружка не отбрасывается к стенкам отверстия, угол подъема винтовой линии канавки около сердцевины сверла близок к  $90^\circ$ , и канавка оказывает большое сопротивление продвижению стружки. Старая стружка в этой зоне выталкивается вновь образующейся. Здесь она уплотняется, и зарождаются плотные брикеты.

По мере увеличения глубины сверления или с форсированием подачи объем брикетов быстро распространяется на весь объем канавки. Вынос стружки из отверстия прекращается. Дальнейшее сверление становится невозможным, так как брикеты заклинивают поворот сверла в отверстии.

Для любого режима сверления можно выделить критическую глубину, превышение которой недопустимо. При достижении этой глубины сверло надо поднять из отверстия, очистить от брикета стружки и продолжить сверление до следующей критической глубины. Глубина сверления массивной древесины за один проход рекомендуется  $t \leq 10d$  [1]. Это слишком неопределенно.

Срезанная стружка, перемещаясь по винтовым канавкам сверла, ломается, разрыхляется. Примем коэффициент полнодревесности разрыхленно-воздушной стружки  $K_v = 0,03125$ . В этом случае разрыхленные стружки в воздухе будут занимать объем в 32 раза больше объема массивной древесины [3].

Найдем объем разрыхленно-воздушных стружек, поступающих в одну канавку в периферийной зоне за 1 мин работы сверла,  $\text{мм}^3/\text{мин}$ :

$$Q_c = 3 \frac{\pi D^2}{32 K_v} S_z n, \quad (8)$$

где  $S_z$  – подача на 1 зуб сверла, мм.

Осевая скорость подъема стружки,  $\text{мм}/\text{мин}$ :

$$V_{oc} = 0,5V \sin 2\omega = 0,5\pi D n \sin 2\omega, \quad (9)$$

где  $\omega$  – угол между продольной осью сверла и касательной к поверхности винтовой канавки.

Найдем живое сечение (поперечное сечение) канавки в периферийной зоне сверла (рис. 3, заштрихованная зона), приблизительно приняв его как разность площади сектора и площади прямоугольника,  $\text{мм}^2$ :

$$s \approx \frac{1}{4} \frac{\pi D^2}{4} - \frac{D}{2} \frac{0,3D}{2} = 0,12D^2.$$

Производительность канавки, мм<sup>3</sup>/мин:

$$P_k = sV_{oc} = 0,12D^2 0,5\pi Dn \sin 2\omega.$$

$$P_k = 0,06D^3 \pi n \sin 2\omega. \quad (10)$$

Приравнивая  $Q_c$  и  $P_k$ , получим:

$$3 \frac{\pi D^2}{32K_v} S_z n = 0,06D^3 \pi n \sin 2\omega.$$

При  $K_v = 0,03$  125 находим максимально допустимую величину подачи на зуб, мм:

$$S_z = 0,64DK_v \sin 2 \left( \arctg \frac{\pi D}{S} \right). \quad (11)$$

Отсюда следует, что с увеличением шага винтовой канавки или с уменьшением угла наклона канавки допустимая величина подачи на зуб уменьшается.

#### Библиографический список

1. Ивановский Е.Г. Резание древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1975. 200 с.
2. Глебов И.Т. Резание древесины. СПб: Лань, 2016. 308 с.
3. Глебов И.Т., Амет Г. Удаление стружки при сверлении // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Междунар. евразийск. симпозиума / под науч. ред. В.Г. Новоселова. Екатеринбург, 2015. С. 137–142.

УДК 656.091.4

**Н.К. Казанцева, Е.С. Синегубова**

(N.K. Kazanceva, E.S. Sinegubova)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: sinyes@yandex.ru

#### ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

#### EVALUATION OF THE CONFORMITY OF WHEELED VEHICLES

*Оценка соответствия – это прямое или косвенное подтверждение соответствия объекта заявленным требованиям. Формы оценки соответствия и правила их выполнения для колесных транспортных средств устанавливает технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств» ТР ТС 018/2011. В материалах статьи представлена информация о вариантах оценки соответствия колесных транспортных средств, о необходимых документах, подтверждающих соответствие требованиям безопасности, а также о правилах маркировки колесных транспортных средств, прошедших процедуру оценки соответствия и подтвердивших соблюдение требований безопасности [1–5].*

*The conformity assessment is established in technical regulations. The mandatory requirement for conformity assessment for wheeled vehicles is established by the Technical Regulation "On the Safety of Wheeled Vehicles" TR TS 018/2011. The list of products for which submission of the customs declaration is accompanied by the provision of documents on the assessment of compliance with the requirements of the technical regulations of the Customs Union "On the safety of wheeled vehicles" TR TS 018/2011 [1–5].*

Оценка соответствия – это один из элементов технического регулирования, призванного организовывать поведение хозяйствующих субъектов на рынке. Оценка соответствия представляет собой деятельность, которая связана с прямым или косвенным определением того, что заявленные требования соблюдаются.

Различают следующие основные формы оценки соответствия:

- аккредитацию,
- лицензирование,
- государственный контроль,
- подтверждение соответствия,
- регистрацию,
- испытания.

Все формы оценки соответствия используются для продукции на различных стадиях ее жизненного цикла. Финальная стадия оценки соответствия уже готовой продукции всегда предусматривается в технических регламентах, устанавливающих обязательные требования на продукцию. На финальной предрыночной стадии используются такие формы оценки соответствия, как государственная регистрация и подтверждение соответствия в различных комбинациях.

Основные положения в области подтверждения соответствия регламентирует федеральный закон «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27.12.2002 г., который действует в настоящее время в редакции от 05.04.2016 г. В соответствии с положениями этого закона подтверждение соответствия направлено на достижение следующих целей:

«1. Удостоверения соответствия продукции, процессов проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работ, услуг или иных объектов техническим регламентам, документам по стандартизации, условиям договоров.

2. Содействия приобретателям, в том числе потребителям, в компетентном выборе продукции, работ, услуг.

3. Повышения конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках.

4. Создания условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории Российской Федерации, а также для осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли...».

Подтверждение соответствия может носить обязательный и добровольный характер. Обязательное подтверждение соответствия проводится только в случаях, установленных соответствующим техническими регламентами, и исключительно на соответствие требованиям технических регламентов.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется по инициативе заявителя. Оно может осуществляться для установления соответствия международным и национальным стандартам, стандартам организаций, системам добровольной сертификации, условиям договора.

Формы и правила оценки соответствия колесных транспортных средств устанавливает технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных

транспортных средств» ТР ТС 018/2011. В данном техническом регламенте все колесные транспортные средства разделены на определенные типы, для которых предусмотрены различные формы оценки соответствия (табл. 1).

Таблица 1

Варианты оценки соответствия колесных транспортных средств по техническому регламенту ТР ТС 018/2011

Тип транспортного средства	Документы оценки соответствия
Транспортные средства (шасси), выпускаемые в обращение	Одобрение типа транспортного средства (шасси)
Единичное транспортное средство	Техническая экспертиза. Свидетельство о безопасности конструкции транспортного средства
Транспортное средство, которое уже находится в эксплуатации	Акты технического осмотра
Транспортное средство, которое находится в эксплуатации, и в конструкцию которого вносятся изменения	Свидетельство о соответствии транспортного средства с внесенными в его конструкцию изменениями в связи с требованиями безопасности
Транспорные средства перед их выходом в обращение	Сертификат соответствия. Декларация о соответствии

Единым знаком обращения отмечают транспортные средства (шасси), которые соответствуют нормам, имеют одобрение типа транспортного средства (одобрение шасси), а также элементы транспортных средств, имеющие сертификаты соответствия или декларацию о соответствии (рис. 1).

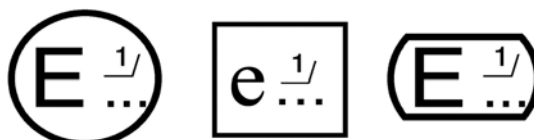


Рис. 1. Образец маркировки

Маркировка располагается на табличке изготовителя или на отдельной наклейке. Место для таблички или наклейки отмечено в одобрении типа транспортного средства. По возможности единый знак обращения должен быть расположен рядом со знаком изготовителя. Маркировка элементов знаками официального утверждения «Е» или «е» приравнивается к маркировке единым знаком обращения «Евразийское соответствие» (рис. 2).



Рис. 2. Варианты исполнения единого знака обращения «Евразийское соответствие» (ЕАС)

При наличии на элементах маркировки знаков «Е» или «е» маркировка единым знаком обращения «ЕАС» на рынке не требуется.

В таблице 2 приведены примеры разделения транспортных средств по типам и элементам с указанием необходимых документов по оценке соответствия.

Таблица 2

Сведения о документах по оценке соответствия  
для отдельных типов транспортных средств или их элементов

Наименование продукции	Документ об оценке соответствия	Примечание
Мототранспортные средства (категория L)	Одобрение типа транспортного средства или свидетельство о безопасности конструкции транспортного средства	В том числе мопеды, мотовелосипеды (включая категории L1, L2); мотоциклы, мотороллеры, трициклы (включая категории L3, L4, L5); квадрициклы (включая категории L6, L7)
Транспортные средства, имеющие не менее 4 колес и используемые для перевозки пассажиров (категория M)	Одобрение типа транспортного средства, или одобрение типа шасси, или свидетельство о безопасности конструкции транспортного средства	В том числе категория M1; автобусы, троллейбусы, специализированные пассажирские транспортные средства и их шасси (включая категории M2, M3)
Транспортные средства, используемые для перевозки грузов – автомобили грузовые и их шасси (категория N)	Одобрение типа транспортного средства, или одобрение шасси, или свидетельства о безопасности конструкции транспортного средства	В том числе категории N1, N2, N3
Прицепы (полуприцепы) к транспортным средствам категорий L, M и N (категория O)	Одобрение типа транспортного средства, или одобрения шасси, или свидетельства о безопасности конструкции транспортного средства	В том числе категории O1, O2, O3, O4
Двигатели зажигания	Сертификат соответствия	–
Аккумуляторные стартерные батареи	Сертификат соответствия или декларация о соответствии	–
Стеклоочистители и запасные части к ним	Сертификат соответствия или декларация о соответствии	–

### *Выводы*

1. Оценка соответствия – это один из элементов технического регулирования, призванный организовывать поведение хозяйствующих субъектов на рынке.

2. В техническом регламенте ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» предусмотрены формы и правила оценки соответствия различных типов колесных транспортных средств и их элементов.

3. Конкретные формы оценки соответствия для колесных транспортных средств назначаются в зависимости от типа и стадии жизненного цикла транспортного средства

и могут включать одобрение типа транспортного средства, обязательную сертификацию или декларирование соответствия.

### Библиографический список

1. Казанцева Н.К., Котель Е.А., Синегубова Е.С. Техническое регулирование в современных условиях / Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Междунар. евразийск. симпозиума / под ред. В.Г. Новоселова. Екатеринбург, 2015. С. 56–59.

2. Kazantseva N.K., Tkachuk G.A., Alekseeva E.V. Instruments for the Implementation the Requirements of Customs Union Technical Regulations // International scientific journal. 2016. № 6. Pp. 37–42.

3. О техническом регулировании: федер. закон № 184-ФЗ от 27.12.2002 г.: принят Госдумой 15 декабря 2002 г.: одобр. Советом Федерации 18 декабря 2002 г.

4. Казанцева Н.К., Ткачук Г.А., Пильникова В.Е. Экономическое развитие страны и международные стандарты // Стандарты и качество. 2016. № 7. С. 34–38.

5. О безопасности колесных транспортных средств: технический регламент Таможенного союза // Евразийская экономическая комиссия. URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/techreg/deptexreg/tr/Pages/bezopKolesnTrS.aspx>.

УДК 674.053:621.933.61

**В.М. Кириченко, В.Г. Новоселов**

(V.M. Kirichenko, V.G. Novoselov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: [kvmek@mail.ru](mailto:kvmek@mail.ru), [kozerog54@yandex.ru](mailto:kozerog54@yandex.ru)

### ПРИЧИНЫ ОБЪЕМНОЙ ДЕФОРМАЦИИ БОКОВИН ПОПЕРЕЧИН ПИЛЬНОЙ РАМКИ ТАРНОЙ ЛЕСОПИЛЬНОЙ РАМЫ

### REASONS OF VOLUME DEFORMATION OF SIDEWALLS OF CROSS-PIECES OF THE SAW FRAME OF THE TARE SAWING FRAME

*Выдвинута гипотеза об изгибе натяжного клина и повороте его поперечных сечений, отклоняющих главный вектор давления в точках опоры. Составлена упрощенная расчетная схема и выполнены вычисления изгибающих моментов и углов поворота поперечных сечений клина. Показано наличие причин объемных деформаций боковин поперечин.*

*The hypothesis of a bend of a tension wedge and turn of his cross sections rejecting the main vector of pressure in points of support is made. The simplified settlement scheme is made and calculations of the bending moments and angles of rotation of cross sections of a wedge are executed. Existence of the reasons of volume deformations of sidewalls of cross-pieces is shown.*

В работе В.М. Кириченко и Л.А. Шабалина [1] показано, что при натяжении пил, помимо плоского изгиба, были обнаружены ранее неизвестные деформации боковин поперечин пильной рамки в плоскости их наименьшей жесткости. Эти деформации значительны, и по оси пильной рамки составляют в сжатом поясе боковин верхней

поперечины 0,26 мм, в то время как в плоскости действия сил натяжения пил деформация верхней поперечины не превышает 0,17 мм (рис. 1). В результате напряжения распределяются крайне неравномерно по ширине полок боковин в растянутых и сжатых поясах, а общая напряженность этих сечений возрастает существенно.

Существующая методика расчета пильной рамки как плоской рамной статически неопределимой системы [2] не дает представления о природе такой объемной деформации. Возможной причиной может быть недостаточная жесткость клина захвата рамной пилы, которым обеспечивается натяжение пилы, в результате чего он деформируется, изгибаясь, и сила натяжения передается боковинам в угловых точках их сечений *A* и *B* (рис. 2). Причем главный вектор давления направлен под углом, соответствующим углу поворота поперечного сечения клина в месте контакта.

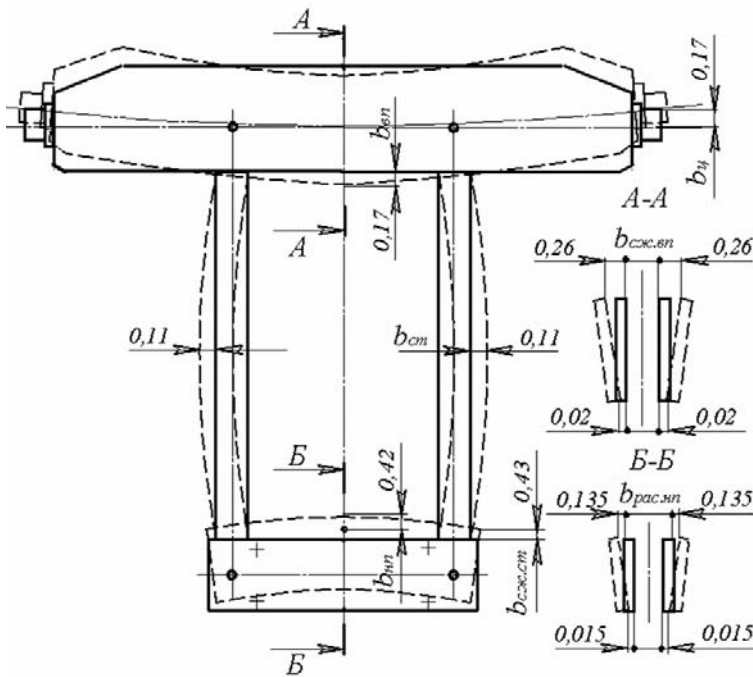


Рис. 1. Деформации элементов пильной рамки

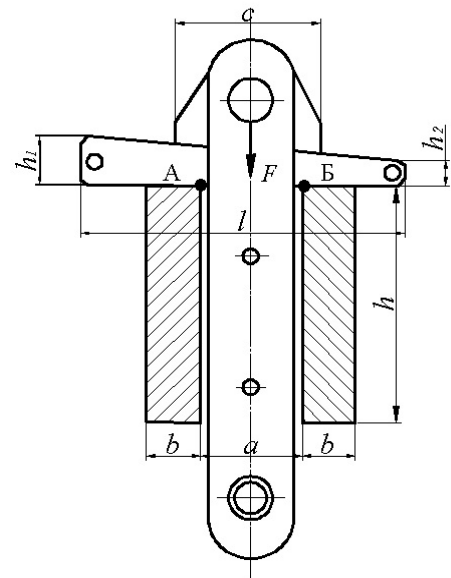


Рис. 2. Схема захвата рамной пилы

Угол поворота поперечного сечения изогнутой балки определяется по известной формуле:

$$\varphi(x) = \frac{1}{EJ_y} \int M(x) dx + C_1,$$

где  $E$  – модуль продольной упругости материала;

$J_y$  – осевой момент инерции поперечного сечения клина;

$M(x)$  – изгибающий момент в сечении;

$d$  – общепринятый символ дифференциала;

$x$  – координата вдоль оси балки;

$C_1$  – произвольная постоянная, определяемая из граничных условий.



Сделаем следующие допущения:

- 1) ввиду малости угла клина и малости расстояния между угловыми точками сечений боковин считаем момент инерции его сечения постоянным и соответствующим высоте по линии действия силы натяжения;
- 2) ввиду наличия опорной вставки считаем силу натяжения пилы равномерно распределенной по длине опорной поверхности вставки;
- 3) ввиду прогиба клина считаем, что давление от силы натяжения пилы передается боковинам через угловые точки их поперечных сечений.

Расчетная схема клина с учетом сделанных допущений приведена на рисунке 3, где клин представлен в виде двухопорной балки, нагруженной распределенной силой и разбитой на характерные участки, длины которых определены исходя из размеров элементов захвата: длина клина  $l = 135$  мм; расстояние между боковинами поперечины  $a = 43$  мм; длина опорной вставки  $c = 70$  мм.

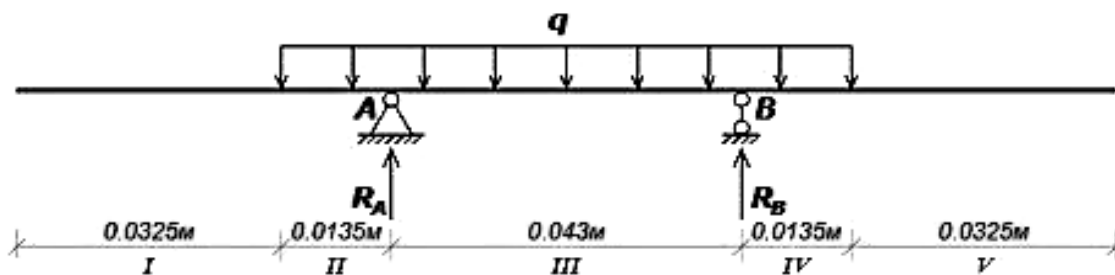


Рис. 3. Расчетная схема клина

Величину силы натяжения пилы примем, как в эксперименте,  $F = 12$  кН, тогда величина распределенной силы, кН/м,

$$q = \frac{F}{c} = \frac{12}{0,07} = 171,4.$$

Опорные реакции ввиду симметричности нагрузки  $R_A = R_B = \frac{F}{2} = \frac{12}{2} = 6$  кН.

Начальный поворот  $\varphi_0$  и прогиб  $z_0$  определим из условия нулевых прогибов над опорами A и B:

$$\begin{aligned} EJ_y Z_A = EJ_y z(l_1) &= EJ_y z_0 + EJ_y \varphi_0 l_1 - \frac{q(l_1 - a_1)^4}{24} = \\ &= EJ_y z_0 + EJ_y \varphi_0 0,046 - \frac{171,4(0,046 - 0,0325)^4}{24} = \\ &= EJ_y z_0 + EJ_y \varphi_0 0,046 - 2,36657E - 7 = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $Z_A$  – прогиб балки над опорой A.

$$l_1 = \frac{(l - a)}{2} = \frac{(0,135 - 0,43)}{2} = 0,046 \text{ м};$$

$$a_1 = \frac{(l - c)}{2} = \frac{(0,135 - 0,07)}{2} = 0,325 \text{ м}.$$

$$\begin{aligned}
 EJ_y z_B &= EJ_y z (l - l_2) = \\
 &= EJ_y z_0 + EJ_y \varphi_0 (l - l_2) + \frac{R_A(l - l_2 - l_1)^3}{6} - \frac{q_1(l - l_2 - a_1)^4}{24} = \\
 &= EJ_y z_0 + EJ_y \varphi_0 (0,135 - 0,046) + \\
 &\quad \frac{6(0,135 - 0,046 - 0,046)^3}{6} - \frac{171,4(0,135 - 0,046 - 0,0325)^4}{24} = \\
 &= EJ_y z_0 + EJ_y \varphi_0 0,089 + 6,7012E - 6 = 0,
 \end{aligned} \tag{2}$$

где  $l_2 = \frac{(l - a)}{2} = \frac{(0,135 - 0,43)}{2} = 0,046$  м.

Вычтем уравнение (1) из уравнения (2), кНм<sup>2</sup>:

$$EJ_y \varphi_0 0,043 + 6,93 786E - 6 = 0 \Rightarrow EJ_y \varphi_0 = -6,93 786E - 6/0,043 = -0,000 161 346.$$

*Построение эпюры*

Составим аналитические выражения  $M(x)$  и  $EJ_y \varphi(x)$  для каждого участка и вычислим их значения в характерных точках.

Участок I ( $0 \leq x \leq 0,0325$ ):

Изгибающий момент  $M_I(x) = 0$ .

Значения  $M_I(x)$  на краях отрезка:  $M_I(0) = 0$ ;  $M_I(0,0 325) = 0$ .

Угол поворота сечения  $\varphi(x)$ :  $EJ_y \varphi_I(x) = EJ_y \varphi_0 = -0,000 161 346$ .

Значения  $EJ_y \varphi_I(x)$  на краях отрезка, кНм<sup>2</sup>:

$EJ_y \varphi_I(0) = -0,000 161 346$ ;  $J_y \varphi_I(0,0 325) = -0,000 161 346$ .

Участок II ( $0,0 325 \leq x \leq 0,046$ ):

Изгибающий момент  $M_{II}(x) = \frac{-q(x - a_1)^2}{2} = \frac{-171,4(x - 0,0325)^2}{2} =$

$= -85,5x^2 + 5,5575x - 0,0 903 094$ .

Значения  $M$  на краях отрезка, кНм:

$M_{II}(0,0325) = -85,5 \cdot 0,0 325^2 + 5,5 575 \cdot 0,0 325 - 0,0 903 094 = 0$ ;

$M_{II}(0,046) = -85,5 \cdot 0,046^2 + 5,5 575 \cdot 0,046 - 0,0 903 094 = -0,0 155 824$ .

Угол поворота сечения  $\varphi_{II}(x)$ :

$EJ_y \varphi_{II}(x) = EJ_y \varphi_0 - \frac{q(x - a_1)^3}{6} = -0,000 161 346 - \frac{171,4(x - 0,0 325)^3}{6} =$

$= -28,5x^3 + 2,77 875x^2 - 0,0 903 094x + 0,000 817 006$ ;

Значения  $EJ_y \varphi_{II}(x)$  на краях отрезка, кНм<sup>2</sup>:

$EJ_y \varphi_{II}(0,0325) = -28,5 \cdot 0,0 325^3 + 2,77 875 \cdot 0,0 325^2 - 0,0 903 094 \cdot 0,0 325 + 0,000 817 =$

$= -0,000 161 346$ ;

$EJ_y \varphi_{II}(0,046) = -28,5 \cdot 0,046^3 + 2,77 875 \cdot 0,046^2 - 0,0 903 094 \cdot 0,046 + 0,000 817 =$

$= -0,000 231 466$ .

Участок III ( $0,046 \leq z \leq 0,089$ ):

Изгибающий момент  $M_{III}(x)$ :

$M_{III}(x) = R_A(x - L_1) - \frac{-q_1(x - a_1)^2}{2} = 5,985(x - 0,046) - \frac{171,4(x - 0,0 325)^2}{2} =$

$= -85,5x^2 + 11,5425x - 0,365 619$ .

Значения  $M_{III}(x)$  на краях отрезка, кНм:

$$M_{III}(0,046) = -85,5 \cdot 0,046^2 + 11,5 \cdot 425 \cdot 0,046 - 0,365 \cdot 619 = -0,0 \cdot 155 \cdot 824;$$

$$M_{III}(0,089) = -85,5 \cdot 0,089^2 + 11,5 \cdot 425 \cdot 0,089 - 0,365 \cdot 619 = -0,0 \cdot 155 \cdot 824.$$

Локальный экстремум (м) в точке  $x_1 = 0,0 \cdot 675$ .

$$M_{III}(0,0 \cdot 675) = -85,5 \cdot 0,0 \cdot 675^2 + 11,5 \cdot 425 \cdot 0,0 \cdot 675 - 0,365 \cdot 619 = 0,02 \cdot 394.$$

На этом участке эпюра  $M$  дважды пересекает горизонтальную ось.

Найдем точки пересечения:  $M_{III}(x) = -85,5x^2 + 11,5 \cdot 425x - 0,365 \cdot 619 = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow x = \frac{-11,5 \cdot 425 \pm (11,5 \cdot 425^2 - 4(-85,5)(-0,365 \cdot 619))^{\frac{1}{2}}}{2(-85,5)} =$$

$$= \frac{11,5 \cdot 425 \pm 8,18 \cdot 748^{\frac{1}{2}}}{171,4} = 0,0 \cdot 507 \cdot 668; 0,0 \cdot 842 \cdot 332;$$

$x_2 = 0,0 \cdot 507 \cdot 668$  м;  $x_3 = 0,0 \cdot 842 \cdot 332$  м.

Угол поворота сечения  $\varphi_{III}(x)$ :

$$EJ_y \varphi_{III}(x) = EJ_y \varphi_0 + \frac{R_A(x-L_1)^2}{2} - \frac{q(x-a_1)^3}{6} =$$

$$= -0,000 \cdot 161 \cdot 346 + \frac{5,985(x-0,046)^2}{2} - \frac{171,4(x-0,0325)^3}{6} =$$

$$= -28,5x^3 + 5,77 \cdot 125x^2 - 0,365 \cdot 619x + 0,00 \cdot 714 \cdot 914.$$

Значения  $EJ_y \varphi_{III}(x)$  на краях отрезка, кНм<sup>2</sup>:

$$EJ_y \varphi_{III}(0,046) = -28,5 \cdot 0,046^3 + 5,77 \cdot 125 \cdot 0,046^2 - 0,365 \cdot 619 \cdot 0,046 + 0,00 \cdot 714 \cdot 914 =$$

$$= -0,000 \cdot 231 \cdot 466;$$

$$EJ_y \varphi_{III}(0,089) = -28,5 \cdot 0,089^3 + 5,77 \cdot 125 \cdot 0,089^2 - 0,365 \cdot 619 \cdot 0,089 + 0,00 \cdot 714 \cdot 914 =$$

$$= 0,000 \cdot 231 \cdot 466;$$

Локальные экстремумы (м) в точках  $x_2 = 0,0 \cdot 507 \cdot 668$  и  $x_3 = 0,0 \cdot 842 \cdot 332$ .

$$EJ_y \varphi_{III}(0,0 \cdot 507 \cdot 668) = -28,5 \cdot 0,0 \cdot 507 \cdot 668^3 + 5,77 \cdot 125 \cdot 0,0 \cdot 507 \cdot 668^2 - 0,365 \cdot 619 \cdot 0,0 \cdot 507 \cdot 668 +$$

$$+ 0,00 \cdot 714 \cdot 914 = -0,000 \cdot 267 \cdot 062;$$

$$EJ_y \varphi_{III}(0,0 \cdot 842 \cdot 332) = -28,5 \cdot 0,0 \cdot 842 \cdot 332^3 + 5,77 \cdot 125 \cdot 0,0 \cdot 842 \cdot 332^2 - 0,365 \cdot 619 \cdot 0,0 \cdot 842 \cdot 332 +$$

$$+ 0,00 \cdot 714 \cdot 914 = 0,000 \cdot 267 \cdot 062.$$

На этом участке эпюра  $\varphi(x)$  пересекает горизонтальную ось.

Найдем точку пересечения из уравнения:

$$EJ_y \varphi_{III}(x) = -28,5x^3 + 5,77 \cdot 125x^2 - 0,365 \cdot 619x + 0,00 \cdot 714 \cdot 914 = 0.$$

Корни кубического уравнения найдем по тригонометрической формуле Виета.

Приведем уравнение к виду:  $x^3 + ax^2 + bx + c = 0$ , для чего разделим его на  $-28,5$ :

$$x^3 - 0,2 \cdot 025x^2 + 0,0 \cdot 128 \cdot 288x - 0,000 \cdot 250 \cdot 847 = 0;$$

$$a = -0,2 \cdot 025; b = 0,0 \cdot 128 \cdot 288; c = -0,000 \cdot 250 \cdot 847;$$

Вычисляем  $Q$ ,  $R$  и  $S$ :

$$Q = \frac{(a^2 - 3b)}{9} = 0,00 \cdot 028;$$

$$R = \frac{(2a^3 - 9ab + 27c)}{54} = 0;$$

$$S = Q^3 - R^2 = 2,1952E - 11;$$

$S > 0 \Rightarrow$  уравнение имеет три корня:

$$\varphi = \arccos \frac{R}{Q^{1,5}}$$

$$\frac{\varphi}{3} = 0,523599$$

$$x_4 = -2Q^{1/2} \cos(\varphi - \frac{2\pi}{3}) - \frac{a}{3} = 0,0675;$$

$$x_5 = -2Q^{1/2} \cos(\varphi) - \frac{a}{3} = 0,0385172;$$

$$x_6 = -2Q^{1/2} \cos(\varphi + \frac{2\pi}{3}) - \frac{a}{3} = 0,0964828.$$

Корни  $x_5 = 0,0385172$  и  $x_6 = 0,0964828$  не лежат внутри рассматриваемого участка, следовательно, истинным корнем является  $x_4 = 0,0675$ .

Участок IV ( $0,089 \leq z \leq 0,1025$ ):

$$\text{Изгибающий момент } M_{IV}(x) = R_A(x - L_1) + R_B(x - L + L_2) - \frac{q(x - a_1)^2}{2} =$$

$$= 5,985(x - 0,046) + 5,985(x - 0,135 + 0,046) - \frac{171,4(x - 0,0325)^2}{2} =$$

$$= -85,5x^2 + 17,5275x - 0,898284.$$

Значения  $M$  на краях отрезка, кНм:

$$M_{IV}(0,089) = -85,5 \cdot 0,089^2 + 17,5275 \cdot 0,089 - 0,898284 = -0,0155824;$$

$$M_{IV}(0,1025) = -85,5 \cdot 0,1025^2 + 17,5275 \cdot 0,1025 - 0,898284 = 0.$$

Угол поворота сечения  $\theta$ :

$$EJ_y \varphi_{IV}(x) = EJ_y \varphi_0 + \frac{R_A(x - L_1)^2}{2} + \frac{R_B(x - L + L_2)^2}{2} - \frac{q_1(x - a_1)^3}{6} =$$

$$= -0,000161346 + \frac{5,985(x - 0,046)^2}{2} + \frac{5,985(x - 0,135 + 0,046)^2}{2} - \frac{171(x - 0,0325)^3}{6} =$$

$$= -28,5x^3 + 8,76375x^2 - 0,898284x + 0,0308527.$$

Значения  $EJ_y \varphi_{IV}(x)$  на краях отрезка, кНм<sup>2</sup>:

$$EJ_y \varphi_{IV}(0,089) = -28,5 \cdot 0,089^3 + 8,76375 \cdot 0,089^2 - 0,898284 \cdot 0,089 + 0,0308527 =$$

$$= 0,000231466;$$

$$EJ_y \varphi_{IV}(0,1025) = -28,5 \cdot 0,1025^3 + 8,76375 \cdot 0,1025^2 - 0,898284 \cdot 0,1025 + 0,0308527 =$$

$$= 0,000161346.$$

Эпюры изгибающих моментов и углов поворота поперечных сечений клина в условных единицах кНм<sup>2</sup>/ $EJ_y$  приведены на рисунке 4.

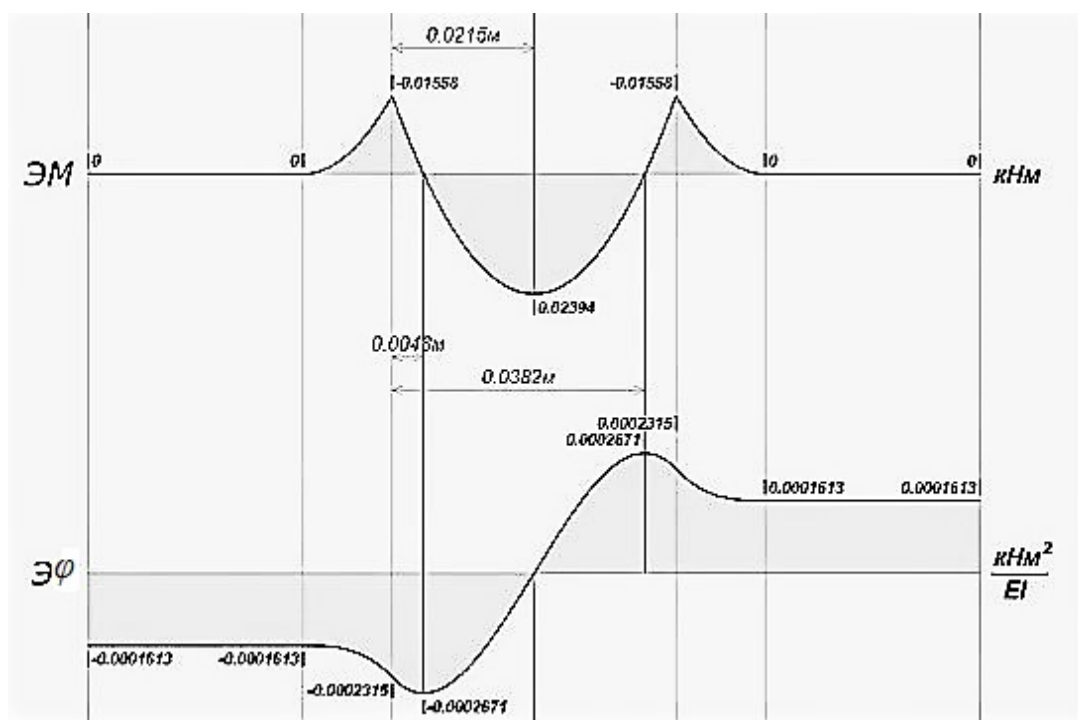


Рис. 4. Эпюры изгибающих моментов (ЭМ) и углов поворота поперечных сечений клина (ЭФ) в условных единицах ( $\text{кНм}^2/EJ_y$ )

Значения углов поворота поперечных сечений клина, пересчитанные в абсолютных единицах (Рад) с принятым допущением 1, приведены в таблице.

Значения углов поворота поперечных сечений клина

$x, \text{ м}$	$\varphi(x), \text{ кНм}^2/EJ_y$	$\varphi(x), \text{ Рад}$
0,0000	-0,0001613	-0,000303
0,0325	-0,0001613	-0,000303
0,0460	-0,0002315	-0,000434
0,0508	-0,0002671	-0,000501
0,0675	0,0000000	0,000000
0,0842	0,0002671	0,000501
0,0890	0,0002315	0,000434
0,1025	0,0001613	0,000303
0,1350	0,0001613	0,000303

**Вывод**

При натяжении пилы с помощью клинового механизма имеет место прогиб клина с наибольшими углами поворота поперечных сечений вблизи точек контакта с боковинами поперечин пильной рамки, что может служить причиной появления горизонтальной составляющей главного вектора давления от силы натяжения пил, приводящей к «развалу» боковин. Для устранения этого явления можно рекомендовать конструкцию захвата с дополнительной опорной вставкой [3].

**Библиографический список**

1. Кириченко В.М., Шабалин Л.А. Деформации элементов пильной рамки тарной лесопильной рамы // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды VII Междунар. евразийск. симпозиума / под науч. ред. В.Г. Новоселова. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. С. 254–257.

2. Виноградов В.Ф. Исследование и разработка рекомендаций по повышению несущей способности деталей пильных рамок одноэтажных лесопильных рам: дис. ... канд. техн. наук: 05.06.02. Л., 1983. 293 с.

3. Кириченко В.М., Шабалин Л.А., Новоселов В.Г. Модернизированные верхние захваты тарных рамных пил // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: мат-лы XI Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. С. 67–70.

**УДК 674.053**

**А.С. Красиков**

(A.S. Krasikov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: Krasikov47@e1.ru

**ПАРАМЕТРЫ КРУГЛЫХ ПИЛ  
ДЛЯ ПИЛЕНИЯ ИСКРИВЛЕННЫХ БРУСЬЕВ  
НА МНОГОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ**

**PARAMETERS OF CIRCULAR SAWS FOR THE SAWING CURVED BARS ON  
MULTI-SAWING MACHINE TOOLS**

*Приведен расчет диаметра и уширения зубчатого венца круглых пил в зависимости от кривизны брусьев при криволинейной распиловке. Пилами диаметром до 500 мм можно распиливать брусья с кривизной до 100 мм.*

*Calculated diameter and broadening of the toothed rim of circular saws depending on the curvature of bars during the curvilinear sawing. By the saws with a diameter of up to 500 mm it is possible to saw bars with the curvature up to the 100 mm.*

В работах А.С. Воякина и А.С. Красикова [1, 2] показано, что при распиловке брусьев, выпиленных из искривлённых брёвен, целесообразно выполнять пропил не по прямой линии, а по кривой, совпадающей с формой бруса. При такой распиловке полезный выход пиломатериалов при раскрое брусьев с кривизной  $h_k = 25$  мм на длине бревна  $L_6 = 6$  м увеличивается на 4 %, уменьшается обзольная часть досок и косослой в них. При большей кривизне полезный выход будет ещё больше. Траектория движения пил повторяет естественную форму боковой поверхности двухкантного бруса (рис. 1).

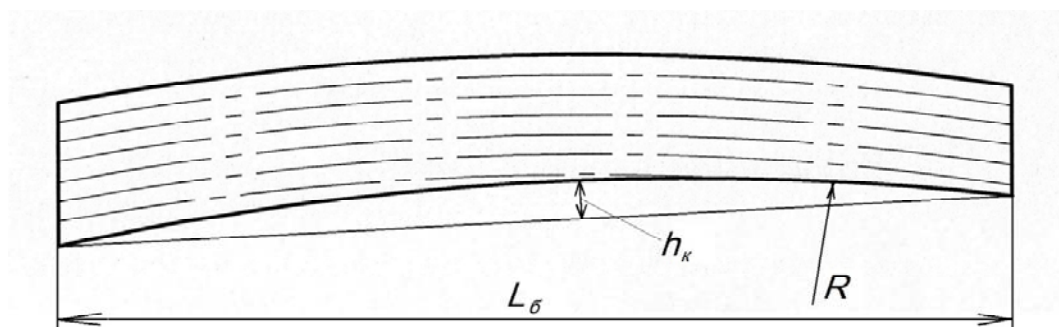


Рис. 1. Траектория движения пил при распиловке и размеры кривизны:  
 $L_б$  – длина бруса;  $h_к$  – кривизна бруса;  $R$  – радиус кривизны бруса

Возникает вопрос, как поведут себя круглые пилы при криволинейном раскросе. Положение пилы в искривлённом с радиусом  $R$  пропила показано на рисунке 2. Очевидно, что полотно пилы не должно касаться стенки пропила для предотвращения нагрева пилы от трения и зажима пилы. Наиболее опасно касание стенок пропила периферийной частью полотна пилы.

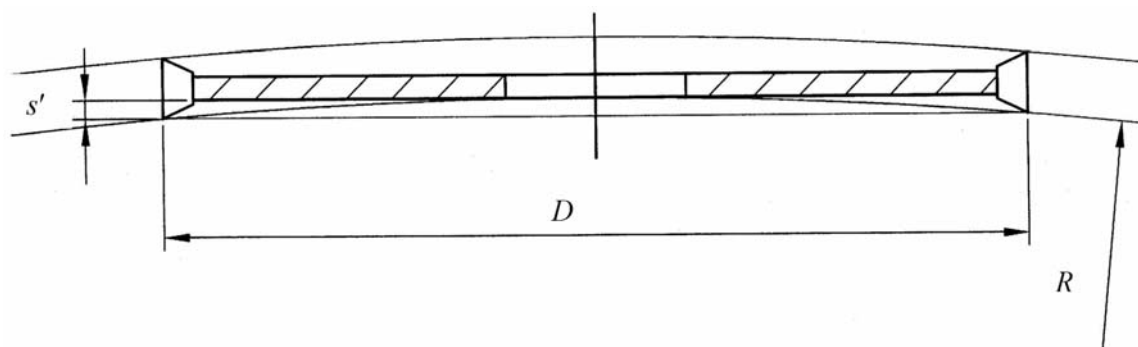


Рис. 2. Положение пилы в искривленном пропила:  
 $R$  – радиус кривизны пропила;  $D$  – диаметр пилы;  $s'$  – уширение зубчатого венца

При нагреве периферийной зоны диска пилы вблизи пазух зубьев происходит снижение частоты собственных колебаний диска пилы. Частота собственных колебаний пилы может совпасть с частотой вращения пилы, возникнет резонанс, и пила, потеряв плоскую форму равновесия, зарежет в сторону и выйдет из строя. Нагрев центральной зоны пилы менее опасен. При этом напряжения растяжения в периферийной зоне диска увеличиваются, и частота собственных колебаний пилы возрастает.

Многопильные станки применяются обычно для раскроса бруса высотой до 150 мм. На таких станках используются пилы диаметром  $D = 360\text{--}500$  мм с уширением зубчатого венца на сторону  $s' \approx 0,7 \pm 0,2$  мм.

Рассчитаем минимальный радиус искривления бруса для нормальной работы пил. Для расчета возьмём сегмент круга радиусом кривизны пропила  $R$ , отсечённый хордой длиной, равной диаметру пилы  $D$ . Высота сегмента  $s'$  равна уширению зубчатого венца на сторону.

В действительности хорда будет даже меньше, поскольку брус не проходит по диаметру пилы, а идёт немного выше диаметра пильного вала при плавающих пилах или выше зажимных фланцев. Такое допущение в расчетах несколько увеличивает зазор между пильным диском и стенкой пропила, что улучшает условия пиления.

Из геометрии возьмём формулу, которая позволяет вычислить радиус окружности  $R$  по длине хорды  $D$  и высоте сегмента  $s'$ :

$$R = \frac{s'}{2} + \frac{D^2}{8s'} \quad (1)$$

После подстановки значений  $D = 500$  мм и  $s' = 0,7$  мм получим, мм:

$$R = \frac{0,7}{2} + \frac{500^2}{8 \cdot 0,7} = 44640.$$

Для решения обратной задачи по выбору диаметра пилы формулу (1) можно записать в виде:

$$D = \sqrt{8s'(R - \frac{s'}{2})} \approx \sqrt{8s'R} \quad (2)$$

Формулу (1) можно преобразовать и к виду, удобному для расчёта уширения зубчатого венца на сторону  $s'$  при известном диаметре пилы  $D$  и радиусе кривизны пропила  $R$ :

$$s' = R - \sqrt{R^2 - \frac{L^2}{4}} \quad (3)$$

Степень искривлённости бруса характеризуют кривизной бруса  $h_k$  на длине бруса  $L_b$  или радиусом искривления бруса  $R$  (см. рис. 1).

Можно рассчитать предельную кривизну бруса  $h_k$  при длине бруса  $L_b$  и минимально возможном радиусе искривления бруса  $R$ , подсчитанном по формуле (1). Для расчёта возьмём формулу (3) и введём новые обозначения для длины хорды и высоты сегмента согласно рисунку 1.

*Высота сегмента* – это кривизна бруса  $h_k$ , а длина хорды – это длина бревна  $L$ .

Получим, мм:

$$h_k = R - \sqrt{R^2 - \frac{L^2}{4}} \quad (4)$$

Подставим в формулу (4)  $R = 44\ 640$  мм и длину бруса  $L = 6\ 000$  мм. Получим максимальную кривизну бруса, который можно распиливать пилами  $D = 500$  мм с уширением зубчатого венца на сторону  $s' = 0,7$  мм.

$$h_k = 44640 - \sqrt{44640^2 - \frac{6000^2}{4}} = 101.$$

Можно сделать вывод, что при длине бруса 6 м дугообразная кривизна бруса может достигать 100 мм, а при использовании пил меньшего диаметра – даже больше 100 мм. Если нужно распиливать брусья с ещё большей кривизной, нужно увеличивать уширение зубчатого венца или уменьшать диаметр пил при распиловке брусьев меньшей высоты.

### Библиографический список

1. Воякин А.С. Ценные проценты // Лесная индустрия. 2011. № 3 (41). С. 40–46.
2. Красиков А.С. Пиление искривленных брусьев на многопильных станках // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Международ. евразийск. симпозиума. Екатеринбург, 2015. С. 162–164.



УДК 674.053

**А.С. Красиков**

(A.S. Krasikov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: Krasikov47@e1.ru

## **МНОГОПИЛЬНЫЙ СТАНОК ДЛЯ ИСКРИВЛЕННЫХ БРУСЬЕВ**

### **MULTI-SAWING MACHINE TOOL FOR THE BENT BARS**

*Рассмотрены методы сканирования лесоматериалов. Предложена принципиальная технологическая схема многопильного станка для распиловки искривленных брусьев. Однокоординатный сканер пригоден для работы в линии с многопильным станком по предложенной схеме.*

*The methods of scanning lumber are examined. The fundamental flow chart of multi-sawing machine tool for sawing of the bent bars is proposed. One-coordinate scanner is suitable for the work in the line with the multi-sawing machine tool according to the diagram proposed.*

Целесообразность и возможность распиловки искривленных брусьев по криволинейной траектории, повторяющей естественную форму бревна, с кривизной до 100 мм на длине 6 метров показана в наших предыдущих работах [1, 2]. В этих же работах предложена принципиальная технологическая схема многопильного станка для пиления искривлённых брусьев.

Предложенная в работе [2] схема хороша тем, что позволяет спроектировать многопильный станок, который может быть установлен в лесопильный поток в качестве станка второго ряда для распиловки двухкантного бруса. При этом сам поток и технология распиловки принципиально не изменяются. Просто многопильный станок или лесопильная рама второго ряда заменяется многопильным станком для распиловки искривленных брусьев.

Достоинством станков, работающих по предложенной технологической схеме, является их компактность, автономность работы и сравнительно небольшая стоимость. Однако у них имеются и существенные недостатки. Поскольку оценка кривизны бруса выполняется механическими датчиками в зоне, не превышающей 1 метра перед пильным узлом, могут быть допущены значительные погрешности ориентации бруса перед станком и отслеживания кривизны бруса. Кроме того, механизм отслеживания кривизны включает в себя механические элементы (ролики, рычаги, пружины, датчики, гидроцилиндры и т. д.), которые снижают надежность станка.

Мы пришли к выводу, что установка перед станком сканера, измеряющего форму и размеры бруса, существенно улучшит качество выпиливаемых пиломатериалов, условия работы пил и дополнительно позволит поднять полезный выход пиломатериалов.

В настоящее время существует несколько методов сканирования формы и размеров лесоматериалов и, соответственно, разработанных на их базе сканеров.

1. Оптико-электронный метод сканирования. Изображения с нескольких видеокамер подаются на компьютер, обрабатываются программой, и формируется объёмная математическая модель лесоматериала.

2. Оптический метод сканирования с помощью тонкой сети инфракрасных лучей с шагом 1 мм. Измерительная линейка включает в себя излучатель и приемник. Лесоматериал проходит между излучателем и приемником. По числу перекрытых лучей определяется форма и размер материала.

3. Лазерный метод сканирования. Используются рамки с источниками и приемниками лазерного излучения. Лазерный метод контроля позволяет получать наиболее полную информацию о древесном сырье, в том числе измерять толщину коры.

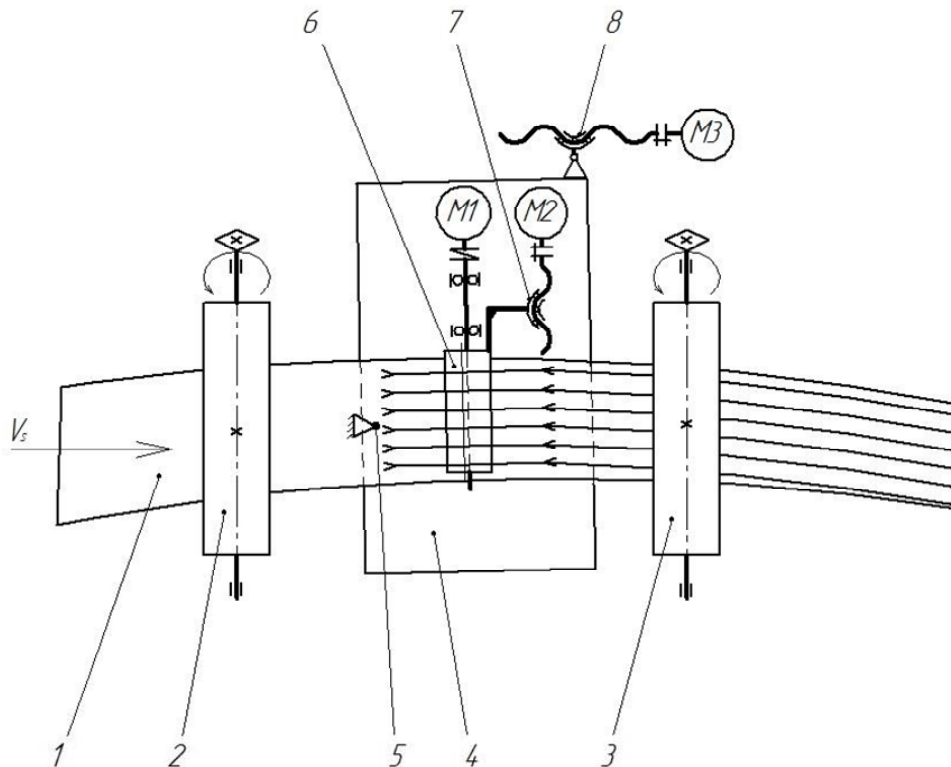
4. Метод компьютерной томографии с использованием рентгеновского излучения. Интенсивность выходного сигнала зависит от плотности сканируемого бревна и фиксируется приемными датчиками, расположенными напротив излучателей. Выявляются пороки древесины и металлические включения. Недостатком метода является высокая стоимость.

При распиловке двухкантного бруса нам для получения объемной математической модели бруса достаточно поставить датчики в одной плоскости, по ширине. Параметр длины вдоль оси бруса определяется скоростью подачи бруса через сканер и временем его прохождения. Высота бруса может измеряться любым простейшим датчиком толщины.

Можно использовать недорогой однокоординатный инфракрасный оптический сканер. Сканер такого типа состоит из блока управления с микроконтроллером и сканирующей рамки. Через рамку проходит брус. С одной стороны рамки закреплен ряд светодиодов, излучающих инфракрасные лучи с частотой, синхронизированной со скоростью подачи, а с противоположной стороны рамки за брусом расположен ряд светодиодов-приёмников этих лучей. Светодиоды-приёмники преобразуют инфракрасные лучи в электрические сигналы.

Отечественная промышленность выпускает такие сканеры. Например, «Вектор 1D» (измерение в одной плоскости) и «Вектор 2D» (измерение в двух плоскостях) от компании «Автоматика-вектор», г. Архангельск. Пригодны для наших целей и сканеры «Алмаз», выпускаемые ООО «ДТМ», г. Киров.

Функциональная схема многопильного станка для искривленных брусьев, предназначенного для работы в линии со сканером, показана на рисунке.



Функциональная схема многопильного станка

Для подачи двухкантного бруса *1* предлагаем использовать простейший и наиболее часто встречающийся в многопильных станках для бруса вальцовый механизм подачи. Передняя *2* и задняя *3* пары рифленых вальцов подают брус на узел резания и удаляют пиломатериал из станка. Пильный узел представляет собой раму *4*, которая может поворачиваться вокруг неподвижной оси *5*. Поворотная ось *5* располагается по оси бруса в зоне резания постава пил *6*. На раме *4* закреплен пильный вал, приводимый в движение электродвигателем *M1*.

Постав пил *6* может перемещаться вдоль пильного вала по шпонкам или шлицам шаговым двигателем *M2* через пару «винт – гайка» качения *7*. Пилы могут быть закреплены на подвижной оправке через шайбы-проставки, или может быть использовано «плавающее» закрепление пил в поставе, когда пилы смещаются по шлицевому пильному валу и удерживаются в пропиле направляющими с водо-воздушным охлаждением. Эти направляющие и будут смещать постав пил по пильному валу шаговым двигателем *M2*. Второй способ с «плавающими» пилами предпочтительнее, так как позволяет снизить ширину пропила, хотя и требует более высокой культуры производства.

Рамка пильного узла в соответствии с кривизной бруса поворачивается вокруг оси 5-шаговым двигателем *M3* через пару «винт – гайка» качения *8*. Направление и угол поворота пильного узла должны быть такими, чтобы в каждый момент времени ось вращения пильного вала была строго перпендикулярна продольной искривленной оси бруса.

Сканер устанавливается перед станком на участке с постоянной скоростью движения бруса. Брус должен быть полностью отсканирован до входа его в станок. Кривизна бруса запоминается управляющим компьютером, который рассчитывает траекторию пропила и ориентацию бруса перед станком для получения наибольшего выхода пиломатериалов.

Перед станком брус ориентируется загрузчиком станка и подается в многопильный станок для распиловки. Для получения рассчитанной траектории пропила компьютер управляет смещением постава пил вдоль пильного вала и разворотом пильного узла, подавая команды на шаговые двигатели *M1* и *M2*.

Дополнительные затраты на сканер компенсируются упрощением конструкции станка, повышением его надежности, повышением качества и полезного выхода пиломатериалов.

### Библиографический список

1. Красиков А.С. Пиление искривленных брусьев на многопильных станках // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Международ. евразийск. симпозиума. Екатеринбург, 2015. С. 162–164.
2. Красиков А.С., Мельников Д.А. Пиление искривленных брусьев на многопильных станках // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды XI Международ. евразийск. симпозиума. Екатеринбург, 2016. С. 211–213.

УДК 674.055:539.23621

**А.К. Кулешов<sup>1</sup>, В.В. Углов<sup>1</sup>, Д.П. Русальский<sup>1</sup>, В.В. Чаевский<sup>2</sup>**  
 (А.К. Kuleshov<sup>1</sup>, V.V. Uglov<sup>1</sup>, D.P. Rusalsky<sup>1</sup>, V.V. Chayeuski<sup>2</sup>)  
 (<sup>1</sup>БГУ, <sup>2</sup>БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: kuleshak@bsu.by

**ФОРМИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ,  
 АДГЕЗИОННО ПРОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ Nb-C, NbC-Cu  
 НА ТВЕРДОСПЛАВНОМ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ**

**FORMATION OF WEAR RESISTANCE  
 Nb-C, NbC-Cu COATINGS ON WOOD-CUTTING TOOL**

*Ионно-плазменным методом при использовании двух катодов из Nb и Cu на твердосплавном дереворежущем инструменте были сформированы покрытия из наноразмерных кристаллитов карбидов NbC, NbC<sub>0,7</sub> и меди (с подслоями в самом сплаве и на его поверхности на основе Nb и элементов сплава). Покрытия при относительном содержании 11–16 атомарных долей меди в них имели адгезионную прочность не менее 150 Н. Удельный объемный износ инструмента с такими покрытиями уменьшился в 10 раз.*

*Coatings from nanoscale crystallites of carbides NbC, NbC<sub>0,7</sub> and copper on carbide woodcutting tools with a sublayers of Nb and alloy elements in the alloy and on your surface were formed of vacuum-arc deposition when using two Nb and Cu cathode sources. Composite coatings with a relative content of 11–16 atomic fractions of copper in them had an adherent strength of at least 150 N, the specific volumetric wear of the tool with such coatings decreased by a factor of 10.*

Перспективными покрытиями для увеличения износостойкости твердосплавного дереворежущего инструмента могут быть покрытия, формируемые в одном технологическом цикле ионно-плазменного осаждения, состоящие из высокотвердых нанокристаллических карбидов тугоплавких металлов, легированных невзаимодействующими с элементами покрытия пластичными металлами [1–4]. Так, в работе показано [5], что при ионно-плазменном осаждении Nb в среде метана на твердый сплав при использовании потенциала смещения более 200 В формируется стехиометрический карбид NbC, имеющий высокую твердость не менее 50 ГПа, однако адгезия покрытия не превышает 30 Н. Для достижения более значительной адгезионной прочности и износостойкости в данной работе предлагается сформировать архитектуру покрытий NbC или NbC-Cu с преобладанием более прочных адгезионно связывающих подслоев в результате более длительной ионной обработки ионами ниобия, в сочетании с меньшим потенциалом осаждения и с постепенным напуском углеродсодержащего газа при осаждении NbC и NbC-Cu-покрытий. В связи с этим целью данной работы было исследование элементного состава и микроструктуры по глубине шлифа образцов инструмента, его механических свойств – твердости, адгезии и износа поверхностных слоев твердого сплава с покрытиями, полученными при увеличении времени ионной обработки ионами ниобия.

Твердый сплав, на который наносились покрытия, представлял собой промышленные образцы ножей для фрезерного деревообрабатывающего инструмента. Фазовый состав сплава состоял из карбида WC и связующего Co (3 ат. %), сплав имел среднее значение твердости 17 ГПа.

Конденсация покрытий при использовании одного катода Nb на твердосплавные фрезерные ножи проводилась в двух режимах. Основное отличие второго режима (обозначим Б) от первого режима (обозначим А) представляло собой увеличении времени ионной обработки ионами ниобия до нескольких минут, а на этапе осаждения – уменьшение в 2 раза потенциала смещения до 120 В и плавное увеличение давления

реакционного углеродсодержащего газа (метана) до величины  $10^{-1}$  Па. Осаждение композиционного покрытия проводилось при одновременном горении двух металлических катодов Nb и Cu в режиме Б. При варьировании соотношения токов горения дуг катодов металлов ниобия и меди были получены покрытия на твердосплавном инструменте, в которых относительное содержание ниобия было больше меди в 8 раз (11 ат. % Cu), 5 раз (16 ат. % Cu), 3 раза (25 ат. % Cu). Введем соответствующие обозначения для этих образцов – (NbC-Cu)8, (NbC-Cu)5 и (NbC-Cu)3. Время осаждения покрытий NbC-Cu не превышало трех минут.

Определение концентрации металлов в покрытии проводилось методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) с использованием прибора LEO 1455 VP. Микротвердость поверхностных слоев измерялась методом Кнуппа на приборе Wilson Instruments 402MVD при нагрузке 0,5 Н. Измерение адгезионной прочности образцов с покрытиями проводилось на установке «скретч-тестер».

Принцип работы «скретч-тестера» основан на методе склерометрии – царапании поверхности покрытия алмазным индентором (радиус закругления равен 0,5 мм) при пропорционально возрастающей нагрузке и определении критической нагрузки, при которой происходит отрыв или разрушение покрытия. Скорость движения индентора была 20 мм/мин, максимальная нагрузка на индентор в конце трека достигала 150 Н.

Для определения удельного объемного износа твердосплавного инструмента применялась следующая методика. На установке «скретч-тестер» алмазный индентор с закруглением 0,5 мм под нагрузкой 20 Н совершал возвратно-поступательное движение по поверхности инструмента длиной 7 мм со скоростью 20 мм/мин в течение 30 минут. Сформированный трек износа на поверхности инструмента измерялся профилометром, и затем по 10 профилограммам из разных мест трека рассчитывался усредненный удельный объемный износ.

РЭМ-изображения шлифов покрытий из карбидов ниобия и меди, нанесенных на твердый сплав, и распределения вдоль линии на шлифе относительных интенсивностей характеристического рентгеновского излучения элементов показаны на рисунке 1.

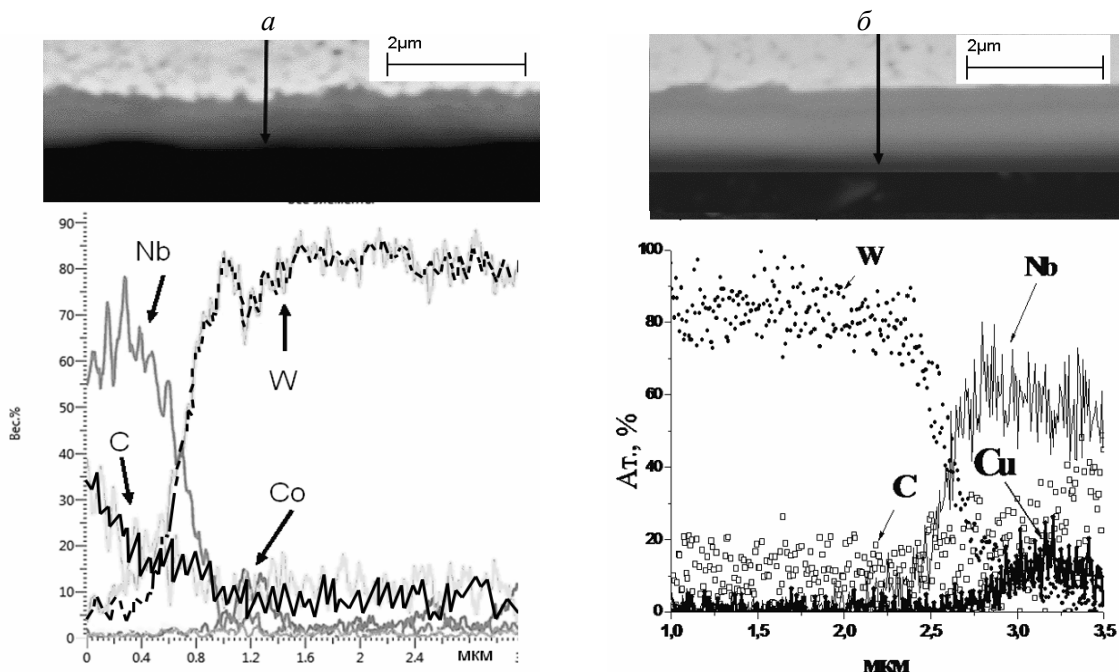


Рис. 1. Изображения в сканирующем электронном микроскопе поперечных шлифов и распределения вдоль линии на шлифе относительных интенсивностей характеристического рентгеновского излучения элементов для образцов инструмента: а – покрытия Nb-C в режиме Б; б – покрытия (NbC-Cu)8

Сравнение экспериментальных дифрактограмм и покрытий на сплаве с использованием гауссовой аппроксимации и расчет параметров кубических решеток, соответствующих дифракционным пикам, а также сравнение их с литературными данными для фаз NbC и NbC<sub>0,7</sub>, в которых соотношение C/Nb составляет 0,7 [6], позволило определить, что фазовый состав синтезированного покрытия, осажденного в режиме Б, представляет собой сумму фаз карбидов NbC и NbC<sub>0,7</sub>. Оценка размера кристаллитов NbC, NbC<sub>0,7</sub> и Cu в синтезированных покрытиях проводилась по соотношению Дебая-Шерера – исходя из величины ширины на полувысоте соответствующих экспериментальных дифракционных пиков. Результаты оценки показали значения карбидов ниобия: для режима Б – в интервале 10–20 нм, в режиме А – 60 нм. Размеры кристаллитов меди не превышали 30 нм.

Из результатов, представленных на рисунке 1, а, следует, что между сплавом и покрытием, сформированном в режиме Б, имеется разупорядоченный переходный слой толщиной 0,3–0,4 мкм на основе Nb. Столчатой или какой-либо другой различимой микроструктурной неоднородности не наблюдается.

Элементный контраст в СЭМ-изображении шлифа покрытия, сформированного в режиме Б, и распределения элементов вдоль линии на шлифе свидетельствуют, что в этом случае формируется слой в самом твердом сплаве толщиной 0,3–0,4 мкм на основе вольфрама, содержащий небольшое количество Nb, а также повышенную по отношению к основе сплава концентрацию Со.

Далее следует поверхностный слой толщиной 0,2 мкм, содержащий в основном Nb, а также W, С. Концентрация углерода в этом слое меньше чем в самом верхнем слое из Nb и С. Композиционные покрытия, сформированные в режиме Б, имеют 2 таких же подслоя в сплаве и на его поверхности (рис. 1, б).

Третий верхний слой толщиной 0,8 мкм содержит Nb, С, Cu с различной относительной концентрацией в них. Микроструктура шлифа (NbC-Cu)<sub>8</sub> характеризуется однородной и дисперсной структурой. Предполагается, что формирование подслоев в самом твердом сплаве и на его поверхности происходит в режиме длительного воздействия ионных и плазменных потоков Nb. Это приводит к значительному разогреву образцов инструмента твердого сплава, стимулирующего интенсивную диффузию ниобия внутрь сплава, а кобальта – к поверхности твердого сплава. Возможно, особенностью ионно-плазменного потока, создаваемого интенсивным горением вакуумной дуги ниобия в режиме ионной бомбардировки, является наличие в нем, помимо однозарядных ионов, еще и наноразмерных заряженных частиц ниобия, обуславливающих формирование осажденного слоя на поверхности сплава (на основе Nb).

Значение твердости покрытий Nb-C, осажденных на твердый сплав в режимах А и Б, не отличаются друг от друга и составляют высокие значения  $55 \pm 5$  ГПа. Значение твердости покрытий NbC-Cu уменьшаются с  $45 \pm 4$  до  $35 \pm 4$  ГПа с ростом содержания меди в них. Высокие значения твердости как Nb-C, так и NbC-Cu-покрытий являются результатом синтеза наноразмерной структуры синтезированных карбидов ниобия и высокого уровня остаточных механических напряжений в покрытиях карбида ниобия толщиной 4–5 мкм.

Результаты определения остаточных механических напряжений в покрытии из карбида ниобия по методу « $\sin^2 \psi$ », представленные в работе [6], находятся в интервале 5–7 ГПа. Значения остаточных механических напряжений в композиционных покрытиях NbC-Cu, имеющих толщину до 2 мкм, уменьшаются до 1 ГПа. Соответственно, значение твердости таких покрытий уменьшается. Оптические фотографии участков частичного или полного отслоения покрытий в треке после адгезионных испытаний образца твердого сплава с покрытием TiN, NbC режим А, NbC режима Б, а также композиционных покрытий NbC-Cu с различной концентрацией меди с соответствующими характерными длинами треков представлены на рисунке 2. Для всех покрытий зависимость изменения величины нагрузки от длины трека алмазного индентора при адгезионных испытаниях

была одинаковой. Таким образом, на этой одной зависимости (рис. 3) отмечены величины длин треков, соответствующих частичному или полному отслоению исследуемых покрытий, определенному с помощью оптического микроскопа.

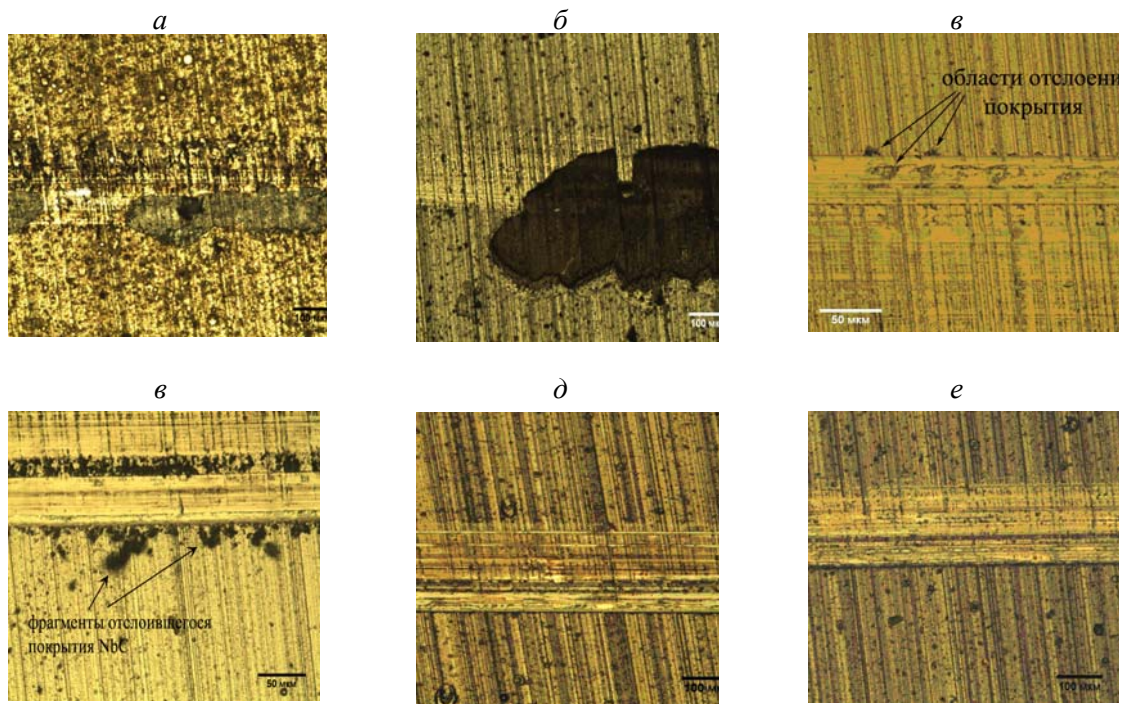


Рис. 2. Оптические фотографии участков трека после адгезионных испытаний покрытий на твердом сплаве при различных длинах трека:

*a* – TiN, длина трека 4 мм; *б* – NbC режим А, длина трека 2 мм;  
*в* – NbC режим Б, длина трека 8 мм; *г* – NbC режим Б, длина трека 10 мм;  
*д* – (NbC-Cu)8 длина трека 11,5 мм; *е* – (NbC-Cu)5, длина трека 11,5 мм

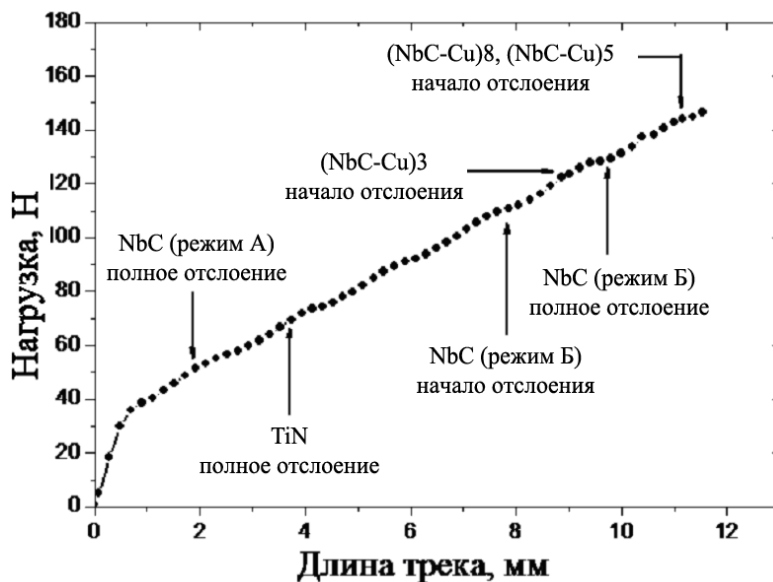


Рис. 3. Зависимость изменения величины нагрузки от длины трека алмазного индентора при адгезионных испытаниях покрытий с отметками типа отслоений соответствующих покрытий

Нагрузка, приводящая к полному отслоению покрытия NbC, осажденного в режиме А, не превышает 20 Н. Для покрытия TiN толщиной 3 мкм, сформированного при стандартных условиях осаждения, значение нагрузки для полного отслоения не

превышает 40 Н. Нагрузка начала частичного отслоения покрытия из NbC и NbC<sub>0,7</sub>, сформированного с использованием режима Б, составляет 80 Н. Полное отслоение происходит при 100 Н.

Как следует из рисунков 2 и 3, для композиционных покрытий (NbC-Cu)<sub>8</sub>, (NbC-Cu)<sub>5</sub> полного отслоения при максимальной нагрузке адгезионных испытаний в 150 Н не наблюдается, происходит только начальное отслоение маленьких участков покрытия, которые едва различимы в оптический микроскоп. Это означает, что величина нагрузки начала отслаивания (NbC-Cu)<sub>8</sub>, (NbC-Cu)<sub>5</sub>-покрытий возрастает не менее чем на 50 % по отношению к покрытию, состоящему из карбидов ниобия (из NbC и NbC<sub>0,7</sub>). Нагрузка для полного отслаивания покрытия (NbC-Cu)<sub>3</sub>, содержащего наибольшее количество меди, близка к покрытию из NbC и NbC<sub>0,7</sub>.

Профилограммы треков износа и значения удельного объемного износа покрытий представлены на рисунке 4. Синтез покрытий из наноразмерных карбидов NbC и NbC<sub>0,7</sub> и нанокристаллитов меди с подслоями на основе Nb и W на твердосплавном режущем инструменте позволяет более чем в 10 раз уменьшить удельный объемный износ по сравнению с инструментом без покрытия или с покрытием из TiN.

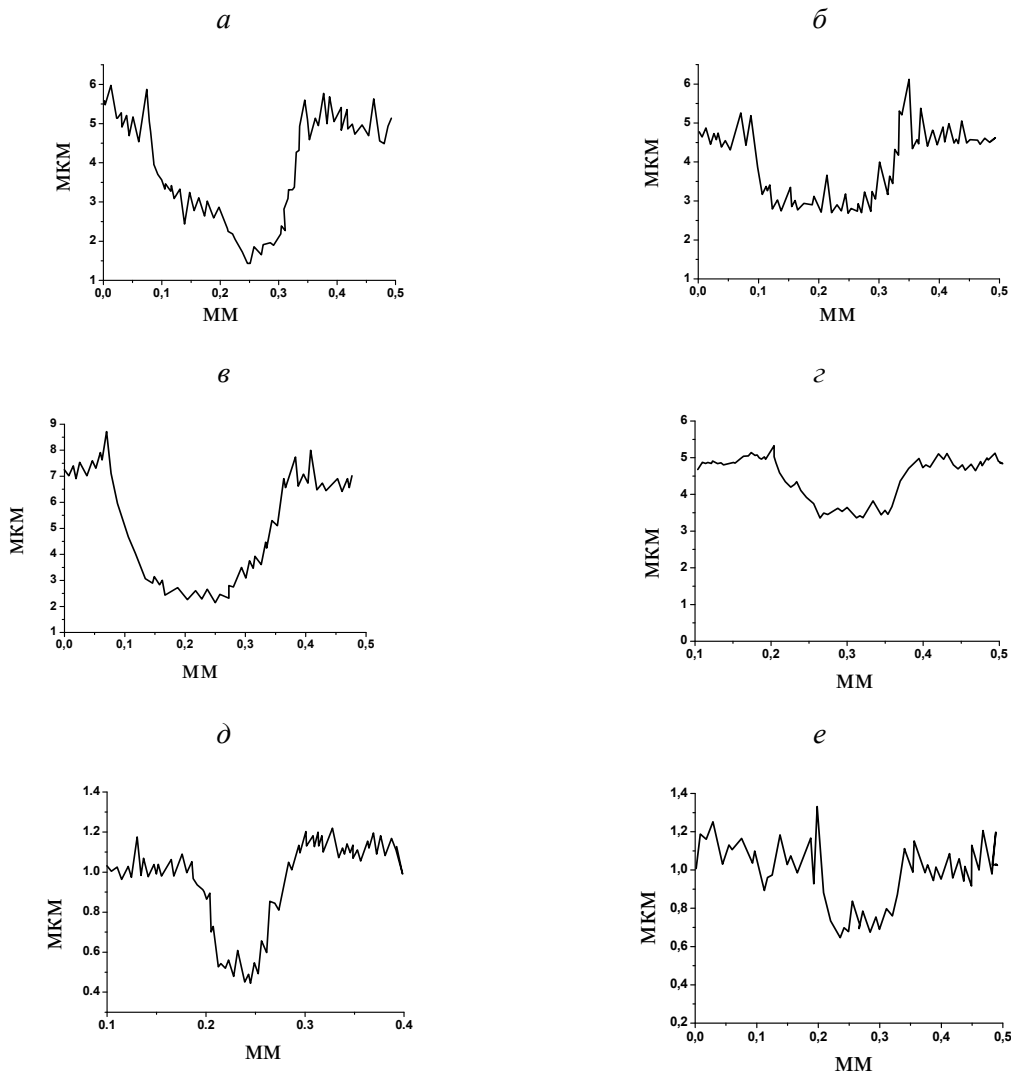


Рис. 4. Профилограммы износа и удельный объемный износ в  $10^{-15} \text{ м}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$  покрытий TiN, NbC, NbC-Cu, сформированных на твердосплавном инструменте:

- a* – твердый сплав, износ – 2,8; *б* – покрытие TiN, износ – 2,3;
- в* – покрытие NbC (режим А), износ – 6,3; *г* – покрытие NbC (режим Б), износ – 0,45;
- д* – покрытие (NbC-Cu)<sub>3</sub>, износ – 0,67; *е* – покрытие (NbC-Cu)<sub>8</sub>, износ – 0,13



## *Выводы:*

1. Ионно-плазменные потоки высокой плотности, создаваемые интенсивным горением вакуумной дуги ниобия формируют последовательность в твердом сплаве и на его поверхности (на основе W, Nb и C). Дальнейшее воздействие совмещенных ионно-плазменных потоков ниобия и меди из дуговых ионно-плазменных источников в среде метана позволяет синтезировать композиционные покрытия из наноразмерных карбидов NbC и NbC<sub>0,7</sub>, а также нанокристаллитов меди (в интервале концентраций меди от 11 до 25 атомных долей). Твердость композиционных покрытиях имеет высокие значения (45–35 ГПа), в карбидных покрытиях – 55 ГПа.

2. Покрытия из наноразмерных карбидов NbC и NbC<sub>0,7</sub> и нанокристаллитов меди (при их относительном содержании 11–16 атомных долей с указанными выше подслоями при адгезионных испытаниях) имеют критическое напряжение начала частичного отслоения 150 Н. Это в 4 раза больше напряжения полного отслаивания для «стандартного» покрытия TiN и не менее чем на 50 % больше «лучшего» покрытия в режиме Б из карбидов NbC и NbC<sub>0,7</sub>.

3. Такие покрытия на твердосплавном режущем инструменте при сухом трении алмаза по поверхности инструмента имеют удельный объемный износ более чем в 10 раз меньше чем износ инструмента без покрытий и в 3 раза меньше износа инструмента с покрытиями из NbC.

## **Библиографический список**

1. Cutting with coated tools: Coating technologies, characterization methods and performance optimization CIRP Annals / K. Bouzakis [et al.] // Manufacturing Technology. 2012. V. 61. Pp. 703–723.

2. CrCN/CrN, Ta-C multilayer coating for applications in wood processing / A. Gilewicz, B. Warcholinski, W. Szymanski, W. Grimm // Tribology International, 2013. V. 57. Pp. 1–7.

3. Fabrication and characterization of superhard tungsten boride layers deposited by radio frequency magnetron sputtering / J. Chrzanowska [et al.] // Ceramics International, 2016. V. 42, I. 10. Pp. 12221–12230.

4. Superhard nanocrystalline Ti–Cu–N coatings deposited by vacuum arc evaporation of a sintered cathode / Yu.F. Ivanov [et al.] // Surface and Coatings Technology, 2012. V. 207. Pp. 430–434.

5. Структура, механические свойства и износ при деревообработке ионно-плазменных композиционных покрытий из карбида ниобия и меди на твердом сплаве / А.К. Кулешов [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: сб. науч. трудов X Междунар. науч.-техн. конф., 16–18 сентября 2014 г., г. Минск, в 3-х книгах. Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2015. Кн. 2. С. 200–204.

6. Курлов А.С., Гусев А.И. Учет нестехиометрии карбида ниобия NbC<sub>y</sub> при размоле до нанокристаллического состояния // Физика твердого тела, 2013. Т. 55. Вып. 12. С. 2398.

УДК 674.055:621.914

**В.Г. Новоселов, Т.В. Полякова, М.Г. Тутьнина**  
 (V.G. Novoselov, T.V. Polyakova, M.G. Tutynina)  
 (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
 E-mail для связи с авторами: kozerog54@yandex.ru

**ВЛИЯНИЕ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕЗВИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ  
 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ**

**INFLUENCE OF ANGULAR PARAMETERS OF EDGES ON RELIABILITY OF  
 TECHNOLOGICAL SYSTEM OF MILLING OF WOOD**

*Приводятся результаты теоретического исследования по определению влияния угловых параметров лезвий на надежность технологической системы фрезерования древесины. Установлено, что в диапазоне рекомендуемых значений углов наработка на отказ по параметру качества продукции «точность» может отличаться на 22,5 %. Увеличение угла заострения приводит к повышению безотказности, а заднего – к ее снижению.*

*Results of a theoretical research on definition of influence of angular parameters of edges on reliability of technological system of milling of wood are given. It is established that in the range of the recommended values of corners the time between failures in the parameter of quality of production "accuracy" can differ for 22,5 %. Increase in a corner of a point leads to increase in non-failure operation, and back – to her decrease.*

Точность размеров изделий, получаемых механической обработкой материалов, является одним из важнейших показателей их качества. Выпуск некачественных изделий приводит к непроизводительным затратам и прямому ущербу для производителя, поэтому качество продукции является определяющим в оценке надежности технологических систем, оцениваемой такими критериями, как: качество продукции, производительность и материальные или стоимостные затраты [1].

Критерием отказа по параметрам качества продукции может служить выход одного из показателей качества – точности изготовленной продукции – за пределы, установленные конструкторской и технологической документацией [2].

В работе [3] выведена математическая модель для определения средней наработки до отказа  $T_1$  по параметру качества продукции «точность»:

$$T_1 = \frac{16,7\bar{d}}{\gamma_{\Delta}\bar{n}\bar{l}(\bar{e} - \bar{e}_0)}, \quad (1)$$

где  $\bar{d}$  – допускаемое отклонение поверхности обработки от ее номинального расположения, мкм;

$\gamma_{\Delta}$  – интенсивность изнашивания инструмента, мкм/м;

$\bar{n}$  – частота вращения инструмента, мин<sup>-1</sup>;

$\bar{l}$  – длина дуги контакта инструмента с древесиной, мм;

$\bar{e}$  – вспомогательная величина;

$\bar{e}_0$  – относительная остаточная деформация древесины под поверхностью резания.

$$e = \frac{\sin(\alpha + \frac{\beta}{2})}{\sin(\frac{\beta}{2})}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – задний угол лезвия, град (рис. 1);  
 $\beta$  – угол заострения, град.

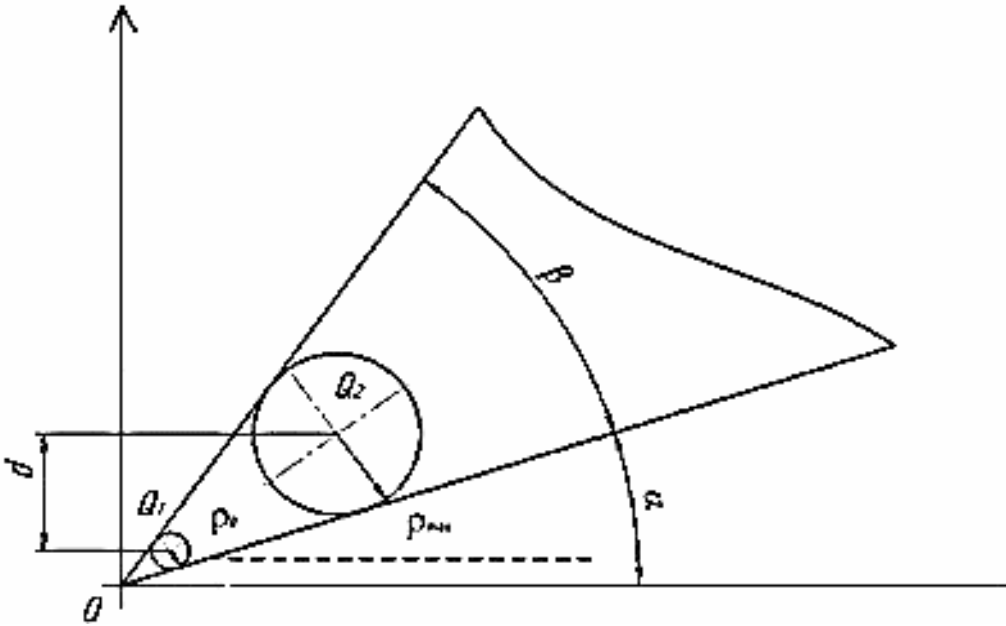


Рис. 1. Схема лезвия

$$l = \sqrt{\Pi D_p}, \quad (3)$$

где  $\Pi$  – припуск на обработку, мм;  
 $D_p$  – диаметр окружности резания, мм.

Данная модель была исследована в работе [4] методом численного эксперимента с целью определения регрессионной зависимости от входящих в нее факторов, которые варьировались в пределах своих допустимых значений. Было установлено наиболее сильное влияние на наработку до отказа таких величин, как припуск на обработку  $\Pi$  и интенсивность изнашивания инструмента  $\gamma_{\Delta}$ . При этом угловые параметры  $\alpha$  и  $\beta$  варьировались в пределах их допустимых величин, исходя из точности изготовления инструмента. Если же принять во внимание, что рекомендуемые значения углов инструмента изменяются в значительно более широких пределах чем допуски на их значения, то можно ожидать более существенного их влияния на показатель «наработка до отказа по параметру качества продукции «точность».

Для определения этого влияния было проведено исследование модели (1–3) при варьировании значений угловых параметров  $\alpha$  и  $\beta$  в рекомендуемых пределах [5] и при

фиксированных на среднем уровне значениях прочих параметров, принятых по технической характеристике станка СР6-8 (с применением стальных ножей). Величина допускаемого смещения поверхности обработки вычислена исходя из требования ГОСТа 27.202-83 [6] о неотрицательном значении коэффициента запаса точности и в соответствии с нормами точности для рейсмусовых станков по ГОСТу 7228-75 [7]. Значения параметров модели приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения параметров модели

Наименование	Обозначение, единица измерения	Величина
Допускаемое смещение поверхности обработки	$d$ , мкм	37,5
Интенсивность изнашивания инструмента	$\gamma_{\Delta}$ , мкм/м	0,0 008
Частота вращения ножевого вала	$n$ , об/мин	4 785
Припуск, срезаемый за один проход	$\Pi$ , мм	3,25
Диаметр окружности резания	$D_p$ , мм	130
Угол заострения	$\beta$ , град	35–40
Задний угол	$\alpha$ , град	15–20
Относительная остаточная деформация	$\varepsilon_0$	0,3

Результаты расчетов наработки до отказа по параметру качества продукции «точность» представлены в таблице 2.

Таблица 2

Наработка до отказа в зависимости от угловых параметров лезвия,  $T_1$ , час

$\beta$ , град	$\alpha$ , град					
	15	16	17	18	19	20
35	5,353	5,183	5,026	4,879	4,743	4,615
36	5,442	5,272	5,115	4,968	4,831	4,703
37	5,529	5,359	5,202	5,055	4,917	4,789
38	5,615	5,445	5,287	5,140	5,002	4,874
39	5,698	5,529	5,371	5,224	5,086	4,957
40	5,780	5,611	5,453	5,306	5,168	5,039

Как видно, влияние угловых параметров лезвия на наработку до отказа существенно, размах ее на крайних значениях составляет более одного часа, а диапазон изменения относительно среднего значения достигает 22,5 %. Характерно, что увеличение угла заострения  $\beta$  приводит к увеличению наработки до отказа, в то время как увеличение заднего угла  $\alpha$  дает обратный эффект – снижение наработки до отказа. Графически эта зависимость показана на рисунке 2.

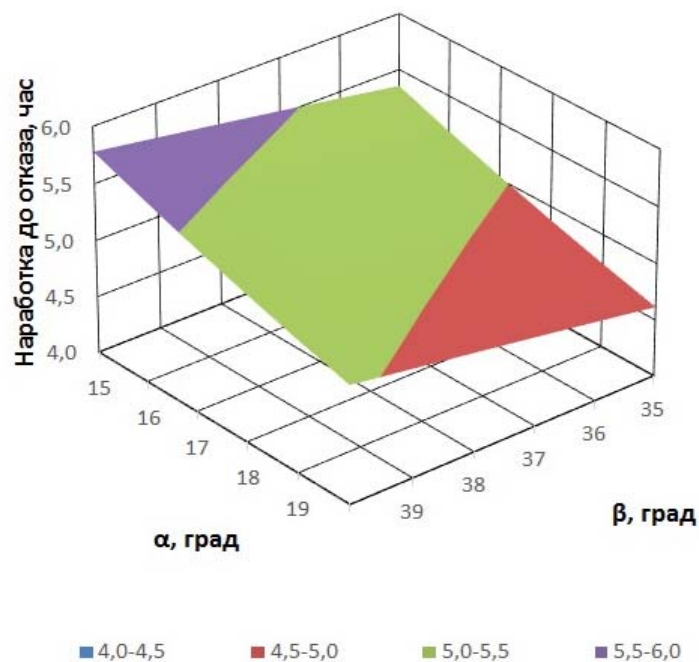


Рис. 2. Зависимость наработки до отказа от угловых параметров лезвия

*Выводы:*

1. Надежность технологической системы фрезерования древесины по параметру качества продукции «точность» существенно зависит от угловых параметров лезвий режущего инструмента: увеличение угла заострения увеличивает ее, а заднего угла – снижает.

2. Эти факторы необходимо учитывать при планировании мероприятий по техническому обслуживанию деревообрабатывающего оборудования, в частности, при назначении периода стойкости дереворежущего инструмента.

**Библиографический список**

1. ГОСТ 27.004-85. Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. Введ. 1986–07–01. М.: Изд-во стандартов, 1986. 11 с.
2. ГОСТ 27.203-83. Надежность в технике. Технологические системы. Общие требования к методам оценки надежности. Введ. 1984–07–01. М.: Изд-во стандартов, 1984. 6 с.
3. Новоселов В.Г., Глебов И.Т. Физический метод расчета надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «точность» // Надежность и качество: мат-лы междунар. симпозиума, 25–31 мая. Пенза: Пензенский гос. техн. ун-т, 2006. С. 276–278.
4. Новоселов В.Г., Полякова Т.В. Теоретическое исследование надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «точность» // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент: мат-лы междунар. Евразийск. симпозиума, 20–21 сентября. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. С. 108–114.
5. Глебов И.Т., Неустроев Д.В. Справочник по дереворежущему инструменту. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 2000. 253 с.

6. ГОСТ 27.202-83. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. Введ. 1984–07–01. М.: Изд-во стандартов, 1984. 50 с.

7. ГОСТ 7228-75. Деревообрабатывающее оборудование. Станки рейсмусовые. Основные параметры. Нормы точности и жесткости. Введ. 1995–01–01. М.: Изд-во стандартов, 1995. 14 с.

УДК 674.055

**П.В. Рудак, Д.В. Куис, О.Г. Рудак**

(P.V. Rudak, D.V. Kuis, O.G. Rudak)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: RudakPV@belstu.by

**МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ  
НА КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКОЕ ИЗНАШИВАНИЕ  
ОБРАЗЦОВ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ  
ДЛЯ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА  
С ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ**

**METHODOLOGY OF TEST FOR CORROSIVE-MECHANICAL WEARING  
OF SAMPLES FROM HIGH SPEED STEEL FOR WOODWORKING TOOLS  
WITH VACUUM-PLASMA COATINGS**

*Разработана методика испытаний образцов быстрорежущей стали с вакуумно-плазменными покрытиями на коррозионно-механическое изнашивание в среде продуктов сухой термодеструкции древесины. Методика основана на измерении диагоналей отпечатков, полученных на поверхности образцов с помощью пирамидального индентора. Диагонали отпечатков уменьшаются в результате истирающего механического воздействия в присутствии продуктов пиролиза древесины. В качестве тела, истирающего образцы, используется диск из тафты. Скорость относительного движения испытываемых образцов и диска, а также усилия их прижима назначаются исходя из требования имитации режима резания. Получены продукты сухой термодеструкции древесины лиственных и хвойных пород и определена их химическая композиция.*

*Developed a technique for testing samples of high-speed steel with vacuum-plasma coatings for corrosion-mechanical wear in the environment of products of dry thermal destruction of wood has been developed. The technique is based on measuring the diagonals of prints obtained on the surface of samples using a pyramidal indenter. Diagonals of prints are reduced as a result of abrasive mechanical action in the presence of wood pyrolysis products. As a body abrading samples, a taffeta disk is used. The speed of the relative movement of the test specimens and the disc, as well as the forces of their clamping, are determined on the basis of the requirement for simulating the cutting regime. Products of dry thermal destruction of hardwood and coniferous wood were obtained and their chemical composition was determined.*

Процесс обработки древесины и древесных материалов резанием характеризуется большим количеством особенностей, отличающих его от процессов резания других материалов. Во многом это связано со специфическими характеристиками древесины как органического материала.

В процессе резания древесины лезвие режущего элемента нагревается до высоких температур, превышающих 300–400 °С. При этом происходит сухая термодеструкция древесного материала с выделением разнообразных химических соединений, обладающих высокой химической активностью и оказывающих существенное влияние на затупленные инструменты.

Результаты исследований химического и механического износа режущих элементов из быстрорежущей стали и твердого сплава при обработке древесины тропических пород представлены в работе [1]. Отмечается более высокая скорость протекания коррозии образцов из быстрорежущей стали по сравнению с образцами из твердого сплава. Исследования, представленные в работе [2], показывают, что дубильные вещества, содержащиеся в древесине, оказывают значительное влияние на коррозию инструмента из быстрорежущей стали. Параметры процесса отжига инструмента из быстрорежущей стали оказывают меньшее влияние на коррозионную стойкость в среде дубильных веществ древесины чем элементный состав и температура аустенизации.

В работе [3] приводятся зависимости концентрации дубильных веществ в коррозионной среде и ее рН на интенсивность протекания коррозии образцов из углеродистой стали. При этом известен успешный опыт применения дереворежущих инструментов с вакуумно-плазменными покрытиями различного состава и архитектуры при обработке древесины и древесных материалов [4–5].

На основании ранее проведенных исследований можно сделать вывод о том, что в процессе резания древесины и древесных материалов преобладающим является коррозионно-механический вид изнашивания (трибокоррозия) [6]. *Трибокоррозия* представляет собой процесс поверхностного разрушения материалов при совместном действии механических нагрузок и химических реакций с внешней средой.

В ходе выполнения работы были получены продукты сухой термодеструкции древесины лиственных и хвойных пород различной средней влажности и определены составы конденсатов (жизки). Результаты анализа составов конденсатов представлены в таблице.

Результаты анализа состава полученной жижки из образцов древесины лиственных и хвойных пород различной влажности

Компоненты	Береза, влажность 8,2 %	Ольха, влажность 33,8 %	Ель, влажность 7,9 %	Сосна, влажность 33,4 %
Всплывные масла	1,0	0,7	1,8	1,2
Кислоты (уксусная)	9,8	5,6	6,4	2,9
Спирты (метанол)	4,0	2,3	2,6	1,0
Сложные эфиры (метилацетат)	4,0	3,6	3,2	2,1
Альдегиды (ацетальдегид)	0,9	0,6	0,5	0,2
Кетоны (ацетон)	1,9	1,1	1,2	0,8
Смола:				
отстойная	16,5	6,7	20,4	5,6
растворимая	17,1	4,2	12,5	5,0
Другие органические соединения	0,3	0,2	0,2	0,1
Вода (по разности)	44,5	75,0	51,2	81,1

Установлено, что в надсмольной воде содержатся (в порядке убывания):

- 1) кислоты (уксусная, муравьиная, пропионовая, масляная, валериановая и др.);
- 2) спирты (метилловый, пропиловый, амиловый, кротилловый, фуриловый и др.);

- 3) кетоны (ацетон, метилэтилкетон, метилпропилкетон и др.);
- 4) альдегиды (ацетальдегид, формальдегид, фурфурол и др.);
- 5) метиловые эфиры уксусной, муравьиной, пропионовой и др. кислот;
- 6) фенолы;
- 7) метиловые эфиры фенолов;
- 8) лактоны;
- 9) оксикислоты и многие другие соединения.

Установлено, что в конденсатах пиролиза древесины лиственных пород содержится значительно больше агрессивных по отношению к инструментальным сталям компонентов, по сравнению с продуктами пиролиза древесины хвойных пород.

Для проведения исследований механо-химического изнашивания образцы быстрорежущей стали с вакуумно-плазменными покрытиями различного состава (AT72, TK13, TK12) запрессовывались в термореактивную фенольную смолу MultiFast (Дания) с древесным наполнителем в цилиндры диаметром 30 мм.

Применялся автоматический электрогидравлический пресс для горячей запрессовки образцов CitoPress-1 производства компании Struers (Дания). Параметры режима горячей запрессовки:

- температура нагрева смолы – 180 °С;
- длительность нагрева смолы – 3,5 мин;
- давление прессования – 275 бар;
- длительность охлаждения запрессованного образца в прессе – 3,5 мин.

Режим выбран исходя из размеров и форм запрессовываемых образцов в соответствии с рекомендациями. Внешний вид запрессованных образцов представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Внешний вид запрессованных образцов (слева направо: без покрытия (БП), AT72, TK13, TK12)

Испытания на механо-химическое изнашивание образцов из быстрорежущей стали с многокомпонентными вакуумно-плазменными наноструктурными покрытиями в присутствии продуктов сухой термодеструкции древесины проводили на экспериментальной установке на базе шлифовально-полировального станка LaboPol-5 в комплекте с устройством сложного вращательного движения и дозирования нагрузки LaboForce-3. В качестве контртела выбран диск MD Mol Struers (рис. 2).



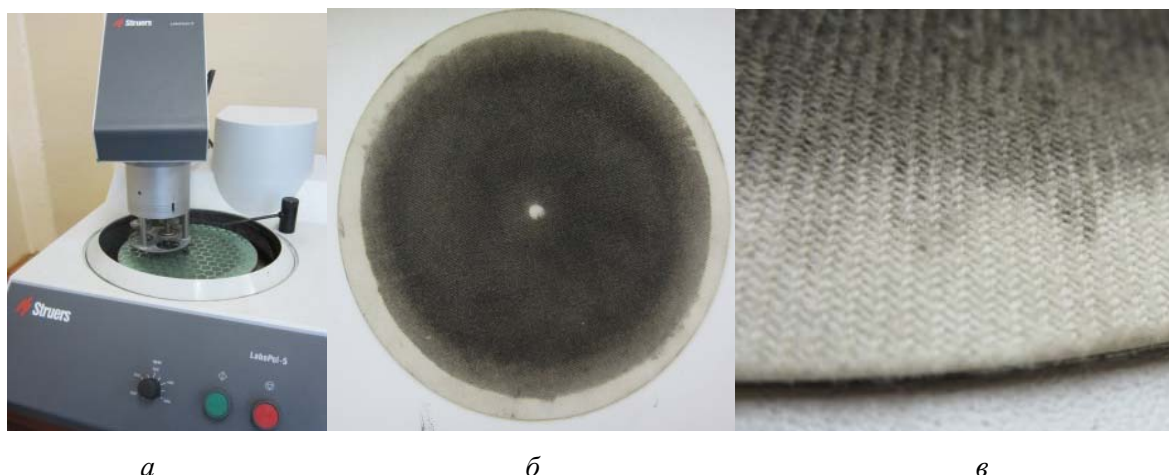


Рис. 2. Внешний вид шлифовально-полировального станка LaboPol-5 (а) в комплекте с устройством сложного вращательного движения и дозирования нагрузки LaboForce-3, а также контртела, применяемое в испытаниях на механо-химическое изнашивание образцов: внешний вид диска (б), фотография поверхности (в)

Диск изготовлен из тканой тафты (100 % шерсть), обладает высокой упругостью и низкой твердостью. Его применение позволяет воспроизвести в экспериментах условия, близкие к воздействию на поверхности образцов древесных волокон. Кроме этого, экспериментально установлено, что поверхность выбранного диска хорошо впитывает и удерживает наносимые на диск продукты пиролиза древесины.

Для дереворежущего сверла диаметром  $\varnothing 20$  мм из быстрорежущей стали производитель рекомендует частоту вращения около  $2\,500\text{ мин}^{-1}$ , что соответствует скорости резания  $2,6\text{ м/с}$ . Скорость подачи при этом может достигать  $1,1\text{ м/мин}$ , что соответствует подаче на зуб  $S_z = 0,22\text{ мм}$ .

Частота вращения контртела при испытаниях образцов назначена исходя из расчета для воспроизведения линейной скорости перемещения точек лезвия дереворежущего сверла относительно обрабатываемого материала.

На экспериментальной установке на базе шлифовально-полировального станка LaboPol-5 применяются диски диаметром  $\varnothing 200$  мм, при этом контактирование с контртелами происходит на диаметре  $\varnothing 180$  мм. Устройство сложного вращательного движения и дозирования нагрузки LaboForce-3 осуществляет дополнительное вращение образцов по окружности диаметром  $90\text{ мм}$  с частотой  $250\text{ мин}^{-1}$ .

Таким образом, для обеспечения в ходе испытаний скорости относительного движения испытываемых образцов относительно контртела, соответствующей скорости взаимодействия лезвия указанного сверла с обрабатываемым материалом, необходимо обеспечить частоту вращения контртела  $150\text{ мин}^{-1}$ .

Для определения усилия, оказываемого держателем на образцы в процессе испытаний, исходим из величины среднего нормального давления на режущей кромке дереворежущего инструмента  $500\text{ МПа}$  и возможности вписывания в поперечное сечение лезвия окружности, радиус которой характеризует степень затупления режущей кромки. Принимаем усилие  $10\text{ Н}$ , оказываемое держателем на один испытываемый образец.

В качестве параметра механо-химического износа выбрана длина диагонали отпечатка, нанесенного индентором на поверхность образца.

Отпечатки получали индентором в виде правильной четырехгранной алмазной пирамиды с углом  $136^\circ$  между противоположными гранями. Индентирование осуществлялось на микротвердомере Duramin (Япония).

Для апробации методики испытаний проведен предварительный эксперимент. На поверхность образца с покрытием АТ72 на основе алюминия и титана нанесены четыре отпечатка. Время экспозиции индентора составило 10 с, а различные усилия индентирования – 19,614 Н; 4,903 Н; 1,961 Н; 490,3 мН. Далее образец подвергался механо-химическому изнашиванию при добавлении каждые 10 мин в зону трения 20 мл продуктов пиролиза. При этом каждые 10 мин выполнялся контроль уменьшения длин диагоналей отпечатков под микроскопом. На рисунке 3 представлены фотографии образца с покрытием АТ72 до эксперимента (а) и после 60 мин механо-химического испытания (б).

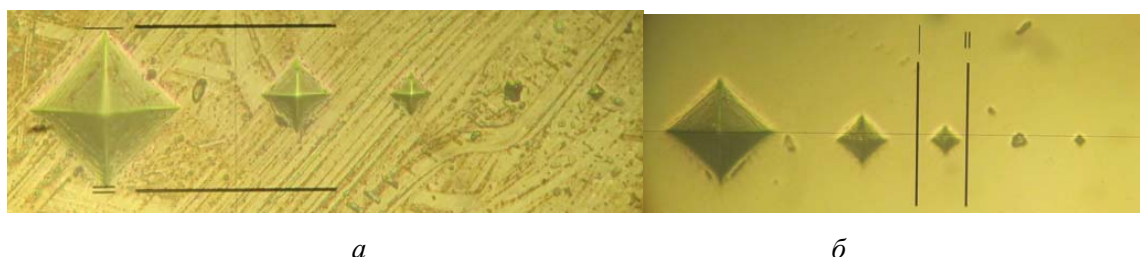


Рис. 3. Фотографии образца с покрытием АТ72 до эксперимента (а) и после 60 мин механо-химического воздействия (б)

Установлено, что отпечатки в процессе истирания поверхности сохраняют форму, их диагонали при этом уменьшаются. Величины диагоналей отпечатков позволяют определять толщину материала, потерянного в результате механо-химического износа. Наиболее приемлемы для анализа крупные отпечатки, полученные при усилии 4,903 Н. При этом установлено, что средняя глубина индентирования на данном режиме равна 4,47 мкм.

Интерес представляет также нанесение отпечатков на глубину меньше толщины покрытия. С этой точки зрения наиболее приемлемы отпечатки, полученные при усиллии 490,3 мН (средняя глубина индентирования составляет 1,10 мкм).

Отпечатки при большем и меньшем усиллиях индентирования обладают соответственно избыточными или недостаточными размерами для анализа.

На поверхности образцов из быстрорежущей стали с покрытиями и без покрытий наносилась сетка из чередующихся отпечатков с усиллиями индентирования 4,903 Н и 490,3 мН на расстоянии 0,1 мм друг от друга (рис. 4).

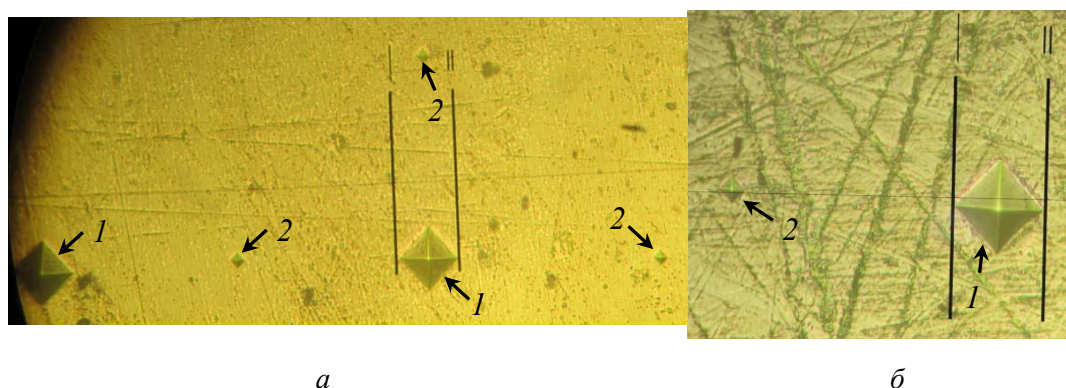


Рис. 4. Вид в окуляр микроскопа на фрагмент сетки следов индентирования с усиллиями 4,903 Н (1) и 490,3 мН (2) на поверхности образца с покрытием АТ12 (а) и на поверхности образца без покрытия (б)

Сетки следов индентирования наносились по 9 следов в 5 областях поверхности образца (рис. 5).

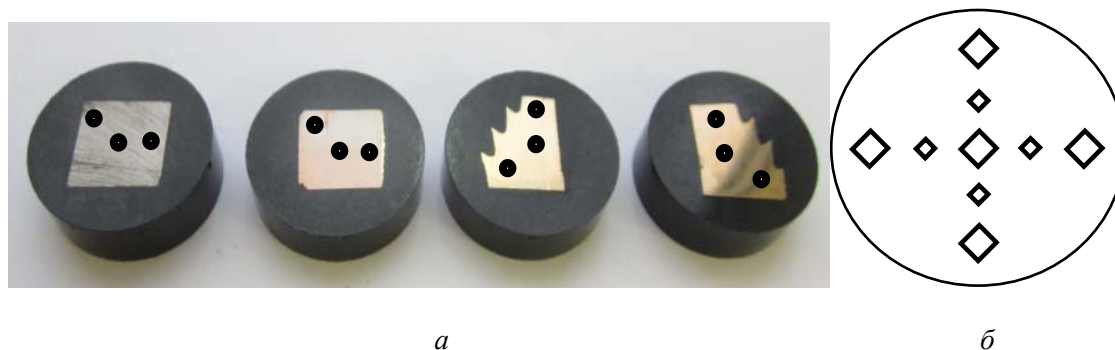


Рис. 5. Схема размещения сеток индентирования на образцах (а) и схема индентирования в пределах отдельной области (б)

На экспериментальной установке образцы испытывались индивидуально. В процессе эксперимента каждые 10 мин образцы снимали с экспериментальной установки, промывали водой и высушивали в сушильном шкафу. Далее выполняли измерения величин диагоналей отпечатков. В начале эксперимента и каждые последующие 10 мин на поверхность диска наносили по 20 мл продуктов пиролиза древесины.

### Библиографический список

1. Chemical and mechanical wearing of high speed steel and tungsten carbide tools by tropical woods // W. Darmawan, I.S. Rahayu, C. Tanaka, R. Marchal // Journal of Tropical Forest Science. 2006. V. 18. No. 4. Pp. 255–260.
2. Corrosion behavior of tool steels in tannic acids / H. Winkelmann, E. Badisch, S. Ilo, S. Eglsäer // Materials and Corrosion. 2009. V. 60. Issue 3. Pp. 192–198.
3. Zelinka S.L., Stone D.S. The effect of tannins and pH on the corrosion of steel in wood extracts // Materials and Corrosion. 2011. V. 62. Issue 8. Pp. 739–744.
4. Warcholinski B., Gilewicz A. Multilayer coatings on tools for woodworking // Wear. 2011. V. 271. Issues 11–12. Pp. 2812–2820.
5. Experimental researches tribological properties of hard-alloy blades with a vacuum-plasma coating in the chipboards milling process / P.V. Rudak, J. Kováč, D.V. Kuis, O.G. Rudak, Š. Barčík, J. Krilek, E.J. Razumov // Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun. 2015. V. 63. Issue 5. Pp. 1543–1547.
6. Моисеев А.В. Износостойкость дереворежущего инструмента. М.: Лесная промышленность, 1981. 112 с.

УДК 674.055

**П.В. Рудак, Д.В. Куис, О.Г. Рудак**

(P.V. Rudak, D.V. Kuis, O.G. Rudak)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: RudakPV@belstu.by

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ  
НА КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКОЕ ИЗНАШИВАНИЕ  
ОБРАЗЦОВ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ  
ДЛЯ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА  
С ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ**

**RESULTS OF TESTS FOR CORROSIVE-MECHANICAL WEARING OF SAMPLES  
FROM HIGH SPEED STEEL FOR WOODWORKING TOOLS  
WITH VACUUM-PLASMA COATINGS**

*Проведены испытания образцов быстрорежущей стали с вакуумно-плазменными покрытиями на механо-химическое изнашивание. Установлено, что механическое воздействие на образцы быстрорежущей стали без покрытий в условиях присутствия продуктов сухой термодеструкции древесины увеличивает интенсивность изнашивания образцов до 50 % по сравнению с изнашиванием вне среды продуктов пиролиза. Установлено, что исследованные многокомпонентные наноструктурные покрытия, полученные в условиях бомбардировки потоком низкоэнергетических ионов газов, повышают коррозионно-механическую стойкость образцов в продуктах сухой термодеструкции древесины от 4 до 10 раз по сравнению с образцами без покрытий.*

*Testing of high-speed steel specimens with vacuum-plasma coatings for mechanical and chemical wear was carried out. It has been established that the mechanical action on samples of high-speed steel without coatings in conditions of the presence of products of dry thermal destruction of wood increases the wear rate of the samples to 50 % in comparison with wear outside the pyrolysis products.*

*It has been found that the multicomponent nanostructured coatings obtained under bombardment with a stream of low-energy gas ions increase the corrosion-mechanical resistance of samples in products of dry thermal destruction of wood from 4 to 10 times in comparison with uncoated samples.*

Для испытаний на коррозионно-механическое изнашивание образцов быстрорежущей стали для деревоорежущего инструмента с вакуумно-плазменными покрытиями различного состава применялась разработанная методика, основанная на замерах диагоналей отпечатков, предварительно нанесенных на поверхности образцов с помощью пирамидального индентора. Образцы истирались на экспериментальной установке на базе шлифовально-полировального станка LaboPol-5 в комплекте с устройством сложного вращательного движения и дозирования нагрузки LaboForce-3 с применением диска MD Mol (Struers, Дания) из тафты в присутствии продуктов сухой термодеструкции древесины без покрытия (БП) и с покрытиями (АТ72, ТК13, ТК12) [1]. Частота вращения контртела – 150 мин<sup>-1</sup>; усилие, оказываемое держателем на один испытываемый образец – 10 Н. Испытания проводились одновременно для трех образцов. На рисунке 1 представлены графические зависимости величины диагоналей  $d$  отпечатков на поверхности образцов при индентировании с нагрузкой 490,3 мН от времени механо-химического воздействия  $t$ .

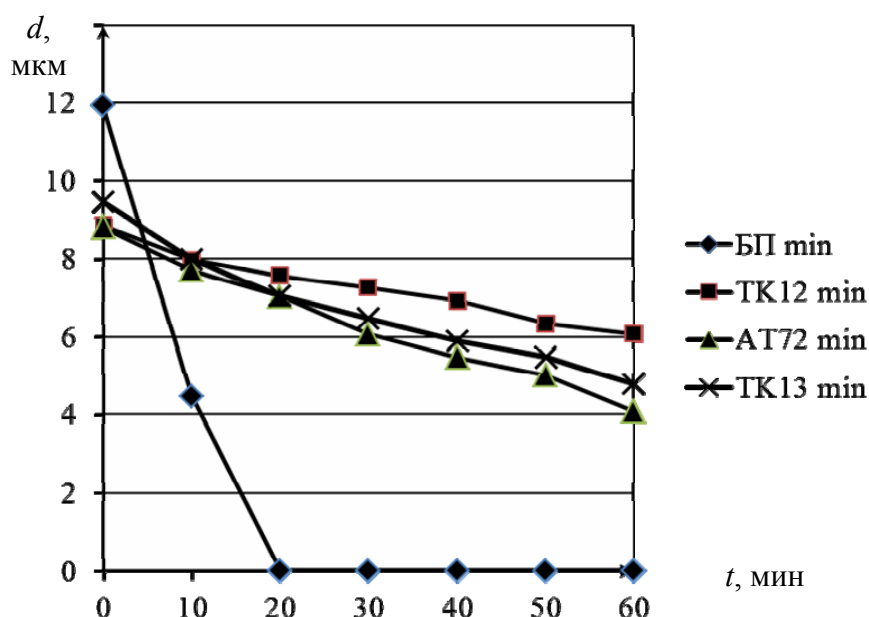


Рис. 1. Графические зависимости величины диагоналей отпечатков на поверхности образцов при индентировании с нагрузкой 490,3 мН от времени механо-химического изнашивания

Наибольшая интенсивность механо-химического изнашивания обнаружена у образца без покрытия. Через 20 мин механо-химического воздействия износостойкость образцов с покрытием стала выше стойкости образцов без покрытия: ТК12 – в 7 раз, АТ72 – в 5 раз, а ТК13 – в 4 раза. Через 60 мин механо-химического воздействия износостойкость образцов с покрытием стала еще выше стойкости образцов без покрытия: ТК12 – в 10 раз, образцов с покрытиями АТ72 и ТК13 – в 6 раз.

Среди образцов с покрытиями наибольшее увеличение стойкости по сравнению с образцами без покрытия при механо-химическом воздействии показало покрытие ТК12, которое по результатам предшествующих испытаний характеризуется наибольшей микротвердостью и химической стойкостью [2]. Покрытие ТК13 обладает меньшей твердостью по сравнению с покрытием АТ72, однако химическая стойкость данного покрытия выше. При механо-химическом воздействии в течение 60 мин, несмотря на более высокую твердость, покрытие АТ72 проявило более высокую интенсивность потери материала с поверхности по сравнению с покрытием ТК13.

Через 20 мин после начала механо-химического воздействия износ образцов с покрытием АТ72 был на 5 % меньше в сравнении с образцами с покрытием ТК13.

Это может быть объяснено тем, что на первых этапах изнашивания основную роль в препятствии диссипации материала играет твердость покрытия, а по мере продолжающегося воздействия химических веществ особое значение приобретает химическая стойкость поверхности образцов. В связи с этим может быть сделан вывод, что химическая стойкость поверхности дереворежущего инструмента в среде продуктов пиролиза древесины оказывает существенное влияние на износостойкость и не менее важна чем твердость поверхности инструмента.

Подтверждением данного вывода являются результаты проведенных испытаний на механическое и механо-химическое изнашивание образцов быстрорежущей стали без покрытия в условиях как присутствия, так и отсутствия продуктов пиролиза древесины (рис. 2).



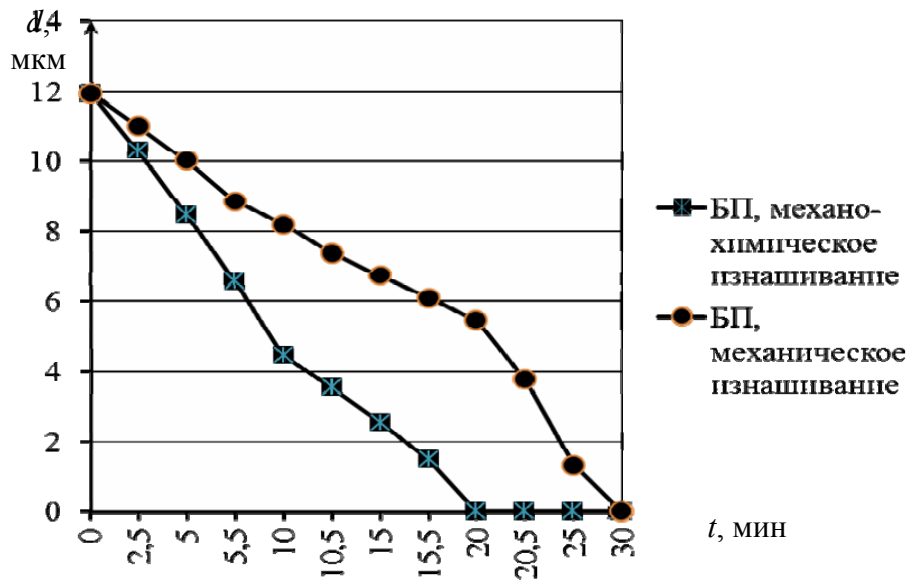


Рис. 2. Графические зависимости величины диагоналей отпечатков на поверхности образцов при индентировании с нагрузкой 490,3 мН от длительности механо-химического и механического изнашиваний

Анализируя графики на рисунке 2, можно сделать вывод, что продукты пиролиза древесины приводят к росту интенсивности изнашивания примерно на 50 %.

На рисунке 3 представлены графические зависимости величины диагоналей отпечатков на поверхности образцов при индентировании с нагрузкой 4,903 Н от времени механо-химического воздействия.

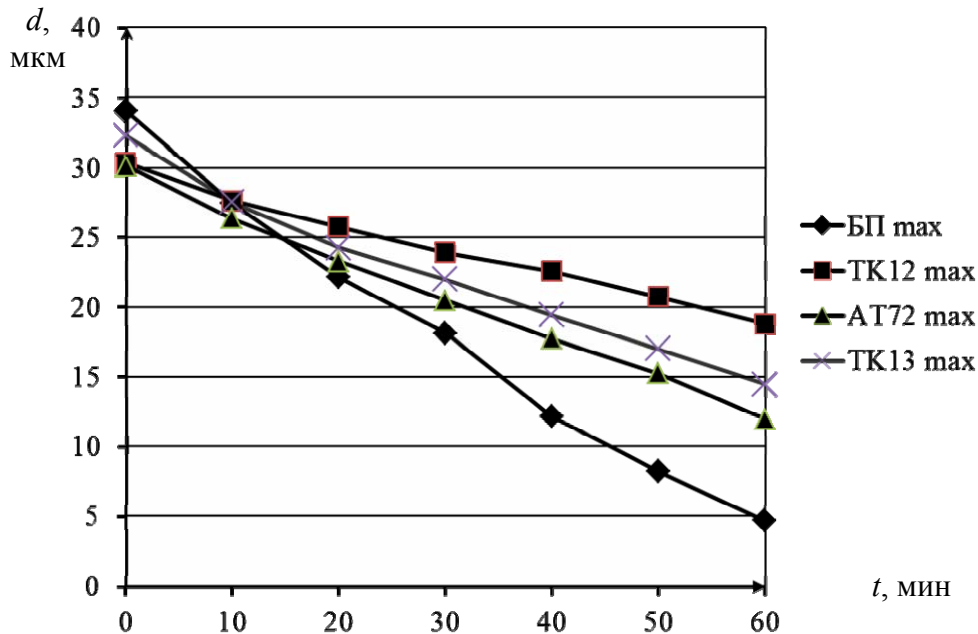


Рис. 3. Графические зависимости величины диагоналей отпечатков на поверхности образцов при индентировании с нагрузкой 4,903 Н от времени механо-химического воздействия

Уменьшение величин диагоналей отпечатков, полученных при нагрузке 4,903 Н, происходит несколько более интенсивно по сравнению с уменьшением диагоналей отпечатков, полученных при нагрузке 490,3 мН.

Можно предположить, что более глубокие отпечатки достигают материала основы образца, обеспечивая контакт с продуктами пиролиза.

На рисунке 4 представлены графические зависимости интенсивности уменьшения диагоналей отпечатков, полученных при нагрузках 490,3 мН (БП min) и 4,903 Н (БП max) на образцах без покрытия в процессе механо-химического изнашивания.

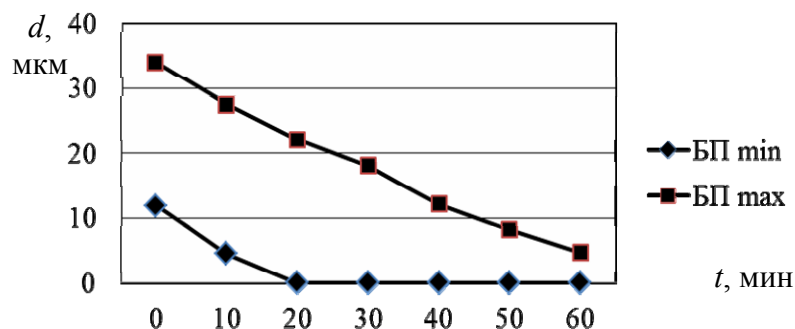


Рис. 4. Уменьшения диагоналей отпечатков, полученных при нагрузках 490,3 мН (БП min) и 4,903 Н (БП max) в процессе механо-химического изнашивания образцов

Из графиков на рисунке 4 видно, что интенсивности уменьшения диагоналей отпечатков, полученных при нагрузках 490,3 мН и 4,903 Н для образцов без покрытия (БП) практически совпадают.

На основе проведенных в соответствии с разработанной методикой экспериментальными исследованиями установлено, что продукты сухой термодеструкции древесины, находясь в зоне трения, оказывают существенное влияние на коррозионно-механическую стойкость образцов быстрорежущей стали с покрытиями и без покрытий. Установлено, что механическое воздействие на образцы быстрорежущей стали без покрытий в условиях присутствия продуктов сухой термодеструкции древесины увеличивает интенсивность изнашивания образцов до 50 % по сравнению с изнашиванием вне среды продуктов пиролиза.

Установлено, что исследованные многокомпонентные наноструктурные покрытия, полученные в условиях бомбардировки потоком низкоэнергетичных ионов газов, повышают коррозионно-механическую стойкость образцов в продуктах сухой термодеструкции древесины от 4 до 10 раз по сравнению с образцами без покрытий.

### Библиографический список

1. Protective Woodcutting Tool Coatings / S.D. Latushkina, P.V. Rudak, D.V. Kuis, O.G. Rudak, O.I. Posylkina, O.Y. Piskunova, J. Kovač, J. Krilek, Š. Barcik // Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun. 2016. V. 64. Pp. 835–839.
2. Experimental researches tribological properties of hard-alloy blades with a vacuum-plasma coating in the chipboards milling process / P.V. Rudak, J. Kováč, D.V. Kuis, O.G. Rudak, Š. Barcik, J. Krilek, E.J. Razumov // Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun. 2015. V. 63. Issue 5. Pp. 1543–1547.

УДК 674.055:621.934(043.3)

**В.В. Чаевский<sup>1</sup>, В.В. Жилинский<sup>1</sup>, П.В. Рудак<sup>1</sup>, В.А. Корнева<sup>1</sup>, А.К. Кулешов<sup>2</sup>**  
 (V.V. Chayeuski<sup>1</sup>, V.V. Zhyliniski<sup>1</sup>, P.V. Rudak<sup>1</sup>, V.A. Korneva<sup>1</sup>, A.K. Kuleshov<sup>2</sup>)  
 (<sup>1</sup>БГТУ, <sup>2</sup>БГУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: chayeuski@belstu.by

**ВЛИЯНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ Ni-УДА  
 НА АДГЕЗИЮ ПОКРЫТИЯ ZrN-Ni-УДА  
 ТВЕРДОСПЛАВНЫХ НОЖЕЙ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

**THE EFFECT OF Ni-UDD INTERLAYER ON THE ADHESION STRENGTH  
 OF ZrN-Ni-UDD COATING ON HARD ALLOY KNIVES  
 OF WOOD-CUTTING TOOL**

*В данной работе комбинированные ZrC-Ni-ультрадисперсные алмазные (УДА) покрытия были синтезированы на твердосплавные лезвия ножей методами электроосаждения и КИБ. Морфология ZrC-покрытия была характерной для КИБ метода. Среднее значение шероховатости Ra верхнего ZrC-слоя ZrC-Ni-УДА-покрытия составляло  $0,27 \pm 0,09$  мкм. Полученные высокие значения критических нагрузок 24 Н на скретч-треках ZrC-Ni-УДА-покрытия подтвердили достаточно высокое значение адгезии промежуточного Ni-УДА слоя с твердосплавной WC-Co основой. Это способствовало увеличению периода стойкости модифицированного инструмента при резании ламинированных древесно-стружечных плит в 1,5–1,6 раза по сравнению с инструментом без покрытий во время проведения опытно-промышленных работ. Combined ZrC-Ni-ultradisperse diamonds (UDD) coatings were synthesized on hard alloy knife blades by electroplating and cathode arc evaporation PVD techniques. The morphology of ZrC-coating was characterized for the PVD. The average roughness value Ra of the upper ZrC-coating layer of ZrC-Ni-UDD-coating was  $0,27 \pm 0,09$   $\mu\text{m}$ . The obtained high values of the critical loads on the scratch track of the ZrC-Ni-UDD coating in 24 N prove a sufficiently high value of the adhesion strength of the intermediate Ni-UDA layer with hard alloy WC-Co substrate. It was contributed to an increase of durability period of modified cutting tools to be 1,5–1,6 times higher, if compared with bare tools, when milling laminated chipboard during held pilot tests.*

В настоящее время использование ультрадисперсных алмазов (УДА), получаемых детонацией взрывчатых веществ, в качестве композиционного материала в электрохимических покрытиях приводит к повышению их износостойкости, существенной адгезии, снижению коэффициента трения [1]. Положительными сторонами электрохимического процесса обработки инструмента являются простота технологических операций формирования гальванического слоя, отсутствие высоких температур при изготовлении инструмента, низкая энергоемкость установок. Основным недостатком модифицированного инструмента гальваническим сплавом на основе никеля состоит в том, что Ni-матрица не обладает высокими прочностными характеристиками [2].

Целью данной работы было исследование поверхностных свойств (шероховатости, адгезии) ZrC-Ni-УДА-покрытий, сформированных на поверхности лезвий твердосплавных (из карбида вольфрама WC) ножей фрезерного инструмента комбинированным методом гальванической обработки и конденсацией вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой (КИБ), позволяющей существенно улучшить



эксплуатационные свойства изделий, применяемых в различных отраслях промышленности, в т. ч. в станкостроении и деревообработке [3].

Композиционные электрохимические покрытия (КЭП) Ni-УДА наносили на подготовленную поверхность лезвий твердосплавных (из карбида вольфрама WC-2 вес.% Co) ножей фирмы Leitz (Германия) на экспериментальной установке при плотностях тока 1–24 А/дм<sup>2</sup> в гальваностатическом и импульсном режимах электролиза из сульфаминовокислых электролитов никелирования. В качестве дисперсной фазы использовали УДА (ТУ РБ 28619110.001-95), являющиеся продуктом детонационного превращения взрывчатых веществ с размерами 3–5 нм, развитой удельной поверхностью 200–450 м<sup>2</sup>/г. Концентрация УДА в электролите составляла 5 г/дм<sup>3</sup>. Процесс осаждения КЭП проводили при температуре 40–50 С при постоянном перемешивании электролита-суспензии для поддержания частиц УДА во взвешенном состоянии. Толщина покрытий не превышала 10 мкм.

Ионно-плазменные ZrC-покрытия осаждались методом КИБ на поверхности ножей с Ni-УДА-покрытием на установке ВУ-1Б «Булат» по стандартной методике [3] – с предварительной обработкой ионами циркония подложки в вакууме 10<sup>-3</sup> Па при потенциале подложки, равном 1 кВ, и последующим нанесением покрытий при токе горения дуги катода 100 А и опорном напряжении, равном 100 В, в атмосфере углеводорода CH<sub>4</sub> при давлении 10<sup>-1</sup> Па. Температура при осаждении соответствовала 400–450 С. Толщина ZrC-покрытий не превышала 1,5 мкм.

Лабораторные испытания по определению параметра шероховатости *Ra* передней поверхности лезвия ножа с ZrC-Ni-УДА-покрытием были проведены вдоль, поперек и по диагонали поверхности согласно ГОСТу 2789-73 с помощью профилографа-профилометра Mitutoyo Surftest SJ-210 (Япония).

Морфология поверхности полученных покрытий изучалась методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на электронном микроскопе LEO-1455 VP (Япония).

Измерение адгезионной прочности образцов с полученным покрытием проводилось на скретч-тестере, разработанном и изготовленном БГУ – ЗАО «БМЦ». Принцип работы скретч-тестера основан на методе склерометрии – горизонтальном перемещении и царапании поверхности покрытия алмазным индентором (с радиусом закругления 0,5 мм), предварительно внедренным на определенную глубину при пропорционально возрастающей нагрузке и определении критической нагрузки, при которой происходит отрыв или разрушение покрытия [4]. Адгезионная прочность оценивалась по величине критической нагрузки.

Значения параметра шероховатости *Ra* имеют незначительные отличия по всем направлениям протягивания щупа по поверхности покрытия с одинаковым значением погрешности измерений по каждому направлению (рис. 1). Следовательно, морфология поверхности покрытия имеет достаточно равномерный и однородный характер. Среднее значение параметра шероховатости *Ra* для верхнего ZrC-слоя ZrC-Ni-УДА покрытия составило  $0,27 \pm 0,09$  мкм, что превосходит шероховатость ионно-плазменных покрытий, полученных методом магнетронного распыления ( $Ra = 0,10 \pm 0,005$  мкм для TiN-покрытий) [5].

Различия значений параметров шероховатости покрытий, полученных методом КИБ и методом магнетронного распыления, объясняются различием морфологии поверхности покрытий. Полученный методом СЭМ снимок поверхности ZrC-Ni-УДА покрытия (рис. 2) подтверждает наличие промежуточного Ni-УДА-слоя, а также показывает особенность покрытий, сформированных методом КИБ, – неровность профиля поверхности с наличием капельной фазы металла, пор (из-за характерного для метода КИБ высокоскоростного массового осаждения) [6].

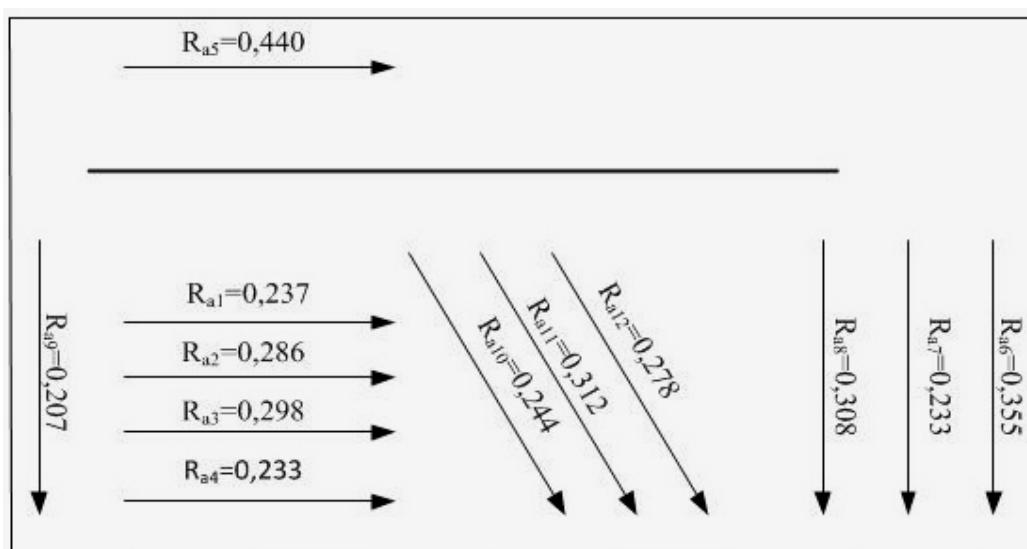


Рис. 1. Значения параметра шероховатости по различным направлениям на поверхности покрытия

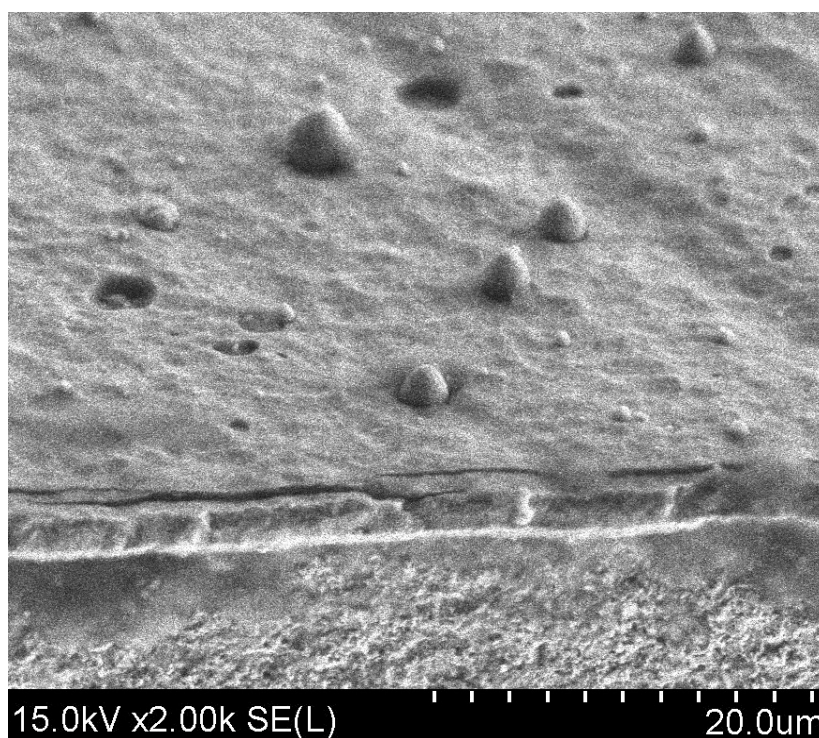


Рис. 2. СЭМ-снимок ZrC-Ni-УДА-покрытия на твердосплавной WC-основе

Согласно полученным экспериментальным данным трибологических испытаний покрытий ZrC-Ni-УДА на скретч-тестере при достижении нагрузки в 24 Н происходит разрушение покрытия, что соответствует изгибу и последующему одинаковому наклону кривой микроскретча (рис. 3). В результате индентер при дальнейшем увеличении нагрузки начинает скользить по поверхности твердосплавной основы WC (рис. 4). Полученное значение критической нагрузки в 24 Н согласуется с литературными данными [7].

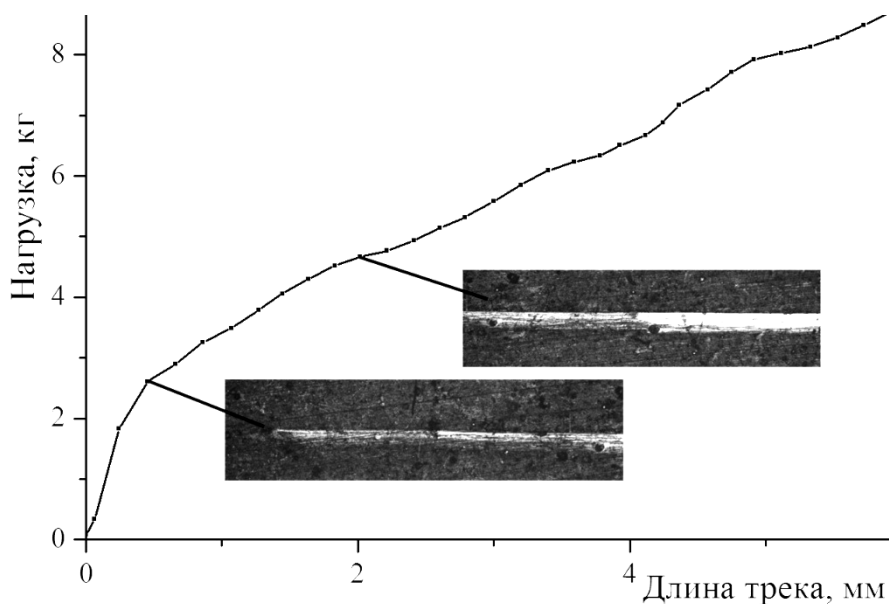


Рис. 3. Кривая микроскретча и снимки скретч-трека образца

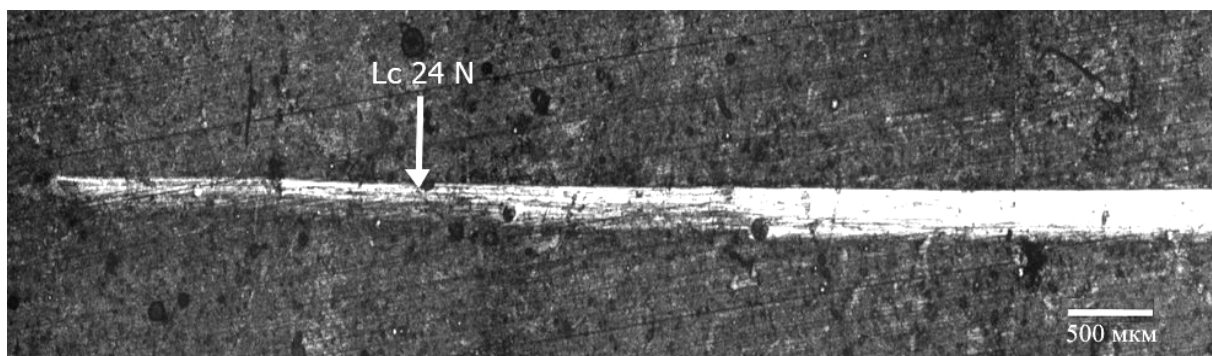


Рис. 4. Оптический снимок скретч-трека ZrC-Ni-УДА-покрытия

Проведенные на предприятии «Мебельная фабрика «Пинскдрев-Адриана» опытно-промышленные испытания модифицированных фрез при резании ДСтП показали, что период стойкости фрезерного инструмента с ZrC-Ni-УДА-покрытиями увеличивается в 1,5–1,6 раза по сравнению с необработанным инструментом.

*Выводы:*

1. Полученное среднее значение параметра шероховатости  $Ra = 0,27$  мкм по всей поверхности верхнего ZrC-слоя ZrC-Ni-УДА-покрытия на лезвиях твердосплавных ножей фрезерного инструмента свидетельствует об однородности и равномерности сформированного покрытия.

2. Критическая нагрузка на скретч-треке покрытия ZrC-Ni-УДА составила 24 Н, на основании чего можно утверждать, что значение прочности сцепления промежуточного Ni-УДА-слоя с твердосплавной основой достаточно высоко.

3. Высокая адгезия ZrC-Ni-УДА-покрытия твердосплавных (WC-2 вес. % Co) ножей фрезерного инструмента способствовала увеличению периода стойкости модифицированных фрез при резании ламинированных древесно-стружечных плит в 1,5–1,6 раза по сравнению с инструментом без покрытий.

**Библиографический список**

1. Долматов В.Ю. Ультрадисперсные алмазы детанационного синтеза: свойства и применение // Успехи химии. 2001. Т. 70. № 7. С. 687–708.
2. Дисперсное упрочнение наночастицами алмазного композиционного электрохимического покрытия / Н.И. Полушин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2011. № 4. С. 49–53.
3. Влияние ZrN-, Mo-N-покрытий, сульфацианирования на износ ножей дереворежущего инструмента / А.К. Кулешов [и др.] // Трение и износ. 2014. Т. 35. № 3. С. 276–286.
4. Определение механических свойств и адгезионной прочности ионно-плазменных покрытий склерометрическим методом / В.М. Матюнин [и др.] // МИТОМ, 2002. № 3. С. 36–39.
5. The friction coefficient evolution of a TiN coated contact during sliding wear / Ma Guojia [et al.] // Applied Surface Science. 2015. No. 345. Pp. 109–115.
6. Structural characterization and adhesion appraisal of TiN and TiCN coatings deposited by CAE-PVD technique on a new carbide composite cutting tool / A.A. Matei [et al.] // Journal of Adhesion Science and Technology. 2015. No. 29(23). Pp. 2576–2589.
7. The effects of the H/E ratio of various Cr-N interlayers on the adhesion strength of CrZrN coatings on tungsten carbide substrates / Hoe-Kun Kim [et al.] // Surface & Coatings Technology. 2015. No. 284. Pp. 230–234.

**УДК 674.05+67.05+621.9**

**С.В. Щепочкин, Г.З. Щепочкина, А.А. Онча**  
(S.V. Shchepochkin, G.Z. Shchepochkina, A.A. Oncha)  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
E-mail для связи с авторами: art-sit@yandex.ru

**КОМБИНИРОВАННЫЙ СТАНОК  
ДЛЯ ВАЛЬЦЕВАНИЯ И ЗАТОЧКИ ЛЕНТОЧНЫХ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ПИЛ**

**COMBINED MACHINE FOR SHEETING AND SHARPENING  
OF WOOD CUTTING BAND SAWS**

*В статье предлагается конструкция комбинированного станка для вальцевания полотен, а также для профильной заточки зубьев ленточных пил. Комбинация двух станков и вертикальное расположение пилы позволяют уменьшить габаритные размеры станка. Благодаря согласованной работе шаговых электродвигателей привода пилы и привода подачи шлифовального круга станок имеет возможность заточки зубьев различного профиля.*

*The paper proposes the design of a combined machine tool for saw cutting, paintings, also specialized sharpening the teeth of saws. The combination of the two machines, as well as the vertical location of the saw blade can reduce the size of the machine. The machine has the capability of sharpening the teeth of different profiles, thanks to the coordinated work of the stepper motor drive of the saw and the feed drive of the grinding wheel.*

В технологическом процессе подготовки ленточных широких дереворежущих пил, помимо заточки, применяют операцию вальцевания. Вальцевание позволяет снизить влияние неравномерного нагрева на жесткость полотна пилы. Нагрев зубчатой кромки в пропиле вызывает её большее удлинение и ослабление по сравнению со средней частью полотна и задней кромкой. Поэтому необходимо растянуть полотно пилы неравномерно, придав основное натяжение передней и задней кромкам. Это достигается предварительным растяжением средней части полотна путем вальцевания, т. е. прокатыванием полотна пилы между двумя вальцовочными роликами.

Для вальцевания ленточных пил используют станки различных конструкций: ПВ-20М, ПВ-35, VP-210 Mebor, STDM-1, и др. Особенностью данных станков является то, что подготавливаемая пила располагается горизонтально, и, следовательно, они имеют большие габаритные размеры, обусловленные размерами ленточной пилы.

Для заточки ленточных пил также существует большое количество станков, и большинство из них имеет механизм горизонтального расположения пилы. Известны серийные станки для заточки ленточных пил с вертикальным расположением пилы, например, ТчЛ6-2 и Vollmer liliput-Senior. Станки содержат станину, заточную головку, кулачковый механизм подачи пилы, механизм базирования пилы, позволяющий расположить затачиваемую пилу вертикально. Недостатками данных станков является то, что кулачковый механизм подачи пилы позволяет затачивать зубья только одного профиля.

Предлагается конструкция станка с вертикальным расположением пилы, включающего в себя два механизма: для вальцевания и профильной заточки ленточных дереворежущих пил. На рисунке 1 показана схема станка для подготовки ленточных дереворежущих пил, а на рисунке 2 показан механизм заточки ленточной пилы.

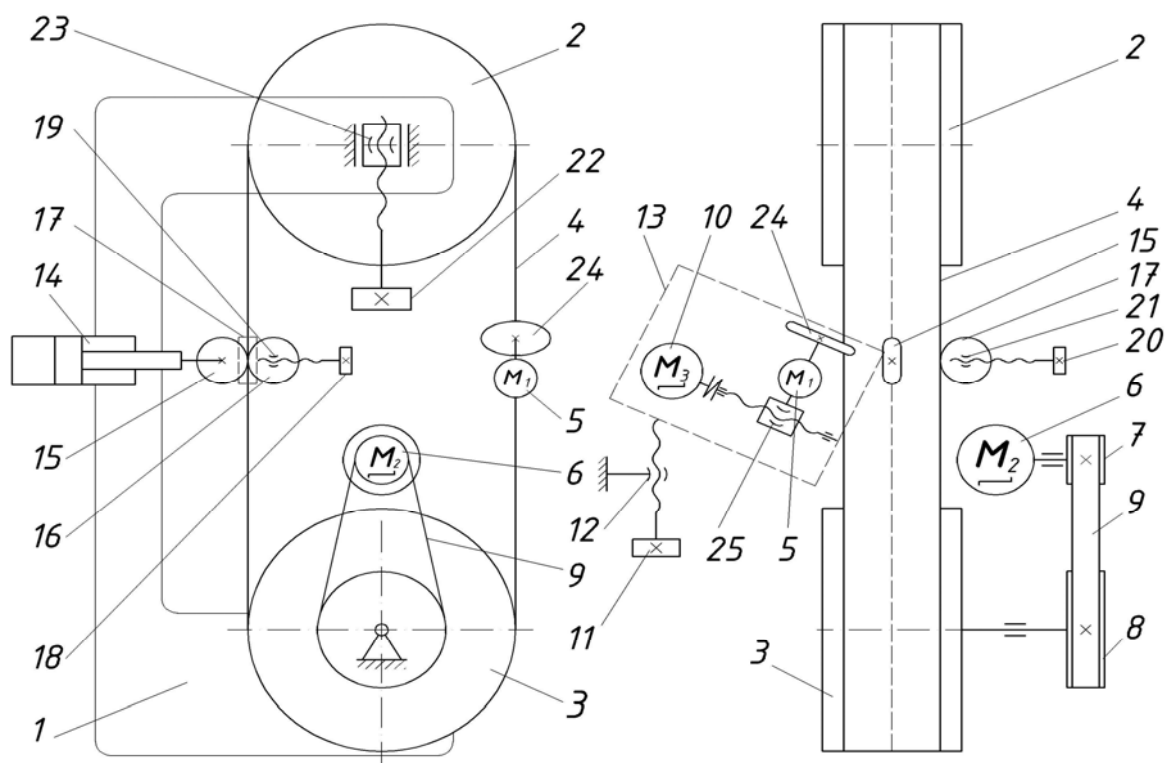


Рис. 1. Схема комбинированного станка для подготовки ленточных пил

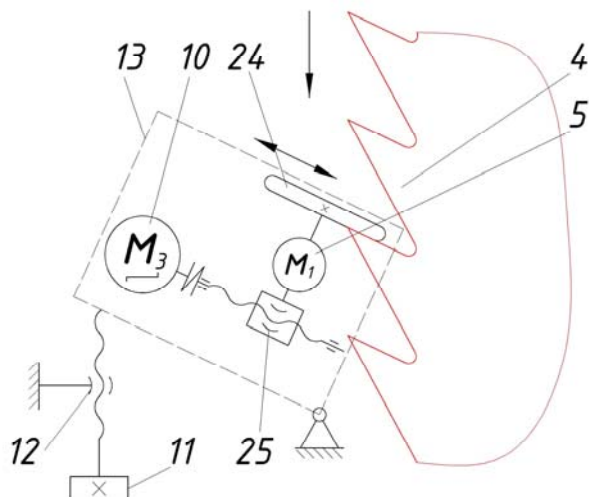


Рис. 2. Механизм заточки ленточной пилы

Станок состоит из станины 1, закрепленных на ней верхнего натяжного 2 и нижнего 3 шкивов, механизма заточки, механизма вальцевания пилы и механизма привода пилы. На шкивы надета ленточная пила 4. Для изменения расстояния между шкивами 2 и 3 имеется винтовая передача 23 и маховичок 22.

Механизм заточки расположен на правой ветви ленточной пилы и включает суппорт подачи 13 шлифовального круга по высоте зуба, маховичок регулировки переднего угла заточки 11, винтовую передачу 12. На суппорте 13 расположен шлифовальный круг 24 с приводным электродвигателем 5, шаговый электродвигатель 10, винтовая передача 25.

Механизм вальцевания расположен на левой ветви ленточной пилы и включает гидроцилиндр 14, два вальцовочных ролика 15 и 16, опорный ролик 17, маховичок 18 для регулировки положения подвижного ролика 16, винтовой передачи 19, маховичок 20, для изменения положения опорного ролика 17, винтовой передачи 21.

Механизм привода пилы состоит из шагового электродвигателя 6 и зубчатой ременной передачи, включающей шкивы 7 и 8, зубчатый ремень 9.

Подготавливаемая ленточная пила 4 устанавливается на шкивах 2 и 3. Вращая маховичок 22, при помощи винтовой передачи 23 перемещается верхний натяжной шкив 2. Тем самым регулируется длина пилы и обеспечивается её натяжение.

В режиме вальцевания шаговый электродвигатель 6 вращается с заданной постоянной частотой. Вращение от шкива 7 через зубчатый ремень 9 передается на шкив 8, который находится на одном валу с нижним приводным шкивом 3. Тем самым обеспечивается поступательное движение пилы. Необходимый прижим вальцовочных роликов 15 и 16 обеспечивается гидроцилиндром 14. Настройка станка на новый след вальцевания обеспечивается перемещением пилы 4 относительно роликов 15 и 16 и относительно шкивов 2 и 3. Для этого имеется опорный ролик 17, который перемещается вращением маховичка 20 через винтовую передачу 21.

В режиме заточки вращение от электродвигателя 5 передается на шлифовальный круг 24. Возвратно-поступательное движение шлифовального круга 24 относительно зуба пилы 4 осуществляется от шагового электродвигателя 10 через винтовую передачу 25. Подача пилы на один зуб в процессе заточки осуществляется от шагового электродвигателя 6 через зубчатую ременную передачу: шкивы 7 и 8, зубчатый ремень 9. Работа шаговых двигателей 6 и 10 согласована таким образом, что во время заточки

зуба по передней грани двигатель 6 не вращается и пила неподвижна. При достижении шлифовального круга 24 межзубовой впадины двигатель 6 начинает перемещение пилы, а двигатель 10 начинает вращение в обратную сторону. Шлифовальный круг 24 движется по траектории задней грани зуба пилы. Регулировка величины переднего угла заточки зуба пилы осуществляется поворотом суппорта 13, маховичком 11 через винтовую передачу 12. Согласованная работа шаговых электродвигателей 6 и 10 обеспечивает заточку зубьев пилы различной формы разными угловыми параметрами, различным шагом и на разную глубину врезания.

Таким образом, использование станка данной конструкции позволяет уменьшить габаритные размеры станка, а следовательно, и экономит производственные площади. Станок имеет возможность выполнения двух операций при подготовке ленточной пилы – вальцевание полотна и профильную заточку зубьев, возможность заточки зубьев различного профиля.

**УДК 674.05**

**С.В. Щепочкин, Ф.Д. Анисимов**

(S.V. Shchepochkin, F.D. Anisimov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: art-sit@yandex.ru

## **МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПИЛЕНИИ КРУГЛЫМИ ПИЛАМИ**

### **METHOD OF EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HEAT PROCESSES IN CUTTING CIRCULAR SAWS**

*В статье рассматривается методика экспериментального исследования составляющих расходной части уравнения теплового баланса при резании древесины круглыми пилами. Экспериментально определена расходная часть теплоты, отводимая стружкой и заготовкой.*

*The article considers the methods of experimental research components of the expenditure side of the equation of thermal balance when cutting wood circular saws. We experimentally determined the expenditure part of the heat removed by the chip and the workpiece.*

Теплота, выделяющаяся в зоне резания при пилении древесины и древесных материалов, является эквивалентом мощности на резание. При пилении круглыми пилами часть этой теплоты поступает в инструмент, часть – в стружку, обрабатываемую заготовку и в окружающую среду. Теплота, поступающая в инструмент, обуславливает его нагрев до высоких температур, в некоторых случаях превышающих предел теплостойкости инструментального материала. В связи с этим нагрев режущей части определяет режимы пиления по теплостойкости инструментального материала. Температура на окружности межзубовой впадины диска пилы является ограничивающим критерием при определении режимов пиления по динамической устойчивости пилы.

На данный момент нет единого мнения по интенсивности отводимых тепловых потоков. Численные значения доли каждого из составляющих теплового баланса, по разным данным [1–5], различаются в несколько раз. Однако практически все исследователи пренебрегают теплотой, отводимой из зоны резания стружкой и заготовкой, из-за низкой теплопроводности древесины. Многие тепловые процессы при пилении еще не изучены экспериментально и требуют к себе внимания и последующего изучения (с целью повышения работоспособности режущего инструмента, уменьшения отходов древесного сырья в опилки и снижения энергозатрат на производство пиломатериала). Технологий и оборудования деревообработки в УГЛТУ разработана и собрана установка на базе универсального станка ВЗ-818 для экспериментального исследования составляющих расходной части теплового баланса при пилении древесины круглыми пилами. Схема установки представлена на рисунке 1.

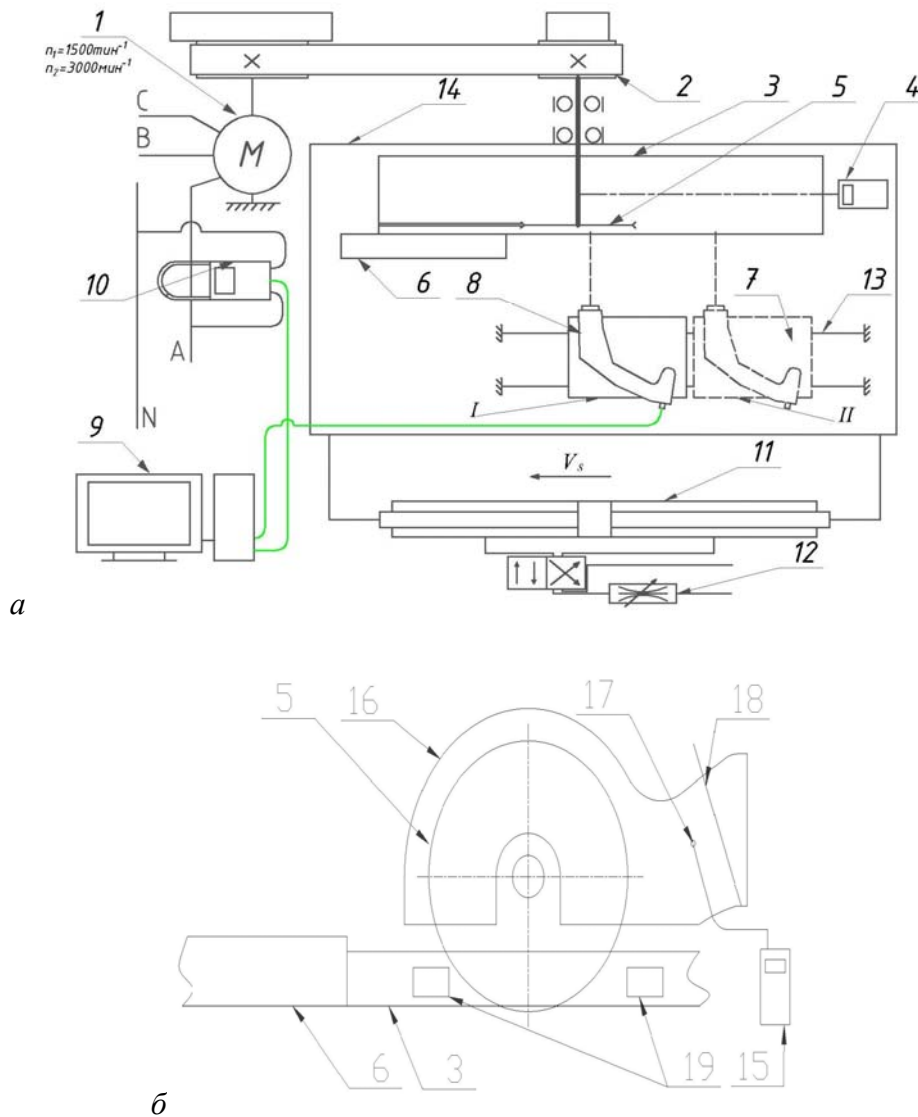


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки для исследования тепловых явлений: *а* – вид сверху; *б* – главный вид



Для определения количества теплоты, отводимой заготовкой, её доли в тепловом балансе на шпинделе станка установлена круглая пила 5 требуемого типоразмера, которая приводится во вращение от двухскоростного электродвигателя 1 через поликлиновую ременную передачу 2. Шкивы ременной передачи выполнены двухступенчатыми. Таким образом, на станке возможно четыре значения частоты вращения пилы, которая регистрируется бесконтактным тахометром 4 модели АТ-6. На столе станка 14 закрепляется распиливаемая заготовка 3, базируемая относительно пилы при помощи линейки 6. На заготовке предварительно фрезеруются пазы 19 различной глубины (рис. 1, б). Движение подачи осуществляется перемещением стола станка 14 относительно пилы 5. Стол 14 приводится в движение от гидроцилиндра 11, а скорость подачи  $V_s$  регулируется дросселем 12. В процессе пиления измеряется мощность, потребляемая электродвигателем 1. Для этого используются токовые ваттметр-клещи 10, модели АТК-2104.

Температура обрабатываемой заготовки измеряется бесконтактным инфракрасным пирометром 8 модели Mikron M120 в двух точках во время пиления. Во время эксперимента пирометр 8 относительно заготовки неподвижен и перемещается относительно пилы вместе с заготовкой. Температура  $t_0$  на поверхности резания обрабатываемой заготовки определяется расчетом (рис. 2).

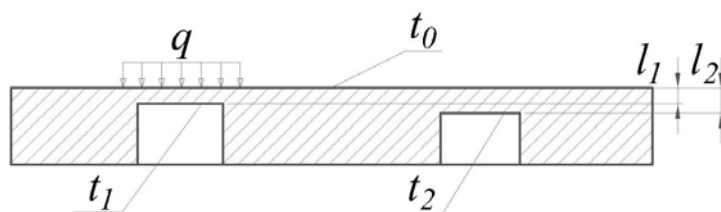


Рис. 2. Схема для определения температуры на поверхности резания обрабатываемой заготовки

Для этого в ходе эксперимента необходимо измерить температуры поверхностей  $t_1$  и  $t_2$  на разных расстояниях от плоскости резания  $l_1$  и  $l_2$  соответственно. Пирометр 8 закреплен на ползуне 7 (см. рис. 1, а) и перемещается по направляющим 13 из положения I в положение II. Перемещение пирометра относительно заготовки происходит из положения I в положение II со скоростью значительно выше чем скорость подачи  $V_s$ , при этом происходит опережение пилы в процессе пиления.

Персональный компьютер 9 предназначен для регистрации значений электрической мощности двигателя 1 и температуры заготовки, измеренной пирометром 8. Подключение пирометра к компьютеру, настройка его излучательной способности аналогична методике, приведенной в работе [6].

Для определения количества теплоты, отводимой стружкой из зоны резания, её доли в тепловом балансе, измеряется температура стружки. Для этого в конструкции ограждения-стружкоприемника 16 (см. рис. 1, б) через отверстие 17 устанавливается хромель-алюмелевая термопара, которая подключена к электронному измерителю температуры 15 Center 308. Измерение температуры стружки происходит при закрытой заслонке 18 и при отключенной аспирационной системе. Общий вид собранной экспериментальной установки представлен на рисунке 3.

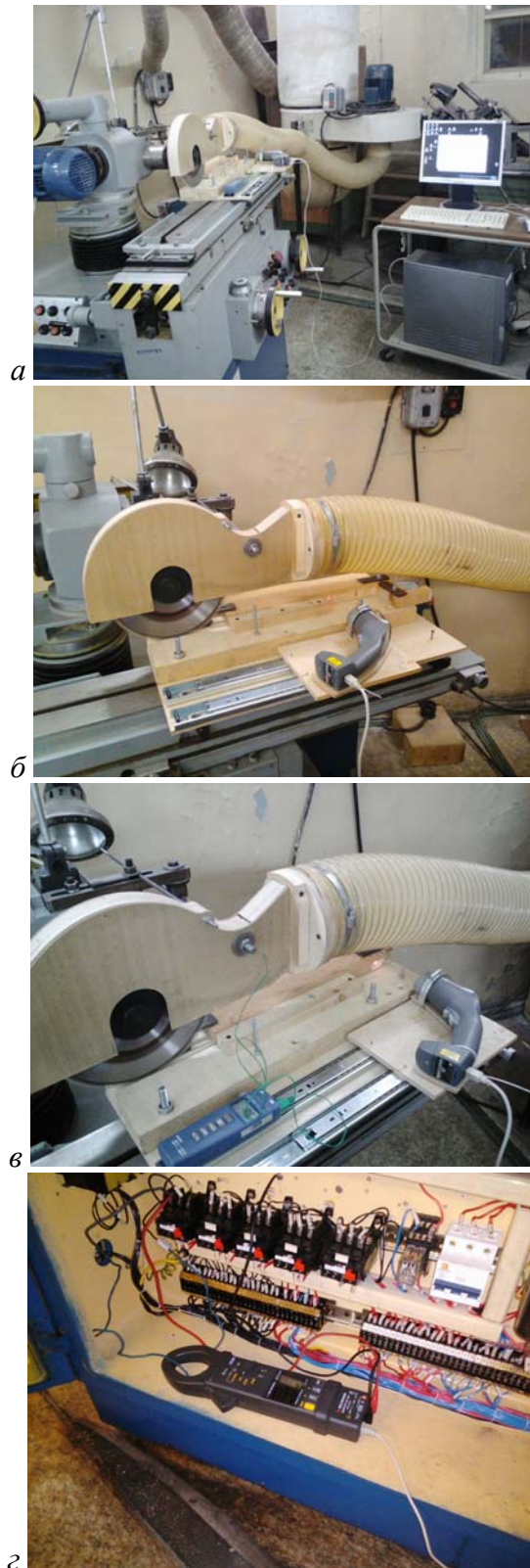


Рис. 3. Экспериментальная установка на базе универсального станка ВЗ-818:  
*а* – общий вид;  
*б* – измерение температуры заготовки бесконтактным пирометром Mikron M120;  
*в* – измерение температуры стружки электронным измерителем Center 308;  
*г* – измерение мощности

Определение температуры  $t_0$  на поверхности резания обрабатываемой заготовки осуществляется расчетом. Уравнение Фурье (основной закон теплопроводности) в общем виде для плоской однослойной стенки имеет вид:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t, \quad (1)$$

где  $q$  – плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>;  
 $\lambda$  – теплопроводность материала стенки, Вт/(м °С);  
 $\delta$  – толщина стенки, м;  
 $\Delta t$  – температурный перепад, °С.

Для нашего случая уравнение (1) для участка толщиной  $l_1$  и участка толщиной  $l_2$  соответственно примет вид:

$$q = \frac{\lambda}{l_1} (t_0 - t_1), \quad q = \frac{\lambda}{l_2} (t_0 - t_2). \quad (2)$$

Тепловой поток, поступающий в заготовку, считаем постоянным, поэтому из равенств (2) получим значение температуры на обрабатываемой поверхности заготовки

$$t_0 = t_1 + \frac{l_1(t_1 - t_2)}{l_2 - l_1}. \quad (3)$$

График записи температуры обрабатываемой заготовки, полученной от пирометра (рис. 4), характеризуется следующими участками: 1 – температура заготовки, равная температуре окружающей среды  $t_{\text{окр}} = 21$  °С (круглая пила находится на отдаленном расстоянии от пирометра). На участке 2 пила проходит напротив пирометра (см. рис. 1, а), температура  $t_1 = 153,7$  °С на расстоянии  $l_1$  от поверхности резания. На участке 3 пила снова проходит напротив пирометра, но температура измеряется на расстоянии  $l_2$  от поверхности резания и равна  $t_2 = 109,4$  °С.

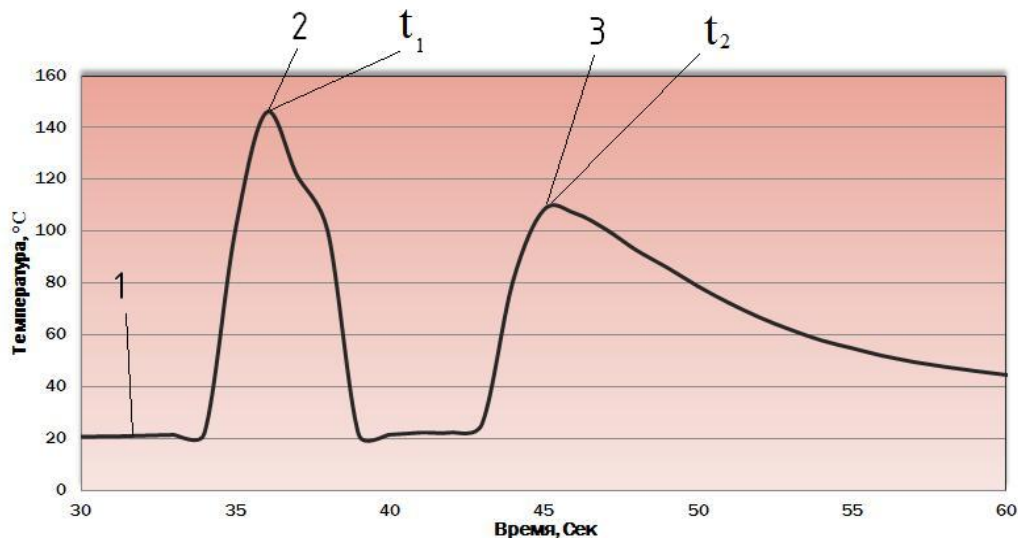


Рис. 4. График записи температуры заготовки

После проведения опыта, измеряются микрометром толщины полученных стенок  $l_1$  и  $l_2$  на обработанной заготовке. Толщина первой стенки составила  $l_1 = 0,4$  мм, а толщина второй стенки  $l_2 = 0,87$  мм.

Температуры на обрабатываемой поверхности заготовки по формуле (3), °С:

$$t_0 = t_1 + \frac{l_1(t_1 - t_2)}{l_2 - l_1} = 153,7 + \frac{0,4(153,7 - 109,4)}{0,87 - 0,4} = 191,4.$$

Количество теплоты, отводимой заготовкой  $Q_{\text{заг}}$ , определяется по формуле:

$$Q_{\text{заг}} = 2C_p \rho V_{\text{нагр}} \Delta t_{\text{заг}}, \quad (4)$$

где 2 – количество деталей, в которые поступает тепло;

$C_p$  – теплоёмкость древесины;

$\rho$  – плотность древесины сосны,  $\rho = 480$  кг/м<sup>3</sup>;

$V_{\text{нагр}}$  – секундный объём нагреваемой древесины одной заготовки, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta t_{\text{заг}}$  – нагрев поверхностных слоев заготовки, °С.

Влажность древесины измеряется влагомером HYDRO CONDROL и составляет  $W = 6$  %. Теплоёмкость сухой древесины сосны  $C_p = 2$  кДж/(кг °С) [7].

Секундный объём нагреваемой древесины одной заготовки  $V_{\text{нагр}}$  определяется по формуле:

$$V_{\text{нагр}} = \frac{V_s l h}{60}, \quad (5)$$

где  $V_s$  – скорость подачи, м/мин;

$l$  – глубина термического влияния, м;

$h$  – толщина заготовки, м.

Так как распределение температуры для плоской однослойной стенки имеет вид прямой линии, то глубина термического влияния  $l$  определяется по формуле (6), а нагрев поверхностных слоев заготовки  $\Delta t_{\text{заг}}$  можно рассчитать по формуле (7).

$$l = \frac{t_0 - t_{\text{окр}}}{\Delta t_l} = \frac{(t_0 - t_{\text{окр}})(l_2 - l_1)}{t_1 - t_2} \quad (6)$$

где  $\Delta t_l$  – величина падения температуры на 1 мм глубины заготовки, °С.

$$\Delta t_{\text{заг}} = \frac{t_0 - t_{\text{окр}}}{2} = \frac{191,4 - 21}{2} = 85,2 \quad (7)$$

По результатам пробного эксперимента глубина термического влияния составит, мм:

$$l = \frac{(191,4 - 21)(0,87 - 0,4)}{153,7 - 109,4} = 1,81.$$

По результатам пробного эксперимента при скорости подачи  $V_s = 0,8$  м/мин и толщине заготовки  $h = 23$  мм мощность на резание составит  $N_{рез} = 0,48$  кВт. Секундный объём нагреваемой древесины одной заготовки  $V_{нагр}$  считаем по формуле (5), м<sup>3</sup>/с:

$$V_{нагр} = \frac{V_s h}{60} = \frac{0,8 \cdot 1,81 \cdot 10^{-3} \cdot 0,023}{60} = 5,55 \cdot 10^{-7}.$$

Количество теплоты, отводимой заготовкой по формуле (4), кДж/с:

$$Q_{заг} = 2 \cdot 2 \cdot 480 \cdot 5,55 \cdot 10^{-7} \cdot 85,2 = 0,091.$$

Доля мощности резания, идущая на нагрев заготовки,

$$k_{заг} = \frac{Q_{заг}}{N_{рез}} = \frac{0,091}{0,48} = 0,19.$$

Количество теплоты  $Q_c$ , кДж/с, отводимой стружкой определяется по формуле (7):

$$Q_c = C_p \rho V_c \Delta t_{стр}, \quad (8)$$

где  $V_c$  – секундный объём срезаемых стружек, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta t_{стр} = (t_{стр} - t_{окр})$  – нагрев стружки, °С.

Секундный объём срезаемых стружек  $V_c$  определяется по формуле:

$$V_c = \frac{V_s b h}{60}, \quad (9)$$

где  $b$  – ширина пропила, м.

Секундный объём срезаемых стружек в пробном эксперименте при ширине пропила  $b = 2,7$  мм и температуре стружки  $t_{стр} = 63,1$  °С, м<sup>3</sup>/с:

$$V_c = \frac{0,8 \cdot 0,0027 \cdot 0,023}{60} = 8,28 \cdot 10^{-7}.$$

Количество теплоты отводимой стружкой считаем по формуле (8), кДж/с:

$$Q_c = 2 \cdot 480 \cdot 8,28 \cdot 10^{-7} (63,1 - 21) = 0,0334.$$

Доля мощности резания, идущая на нагрев стружки,

$$k_{стр} = \frac{Q_c}{N_{рез}} = \frac{0,0334}{0,48} = 0,07.$$

Таким образом, в данном эксперименте доля теплоты, отводимой заготовкой, составляет 19 %, а доля теплоты, отводимой стружкой, составляет 7 %.

## Библиографический список

1. Моисеев А.В. Контактные явления в микрообласти лезвия при резании древесины и их влияние на природу затупления инструмента: авт. дис. ... докт. техн. наук. М., 1981. 36 с.
2. Конов В.Н. Исследование влияния тепловых явлений на работоспособность круглых дереворежущих пил: авт. дис. ... канд. техн. наук. СПб: СПбЛТА, 1979. 26 с.
3. Лейхтлинг Р.А. Исследование нагрева дереворежущего инструмента в процессе резания: авт. дис. ... канд. техн. наук. Красноярск: Сибирский технолог. ин-т, 1967. 23 с.
4. Пашков В.К. Теплофизика резания древесины круглыми пилами: монография. Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. 311 с.
5. Пашков В.К., Щепочкин С.В. О тепловом балансе процесса резания древесины круглыми пилами // Известия вузов. Лесной журнал. 2009. № 3. С. 101–107.
6. Пашков В.К., Щепочкин С.В. Измерительная система для регистрации температурных полей зуба пилы // Сборник научных трудов факультета МТД. Вып. 1. Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. С. 116–119.
7. Уголев В.Н. Испытания древесины и древесных материалов. М.: Лесн. пром-ть, 1965. 251 с.

УДК 629.11.02+630

**С.Б. Якимович, А.В. Мехренцев, М.А. Тетерина**  
(S.B. Yakimovich, A.V. Mekhrencev, M.A. Teterina)  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: jak.55@mail.ru, mehrentsev@yandex.ru,  
tetatet-marya@mail.ru

## **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ НА ПРИНЦИПЕ СОВМЕЩЕННОГО ШАГОВИБРОКАЧЕНИЯ**

### **MULTIFUNCTIONAL MOVER ON THE PRINCIPLE OF COMBINED SEGAVERELINE**

*Представлено описание принципа совмещенного шаговиброкачения и движителя с универсальной дорожной и внедорожной опорно-геометрической проходимостью, реализующего наиболее экономичный режим по удельному расходу топлива и сниженную экологическую нагрузку.*

*The description of the principle of combined aguirregaray and propulsion from versatile road and off-road support-geometric permeability, implementing the most economical mode in terms of specific fuel consumption and reduced environmental load.*

Цель работы – представление принципа шаговиброкачения и нового движителя с универсальной дорожной и внедорожной опорно-геометрической проходимостью для различных микрорельефов и несущих способностей опорных поверхностей. Принцип реализует наиболее экономичный режим удельного расхода топлива и сниженную экологическую нагрузку на природу.

## *Описание проблемы, обоснование актуальности*

Научно-инженерная проблема здесь определяется следующим противоречием: наличие специализированных однофункциональных движителей качения, шагания и виброперемещения, с одной стороны, и опорных поверхностей различного типа, которые представлены в дискретно-непрерывном спектре стохастических природных и техногенных почвенно-грунтовых условиях и микрорельефах, с другой.

Для каждого вида поверхности по критериям опорной и геометрической проходимости реализуется отдельный соответствующий принцип движения, который совершенно непригоден для иных поверхностей. Снятие изложенной проблемы обеспечивается разработкой многофункционального и многорежимного движителя с практически мгновенными переходами между режимами – аналогичного однофункциональному по энергомассовым и размерным параметрам; описанием и объяснением основных явлений, в том числе и возможной самосинхронизации при шаговиброкачении связанных колес; исследованием переходных процессов шаговиброкачения. Исходя из изложенного научная проблема снимается разработкой метода параметрического синтеза многофункциональных движителей для различных природных и техногенных опорных поверхностей. Инженерная проблема здесь формулируется следующим образом: параметрический синтез и создание многофункционального энергосберегающего движителя аналогичного однофункциональному по энергомассовым и размерным параметрам (в соответствии с требованиями к дорожной и внедорожной опорной и геометрической проходимости).

Потребность в подобных движителях и транспортных средствах на их основе достаточно велика [1, 2] в оборонной, нефтегазовой, лесопромышленной отраслях, в сельском и лесном хозяйстве и др. Они нужны с целью обеспечения минимальных затрат на доставку персонала, грузов и продукции без дополнительных перевалок при смене видов опорной и геометрической поверхности, для снижения негативных последствий воздействия существующих движителей на природные опорные поверхности и обеспечения транспортной подвижности населения и грузов в удаленных малодоступных северных, северо-восточных и других районах России. Более того, природно-климатические условия России накладывают определенный отпечаток на развитие автотранспортных средств и, соответственно, их движителей.

Существующие средства высокой проходимости, предназначенные для движения по дорогам низкого качества и бездорожью, имеют пределы проходимости, и им недоступны многие северные районы страны и местности Крайнего Севера и Арктики. Кроме того, они наносят значительный экологический ущерб на многие годы слабым грунтам тундры и Крайнего Севера, которые обладают низкой репродуктивной способностью (по этой причине, например, во многих регионах запрещено использование гусеничной техники).

Анализ современных тенденций развития в области научных исследований и создания новых видов транспорта основан на следующих документах:

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.

2. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития Российской Федерации (до 2025 года) от Минобрнауки России (2008 г.).

3. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года от Минобрнауки России (2013 г.).

4. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития России: 2030 (М.: НИУ ВШЭ, 2013 г.).

5. Долгосрочные приоритеты прикладной науки в России (М.: НИУ ВШЭ, 2013 г.).

6. Предложения по приоритетным направлениям развития сферы исследований и разработок в тематической области «Транспортные и космические системы» государственной программы РФ «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы (М., ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2013 г.).

7. Предложения по приоритетным направлениям развития сферы исследований и разработок в тематической области «Рациональное природопользование» государственной программы РФ «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы (М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2013 г.).

8. Аналитическое резюме по результатам работы сети отраслевых центров прогнозирования за 2013 г. по направлению «Транспортные и космические системы» (М.: МАТИ, 2013 г.).

9. Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)» с изм., внесенными распоряжениями Правительства РФ от 21.10.2004 г. № 1355-р и 21.04.2006 г. № 553-р, постановлениями Правительства РФ от 21.12.2009 г. № 1035 и 22.12.2010 г. № 1088.

Рассматриваемая тематика актуальна в приоритетных областях научных исследований: перспективные транспортные средства, технологии снижения вредного воздействия транспорта на окружающую среду, технологии обеспечения безопасного движения в сложных условиях.

Современное состояние исследований в данной области науки разделяется на отдельные направления, которые описывают, объясняют и разрабатывают системы управления в отдельных областях знаний по колесным, шагающим, колесно-шагающим движителям и вибрационным перемещениям.

Однако в изложенных направлениях рассматриваются не теория и конструкции шагающего колеса, а теория рычажных конструкций движителей (тандемные тележки и пр.), для которых при переходе в режим шагания колеса служат опорами «ног» или рычажных конструкций механизма шагания. Иначе, здесь рассматривается колесные движители, которые трансформируются в шагающие на основе различных рычажных схем и использующие в качестве опоры колеса транспортного средства.

Вибродвижители как таковые представлены различными патентами на изобретения. Теория подобных движителей находится в стадии разработки. Однако имеется теория виброперемещения, которая описывает и объясняет различные способы движения грузов, большей частью сыпучих посредством транспортеров на виброэффекте (см., например, Блехман И.И. Вибрационная механика. Научное издание. М.: Физматлит, 1994. 400 с).

На основе проведенного анализа информационных источников в представленных областях знания установлено:

1) способ и устройство (многофункциональное колесо), реализующие совмещение функций качения, шагания и виброкачения в пространстве сдвоенного колеса, а также обеспечивающие минимальное время при переходах между режимами, являются новыми и в мировой практике не обнаружены;

2) явления переходных процессов от качения к виброкачению или шаганию и наоборот не получили своего описания, объяснения и управления в РФ и за рубежом;

3) новое явление виброкачения, определяемое совмещенными в пространстве и времени процессами качения и вибраций, обнаружено впервые, и необходимо определение сфер его применения в условиях стохастической природной и техногенной неопределённости почвогрунтов и снега;



4) гипотеза эффекта самосинхронизации при виброкачении связанных колес требует экспериментального подтверждения или отклонения, и при положительном результате обеспечит снижение кинематических связей двигателя транспортного средства.

На основании краткого анализа следует вывод, что предлагаемый проект на основе патента на изобретение является поставленной новой научно-технической задачей; требует применения нового метода параметрического синтеза и патентования новых технических решений в виде изобретений.

В мировой практике в области колесного транспорта для различных отраслей экономики наметились следующие тенденции в виде вызовов и угроз: рост ограничений по провозной способности, значительная доля транспортных затрат в себестоимости продукции 15–20 % против 7–8 % в странах с развитой рыночной экономикой, негативное воздействие транспорта на окружающую среду.

Для устранения подобных явлений предлагается решить следующие задачи:

1) создание инновационного шагающего двигателя транспортно-технологических машин многоотраслевого назначения;

2) создание эффективных конструкций транспортных систем с двигателями внутреннего сгорания;

3) развить рынок грузовых автомобилей высокой проходимости грузоподъемностью 5–8 т, востребованными для регионов со сложными природно-климатическими условиями эксплуатации, а также в оборонных целях России и ряда стран;

4) развитие экологически чистого транспорта;

5) обеспечить транспортом территории Сибири и Дальнего Востока и разработать новые месторождений полезных ископаемых;

6) обеспечить ускорение товародвижения и снижение транспортных издержек в экономике;

7) повысить транспортную подвижность населения к 2020 году в 1,8 раза;

8) провести комплексную модернизацию всей транспортной отрасли, радикальное изменение принципов построения, функционирования и взаимодействия систем, внедрить передовые технологии;

9) развитие и увеличение доли техники и технологий, позволяющих минимизировать неблагоприятное воздействие на природную среду.

Создание многофункционального двигателя (шаговиброката) [3] позволит реализовать перечисленные задачи в области транспорта и рационального природопользования для перечисленных выше отраслей экономики. В частности, это позволит снизить негативное воздействие колесного транспорта на окружающую среду (уплотнение и повреждение почв и опорных поверхностей) на 11–17 %, повысить экономичность в оборонном и лесопромышленном комплексе [4, 5], повысить энергоэффективность [6] (за счет исключения дополнительных перевалок грузов и буксования, повышения проходимости) на 20 %.

Данный двигатель представляет собой стандартный мост с двумя спаренными колесами (рис. 1, 2). Спаренные колеса имеют возможность сдвигаться друг относительно друга по радиусу на различные расстояния (в пределах половины диаметра обода) и фиксироваться в таком положении. Фиксация обеспечивается благодаря наличию на ободе каждого из колес цилиндрических выступов, расстояние между которыми равно диаметру выступа.

Двигатель работает в режимах качения, шагания и виброкачения. Рассмотрим эти режимы на примере одного спаренного (двухскатного) колеса. При работе в режиме качения (см. рис. 1, а) внутренний и внешний ободья двухскатного колеса расположены соосно, и крутящий момент передается от приводного вала на внутренний обод

двухскатного колеса. При этом цилиндрические выступы, расположенные по максимальному радиусу на внутреннем и внешнем ободьях колес, находятся в зацеплении друг с другом, передают крутящий момент с внутреннего обода на внешний обод двухскатного колеса, и движитель работает как обычное двухскатное колесо.

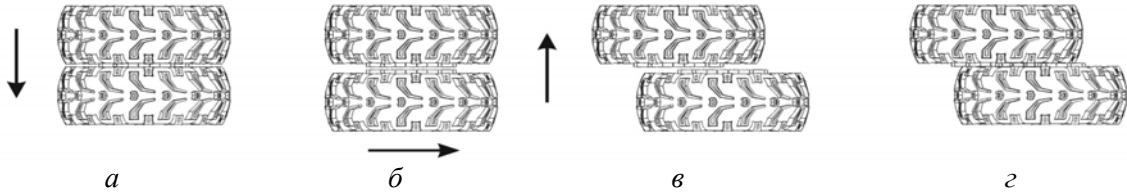


Рис. 1. Схема движителя с изменяемыми режимами его работы

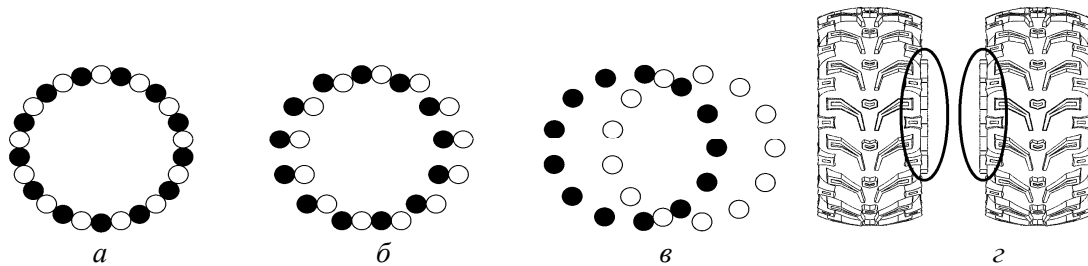


Рис. 2. Расположение несущих элементов:  
 а, б, в – относительные положения цилиндрических выступов внутреннего и внешнего колеса соответственно при режиме качения, вибрации и шагания с поднятием корпуса;  
 г – место размещения цилиндрических выступов на сдвоенном колесе

Изменение режима работы движителя происходит следующим образом (см. рис. 1, б–г). Внутренний и внешний ободья двухскатного колеса перемещаются в осевом направлении друг от друга по вертикальной стрелке (см. рис. 1, б). Когда величина этого перемещения достигает значения, при котором цилиндрические выступы выходят из зацепления друг с другом, внешний обод двухскатного колеса перемещается радиально, по горизонтальной стрелке относительно внутреннего, и по достижении требуемой величины смещения блокируется от дальнейшего смещения. Далее происходит осевое перемещение внешнего обода двухскатного колеса по направлению к внутреннему ободу (см. рис. 1, в). При этом цилиндрические выступы полностью входят в зацепление друг с другом и фиксируют положение соединенных радиально относительно друг друга внутреннего и внешнего ободьев двухскатного колеса. Передача крутящего момента на внутренний обод (рис. 2) обеспечивает функционирование движителя в режиме виброкачения или шагания с поднятием корпуса транспортного средства (рис. 3).

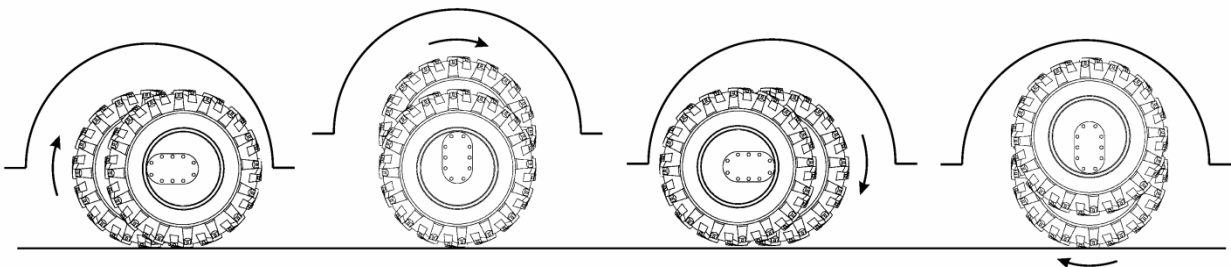


Рис. 3. Режим шагания или виброкачения с поднятием корпуса транспортного средства

С целью осуществления режима шагания с поднятием корпуса автомобиля или режима виброкачения сдвоенным колесом необходимо наличие в конструкции двигателя двух элементов: механизма смены режима работы двигателя и несущей конструкции, обеспечивающей жесткость во время поднятия корпуса машины при работе в режиме шагания.

В качестве несущего элемента в шаговиброкате используются два одинаковых круговых массива цилиндрических выступов, расположенных по периметру ободьев на сопрягаемых поверхностях каждого из колес, образующих сдвоенное колесо (см. рис. 2), расстояние между соседними выступами в которых равно диаметру одного выступа. В этой системе несущих элементов механизм смены режимов последовательно осуществляет как в прямом, так и в обратном направлении следующие операции:

1) разъединение колес вдоль оси их вращения до выхода несущих элементов из контакта друг с другом;

2) радиальное относительное смещение колес на величину диаметра одного выступа для режима вибрации или на треть диаметра обода для режима шагания;

3) соединение колес вдоль оси вращения до полного входа несущих элементов в контакт друг с другом.

Для реализации первой и третьей операций используется соединение типа «винт – гайка». При этом гайка располагается на диске внутреннего колеса, а винт связан с диском внешнего колеса (рис. 4).

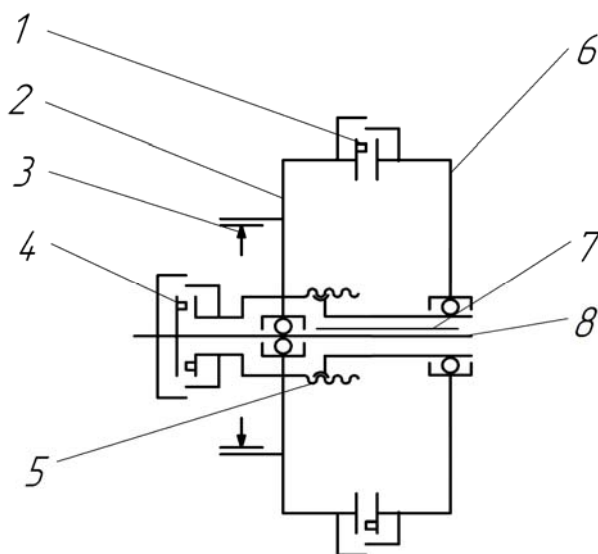


Рис. 4. Кинематическая схема механизма разъединения колес вдоль оси их вращения:

- 1 – круговые массивы цилиндрических несущих элементов; 2 – диск внутреннего колеса;
- 3 – тормоз рабочей тормозной системы автомобиля; 4 – муфта синхронизации;
- 5 – соединение «винт – гайка»; 6 – диск внешнего колеса;
- 7 – подвижное шлицевое соединение

Данная конструкция позволяет задействовать для смены режима работы двигателя рабочую тормозную систему автомобиля и вращающий момент от полуоси. Разъединение колес происходит следующим образом: отключается муфта синхронизации 4 и включается тормоз рабочей тормозной системы 3. Поскольку в таком случае ничто не препятствует относительному вращению приводной полуоси и внутреннего колеса, то вращающий момент от полуоси, передаваясь через подвижное шлицевое соединение 7, приводит в движение соединение «винт – гайка», которое раздвигает колеса до выхода

из контакта друг с другом цилиндрических выступов *1*. Аналогичным образом при вращении полуоси в обратном направлении происходит соединение колес.

Для смещения колес в радиальном направлении используется реечная передача (рис. 5). Такой подход определяет возможность использования для смены режима вращающий момент полуоси и ограничится одной пневмолинией для привода дополнительного тормоза и механизма реечной передачи, что дает возможность задействовать для этой цели пневмолинию системы регулирования давления в шинах.

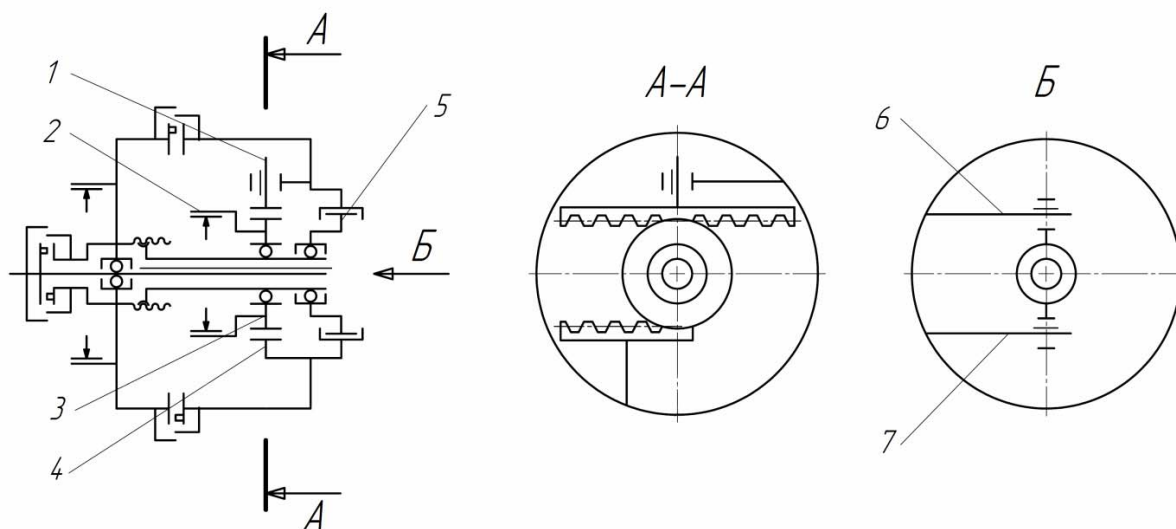


Рис. 5. Кинематическая схема движителя:

- 1 – подвижная рейка; 2 – дополнительное тормозное устройство;
- 3 – зубчатое колесо; 4 – неподвижная рейка; 5 – ползун;
- 6, 7 – верхняя и нижняя направляющие

Радиальное смещение внешнего колеса происходит следующим образом. После разъединения колес вдоль оси их вращения при вращении приводной полуоси, отпущенном тормозе рабочей тормозной системы и отключенной муфте синхронизации (см. рис. 4) производится одновременное включение дополнительного тормозного устройства 2. Оно приводит в движение зубчатое колесо 3 и поднимает подвижную рейку 1. При этом зубчатое колесо начинает перекапываться по неподвижной рейке 4, двигая ползун 5 по направляющим 6 и 7. По достижении требуемой величины смещения дополнительное тормозное устройство 2 отключается. Одновременно с этим подвижная рейка опускается на зубчатое колесо, фиксируя его положение. Представленная кинематическая схема (рис. 5) способна обеспечить работу движителя, как в режиме качения, так и в режимах вибрации и шагания с поднятием корпуса, а также предусматривает смену режимов работы движителя автоматически или водителем из кабины. Данный движитель может быть установлен как на заднюю, так и на все оси полноприводного автомобиля. Методика расчета нагрузок и мощности привода движителя представлены в работе [7].

#### Выводы

Выявлено противоречие – наличие специализированных однофункциональных движителей качения, шагания и виброперемещения, с одной стороны, и присутствие опорных поверхностей различного типа, которые представлены в дискретно-непрерывном спектре стохастических природных и техногенных почвенно-грунтовых условий и микрорельефов, с другой.

Установлено, что для каждого вида поверхности по критериям опорной и геометрической проходимости реализуется отдельный соответствующий принцип движения, который совершенно непригоден для иных поверхностей.

Выявленное противоречие снимается посредством принципа совмещенного шаговиброкачения, который позволяет реализовать многофункциональный движитель. Это шаговиброкат с универсальной дорожной и внедорожной опорно-геометрической проходимостью, с наиболее экономичным режимом по удельному расходу топлива и минимальной экологической нагрузкой (за счет снижения потерь времени на буксование). А это подразумевает минимальное уплотнение и повреждение почв и опорных поверхностей, повышение проходимости, исключение дополнительных перевалок грузов, функционирование движителя в режиме качения, вибрации и шагания, а также возможность смены режимов обеспечивается наличием механизма практически мгновенной смены режима работы и несущей конструкции, обеспечивающей жесткость во время поднятия корпуса машины.

Таким образом, многофункциональный движитель (шаговиброкат) позволяет снизить негативное воздействие колесного транспорта на окружающую среду (уплотнение и повреждение почв и опорных поверхностей) на 11–17 %, повысить экономичность и энергоэффективность на 20 % за счет исключения дополнительных перевалок грузов, буксования и повышения проходимости.

## Библиографический список

1. Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года (с изменениями на 11 июня 2014 года): распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902132678>.
2. Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы) с изм., внесенными распоряжениями Правительства РФ от 21.10.2004 № 1355-р, от 21.04.2006 № 553-р, постановлениями Правительства РФ от 21.12.2009 № 1035, от 22.12.2010 № 1088: федеральная целевая программа. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902253193>.
3. Шаговиброкат: пат. 2522215 РФ / С.Б. Якимович, К.С. Якимович, А.М. Столяров, А.В. Мехренцев, Э.Ф. Герц, М.А. Тетерина. № 2012154528/11; заявл. 14.12.2012; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 19. 9 с.: 5 ил.
4. Якимович С.Б., Тетерина М.А. Синхронизация обрабатывающе-транспортных систем заготовки и первичной обработки древесины. Йошкар-Ола.: Изд-во Марийского гос. техн. ун-та, 2011. 201 с.
5. Якимович С.Б., Тетерина М.А. Управление схемами работы машин в обрабатывающе-транспортных лесозаготовительных системах // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. М.: МГУЛ, 2010. № 5 (74). С. 78–826. Редькин А.К., Якимович С.Б. Способ моделирования и проектирования технологических процессов лесопромышленного комплекса // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. М.: МГУЛ, 2000. № 4. С. 55–70.
7. Якимович С.Б., Мехренцев А.В., Тетерина М.А. Многофункциональный движитель для различных микрорельефов и несущих способностей опорных поверхностей // Ремонт. Восстановление. Модернизация. М.: Наука и технологии, 2016. № 11. С. 41–47.

УДК 674.059.001.24

**Г.В. Алифировец, С.А. Гриневич**

(G.V. Alifirovez, S.A. Grinevich)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: dosy@belstu.by

## **СОПОСТАВЛЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА СИЛ И МОЩНОСТИ РЕЗАНИЯ НА ПРОФИЛЯТОРАХ ЛИНИЙ АГРЕГАТНОЙ ОБРАБОТКИ**

### **COMPARISON OF METHODS OF CALCULATION OF FORCES AND CUTTING POWER ON PROFILATORE LINES AGGREGATE**

*Литературный обзор показал, что специализированной методики расчета сил и мощности резания при фрезеровании древесины профилирующими агрегатами не существует. Поэтому в данной статье предлагается анализ существующих методик для расчета силовых показателей процесса механической обработки древесины, наиболее близких к процессу профилирования.*

*Literature review has shown that a specialized technique of calculation of force and cutting power during milling of wood, the main units are there. Therefore, in this article the analysis of existing methods for calculating power parameters of the process of mechanical processing of wood closest to the profiling process.*

На сегодняшний день актуальной задачей в лесной и деревообрабатывающей промышленности является обеспечение более глубокой переработки древесины, снижение количества потерь древесины в стружку, повышение эффективности использования оборудования. Наиболее перспективными направлениями решения поставленных задач является использование технологии агрегатной переработки древесины. Данная технология имеет неоспоримые преимущества и позволяет получать одновременно два вида продукции (пиломатериалы и технологическую щепу). Именно поэтому переработка древесины на агрегатном оборудовании отличается комплексным подходом к решению проблемы рационального использования сырья.

Основным оборудованием для агрегатной переработки древесины являются фрезерно-брусующие станки. Назначением фрезерно-брусующих станков является комплексная обработка бревна путем переработки удаляемой части в технологическую щепу. Достоинством фрезерно-брусующих станков является простота конструкции, надежность и высокая производительность. Для увеличения полезного выхода пилопродукции, уменьшения количества последующих технологических операций и совершенствования технологии производства фрезерно-брусующие станки оснащают профилирующими агрегатами.

Целью работы является анализ существующих методик расчета силовых показателей процесса цилиндрического фрезерования древесины.

Наиболее близкими методиками, которые теоретически можно применить к данному процессу, является методика профессора А.Л. Бершадского и методика, изложенная в книге Боровикова и соавторов [1].

Для того чтобы оценить данные методики, выполним по ним расчет касательной составляющей силы резания  $F_z$  при режимах, характерных для работы профиляторов ФБС линии LINCк, установленной на ОАО «Борисовский ДОК»:

– скорость подачи  $V_s = 50$  м/мин;

– частота вращения профиляторов  $n = 1\,000$  мин<sup>-1</sup>;

- количество ножей  $z = 2$  шт.;
- задний угол  $\alpha = 15^{\circ}$ ;
- угол заточки  $\beta = 35^{\circ}$ .

Согласно теории А.Л. Бершадского, средняя касательная сила резания определяется по формуле:

$$F = (a_p p b + S_z \sin \theta k b) \frac{l}{t},$$

где  $a_p$  – коэффициент, учитывающий остроту резца;

$p$  – удельная сила резания по задней поверхности резца, Н/мм;

$b$  – ширина фрезерования, мм;

$S_z$  – подача на резец, мм;

$\theta$  – кинематический угол встречи, град;

$k$  – среднее условное давление по передней поверхности резца, Н/мм<sup>2</sup>;

$l$  – длина дуги контакта, мм;

$t$  – шаг между резцами.

Так как процесс профилирования является процессом полузакрытым, то необходимо учитывать силы, возникающие по боковой поверхности режущего инструмента. Для этого в литературе [2, 3] рекомендуется следующая зависимость, Н:

$$F_{тр} = 0,15\theta - 0,55.$$

Подставив все значения в формулу при разных высотах фрезерования с учетом силы, возникающей по боковой поверхности режущего инструмента, получим следующие значения (представим в виде табл. 1).

Таблица 1

Значения величины средней касательной силы резания от высоты фрезерования (по А.Л. Бершадскому)

Высота фрезерования, мм	Средняя касательная сила резания по А.Л. Бершадскому, Н
20	125
40	252
60	384
80	547
100	688
120	844
140	1 018
160	1 190

Вторая методика наиболее близка: это методика определения сил и мощности фрезерования при агрегатной переработке древесины цилиндрическими фрезами [1]. Согласно данной методике, средняя касательная сила резания определяется по следующей формуле:

$$F = \frac{k b h V_s}{60V},$$

где  $k$  – удельная работа резания, МПа;  
 $b$  – ширина фрезерования, мм;  
 $h$  – высота фрезерования, мм;  
 $V_s$  – скорость подачи, м/мин;  
 $V$  – скорость резания, м/с.

Подставив все значения в формулу при разных высотах фрезерования, получим следующие значения (представим в виде табл. 2).

Таблица 2

Значения величины средней касательной силы резания от высоты фрезерования [1]

Высота фрезерования, мм	Средняя касательная сила резания по теории изложенной в литературе Лесопиление на агрегатном оборудовании, Н
20	81
40	163
60	245
80	326
100	408
120	490
140	572
160	653

Для наглядности представим значения в виде графика.

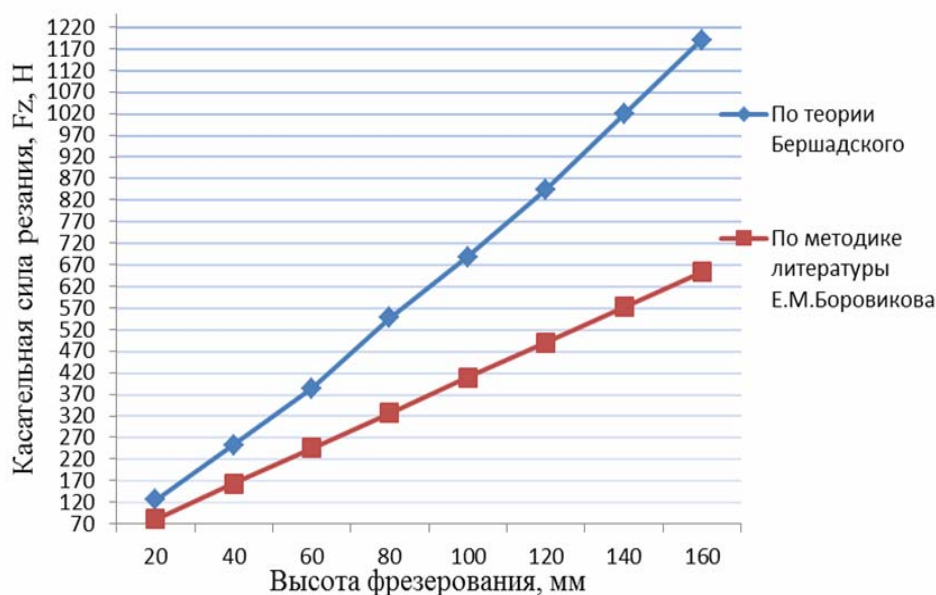


График зависимости касательной силы резания от высоты фрезерования

**Выводы**

Как видно из графика, значения сил по различным методикам отличаются при наибольшей высоте фрезерования в 82 %. Различие в полученных авторами данных может объясняться неодинаковыми условиями проведения экспериментальных исследований, различными конструкциями и геометрией режущих инструментов, различными



физико-механическими свойствами исследуемых пород. Поэтому необходимо усовершенствовать существующую методику либо разработать специализированную методику по расчету сил резания для профиляторов.

## Библиографический список

1. Боровиков Е.М., Фефилов Л.А., Шестаков В.В. Лесопиление на агрегатном оборудовании. М.: Лесная промышленность, 1985. 216 с.
2. Раповец В.В. Комплексная обработка древесины фрезами со спиральным расположением сборных двухлезвийных ножей, обеспечивающая качество продукции и снижение энергозатрат: дис. канд. техн. наук: 05.21.05. Минск, 2011. 187 с.
3. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины: учебник. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 304 с.

УДК 674.055:621.934(043.3)

**А.Ф. Аникеенко, А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин, Т.А. Машорипова**  
(A.F. Anikeenko, A.A. Grishkevich, V.N. Garanin, T.A. Masharipova)  
(БГТУ, г. Минск, РБ)  
E-mail для связи с авторами: dosy@belstu.by

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ СВЕРЛЕНИЯ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ УСТАНОВЛЕННОЕ КАЧЕСТВО

### TECHNOLOGICAL MODES OF DRILLING IN LAMINATED CHIPBOARD TO ENSURE ESTABLISHED QUALITY

*В статье представлены результаты исследования влияния технологических режимов на качество получаемых поверхностей. Проведена серия опытов по исследованию качества получаемых отверстий на лабораторной установке на базе промышленной модели многооперационной машины с ЧПУ (числовым программным управлением). Экспериментальные исследования позволили выделить факторы, реально влияющие на качество, и выбрать оптимальные для данного процесса.*

*The article presents the results of research of influence of technological modes on the quality of the obtained surfaces. A series of experiments to study the quality of resulting holes on the laboratory setup based on an industrial model of multi-operational machines with CNC (computer numerical control). Experimental research allowed to identify the factors that actually affect the quality, and choose the best for this process.*

В современной ламинированной древесностружечной плите можно выделить три основных слоя: ламинат (декоративное покрытие), покрывающий поверхность плиты, некоторое количество связующего и непосредственно саму плиту [1].

В связи с тем что все три слоя отличаются физико-механическими свойствами, возникает необходимость использовать технологические режимы, удовлетворяющие качественной обработке всех трех слоев одновременно.

Наиболее сложно выбрать технологические режимы для обработки хрупкого и очень твердого ламината с двух сторон рассматриваемого материала.

Важными характеристиками инструмента, влияющими на качество обработки силы и мощность резания, являются угол наклона винтовой канавки  $\epsilon$ , угол подъема винтовой канавки  $\tau$ , диаметр сверла  $D$  и угол при вершине  $2\phi$  (рис. 1). Распределение давления на лезвии сверла представлено на рисунке 2.

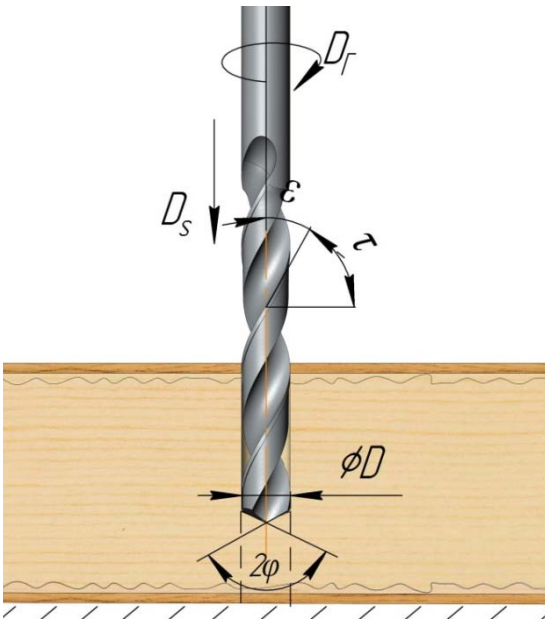


Рис. 1. Схема обработки сверлением

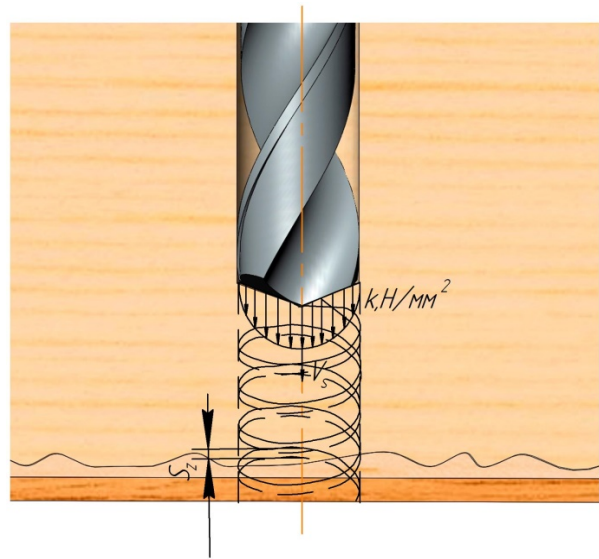


Рис. 2. Распределение давления на лезвии сверла

Основополагающими технологическими режимами, влияющими на качество обработки и энергетические показатели, являются скорость подачи и скорость главного движения, которые непосредственно влияют на кинематический угол  $\eta$  (рис. 3). Они определяют кинематические задний и передний углы. В связи с этим одной из вероятных причин появления сколов является уменьшение заднего угла, который уменьшается от периферии к оси вращения, и на оси вращения он равен нулю.

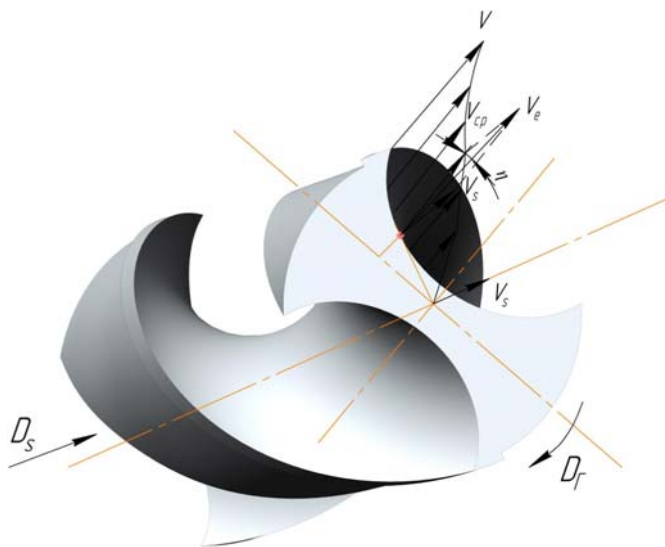


Рис. 3. Схема влияния технологических режимов на кинематический угол

Рассчитаем, как влияют технологические режимы на величину кинематического угла. Согласно [2],

$$\alpha_k = \alpha_c - \eta, \quad (1)$$

где  $\alpha_k$  – кинематический задний угол, град;  
 $\alpha_c$  – статический задний угол, град;  
 $\eta$  – кинематический угол резания, град.

Согласно [2],  $\alpha_c = 11$ .

$$\eta = \arctg\left(\frac{V_s}{V}\right) \quad (2)$$

Таким образом, по формуле (1) с изменением значения диаметра резания меняется и значение скорости резания и, как следствие, задний кинематический угол.

Произведем расчет для диаметра  $D = 10$  мм, в град:

$$\eta = \arctg\left(\frac{1,57}{1,47 \cdot 60}\right) = 1,03,$$

$$\alpha_k = 11 - 1,08 = 9,92.$$

Аналогично были произведены расчеты для диаметров  $D = 5$  мм и  $D = 2$  мм. Данные расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Данные расчета

Диаметр, мм	Скорость резания, м/с	Кинематический угол резания, град	Кинематический задний угол, град
10	1,47	1,08	9,92
5	0,74	2,04	8,96
2	0,293	5,1	5,9

Как показали расчеты, уменьшение заднего угла уже на среднем диаметре составляет порядка  $5^\circ$ .

С целью исследования появления сколов был проведен эксперимент для выявления оптимального технологического режима обработки ламинированных ДСтП. Для выполнения опытов на многооперационной машине была написана специальная программа, которая включала в себя высверливания по два отверстия на каждый режим. Для фиксирования и дальнейшей обработки информации о качестве обрабатываемой поверхности была разработана экспериментальная сетка опытов (табл. 2). В качестве испытуемого материала выбрали ламинированную древесностружечную плиту размером  $700 \times 710 \times 16$ .

Результаты эксперимента по качеству обработки

Диаметр сверла, мм	Частоты вращения, мин <sup>-1</sup>															
	4 000		4 500		5 000		5 500		6 000		6 500		7 000		7 500	
	Вх.	Вых.	Вх.	Вых.	Вх.	Вых.	Вх.	Вых.	Вх.	Вых.	Вх.	Вых.	Вх.	Вых.	Вх.	Вых.
Скорость подачи $V_s = 1$ м/мин																
7	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
8	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
Скорость подачи $V_s = 2$ м/мин																
7	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
10	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	—	—	+	+	—	—
Скорость подачи $V_s = 3$ м/мин																
7	—	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	—	—	—
8	—	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	—	—	—
10	—	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	—	—	—
Скорость подачи $V_s = 4$ м/мин																
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Скорость подачи $V_s = 5$ м/мин																
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Скорость подачи $V_s = 6$ м/мин																
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Качество обработки определялось визуально. Хорошее качество «+» – отсутствие сколов на входе и выходе инструмента (рис. 4), плохое качество «—» – наличие видимых дефектов (рис. 5).



Рис. 4. Хорошее качество обработки:

*a* – качество поверхности на входе сверла; *б* – качество поверхности на выходе сверла

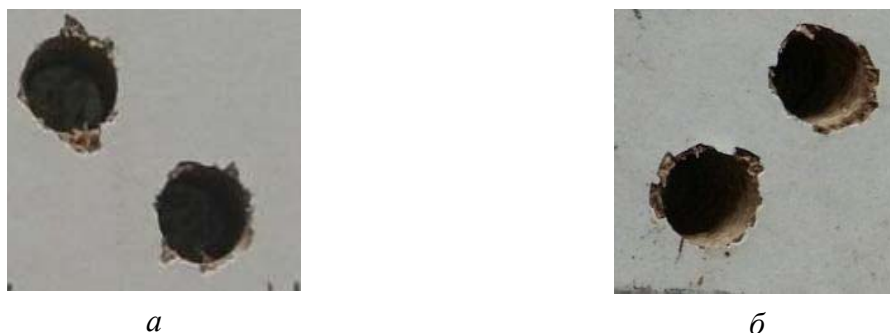


Рис. 5. Плохое качество обработки

*a* – качество поверхности на входе сверла;

*б* – качество поверхности на выходе сверла

На основании проведенных экспериментальных исследований установлено, что при подаче свыше 3 м/мин и частоте вращения до 5 000 мин<sup>-1</sup> требуемое качество не обеспечивается, что полностью подтверждает предположения на основе теоретических данных.

## Библиографический список

1. Волынский В.Н. Технология древесных плит и композитных материалов: учеб. справоч. пособие. СПб: Лань, 2010. 336 с.
2. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины: Минск: Выш. шк., 1975. 303 с.

УДК 539.422.5

**А.В. Белый<sup>1</sup>, В.Н. Гаранин<sup>2</sup>, А.А. Гришкевич<sup>2</sup>, А.Ф. Аникеенко<sup>2</sup>**  
 (A.V. Belyj<sup>1</sup>, V.N. Garanin<sup>2</sup>, A.A. Grishkevich<sup>2</sup>, A.F. Anikeenko<sup>2</sup>)  
 (<sup>1</sup>Физико-технический институт НАН Беларуси, <sup>2</sup>БГТУ, г. Минск, РБ)  
 E-mail для связи с авторами: garanin@wmt.by, dosy@belstu.by

**ОСОБЕННОСТИ НАНЕСЕНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ  
 ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ  
 ФРЕЗЕРНОГО ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

**FEATURES OF THE APPLICATION HARD COATINGS DURING  
 THE STUDY OF WEAR RESISTANCE WOODWORKING MILLS**

*Популярный сегодня метод контроля износостойкости инструмента не всегда объективен, поскольку при большом количестве обрабатываемого материала инструмент с различными упрочняющими слоями находится в различных условиях эксплуатации (из-за низкой стабильности физико-механических свойств древесины, а также из-за влияния случайных факторов технологии обработки). Для исключения представленных недостатков в работе предлагается метод, основанный на том, что упрочняющие слои формируются на части длины режущего ножа. При этом обеспечиваются равные условия эксплуатации упрочненной и не упрочненной областей режущего инструмента, позволяющие лучше оценить свойства упрочняющих технологий.*

*Popular today method of monitoring the wear resistance of tool not always objective, because when a large amount of workpiece material tool with various reinforcing layers is located in different operating conditions (due to low stability of physico-mechanical properties of wood, and also due to the influence of random factors processing technology). For elimination are presented discussed shortcomings, this paper proposes a method based on that the strengthen ing layers are formed on part of the length of the cutting knife. It provides equal operating conditions of the hardened and not hardened areas of the cutting tool that will better measure the properties of hardening technologies.*

Развитие упрочняющих технологий способствует развитию не только деревообрабатывающего инструмента в целом, но также и методик его испытаний, позволяющих объективно оценивать новые технологии с целью выявления наиболее эффективных для использования. Стандартные подходы в современных условиях быстрого изменения не всегда оправданы из-за необходимости затрат значительных ресурсов (материальных и временных) на проведения испытаний. По этой причине в настоящее время актуален вопрос развития методик сравнительных испытаний, позволяющих сократить издержки при сохранении адекватности получаемых результатов. Этот вопрос актуален и в деревообработке при внедрении упрочняющих технологий на деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь.

Исследования твердости и коррозионной стойкости позволяют уменьшить количество неконтролируемых факторов, влияющих на процесс износа. В настоящее время наибольшую популярность получил метод контроля износостойкости инструмента, основанный на прямом измерении количества обработанного материала. При этом

критерием оценки является качество обработки, т. е. при возникновении дефектов обрабатываемого материала инструмент признается изношенным. В то же время такая методика оценки не всегда является достаточно объективной, поскольку при большом количестве обрабатываемого материала инструмент с различными упрочняющими слоями находится в различных условиях эксплуатации из-за низкой стабильности физико-механических свойств древесины, а также из-за влияния случайных факторов технологии обработки.

Срок службы режущего инструмента определяется в основном износостойкостью его режущей части. Режущую часть обычно выполняют из сплавов на основе железа, в частности, из инструментальных быстрорежущих сталей, легированных вольфрамом и молибденом, которые содержат до 2 % ванадия (P18, P12, P9, P6M5, P6M3 и др.), а также из сталей, легированных вольфрамом и кобальтом, где свыше 2 % ванадия (P18Ф2, P14Ф5, P9Ф5, P10Ф5K5, P9K5, P9K10 и др.) [1, 2]. Первую группу относят к сталям нормальной производительности, а вторую – к сталям повышенной производительности. Высокие эксплуатационные свойства быстрорежущих сталей обеспечиваются благодаря их легированию вольфрамом, ванадием и молибденом, которые, соединяясь с углеродом, образуют соответствующие карбиды. Износостойкость быстрорежущих сталей в 3–5 раз выше чем у углеродистых и низколегированных сталей, является недостатком инструмента, выполненного из этих сталей, является относительно низкая устойчивость к абразивному износу. Это связано, с одной стороны, с малым различием в твердости между материалом инструмента и обрабатываемым материалом, а с другой – с попаданием инородных частиц, например, песка, в зону взаимодействия резца и материала в процессе резания. Высокая твердость частиц загрязнений приводит к быстрому абразивному износу режущей части инструмента. Сравнительная оценка износостойкости рассматриваемого режущего инструмента проводится обычно на основании многофакторных экспериментов с планами второго порядка [3, 4]. Это всегда связано с проведением большого количества экспериментов, что далеко не всегда является возможным.

Наиболее эффективным методом борьбы с абразивным износом инструмента является нанесение упрочняющих покрытий, характеризующихся высокой твердостью [5]. Для этих целей используют покрытия на основе соединений тугоплавких металлов, формируемых различными методами. Толщина покрытия определяется видом и назначением инструмента и может составлять от долей микрон до величин порядка мм. Оценка их износостойкости проводят, как правило, на основании измерения твердости и коррозионной стойкости. Однако такая оценка зачастую не дает реальной картины износостойкости инструмента, поскольку фактический износ зависит не только от этих параметров. Важнейшим параметром износостойкости покрытий является их адгезия к основанию, которая для упомянутых покрытий является невысокой. Шелушение покрытия в процессе эксплуатации инструмента не позволяет в полной мере оценить его свойства.

В настоящее время для проведения сравнительных испытаний используется режущий инструмент, содержащий режущую часть как из стали, так и из твердосплавного материала с нанесенным на нее упрочняющим покрытием, которое может состоять из комбинированного подслоя титана (нитрида, оксинитрида, карбоксинитрида; из слоя нитрида, карбида, оксида, карбонитрида, оксикарбида, оксинитрида, тугоплавкого металла карбоксинитрида) [6].

По сути, первый слой на основе титана служит для обеспечения требуемой адгезии второго слоя, который является упрочняющим, поскольку перечисленные соединения характеризуются невысокой адгезией к металлическим основаниям и отшелушиваются в процессе эксплуатации инструмента. Пленки на основе титана обладают

превосходной адгезией к металлам и их сплавам, но характеризуются сравнительно низкой износостойкостью. Поэтому принципы, положенные в основу использования конструкций режущего инструмента (адгезионный слой на основе титана плюс упрочняющий слой), являются типовыми в технике упрочнения. В качестве основания при этом могут быть использованы не только твердосплавные материалы, но и различные сорта стали.

Оценка износостойкости таких покрытий на основании измерения твердости и коррозионной стойкости является уже более адекватной, поскольку уменьшается количество неконтролируемых факторов, влияющих на процесс износа. Однако наибольшую популярность получил метод контроля износостойкости инструмента, основанный на прямом измерении количества обработанного материала. При этом критерием оценки является качество обработки: при возникновении дефектов обрабатываемого материала, например, сколов кромки, инструмент признается изношенным. В то же время такая методика оценки не всегда является достаточно объективной, поскольку при большом количестве обрабатываемого материала инструмент с различными упрочняющими слоями находится в различных условиях эксплуатации: меняется твердость обрабатываемого материала, его состав, количество загрязнений, усилие подачи и т. п. В таких случаях правильный выбор упрочняющего покрытия инструмента для обработки того или иного материала становится крайне затруднительным, поскольку для инструмента с худшими свойствами существует вероятность эксплуатации в более мягких условиях, когда его износ существенно меньше по сравнению с износом инструмента с лучшими характеристиками, но подверженному более жестким условиям эксплуатации инструмент подвергается значительным термоциклическим нагрузкам, зависящим от режима эксплуатации. Известно, что температура в зоне резания может достигать 1 000 °С и более [7, 8]. Это приводит к постоянной рекристаллизации структуры упрочняющего покрытия с укрупнением размера зерна и сопутствующим снижением износостойкости, которое зависит не только от материала покрытия, но и от способа его получения и ряда других факторов. Такая многофакторность зачастую делает невозможным сравнительную оценку износостойкости инструмента с различными упрочняющими слоями.

Задачу повышения достоверности оценки износостойкости упрочняющих слоев инструмента можно решить тем, что в режущем инструменте для контроля износостойкости упрочняющих покрытий, содержащем режущую часть из стали или твердосплавного материала с последовательно нанесенными на него упрочняющими слоями, упрочняющие слои формируются на части инструмента, а точнее на 30–70 % длины его режущей части.

Сущность решения заключается в обеспечении абсолютно равных условий эксплуатации упрочненной и неупрочненной областей режущей части испытуемого инструмента.

При эксплуатации режущего инструмента упрочненная и неупрочненная области режущей кромки работают в абсолютно равных условиях: скорость подачи, температура разогрева в результате трения, твердость обрабатываемого материала, его чистота (например, наличие абразивных частиц в виде песка) и все остальное. В этом случае оценить износостойкость упрочняющего покрытия можно прямым измерением изменения разницы радиусов резания упрочненной и неупрочненной областей режущей кромки в процессе эксплуатации (рис. 1). Повышенная скорость износа одной из областей инструмента сопровождается большим снижением радиуса резания. Чем больше изменение радиусов резания, тем больше износостойкость упрочняющего покрытия.



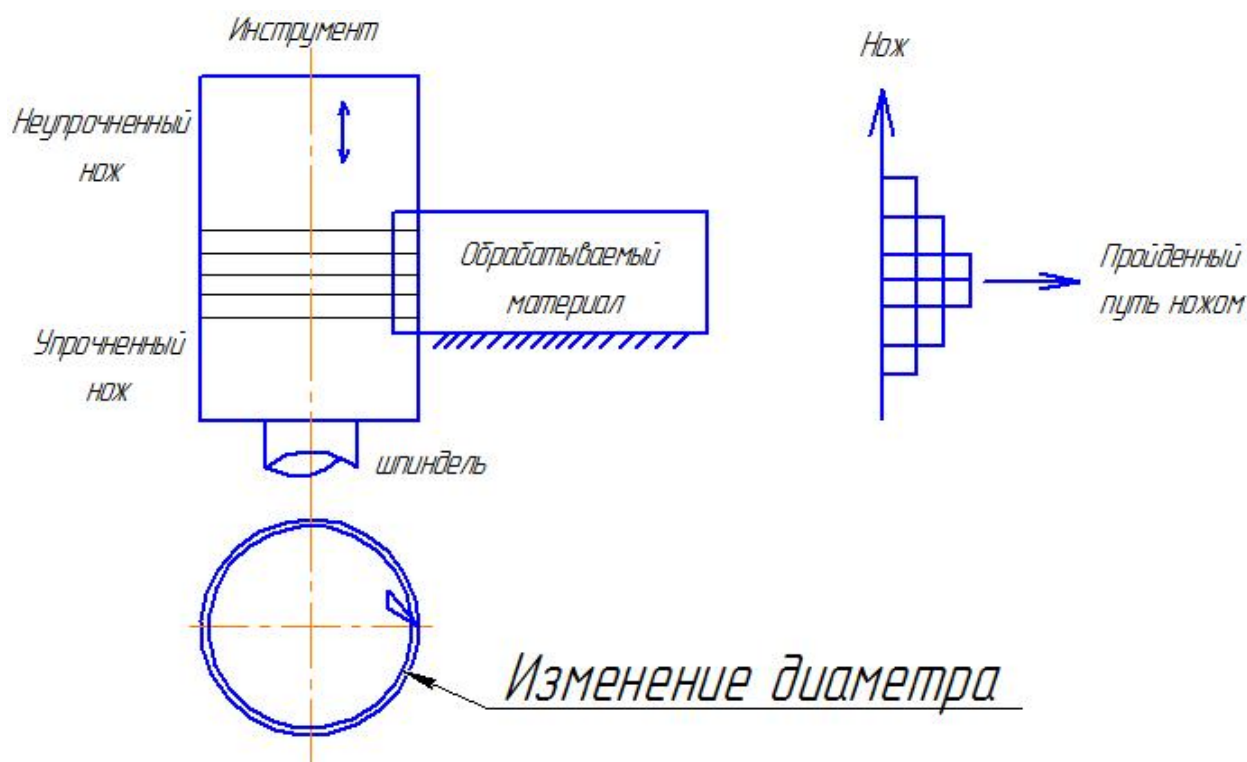


Рис. 1. Изменение радиуса резания при испытаниях

Заявляемый инструмент предназначен только для оценки износостойкости покрытий. На основании полученных данных выбирают оптимальный состав покрытия, который затем формируют на всей длине режущей кромки инструмента, используемого в производстве. В то же время все изделия, обработанные заявляемым инструментом, относятся к группе годных, поскольку изменение радиуса резания составляет величины порядка сотых долей мм. Наличие ступеньки такой высоты на поверхности обрабатываемого материала, как правило, не отражается на потребительских свойствах полученных изделий.

Заявляемое решение предусматривает возможность оценки износостойкости инструмента вне зависимости от материала покрытия. Поэтому вид фактически используемого упрочняющего покрытия в данном случае может быть любым.

Соотношение длин упрочненной и неупрочненной областей режущей кромки выбрано на основании экспериментальных данных [9]. Если длина упрочненной области составляет более 70 %, например, 80 %, то существенно сужается ассортимент обрабатываемых изделий при проведении испытаний. В этом случае надо использовать только те изделия, при обработке которых задействована практически вся длина режущей кромки. Если же задействована только часть режущей кромки (в данном случае – преимущественно упрочненная область), то другая область износу не подвергается, что приводит к появлению ошибки при контроле. И наоборот, если длина упрочненной части составляет менее 30 % всей длины режущей кромки, то существенно возрастает вероятность возникновения ошибки контроля, связанной с отсутствием воздействия на упрочненную область.

Сущность заявляемого решения поясняется на рисунке 2, где приведено схематическое изображение заявляемого режущего инструмента и схема проведения измерений износа.

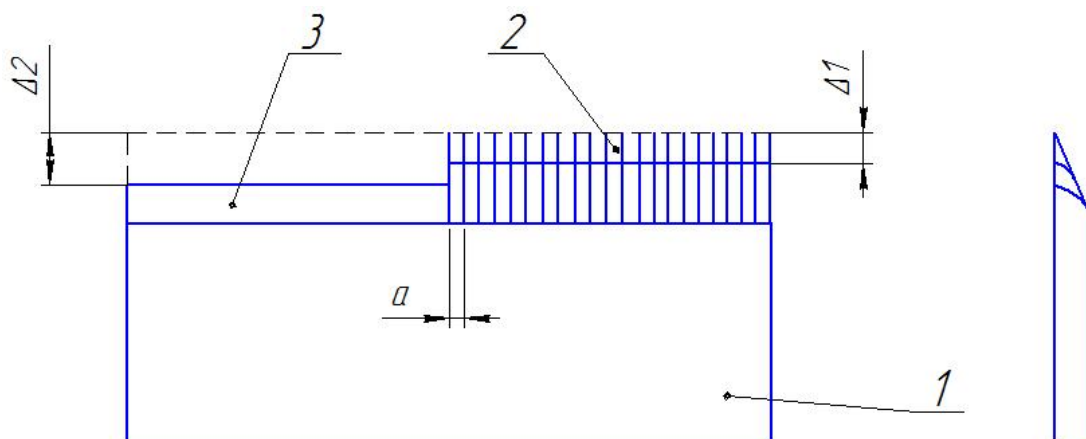


Рис. 2. Схема упрочнения инструмента:  
 1 – режущая часть; 2 – упрочненная область; 3 – неупрочненная область;  
 $\Delta_1$  – износ упрочненной области;  $\Delta_2$  – износ неупрочненной области

Штриховой линией изображена режущая кромка инструмента до испытаний, а сплошными линиями – после.

Как видно из рисунка 2, заявляемый инструмент состоит из режущей части 1, которая содержит упрочненную область 2 и неупрочненную область 3. По мере эксплуатации обе области подвергаются износу, при этом износ упрочненной области  $\Delta_1$  (при положительных результатах использования упрочняющих технологий) меньше износа неупрочненной области  $\Delta_2$ .

Оценка износостойкости упрочняющих покрытий с использованием заявляемого инструмента осуществляется следующим образом. Изготавливают несколько инструментов с различными упрочняющими покрытиями. Причем каждое покрытие наносят на 30–70 % длины режущей части 1. Инструмент устанавливают во фрезерный инструмент и начинают обработку материалов, например, деревянных заготовок. Инструмент контактирует с заготовкой в процессе обработки упрочненной частью 2 и неупрочненной частью 3 одновременно. Изменение режимов обработки, твердости материала, его чистоты, динамика термоциклических нагрузок и т. п. сопровождаются одинаковыми изменениями воздействия как на упрочненную область 2, так и на неупрочненную область 3. Поэтому разница износа упрочненной области  $\Delta_1$  и износа неупрочненной области  $\Delta_2$  адекватно отражает относительную износостойкость упрочняющего покрытия, нанесенного на упрочненную область 2. Измерение этой разницы для всего спектра исследуемых покрытий позволяет однозначно определить наиболее оптимальное из них для упрочнения инструмента, используемого для обработки выбранного типа материала.

Кроме того, путем поэтапного перемещения инструмента с ножом во время проведения испытаний в осевом направлении на величину  $a$  (рис. 1 и 2) появляется возможность построить временную зависимость потери режущей способности. Параметр  $a$  зависит от количества точек  $k$  этой зависимости. Минимальное его значение, установленное экспериментально, составляет 3 мм. В противном случае возникают существенные затруднения по обеспечению измерений фактического износа. Очевидно, что максимальное значение  $a_{\max}$  должно удовлетворять соотношению (1).

$$a_{\max} < b/k, \quad (1)$$

где  $b$  – ширина обрабатываемого материала, мм.

Максимальное значение  $b$  в этом случае определяется фактической длиной упрочненной части  $l_{упр}$  из соотношения  $b < l_{упр}$ , а возможное количество контрольных точек  $k = l_{упр}/3$ .

При поэтапном перемещении инструмента в процессе испытаний каждый его участок длиной  $a$  проходит фиксированный путь в материале, что определяется фактическим номером измеряемой точки  $k$  (от периферии до центра путь будет расти). Это позволяет получить значение величины износа в зависимости от количества обработанного материала, т. е. динамику потери режущей способности на одном ноже за один цикл экспериментов без процедуры его снятия и установки [9].

Испытание заявляемого инструмента проводили следующим образом. Пленки осаждали на установке УРМ3.279.048 [9], модифицированной встроенной системой сепарации плазмы при двухкатодном распылении на твердосплавные пластины с углом заострения 65 град. Неупрочняемую часть режущего инструмента маскировали фольгой. Соотношение длин упрочненной и неупрочненной областей приведено в таблице.

Соотношение длин упрочненной и неупрочненной областей инструмента

Доля упрочненной области, %	Тип соединений титана	Изменение радиуса резания упрочненной части, мкм	Изменение радиуса резания неупрочненной части, мкм	Повышение износостойкости, %	Примечание
20	Нитрид	–	–	–	Затруднение при выборе участков для измерения радиуса
30	Нитрид	40	80	100	резания
50	Нитрид	40	80	100	–
70	Нитрид	40	80	100	–
80	Нитрид	–	–	–	Затруднение при выборе участков для измерения радиуса
50	Карбид	20	80	300	резания
50	Карбонитрид	30	80	167	–
50	Оксинитрид	40	80	100	–

Ионную очистку осуществляли при потенциале смещения 1,5 кВ ионами титанового катода, после этого осаждали адгезионную пленку на основе титана толщиной  $1,5 \pm 0,1$  мкм. Затем осаждали пленки соединений титана толщиной  $2,5 \pm 0,1$  мкм при парциальном давлении азота  $0,5 \cdot 10^{-2}$  Па. Тип соединений титана приведен в таблице. Суммарная толщина всех пленок, определенная на микроинтерферометре МИИ-4, во всех случаях составляла  $4,0 \pm 0,1$  мкм.

Оценку износостойкости режущих пластин оценивали по изменению радиусов резания упрочненной и неупрочненной областей для различных типов упрочняющих покрытий при обработке плит МДФ на промышленном станке Unimat 23EL. Частота вращения составила  $6\ 000\ \text{мин}^{-1}$ , скорость подачи – 6 м/мин. Изменение радиусов резания определяли на установке OptiControl [9] после обработки партии плит из 48 шт.

## *Выводы*

При эксплуатации заявляемого метода испытаний, упрочненная и неупрочненная области режущей кромки работают в абсолютно равных условиях: усилие (скорость) подачи, температура разогрева в результате трения, твердость обрабатываемого материала, его чистота (например, наличие абразивных частиц в виде песка) и все остальные. В этом случае оценить износостойкость упрочняющего покрытия можно прямым измерением изменения разницы радиусов резания упрочненной и неупрочненной областей режущей кромки в процессе эксплуатации. Повышенная скорость износа одной из областей инструмента сопровождается большим снижением радиуса резания. Чем больше изменение радиусов резания, тем больше износостойкость упрочняющего покрытия.

В результате полученные данные сравнительных испытаний показали, что использование заявляемой технологии испытаний режущего инструмента для контроля износостойкости упрочняющих покрытий позволяет проводить сравнительную оценку износостойкости. При этом обеспечиваются одинаковые условия эксплуатации упрочненной и неупрочненной областей и значительно сокращаются издержки на проведение испытаний.

## **Библиографический список**

1. Гуляев А.П., Малинина К.А., Саверина С.М. Инструментальные стали. Справочник. М., Машиностроение, 1975, 272 с.
2. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. 4-е изд. М., Металлургия, 1975. 584 с.
3. Новик Ф.С., Ярсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. 304 с.
4. Пижурин А.А., Розенблит М.С. Исследования процессов деревообработки. М.: Лесная пром-сть, 1984. 232 с.
5. Вершина А.К., Агеев В.А. Ионно-плазменные защитно-декоративные покрытия. Гомель; ИММС НАНБ, 2001. 172 с.
6. Лезвийный инструмент: пат. 10171 РБ / А.К. Вершина, В.А. Агеев; заявитель и патентообладатель ГНУ «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси»; заявл. 06.07.2005; опубл. 30.12.2007.
7. Резников А.Н. Теплофизика резания. М.: Машиностроение, 1969. 288 с.
8. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер А.С. Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании. Резание материалов. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2011. 448 с.
9. Влияние ионно-лучевого азотирования дереворежущего инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали, на период его стойкости / А.В. Белый [и др.] // Труды БГТУ. 2016. № 2. Лесная и деревообаб. пром-сть. С. 266–269.

УДК 674.055-048.25:621.914.2:621.914.2:621.785.532914

**А.В. Белый, А.А. Гришкевич, С.А. Гриневич, Г.В. Алифировец**

(A.V. Belyj, A.A. Grishkevish, S.A. Grinevich, G.V. Alifirovez)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: dosy@belstu.by

## **УВЕЛИЧЕНИЕ ПЕРИОДА СТОЙКОСТИ ПРОФИЛИРУЮЩИХ НОЖЕЙ ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ МАШИН**

### **INCREASE THE LIFESPAN OF THE KNIVES MILLING MACHINES BRUSSA**

*В данной статье представлены результаты испытаний профилирующих ножей, упрочненных методом ионно-плазменного азотирования фрезерно-брусующих машин. Работы проводились на базе «ОАО Борисовский ДОК».*

*This article presents the results of the tests of the main knives, hardened by ion-plasma nitriding milling Brussa machines. Work provodilsya database OAO "Borisov DOK".*

В настоящее время на ряде деревообрабатывающих предприятий головным оборудованием являются фрезерно-брусующие станки и линии. Данный тип оборудования предназначен для производства технологической щепы и пилопродукции (досок или брусьев).

Технологическая щепа получила широкое распространение в целлюлозном, гидролизном и других производствах в качестве полноценного сырья для выработки ценных продуктов.

При производстве технологической щепы перерабатываемое сырье должно предварительно окориваться, так как содержание коры больше нормы в технологической щепе резко ухудшает свойства получаемых из нее продуктов [1].

Одним из способов повышения полезного выхода пиломатериалов при обработке на фрезерно-брусующих станках является применение методики профилирования пиломатериалов. Профилирование является наиболее экономичным способом производства пиломатериалов. Профилирующая технология позволяет за один проход получить обрезную основную и боковую продукцию [2].

Однако на сегодняшний день процесс формирования технологической щепы и пилопродукции при обработке древесины на агрегатном оборудовании изучен недостаточно. Режущим инструментом профиляторов, входящих в состав фрезерно-брусующих линий, являются цилиндрические фрезы, режущим элементом которых являются цельные плоские ножи. На процесс резания древесины плоскими ножами оказывает влияние много факторов, среди которых можно выделить три основные группы: факторы, относящиеся к исследуемому материалу, факторы, относящиеся к режущему инструменту, и режимы резания. Существенное влияние процесса переработки древесины на фрезерно-брусующих станках оказывает состояние рабочих кромок режущего инструмента.

Одним из важнейших показателей процесса механической обработки древесины, в том числе и при агрегатном методе обработки, являются энергопотребление и производительность. Для повышения данных показателей необходимо обеспечить высокую

стойкость дереворежущего инструмента. Разработка методов повышения стойкости дереворежущего инструмента позволит повысить его производительность и качество обработки, а также снизить затраты инструментальных служб предприятий.

На современных лесопильных потоках, предназначенных для распиловки хвойной древесины в промышленных масштабах, в наши дни так или иначе используются агрегатные технологии. Повсеместно эксплуатируются фрезерно-брусующие станки.

Фрезерно-брусующие станки и линии на их основе получили широкое распространение ввиду следующих преимуществ:

1. Высокая производительность (скорость подачи до 200 м/мин).
2. Возможность полной автоматизации процесса.
3. Простота подготовки режущих инструментов (основной инструмент – плоские ножи).
4. Получение двух видов продукции (пилопродукция и технологическая щепка).
5. Недостатком является необходимость сортировки бревен по диаметрам.

Тенденцией последних двух десятилетий стал переход на фрезерно-профилирующую технологию, это позволило за счет исключения операции обрезки боковых досок повысить единичную мощность лесопильных потоков. Фрезерно-профилирующая технология позволяет обеспечить производительность фрезерно-брусующей линии и увеличение полезного выхода пилопродукции.

На территории предприятия «Борисовский ДОК» установлена современная фрезерно-брусующая линия фирмы LINCK (Германия) (рис. 1), в состав которой входит фрезерно-пильный станок VPS (рис. 2), профилирующий пиломатериал. На рисунке 3 представлена схема профилирования пиломатериалов.



Рис. 1. Фрезерно-брусующая линия LINCK





Рис. 2. Фрезерно-пильный станок VPS

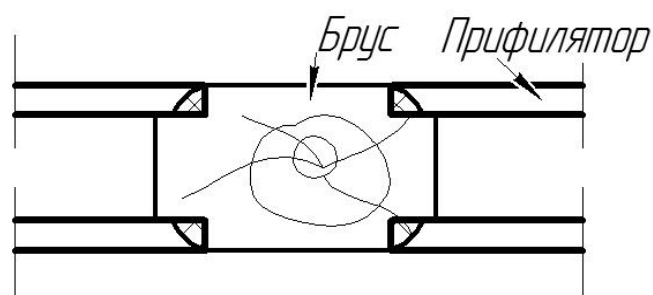


Рис. 3. Схема профилирования пиломатериалов

Для увеличения периода стойкости профиляторов были рассмотрены существующие методы упрочнения поверхностей: ионно-плазменное азотирование, цементация, оксидирование, борирование и другие. Ионно-плазменное азотирование (ИПА) – это разновидность химико-термической обработки инструмента, обеспечивающая диффузионное насыщение поверхностного слоя стали азотом или азотом и углеродом в азотно-водородной плазме при температуре 350–6 000 °С [3].

Преимуществами ионно-плазменного азотирования является:

- 1) более высокая поверхностная твердость азотированных деталей;
- 2) отсутствие деформации деталей после обработки;
- 3) повышение предела выносливости и увеличение износостойкости обработанных деталей;
- 4) более низкая температура обработки, благодаря чему в стали не происходит структурных превращений;
- 5) сохранение твердости азотированного слоя даже после нагрева до 600–6500 °С;
- 6) возможность обработки изделий сложных форм;
- 7) отсутствие загрязнения окружающей среды.

С профиляторов фрезерно-брусующей линии LINCK было взято 2 плоских ножа, и совместно со специалистами ФТИ НАН РБ было произведено их упрочнение

методом ионно-плазменного азотирования на режимах: температура  $T = 550\text{--}6\,000\text{ }^\circ\text{C}$ , давление  $P = 260\text{ Па}$ , подача азота – 33 л/ч, подача водорода – 5 л/ч, время азотирования – 12 ч.

Для определения химического состава были взяты образцы материала ножей. В центре физико-химических методов исследований БГТУ при помощи сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV, оснащенного системой химического микроанализа EDX JED-2210, было установлено, что ножи имеют следующий химический состав: Si (кремний) – 1,22 %, Cr (хром) – 7,97 %, Fe (железо) – 90,81 %, наиболее близкая по составу сталь – 12Х7С. На рисунке 4 представлен микроснимок стружки плоского ножа.

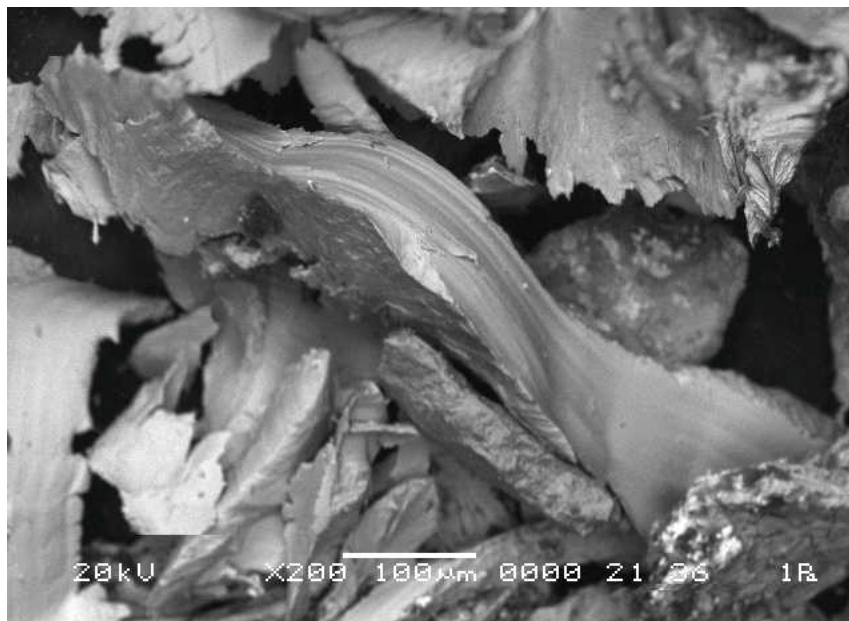


Рис. 4. Микроснимок стружки ножа

Упрочненные режущие элементы были установлены на фрезерно-пильный станок VPS и испытаны с целью определить их период стойкости. Для сравнения на левую фрезу машины были установлены неупрочненные ножи, на правую – упрочненные. Критерием остановки эксперимента являлась потеря качества получаемой поверхности. Качество поверхности определялось визуально.

### *Выводы*

В результате промышленных испытаний, проведенных на ОАО «Борисовский ДОК», профилирующие ножи, модифицированные методом ионно-плазменного азотирования, переработали 1 396 м<sup>3</sup> сырья, а немодифицированные – 935 м<sup>3</sup> сырья. Таким образом, испытания показали увеличение периода стойкости упрочненных ножей в 1,5 раза, что показывает целесообразность использования данного метода упрочнения режущего инструмента в деревообрабатывающей промышленности.

### **Библиографический список**

1. Щепы технологическая. Технические условия: ГОСТ 15815-1983. Введ. 1985–01–01. М.: Издательство стандартов, 1983. 12 с.



2. Боровиков Е.М., Фефилов Л.А., Шестаков В.В. Лесопиление на агрегатном оборудовании. М.: Лесная промышленность, 1985. 216 с.

3. Влияние ионно-лучевого азотирования дереворежущего инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали, на период его стойкости / А.В. Белый, В.Н. Гаранин, А.А. Гришкевич, А.Ф. Аникеенко // Труды БГТУ. Минск: БГТУ, 2016. № 2. С. 266–269.

УДК 539.422.5

**А.А. Гришкевич, В.С. Вихренко, В.Н. Гаранин, А.Ф. Аникеенко, Д.Л. Болочко**  
(А.А. Grishkevich, V.S. Vikhrenko, V.N. Garanin, A.F. Anikeenko, D.L. Bolochka)  
(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: dosy@belstu.by

### **АДАПТИВНЫЙ РЕФЛЕКТОРНЫЙ ФРЕЗЕРНЫЙ ИНСТРУМЕНТ И ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТОВ ЕГО КОНСТРУКЦИИ**

#### **ADAPTIVE REFLECTORY MILLING TOOLS AND PECULIARITIES OF PAYMENT OF ITS CONSTRUCTION**

*В работе представлены исследования, связанные с фрезерным инструментом, имеющим возможность изменять углы резания. Определение сил инерции подвижных частей инструмента на базе 2D-моделей, анализ которых был выполнен в предыдущих работах [1–3], не позволяет с высокой степенью достоверности определять параметры узлов инструмента, которые необходимо использовать при проектировании фрез с адаптивными свойствами.*

*В данной работе ставится задача разработать 3D-модель фрезерного инструмента и провести вычисления с использованием существующих программных пакетов. Исследования в области фрезерных инструментов с изменяющимися углами резания представлены в этой работе. Проблема определения инерционных характеристик инструмента с подвижными частями на основе 2D-моделей, анализ которых был проведен в предыдущих работах [1–3], не позволяет определить параметры инструмента, которые должны использоваться при проектировании фрез с адаптивными свойствами.*

*The main tasks of this work are develop 3D-model of milling tool and carried out it colculations using the existing software packages.*

Механическая обработка древесины и древесных материалов занимает значимое место в добавочной стоимости продукции деревообработки. Сложность лезвийного резания обусловлена, в первую очередь, различными физико-механическими свойствами материалов, что затрудняет обеспечение стабильности установленного качества получаемых поверхностей, а также высокой удельной энергоемкостью процесса. Как результат, необходимость использования дорогостоящих машин, оборудования и инструментов, обеспечивающих эффективность и безопасность процесса при получении деталей из древесины и древесных материалов.

Проблема эксплуатации современного деревообрабатывающего оборудования (в том числе и инструмента) заключается в необоснованных режимах его эксплуатации, приводящих к уменьшению производительности процесса и увеличению текущих материальных издержек. В данной работе внимание уделяется фрезерному дереворежущему инструменту, который широко используется на деревоперерабатывающих предприятиях. Получение при этом продукции установленного качества согласно

нормативно-технической документации с одновременным снижением энергетических затрат является и насущным вопросом для научных исследований. С целью решения этого вопроса была разработана конструкция фрезы сборной, которая позволяет изменять: положение ножа относительно оси вращения (угол наклона кромки  $\lambda$ ), передний и задний углы, технологический процесс (цилиндрическое или коническое фрезерование) [1].

Цель представленной работы – разработать расчетную 3D-модель для использования ее в инженерных расчетах при проектировании деталей и узлов инструмента с подвижными элементами в адаптивных фрезерных инструментах.

Задачи работы:

1. Оценить существующую 2D-модель, используемую для расчетов фрезерного инструмента с адаптивными свойствами [2].

2. Определять инерционные характеристики инструмента с адаптивными свойствами при использовании разработанной 3D-модели.

3. Произвести расчеты и определить закономерности поведения инструмента с адаптивными свойствами.

4. Сделать соответствующие выводы по возможности применения представленной 3D-модели в инженерных расчетах.

Для частичного решения выше обозначенных проблем при резании древесины и древесных материалов методом фрезерования разработана конструкция фрезы сборной, которая позволяет вести исследовательские работы благодаря возможности в конструкции инструмента изменять положение ножа относительно оси вращения (угол наклона кромки  $\lambda$ ) и изменять передний и задние углы [1]. Рассматриваемая фреза (рис. 1, 2) позволяет уменьшить составляющие силы резания, повысить период (полный период) стойкости инструмента, устранить сколы на обработанной поверхности.

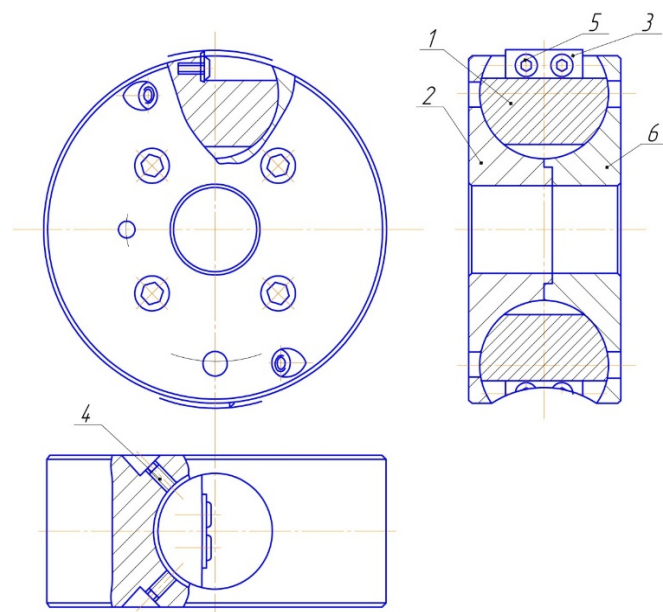


Рис. 1. Фреза сборная с адаптивными свойствами (изменяемыми углами):

1 – сегментный узел; 2, 6 – левая и правая части корпуса фрезы соответственно; 3 – нож;

4 – винт для фиксации сегмента;

5 – винт для фиксации ножа



Рис. 2. Натурный образец фрезы сборной с адаптивными свойствами

Сегментный узел 1, на котором крепится нож 3 при помощи винтов 5, является частью шара, и контактирует с корпусом 2, 6 по части сферической поверхности. Ввиду этого он имеет три вращательных степени свободы относительно корпуса фрезы, что обеспечивает широкие возможности по установке ориентации ножа (как для целей научных исследований, так и при использовании в производстве с целью оптимизации процессов обработки заготовок).

Основная проблема при эксплуатации инструмента с подвижными элементами – это фиксация движущихся частей во время разгона, что было рассмотрено в работе [3].

*Определение инерционных характеристик инструмента*

Для определения инерционных характеристик инструмента авторы воспользовались программным пакетом SolidWorks, где инструмент был начерчен в масштабе 1:1 (с указанием материала – сталь 40X). Были получены координаты центра тяжести сегмента и моменты инерции подвижной части инструмента. Результаты были представлены в следующем виде:

$$X = 0, \quad Y = -0,68, \quad Z = -3,36$$

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams\*<sup>2</sup> millimeters)

Taken at the center of mass.

$$\begin{array}{ll} I_Y = (0.98, -0.21, 0.00) & P_Y = 26\,112.07 \\ I_Z = (0.00, 0.00, -1.00) & P_Z = 26\,956.43 \\ I_X = (0.21, 0.98, 0.00) & P_X = 34\,689.64 \end{array}$$

Moments of inertia: (grams\*<sup>2</sup> millimeters)

Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.

$$\begin{array}{lll} L_{YY} = 26\,496.34 & L_{YZ} = -1\,774.37 & L_{YX} = 0.11 \\ L_{ZY} = -1\,774.37 & L_{ZZ} = 34\,305.38 & L_{ZX} = -0.01 \\ L_{XY} = 0.11 & L_{XZ} = -0.01 & L_{XX} = 26\,956.43 \end{array}$$

Moments of inertia: (grams\*<sup>2</sup> millimeters)

Taken at the output coordinate system.

$$\begin{array}{lll} I_{YY} = 28\,468.77 & I_{YZ} = -1\,303.12 & I_{YX} = 0.11 \\ I_{ZY} = -1\,303.12 & I_{ZZ} = 34\,417.97 & I_{ZX} = 0.00 \\ I_{XY} = 0.11 & I_{XZ} = 0.00 & I_{XX} = 29\,041.46 \end{array}$$

В дальнейшем полученные данные моментов инерции будем использовать с размерностью кг·м<sup>2</sup>.

Рассмотрим разработку расчетной 3D-модели фрезерного инструмента с адаптивными свойствами. На основании ранее выполненных расчетов предлагается использование в плоскости углов Эйлера с центром координат, которые находятся на оси вращения инструмента *O* (рис. 3, 4).

Предложенная модель позволяет определять реакцию связи корпуса инструмента с подвижным сектором и в дальнейшем изучать особенности взаимодействия адаптивного инструмента, изображенного на рисунке 2, с обрабатываемым древесным материалом.

Пространственную схему распределения сил представим на рисунке 3 (это объемная иллюстрация) и в плоскости (рис. 4), которые отражают работу инструмента в холостом режиме (отсутствует процесс резания). В настоящей работе, в том числе на рисунках 3, 4, не учтены составляющие силы резания:  $F_X$  – касательная составляющая силы резания;  $F_R$  – радиальная составляющая силы резания. Они влияют на устойчивую работу подвижного элемента, и это будет учтено в дальнейших исследованиях.

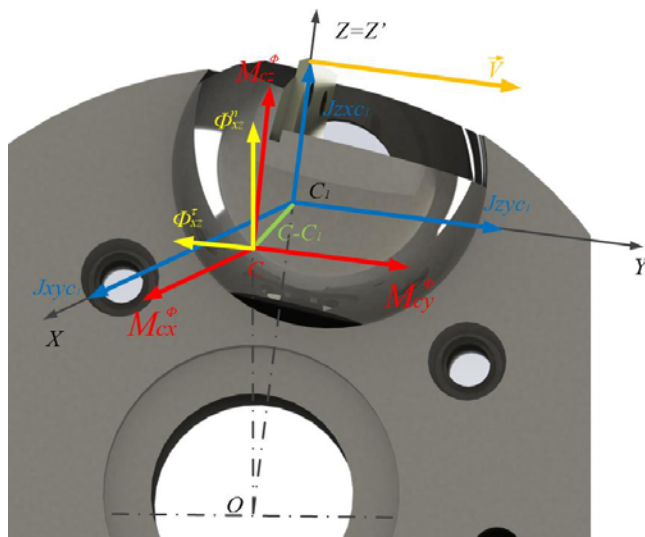


Рис. 3. Схема объемной иллюстрации подвижного элемента с указанием действующих сил на подвижный элемент в режиме разгона

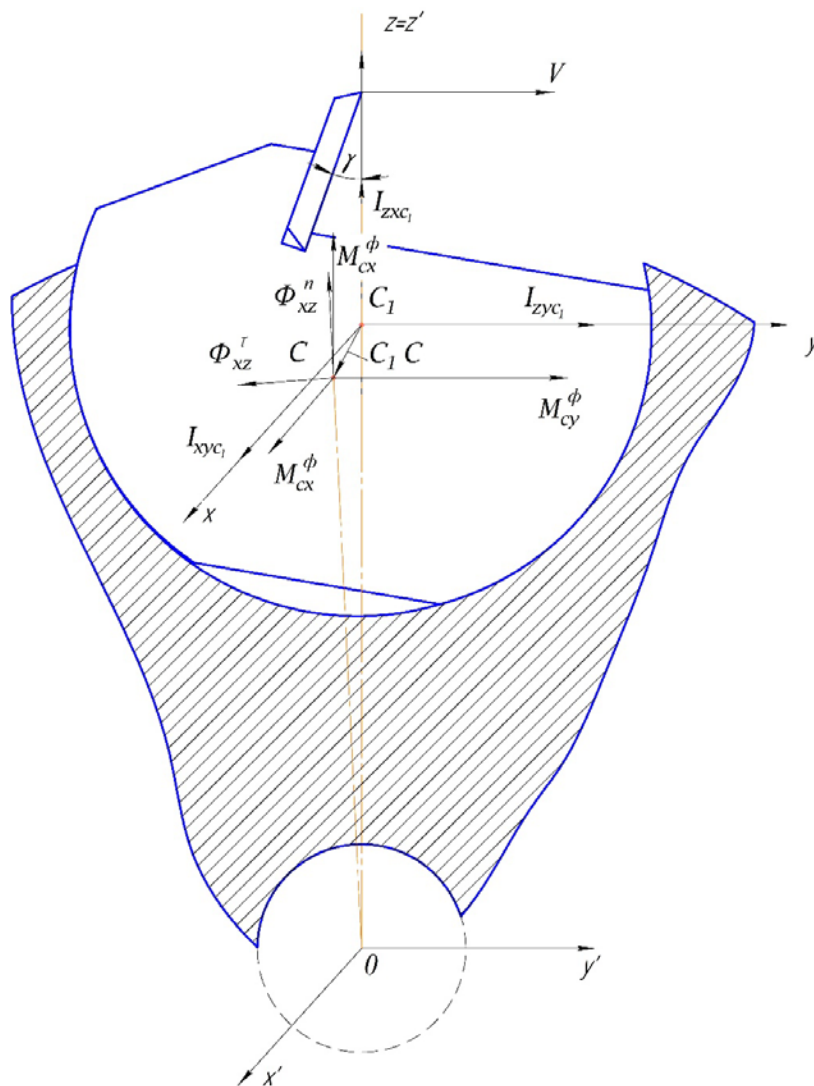


Рис. 4. Схема сил, действующих на подвижный элемент в режиме разгона в плоскости

Дальнейшие расчеты будем выполнять согласно представленной модели на основании работы [4]. На рисунке 5 представим схему выполнения трех последовательных поворотов подвижного элемента (углы Эйлера).

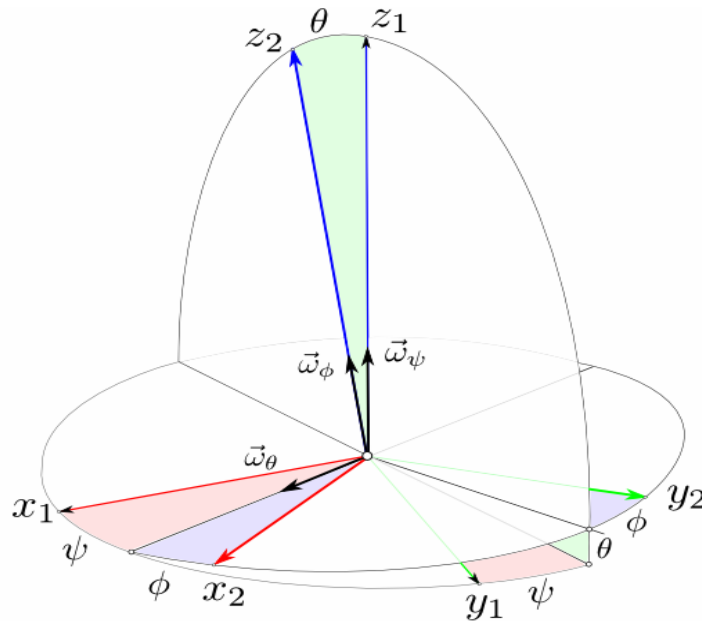


Рис. 5. Схема трёх последовательных поворотов:  
 $\psi$  – угол прецессии,  $\theta$  – угол нутации,  $\phi$  – угол собственного вращения

Матрицы элементарных поворотов будут иметь вид:

$$A_\psi = \begin{bmatrix} \cos\psi & \sin\psi & 0 \\ -\sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; A_\theta = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}; A_\phi = \begin{bmatrix} \cos\phi & \sin\phi & 0 \\ -\sin\phi & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

На основании рисунков 3 и 4 «старый» базис соотносится с сектором инструмента  $C_1 XYZ$ , а новый – с центром вращения инструмента  $OX'Y'Z'$ .

Координаты центра тяжести сектора в «старом» базисе в матричном виде запишем, мм:

$$x = \begin{pmatrix} 0 \\ -0.68 \\ -3.36 \end{pmatrix} = \overline{CC}_1, \quad (1)$$

где  $\overline{CC}_1$  – матрица расстояния центра тяжести подвижного сектора от центра его вращения.

Координаты центра тяжести сектора в «новом» базисе запишем в следующем виде, мм:

$$x' = A^{-1}x + x'_0, \quad (2)$$

где  $A^{-1}$  – обратная матрица;

$$x'_0 = A^{-1}x_0,$$

$$x_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ OC_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 50 \end{pmatrix} - \text{координата «нового» базиса относительно «старого»,}$$

где  $OC_1$  – расстояние от центра вращения подвижного сектора до оси вращения инструмента вдоль координаты  $Z$ .

*Выполнение расчетов*

Дальнейшие расчёты будем выполнять с использованием программы Mathcad. Зададимся следующими параметрами разгона фрезерного инструмента с целью изучения расчетной модели:

$\omega = 600 \text{ с}^{-1}$  – угловая скорость вращения инструмента;

$\varepsilon = 20 \text{ с}^{-2}$  – угловое ускорение инструмента в режиме разгона;

$m = 0,2 \text{ кг}$  – масса подвижной части инструмента.

$\varphi_0 = \theta_0 = \psi_0 = 0$  – углы в начальном положении.

Матрица угловых ускорений,  $\text{с}^{-1}$ :

$$\varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_x \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Значения для моментов инерции берём из расчёта программой SolidWorks (данные представлены выше). Составляем матрицу моментов инерции,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ :

$$I = \begin{pmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{yx} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{zx} & I_{zy} & I_{zz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 28.46877 & -1.30312 & 0.00011 \\ -1.30312 & 34.41797 & 0 \\ 0.00011 & 0 & 29.04146 \end{pmatrix}.$$

Касательная сила инерции, Н:

$$\Phi_\tau = m\varepsilon r_c, \quad (4)$$

где  $r_c$  – вектор координаты центра тяжести подвижного сектора в системе координат вращения инструмента.

$$\Phi_\tau = \begin{pmatrix} \Phi_X^\tau \\ \Phi_Y^\tau \\ \Phi_Z^\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -0,187 \\ -2,72 \cdot 10^{-3} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

$$|\Phi_\tau| = 0,187.$$

Нормальная сила инерции, Н:

$$\Phi_n = m\omega^2 r_c, \quad (6)$$

$$\Phi_n = \begin{pmatrix} \Phi_X^n \\ \Phi_Y^n \\ \Phi_Z^n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -48,96 \\ -3,358 \cdot 10^{-3} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

$$|\Phi_n| = 3,358 \cdot 10^3.$$

Сила инерции относительно центра масс, кг·м<sup>2</sup>:

$$I_c = A^T I A, \quad (8)$$

где  $A^T$  – транспонированная матрица;

$I$  – матрица моментов инерции подвижного сектора в системе центра его вращения;

$A$  – матрица направляющих косинусов для сложного поворота.

$$I_C = \begin{pmatrix} I_{xx}^c & I_{xy}^c & I_{xz}^c \\ I_{yx}^c & I_{yy}^c & I_{yz}^c \\ I_{zx}^c & I_{zy}^c & I_{zz}^c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 29.041 & 1.1 \cdot 10^{-4} & 0 \\ 1.1 \cdot 10^{-4} & 28.469 & -1.303 \\ 0 & -1.303 & 34.418 \end{pmatrix},$$

$$|I_c| = 2,841 \cdot 10^4.$$

Момент силы инерции относительно центра масс в режиме разгона фрезы, Н·м:

$$\vec{M}_C^\Phi = \vec{I}_C \cdot \vec{\varepsilon} = \begin{pmatrix} I_{xx}^c & I_{xy}^c & I_{xz}^c \\ I_{yx}^c & I_{yy}^c & I_{yz}^c \\ I_{zx}^c & I_{zy}^c & I_{zz}^c \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \varepsilon_z \end{pmatrix}, \quad M_C^\Phi = \begin{pmatrix} M_{C_x}^\Phi \\ M_{C_y}^\Phi \\ M_{C_z}^\Phi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 580.829 \\ 2.2 \cdot 10^{-3} \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$|M_C^\Phi| = 580,829.$$

#### Анализ полученных данных

Анализ полученных данных выполним на основании графиков, полученных при расчете матриц в программном пакете Mathcad путем изменения углов  $\theta$  (относительно оси X – угол резания) и  $\psi$  (относительно оси Z – угол в плане) в диапазоне 0–9° (угол  $\varphi = 0 = \text{const}$ ). На рисунке 6 приведён график зависимости  $M_{\text{сф.х}}$  от углов  $\psi$  и  $\theta$ .

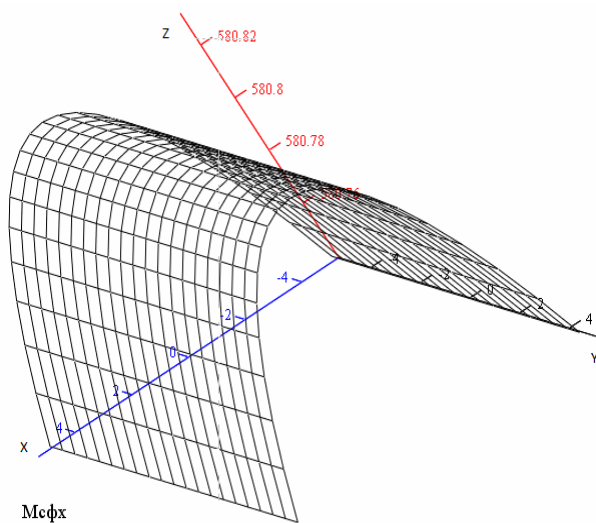


Рис. 6. График зависимости  $M_{\text{сф.х}}$  (Н·м) от углов  $\psi$  и  $\theta$  (град)

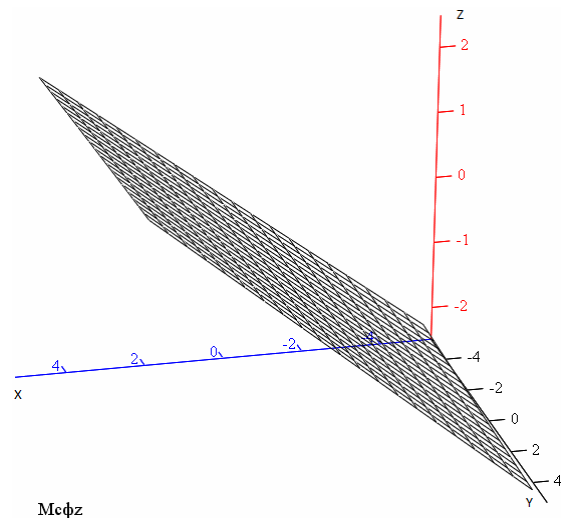


Рис. 7. График зависимости  $M_{\text{сф.з}}$  (Н·м) от углов  $\psi$  и  $\theta$  (град)

Максимальное значение момента силы инерции (ось Z) относительно оси X достигается при угле  $\theta = 0$ .

На рисунке 7 приведён график зависимости  $M_{сф. z}$  от углов  $\psi$  и  $\theta$ . Момент силы инерции  $M_{сф. z}$  (ось Z) увеличивается с увеличением угла  $\psi$  (ось X) и не зависит от изменения угла  $\theta$  (ось Y).

На рисунке 8 приведён график зависимости  $M_{сф. y}$  (Н·м) от углов  $\psi$  и  $\theta$  (град). Момент силы инерции  $M_{сф. y}$  (ось Z) увеличивается с ростом угла  $\theta$  (ось X) и практически не зависит от изменения угла  $\psi$  (ось Y).

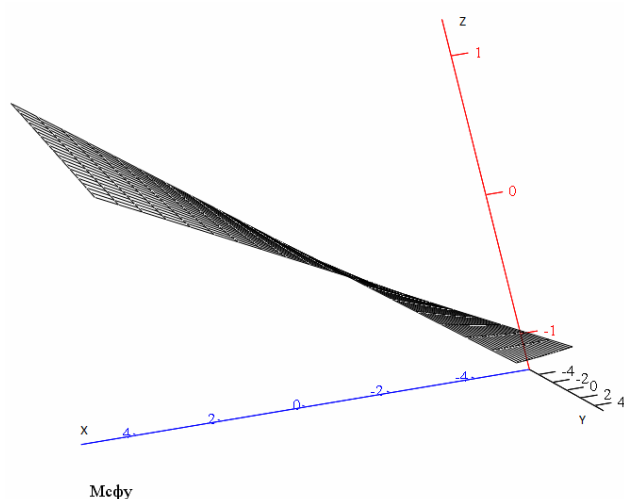


Рис. 8. График зависимости  $M_{сф. y}$  (Н·м) от углов  $\psi$  и  $\theta$  (град)

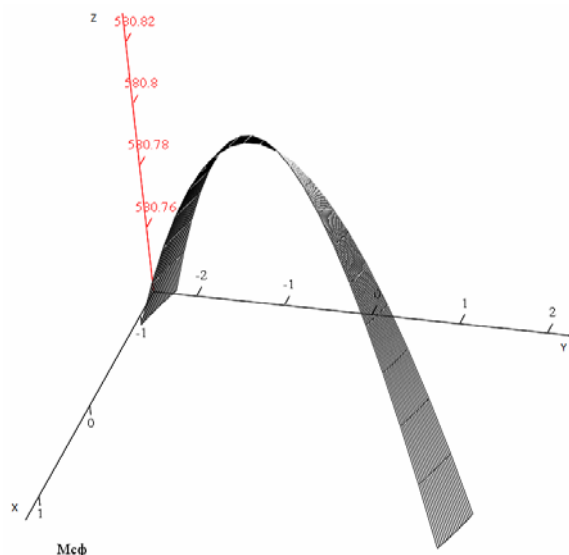


Рис. 9. График зависимости общего момента силы инерции от углов  $\psi$  и  $\theta$  (град)

На рисунке 9 приведён график зависимости общего момента силы инерции от углов  $\psi$  и  $\theta$ . Как видно из графика, максимальный общий момент силы инерции (ось Z) достигается тогда, когда угол в плане  $\psi$  (ось Y) и угол резания  $\theta$  (ось X) равны 0.

*Выводы:*

1. С целью более достоверного решения задачи по устойчивой работе ножа, жестко зафиксированного на подвижном держателе, следует рассматривать пространственную схему распределения сил.

2. Для определения сил, действующих на сегмент инструмента, разработана 3D-модель и для расчёта сил введены углы Эйлера.

3. Проведены расчёты и определены составляющие силы инерции, действующие на нож и подвижный элемент фрезы (держатель ножа) с учётом углов Эйлера.

4. Анализируя графики, представленные программой Mathcad, можно сделать вывод о том, что момент силы инерции меняет своё значение при изменении углов в диапазоне от  $-4$  до  $4$  градусов. Максимальный момент силы инерции достигается при углах, равных  $0^\circ$  и  $580,829$  Н·м.

5. В дальнейших исследованиях следует учесть при расчетах касательную  $F_x$  и радиальную  $F_R$ , составляющие силы резания в процессе фрезерования материала и сделать анализ работы подвижного элемента фрезы.



**Библиографический список**

1. Гришкевич А.А., Аникеенко А.Ф., Гаранин В.Н. Особенности фрезерного сборного инструмента с изменяемыми углами: передним и наклона режущей кромки // Труды БГТУ. 2014. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 175–177.
2. Гришкевич А.А., Вихренко В.С., Гаранин В.Н. Особенности расчета сопрягаемых поверхностей рефлекторного фрезерного инструмента // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Междун. Евразийск. симпозиума. Екатеринбург, 2015. С. 149–156.
3. Адаптивный фрезерный инструмент и условие устойчивой его работы / А.А. Гришкевич, В.С. Вихренко, В.Н. Гаранин, А.Ф. Аникеенко // Труды БГТУ. 2016. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 275–280.
4. Мусхелишвили Н.И. Курс аналитической геометрии. М.: МГУ, 1967. 655 с.

**УДК 674.055**

**А.А. Гришкевич, О.И. Костюк**

(А.А. Grishkevich, O.I. Kostyuk)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: dosy@belstu.by

**РЕЖИМЫ ШЛИФОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ,  
ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ  
И ПЕРИОД СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА**

**THE MODES OF GRINDING OF PINE WOOD,  
WHICH DETERMINE THE SURFACE QUALITY AND TOOL LIFE**

*В данной статье определялось допустимое качество поверхности древесины сосны по параметрам шероховатости поверхности ( $Rm_{max}$  – среднее арифметическое высот отдельных наибольших неровностей на поверхности,  $R_z$  – высота неровностей профиля по десяти точкам при отсчете от базовой линии,  $R_a$  – среднее арифметическое абсолютных отклонений профиля) от различных режимов обработки (скорости подачи, зернистости шлифовальной шкурки, припуска на обработку). Было определено, по каким варьируемым режимам нельзя использовать шлифовальный дереворежущий инструмент, т. к. на шлифовальной ленте появлялись прижоги в виде темно-коричневых, черных пятен, что в свою очередь могло привести к неработоспособности шлифовального инструмента и снижению производительности в целом.*

*This article was defined as the acceptable wood surface of pine in the parameters of surface roughness ( $Rm_{max}$  – the arithmetic mean of heights of individual the greatest irregularities on the surface,  $R_z$  – height of roughness profile on ten points if you count from the baseline,  $R_a$  – the arithmetic average of the absolute deviations of the profile) from various modes of processing (allowance for processing, feed speed, grit of the sandpaper). It was determined how variable modes, you cannot use the grinding-cutting tool, as on the sanding belt*

*burn marks appeared as dark brown, black patches, which, in turn, can lead to transient deterioration of the grinding tool and slow performance in General.*

В настоящее время в деревообрабатывающей промышленности предъявляются очень высокие требования к качеству получаемой продукции, к шероховатости обработанной поверхности после шлифования на деревообрабатывающем оборудовании, к окончательной отделке (перед нанесением на изделия лакокрасочного покрытия).

Целью исследований являлось изучение влияния скорости подачи, припуска на обработку и размера зерна шлифовальной шкурки на шероховатость поверхности.

Исследования проводились на экспериментальной установке на базе фрезерно-шлифовального станка HOUFEK BULLDOG BRICK FRC-910. Обработывалась древесина сосны при различных режимах (скорости подачи  $V_s$ , припуска на обработку  $h$ , зернистости шлифовальной шкурки  $z$ ). Профиль шероховатости поверхности (рис. 1) измерялся при помощи профилографа тестера HOMMEL TESTER T1000 basic (рис. 2). Результаты измерений по качеству поверхности представлены в таблице.

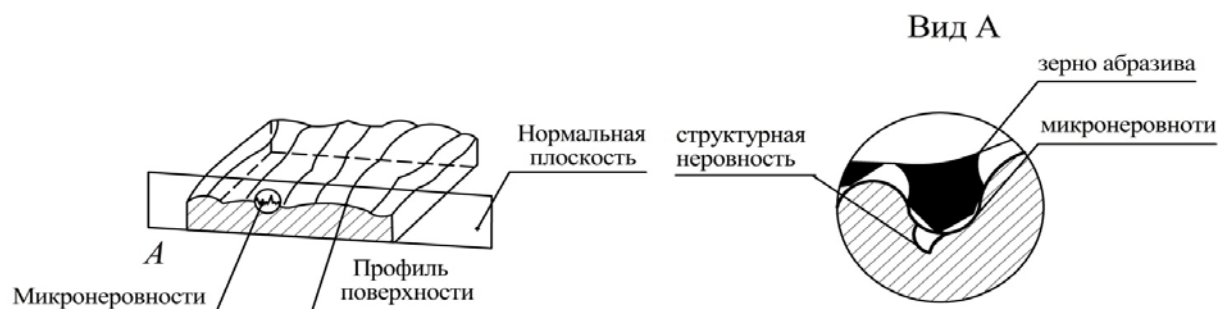


Рис. 1. Профиль поверхности древесины



Рис. 2. Профилограф HOMMEL TESTER T1000 basic

Шлифование древесины сосны зернистостью  
шлифовальными шкурками P80 и P320

№	Зернистость ленты	Скорость резания $V_e$ , м/с	Скорость подачи $V_s$ , м/мин	Припуск $h$ , мм	Параметры шероховатости поверхности		
					$R_{tmax}$ , мкм	$R_z$ , мкм	$R_a$ , мкм
1	P80	18	4	0,1	12,86	8,63	2,11
2				0,2	12,66	8,53	2,07
3				0,3	11,58	7,34	1,79
4	P80	18	6	0,1	12,34	7,89	2,09
5				0,2	12,29	7,77	2,04
6				0,3	9,55	6,29	1,47
7	P80	18	8	0,1	14,05	8,96	2,31
8				0,2	13,96	8,83	2,25
9				0,3	13,89	7,58	1,84
10	P320	18	4	0,1	9,63	6,11	1,33
11				0,2	9,44	5,85	1,29
12				0,3	8,78	4,76	1,26
13	P320	18	6	0,1	8,06	4,42	1,24
14				0,2	7,98	4,33	1,13
15				0,3	Прижоги	Прижоги	Прижоги
16	P320	18	8	0,1	Прижоги	Прижоги	Прижоги
17				0,2	Прижоги	Прижоги	Прижоги
18				0,3	Прижоги	Прижоги	Прижоги

Методы определения параметров шероховатости поверхности изделий из древесины и древесных материалов соответствовали ГОСТу 15612-85 (СТ СЭВ 4689-84)\* (рис. 3).

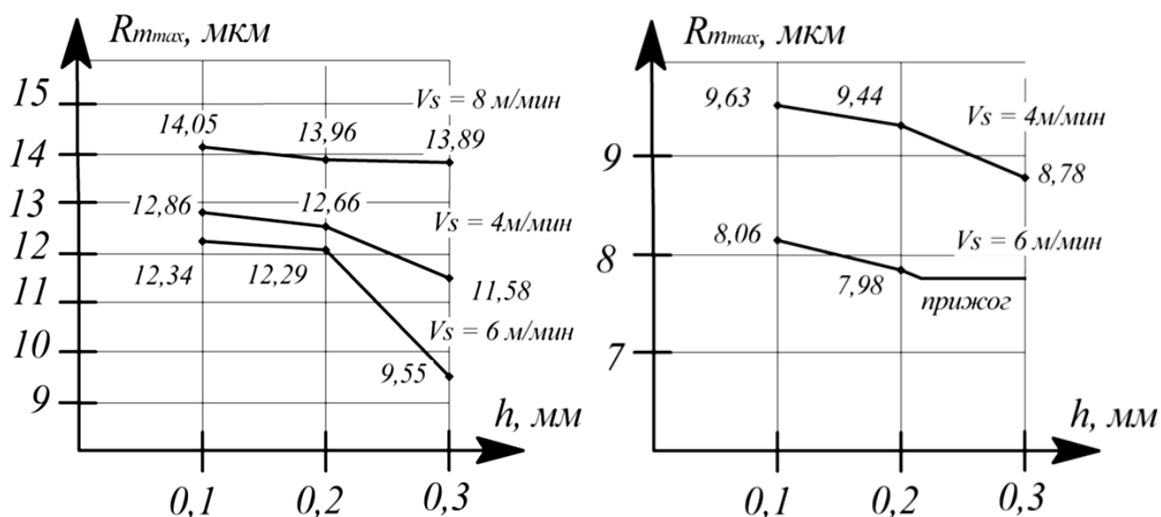


Рис. 3. Зависимости шероховатости поверхности от припуска на обработку при использовании шлифовальной шкурки P80 и P320 соответственно при скоростях подачи  $V_s = 4, 6, 8$  м/мин

\* ГОСТ 15612–1985. Изделия из древесины и древесных материалов. Методы определения параметров шероховатости поверхности. Введ. 1985–03–26. М.: Управление стандартизации и сертификации сырья и материалов, 2002. 11 с.

В современном производстве широко используется шлифовальное деревообрабатывающее оборудование при обработке древесины и древесных материалов, что повышает интерес к исследованию данной тематики. В настоящее время предъявляются высокие требования к качеству поверхности и эстетическому оформлению готовых изделий. Профилографы по ГОСТу 19300-86 позволяют выполнять измерения неровностей от 10 до 1 000 мкм. Радиус иглы щупа при этом должен быть  $(1,5 \pm 0,1)$  мм. Однако допускается применение профилометров с автоматическим расчетом параметров по заданной программе. Результаты исследований представлены в таблице.

*Выводы:*

1. В результате проведенных исследований установлено, что лучшее качество поверхности в результате шлифования древесины сосны при использовании как мелкой (P320), так и крупной (P80) шлифовальной ленты наблюдается при использовании скорости подачи  $V_s = 6$  м/мин и припуска на обработку  $h = 0,3$  мм.

2. Установлено, что использовать режим нельзя при зернистости шлифовальной ленты P320, скорости резания  $V_e = 18$  м/с, скорости подачи  $V_s = 6$  м/мин и выше, припуска  $h = 0,3$  мм, т.к. появляются прижоги на поверхности древесины. Это выражается в возникновении на поверхности древесины темно-коричневых или черных следов, что связано с возрастающей до критической величины силы трения.

УДК 674.05:631.06

**А.А. Гришкевич, О.И. Костюк, В.Т. Швед**

(A.A. Grishkevich, O.I. Kostyuk, V.T. Shved)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: dosy@belstu.by

## **МЕХАНИЗМ ОЧИСТКИ ШЛИФОВАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ ДЛЯ МАШИНЫ BULLDOG FRC-910**

## **THE CLEANING MECHANISM OF THE SANDING BELT FOR MACHINE BULLDOG FRC-910**

*Существует необходимость в увеличении периода стойкости шлифовального инструмента (шлифовальной шкурки) и, как следствие, в увеличении производительности процесса шлифования. Это возможно за счёт очистки шлифовальной ленты в процессе работы шлифовального узла, что улучшит её режущие характеристики и повысит срок службы. Однако использование для очистки ленты воздушных сопел, применяемых в базовой комплектации станка, не обеспечивает полной и качественной очистки, так как мощность их невелика, а удаление остатков продуктов резания требуют больших усилий для отделения их от основы.*  
*There is a need to increase the lifespan of the grinding tool (abrasive paper) and, consequently, to increase productivity of the grinding process. This is possible due to cleaning of the sanding belt in the process of the grinding unit that will improve its cutting performance and increase service life. However, using tape to clean the air nozzles used in the base of the machine, provides complete and quality cleaning, as their power is not great and the removal of residues of cut required a lot of effort to separate them from the basics.*

В повышении производительности и эффективности использования деревообрабатывающего оборудования большое значение имеет уровень качества подготовки дереворежущего инструмента.

При работе на оборудовании для шлифования приходится сталкиваться с проблемой потери режущей способности шлифовального инструмента в результате заполнения пространства между зернами продуктами резания, что в значительной мере влияет на производительность процесса, увеличение энергопотребления, ухудшение качества обработанной поверхности. В связи с этим требуется увеличение производительности процесса шлифования.

При рассмотрении возможных способов очистки шлифовальных лент было рассмотрено несколько вариантов удаления продуктов резания с поверхности шлифовальной ленты во время её работы:

- 1) путем механического воздействия (ударами) на неё с нерабочей стороны [1];
- 2) путем прижатия рифлёной пластины к рабочей поверхности ленты. Недостатком является то, что пластина требует обильного охлаждения, так как в результате трения сильно нагревается;
- 3) путем прижатия ребра тонкой пластины из термостойкого материала к рабочей поверхности ленты. Недостатком является быстрое истирание пластины.

Предлагается механизм, превосходящий предыдущие по возможности очистки шлифовальной ленты от остатков продуктов резания в качестве и эффективности. Суть его заключается в удалении продуктов резания с поверхности шлифовальной ленты во время её работы путем механического воздействия (ударами) на неё с рабочей стороны.

В качестве базовой модели деревообрабатывающего оборудования был выбран фрезерно-шлифовальный станок Bulldog FRC-910. Планируется установить устройство на 1-й шлифовальный узел [2]. Очистка шлифовальной ленты для станка Bulldog FRC-910 представлена на рисунке 1.

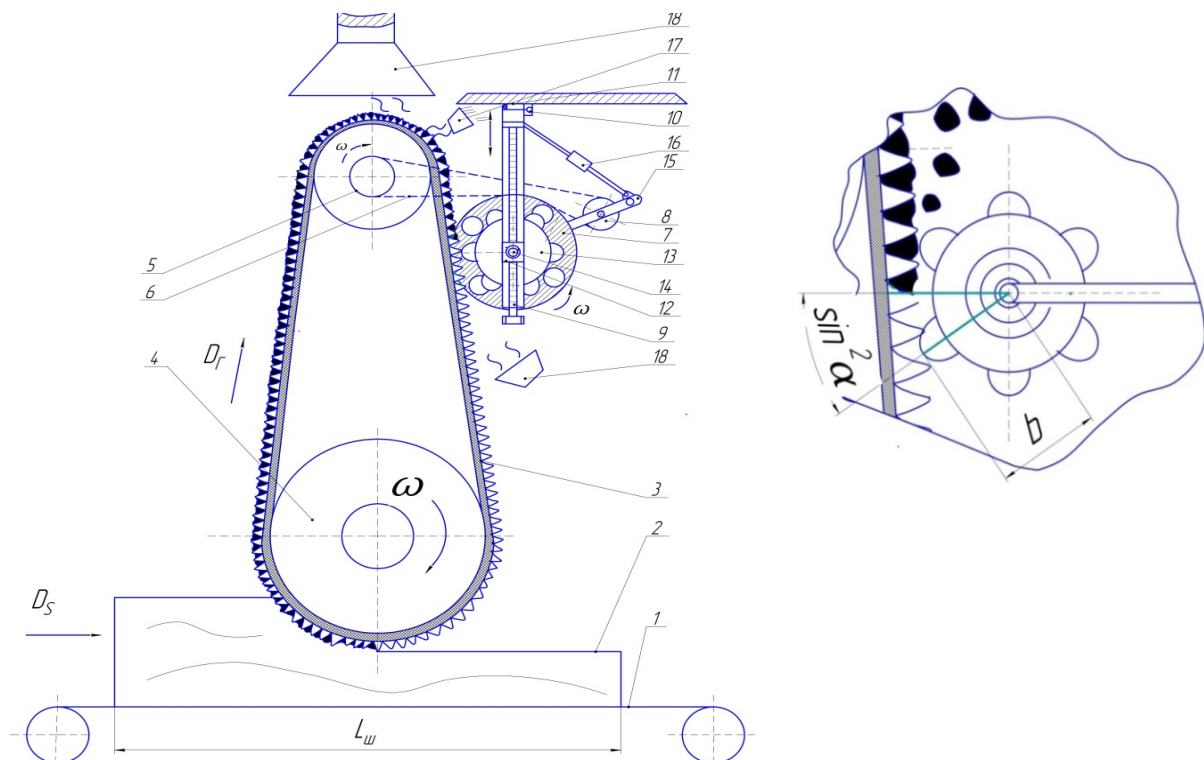


Рис. 1. Процесс очистки шлифовальной ленты:

- 1 – подающий конвейер; 2 – заготовка; 3 – шлифовальная лента;  
 4 – приводной барабан; 5 – ведущий шкив механизма; 6 – ремень; 7 – натяжной шкив;  
 8 – ведомый шкив; 9 – винтовая передача; 10 – поворотный механизм;  
 11 – отверстия фиксации устройства в рабочем положении; 12 – ползун;  
 13 – барабан; 14 – рукоятка для отвода устройства;  
 15 – рукоятка для натяжения ремня; 16 – винтовая передача;  
 17 – воздушное сопло; 18 – приемник для удаления продуктов резания

Перед проектированием механизма для очистки шлифовальной ленты была рассчитана требуемая частота вращения его барабана, обеспечивающего необходимое напряжение отрыва продуктов резания, полученное опытным путем [1]. Для отрыва продуктов резания необходимо выполнение следующего условия [3]:

$$\rho_{\text{л}} ah \geq \sigma_{\text{отр}}, \quad (1)$$

где  $\rho_{\text{л}}$  – плотность фракции остатков продуктов резания, кг/м;

$a$  – ускорение, м/с;

$h$  – высота фракции остатков продуктов резания зерен, м;

$\sigma_{\text{отр}}$  – необходимое напряжение для удаления продукта резания из пространства между зернами шлифовальной ленты (данные эксперимента).

Необходимая частота ударов о ленту рассчитывается согласно исследованиям А.Н. Тихонова, А.А. Самарского [4]:

$$\omega_{\text{м}}^2 \geq \frac{2\sigma_{\text{отр}}}{\rho_{\text{л}} b^2}, \quad (2)$$

где  $b$  – больший радиус барабана механизма очистки.

Рассчитана оптимальная частота вращения барабана, обеспечивающая создание требуемых напряжений для очистки ленты при шлифовании различных пород древесины. За основу брались экспериментальные данные необходимого напряжения отрыва остатков продуктов резания при шлифовании древесины берёзы и сосны. Механизм проектировался согласно среднему значению частоты вращения барабана  $n = 450 \text{ мин}^{-1}$  и его диаметра  $d = 40 \text{ мм}$ .

Оптимальные частоты вращения барабана, обеспечивающие необходимое напряжения для отрыва продуктов резания с поверхности шлифовальной ленты представлены на графиках (рис. 2).

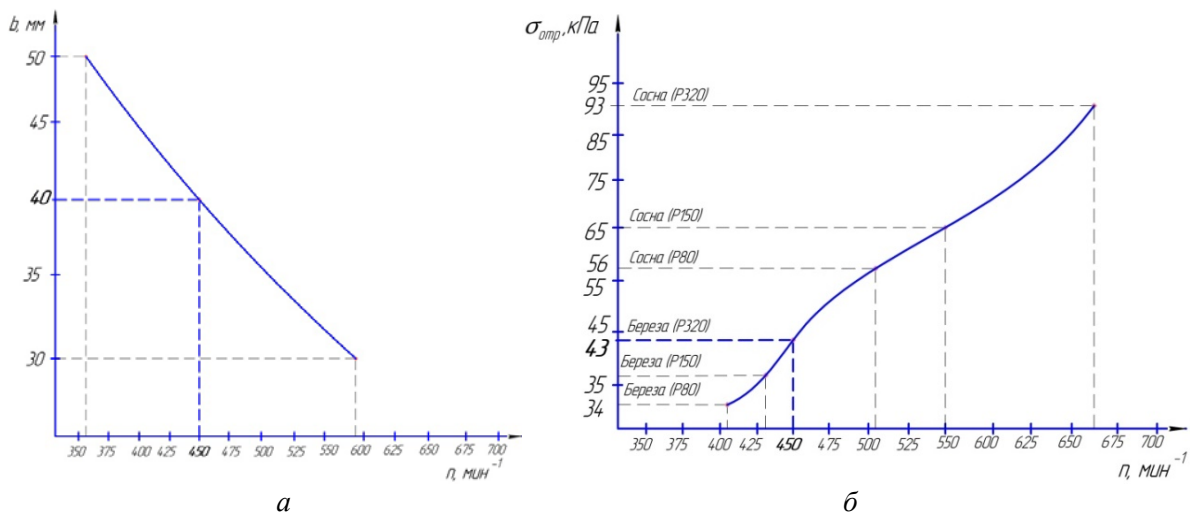


Рис. 2. Графики частот вращения барабана, обеспечивающие необходимое напряжение отрыва продуктов резания из пространства между зернами шлифовальной ленты:

$a$  – зависимость радиуса  $b$  барабана от частоты его вращения  $n$ ,

обеспечивающих требуемые напряжения для удаления продуктов резания;

$b$  – зависимость напряжения отрыва  $\sigma_{\text{отр}}$  от частоты вращения барабана  $n$

## *Выводы:*

1. Преимущества использования предлагаемого способа очистки шлифовальной шкурки:

а) быстрота очистки шлифовального инструмента, при этом не уменьшается производительность процесса;

б) увеличение периода стойкости ленты.

2. Относительно несложная конструкция механизма за счет применения стандартных деталей, которая влечет за собой невысокие затраты на ее изготовление и эксплуатацию.

3. Из графиков видно, что для увеличения или уменьшения напряжения для удаления остатков резания  $\sigma_{отр} = 34\text{--}93$  кПа необходимо изменять частоту вращения барабана в диапазоне от 400 до 670 мин<sup>-1</sup> путем изменения диаметра натяжного шкива или изменять радиус выступов барабана от 30 до 50 мм путем замены.

4. Большой диапазон настроек механизма очистки позволяет более точно обеспечить необходимое усилие воздействия на ленту.

## **Библиографический список**

1. Гришкевич А.А., Костюк О.И. Методика и результаты исследований по удалению продуктов резания с поверхности шлифовальной шкурки // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Междун. евразийск. симпозиума. Екатеринбург, 2015. С. 156–162.

2. Широколоточный калибровально-шлифовальный станок – серия BULLDOG. Руководство по эксплуатации. HOUFEK Woodworking Machines, 2007. 75 с.

3. Владимиров В.С., Жаринов В.В. Уравнение математической физики. 2-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 400 с.

4. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. 5-е изд. М.: Наука, 1977. 735 с.

**УДК 674.055:620.933**

**И.К. Клепацкий, В.В. Раповец**

(I.K. Klepatskiy, V.V. Rapovets)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: dosy@belstu.by

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕЖИМЫ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ ФРЕЗЕРНЫМ АДАПТИВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ**

## **ENERGY EFFICIENT FORMS OF WOOD PROCESSING BY MILLING ADAPTIVE TOOLS**

*Для оптимизации высокоскоростных процессов механической обработки древесины и древесных материалов, в том числе параметров применяемого лезвийного режущего инструмента и режимов резания, необходимо моделирование и разработка методики построения основных зависимостей технико-экономических характеристик таких процессов.*

*Таким образом, определение способов сокращения затрат ресурсов и длительности проведения полномасштабных экспериментов посредством моделирования*



с использованием высокопроизводительных вычислений является актуальной задачей. Цель работы – исследование режимов инструмента и определение оптимального режима обработки [1–4].

*Changing the working conditions of the tool in each particular case leads to a change in the characteristics of the cutting process. To optimize high-speed processing it is necessary to model and develop methods for constructing the main dependencies of the technical and economic characteristics of such processes.*

*Therefore, the identification of ways to reduce the costs of resources and the duration of conducting full-scale experiments through modeling using high-performance computing is an urgent task. objective: to develop the mode of the instrument and to determine the optimal treatment mode [1–4].*

Большинство научных исследований в деревообработке имеет прикладной характер. Поэтому требованиям актуальности, эффективности, практической значимости их результатов уделяется первостепенное внимание.

Существующий хвостовой сборный фрезерный инструмент, предназначенный для обработки древесины твердых и мягких пород, плитных материалов, имеет один существенный недостаток – предназначен для обработки только конкретного вида материала на определенных технологических режимах.

Исследования по разработке новых эффективных конструкций фрезерного инструмента и технологических режимов его эксплуатации являются актуальными в настоящее время и востребованными на деревообрабатывающих производствах Республики Беларусь.

На кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов были созданы все условия для исследования энергоэффективных режимов: лаборатория оснащена современным оборудованием на базе обрабатывающего центра с ЧПУ ROVER B 4.35.

Станок состоит из станины, группы устройств, которые позволяют осуществлять позиционирование и блокировку обрабатываемой детали, а также из серии групп (оперативного блока), предназначенных для обработки детали. Оперативный блок может быть конфигурирован согласно любым требованиям обработки. Разработана управляющая программа на базе программного обеспечения Biesse Application for XNC 2 и специально изготовлен фрезерный инструмент с адаптивными свойствами (рис. 1).



Рис. 1. Хвостовая фреза с адаптивными свойствами



Для проведения эксперимента была разработана методическая сетка опытов. В качестве варьируемых параметров были выбраны частота вращения шпинделя  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$ , толщина стружки  $e$ , мм, высота снимаемого припуска  $h$ , мм, задний угол резания  $\alpha$ , град, и скорость подачи  $V_s$ , м/мин (как наиболее значимые технологические параметры в отрасли деревообработки, напрямую влияющие на мощность резания при фрезеровании). В программе реализована возможность настраивать значения требуемых переменных факторов, за исключением заднего угла  $\alpha$ , который мы изменяли непосредственно на самом инструменте, и толщины стружки, которая изменялась косвенно (через значение скорости подачи  $V_s$ ).

Так как древесина – материал анизотропный (различные пороки древесины, направления перерезания волокон и т. д.), то нельзя говорить о достоверности получения данных в какой-либо определённый момент времени. В ходе проведения эксперимента для каждого режима обработки (со своими уникальными значениями параметров) программным обеспечением записывался массив данных об изменении мощности резания на шпинделе с частотой обновления 0,06 секунд. Этот массив данных приводился к усреднённому значению, что равноценно использованию однородной по структуре древесины (с учётом ее пороков).

Для более удобного представления результатов эксперимента сведём в графический вид все исследования мощностей резания для значения заднего угла  $\alpha$ , который равен 15, 20 и 25 градусов (рис. 2–4).

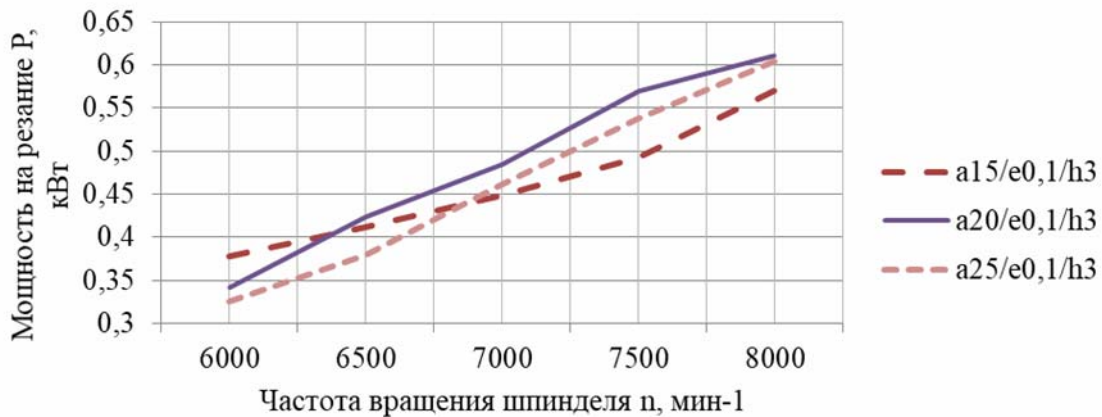


Рис. 2. Изменение мощности на шпинделе при обработке открытым фрезерованием доски из массива сосны при толщине снимаемой стружки  $e = 0,1$  мм

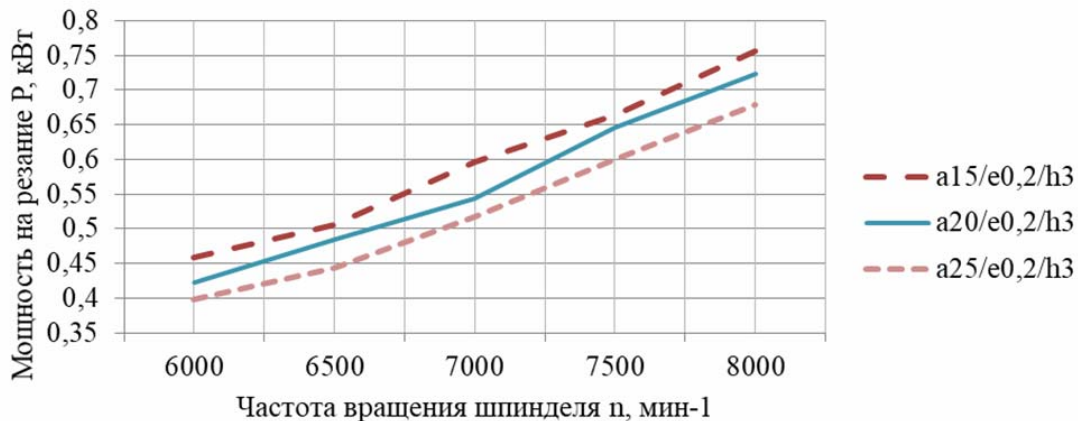


Рис. 3. Изменение мощности на шпинделе при обработке открытым фрезерованием доски из массива сосны при толщине снимаемой стружки  $e = 0,2$  мм

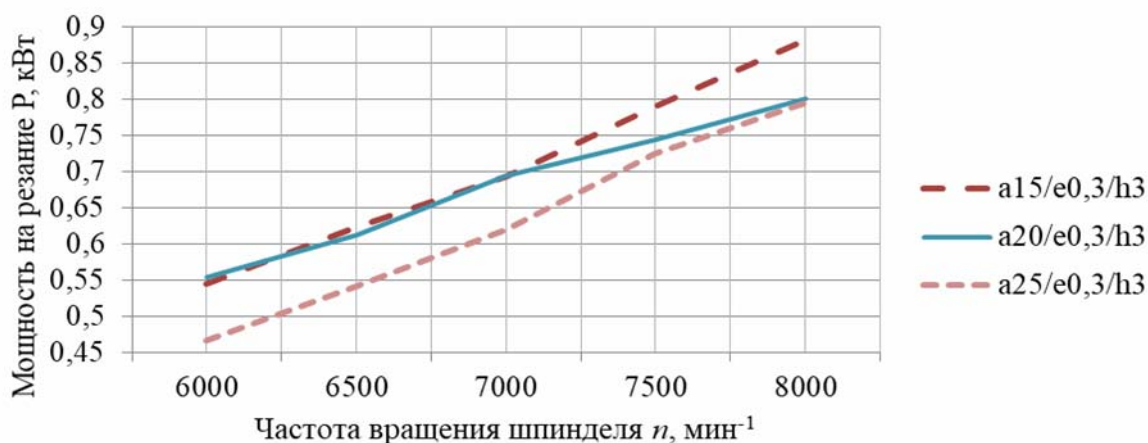


Рис. 4. Изменение мощности на шпинделе при обработке открытым фрезерованием доски из массива сосны при толщине снимаемой стружки  $e = 0,3$  мм

Отображение графиков на показывает, что минимальное энергопотребление во всём диапазоне частот вращения шпинделя станка при значении заднего угла  $\alpha = 25^\circ$ . При уменьшении заднего угла с 25 до 15 градусов увеличивается мощность на резание на 22,2 % во всём диапазоне частот вращения шпинделя.

#### Выводы

Результаты экспериментальных исследований позволили убедиться в том, что минимальное энергопотребление привод осуществляет при толщине снимаемой стружки  $e = 0,1$  мм, при заднем угле  $\alpha = 25^\circ$  на частотах вращения инструмента в диапазоне 6 000–7 000 мин<sup>-1</sup> (припуск на обработку составляет 3 мм). При вышеперечисленных технологических условиях обеспечивается чистовая обработка, что соответствует девятому классу шероховатости поверхности. С увеличением частоты вращения мощность на резание увеличивается с 0,326 до 0,462 кВт. При этом скорость подачи может варьироваться в диапазоне 6,2–7,2 м/мин. Представленные энергоэффективные режимы могут быть рекомендованы для использования на деревообрабатывающих предприятиях при чистовой обработке древесины сосны на фрезерных станках с ручной подачей и деревообрабатывающих центрах с числовым программным управлением.

#### Библиографический список

1. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 304 с.
2. Гришкевич А.А., Клубков А.П. Проектирование и производство дереворежущего инструмента. Минск: БГТУ, 2005. 166 с.
3. Горский В.Г., Адлер Ю.П., Талалай А.М. Планирование промышленных экспериментов. М.: Металлургия, 1974. 264 с.
4. Кряжев В.А. Фрезерование древесины. М.: Лесная промышленность, 1979. 200 с.

УДК 674.055:621.914.3

**С.А. Гриневич, А.Н. Матяс**

(S.A. Grinevich, A.N. Matas)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: grinevich@belstu.by

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАТЯЖЕНИЯ КЛИНОВЫХ РЕМНЕЙ  
В ПРИВОДАХ РЕЗАНИЯ ФРЕЗЕРНЫХ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ  
НА МОЩНОСТЬ ХОЛОСТОГО ХОДА**

**INVESTIGATE THE INFLUENCE  
OF THE V-BELTS TENSION MILLING WOODWORKING MACHINES  
IN CUTING DRIVE ON IDLE POWER**

*Важным фактором для эффективного переноса мощности и достижения максимальной долговечности ремней является правильное их натяжение. Слишком малое или слишком большое натяжение очень часто является причиной преждевременного выхода из строя ремня. Слишком большое натяжение вызывает ускоренный износ подшипников ведущего и ведомого валов.*

*The important factor of effective power transfer and maximum durability of the belts is an right tension. Too small or too large tension often causes of premature failure of the belt. Excessive tension also causes accelerated wear of the bearings in the driven or operating machines.*

Для построения нагрузочной диаграммы и правильного подбора электродвигателя привода резания необходимо знать затраты мощности как при выполнении технологических операций, так и потери мощности на холостом ходу. Неверный подбор двигателя может привести к необоснованным потерям мощности.

Существуют различные методики и формулы для расчета потерь при работе оборудования на холостом ходу [1–5].

Ременная передача в деревообрабатывающих станках, как правило передает крутящий момент от электродвигателя к шпинделю.

Мощность холостого хода привода,  $P_{xx}$ , кВт, в общем виде может быть выражена формулой:

$$P_{xx} = P_{xш} + P_{xp} + P_a, \quad (1)$$

где  $P_{xш}$  – мощность холостого хода шпинделя, кВт;

$P_{xp}$  – мощность холостого хода ременной передачи, кВт.

$P_a$  – потери мощности на аэродинамическое сопротивление кВт.

Мощность холостого хода шпинделя  $P_{\text{хш}}$ , кВт, определяется по формуле (1):

$$P_{\text{хш}} = k_{\text{м}} k_{\text{шп}} d_{\text{шп}} \frac{n}{10^5}, \quad (2)$$

где  $k_{\text{м}}$  – коэффициент, характеризующий сложность конструкции элементов привода и качество изготовления; для более простых конструкций принимают  $k_{\text{м}} = 3$ , для более сложных  $k_{\text{м}} = 6$ ;

$k_{\text{шп}}$  – коэффициент, учитывающий потери на трение в шпиндельном узле;

$d_{\text{шп}}$  – диаметр шпинделя в передней опоре, см;

$n$  – частота вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$ .

Мощность холостого хода ременной передачи  $P_{\text{хр}}$ , кВт, определяется по формуле (2):

$$P_{\text{хр}} = C_{\text{р}} Z V_{\text{р}} \left( \frac{1}{d_{\text{ш1}}^2} + \frac{1}{d_{\text{ш2}}^2} \right), \quad (3)$$

где  $C_{\text{р}}$  – коэффициент, учитывающий тип ремня;

$Z$  – число ремней;

$V_{\text{р}}$  – скорость ремня, м/с;

$d_{\text{ш1}}$  – диаметр ведущего шкива ременной передачи, см;

$d_{\text{ш2}}$  – диаметр ведомого шкива ременной передачи, см.

Очевидно, что существующие формулы и зависимости для определения мощности холостого хода не учитывают силы начального натяжения ремней в ременной передаче, поэтому были проведены дополнительные исследования в данной области. Для проведения экспериментальных исследований была использована экспериментальная установка на базе промышленного фрезерного станка модели ФСШ-1А.10. Для регулирования частоты вращения двигателя к установке был подключен частотный преобразователь фирмы Toshiba. Для фиксации показаний мощности холостого хода использовался цифровой ваттметр ЦП8506/40.

При проведении исследований переменными факторами были приняты: сила натяжения ремня (от 150 до 500 Н.), частота вращения электродвигателя (от 400 до 3 200  $\text{мин}^{-1}$ ), передаточное число ременной передачи (0,42; 0,52; 0,68).

Контроль натяжения ремня проводился с помощью метода измерения прогиба тяговой ветви ремня. Этот метод позволяет косвенно определить статическую силу в тяговой ветви ремня  $T_s$ , путем измерения прогиба измерительного отрезка ремня под воздействием проверочной силы.

Статическая сила  $T_s$  – это минимальная сила выступающая в тяговой ветви ремня, которая позволяет перенести номинальную мощность в приводе при скольжении, которое не превышает допустимого. Этот метод может применяться для ремней сечения: SPZ, SPA, SPB, SPC, Z, A, B, 20, C, 25, D. Принцип контроля натяжения показан на рисунке 1 [3].

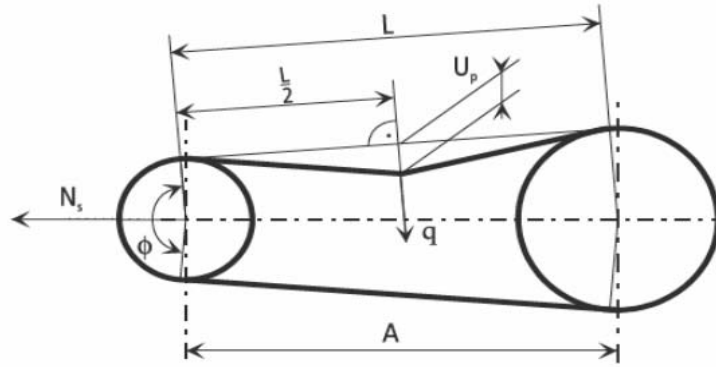


Рис. 1. Контроль натяжения ремня путем измерения прогиба тяговой ветви ремня

По этому методу определяется величина  $U$  на 100 мм длины измеряемого отрезка ремня, затем вычисляется величина прогиба  $U_p$  для существующей длины  $L$  [3].

$$U_p \approx \frac{UL}{100}, \tag{5}$$

$$L = A \sin \frac{\phi}{2}. \tag{6}$$

По диаграмме, представленной на рисунке 2 [3], выбирается нужное натяжение, и в зависимости от профиля ремня определяется величина прогиба  $U$ , мм.

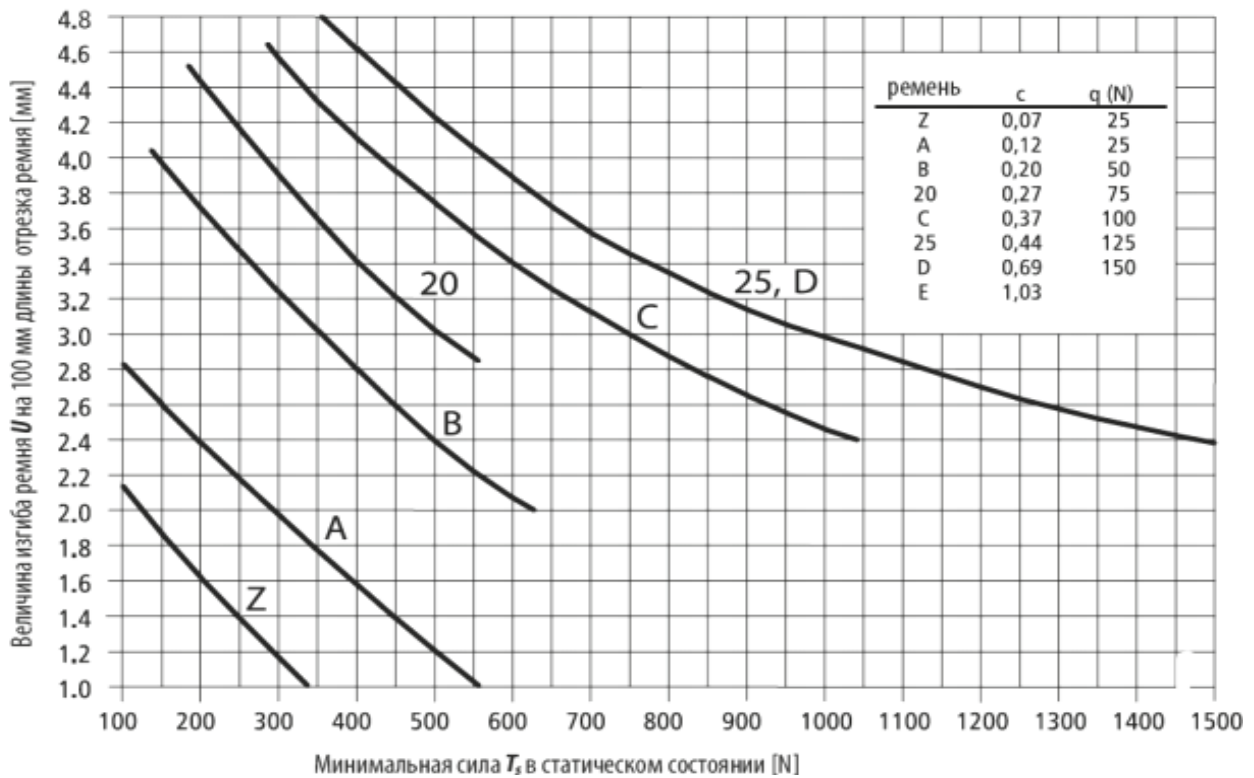


Рис. 2. Зависимость прогиба  $U$  от силы  $T_s$  (для классических ремней)

Эксперимент дублировался 3 раза. По полученным в результате проведения серия экспериментов усредненным данным, построены графические зависимости, представленные на рисунках 3–5.

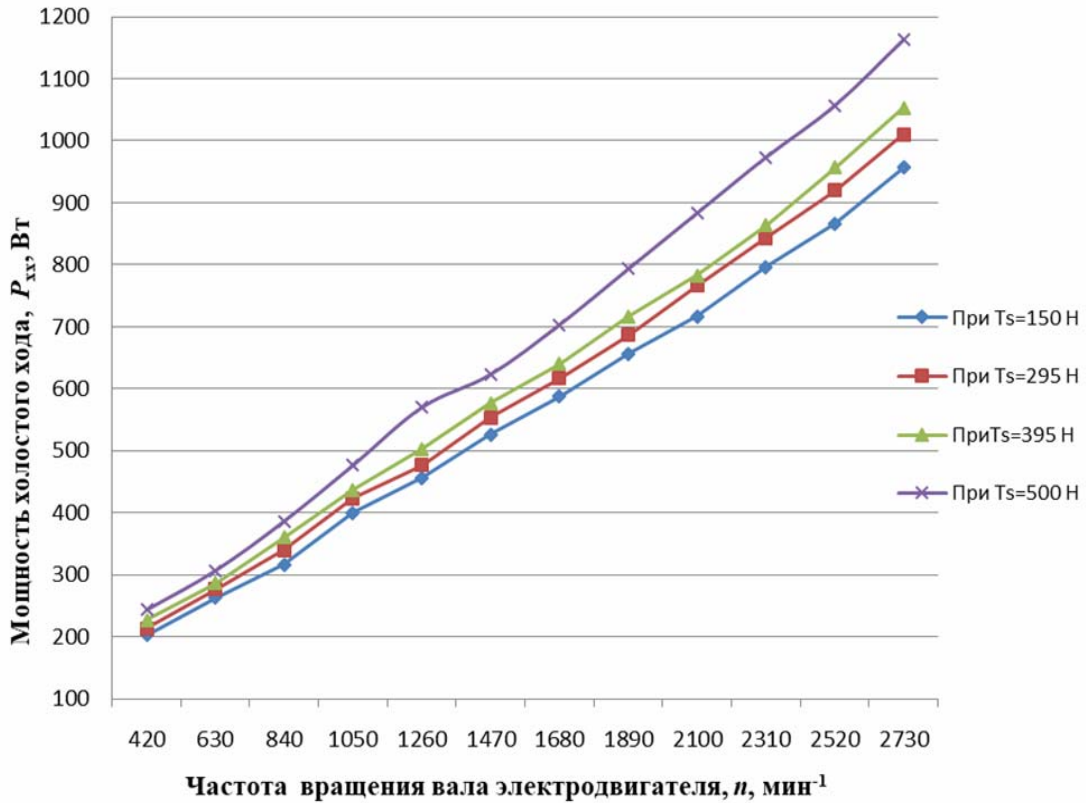


Рис. 3. График зависимости мощности холостого хода от частоты вращения электродвигателя при  $d_1 = 65$  мм и  $d_2 = 155$  мм

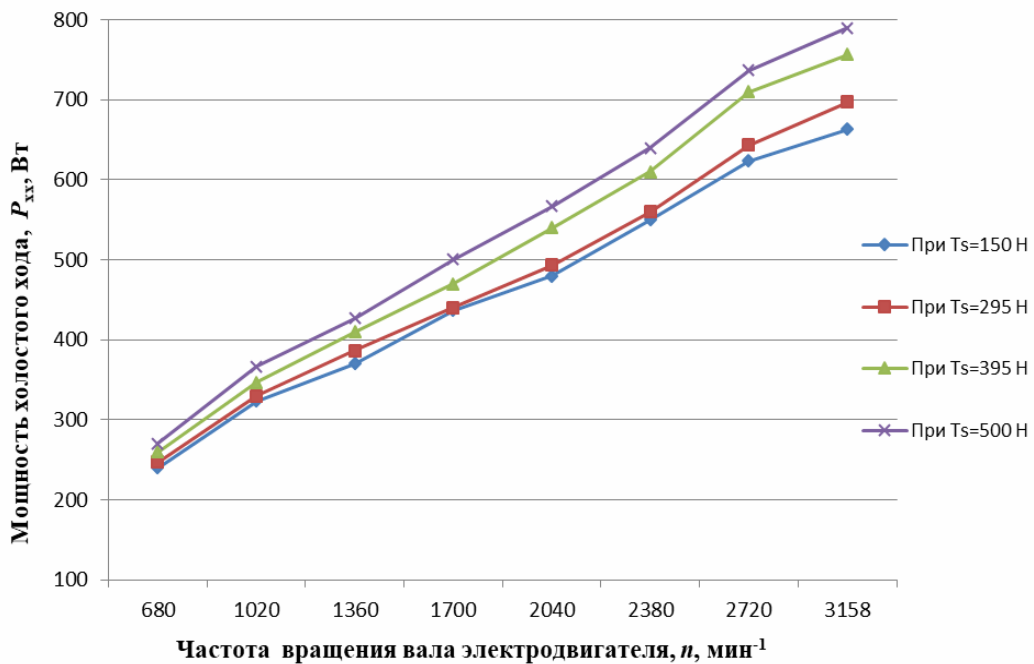


Рис. 4. График зависимости мощности холостого хода от частоты вращения электродвигателя при  $d_1 = 85$  мм и  $d_2 = 125$  мм

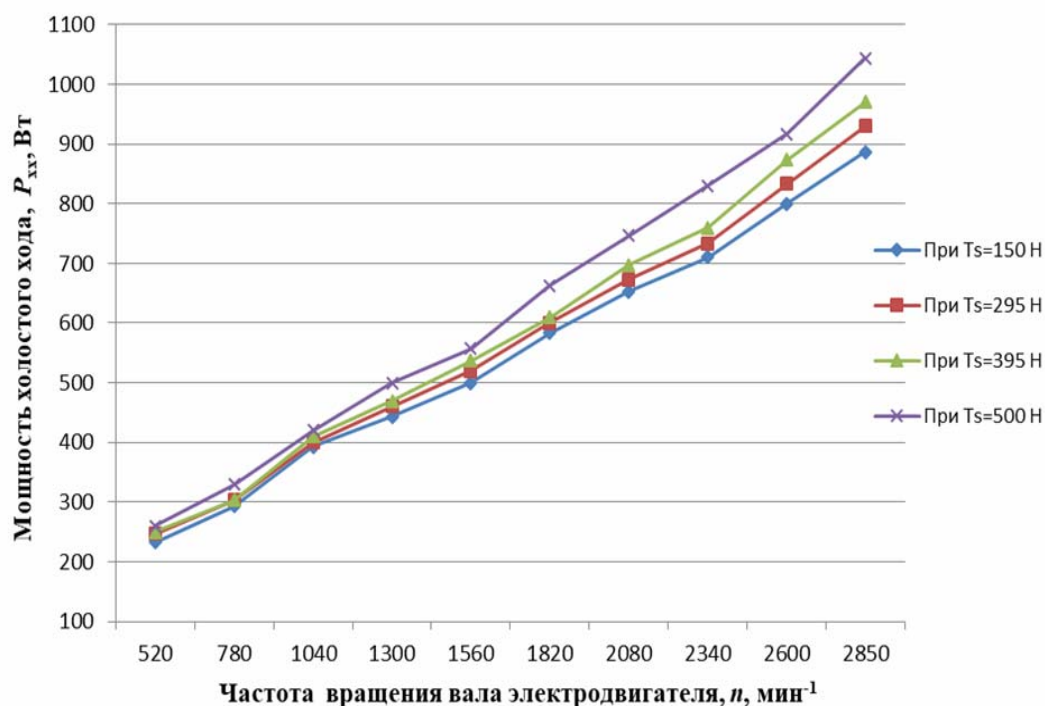


Рис. 5. График зависимости мощности холостого хода от частоты вращения электродвигателя при  $d_1 = 75$  мм и  $d_2 = 145$  мм

#### Выводы

Установлено, что влияние натяжения ремня на мощность холостого хода близко к линейному. При малых частотах влияние натяжения ремня невелико, однако с ростом частоты вращения становится значительным. Так при частоте 420 мин<sup>-1</sup> разница между мощностью холостого хода при максимальном и минимальном натяжениях составила около 40 Вт, а при частоте 3 000 мин<sup>-1</sup> – до 200 Вт. Так как на оборудовании может применяться до 8 ремней, то величина потерь может составлять значительную величину (порядка 1,6 кВт). Поэтому влияние натяжения ременной передачи должно быть учтено при проектировании привода резания фрезерных деревообрабатывающих станков.

#### Библиографический список

1. Левит Г.А. Расчет потерь на трение в приводах главного вращательного движения металлорежущих станков. М.: ЦБТИ, 1956. 72 с.
2. Кочергин А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: учеб. пособие [для вузов]. Минск: Выш. шк., 1991. 382 с.
3. Клиноременные передачи: интернет-портал Российской федерации. URL: <http://engineercatalogues.narod.ru> (дата обращения: 27.04.2017).
4. Гриневич С.А., Гаранин В.Н. Исследование затрат мощности на холостой ход в приводе механизма резания станка Unimat 23 EL // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: Междунар. евразийск. симпозиум. 2011. URL: <http://symposium.forest.ru/article.php> (дата обращения: 14.06.2016).
5. Кучер И.М. Металлорежущие станки. Основы конструирования и расчета. М.: Машиностроение, 1975. 720 с.

**ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИИ  
В ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ**

**PROBLEMS OF SAFETY AND ECOLOGY  
IN WOOD PROCESSING**

УДК 674.0:628.5

**В.Н. Старжинский, С.В. Совина**

(V.N. Starzhinskij, S.V. Sovina)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: vsn@usfeu.ru, sovinasv@e1.ru

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКУСТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА  
ОБОРУДОВАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТЕТРАДЕЙ**

**THEORETICAL BASIS FOR ACOUSTIC CALCULATION  
OF EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF NOTEBOOKS**

*В статье представлена физическая модель излучателя шума линовальных узлов тетрадных агрегатов, позволяющая на стадии их проектирования прогнозировать уровни звукового давления на рабочих местах.*

*The article presents a physical model of the emitter noise road marking nodes tetrad units, which allow at the design stage to predict the sound pressure levels at workplaces.*

Среди оборудования цехов по производству тетрадей наиболее шумными являются собственно линии по производству тетрадей. Самые высокие уровни звука зарегистрированы на рабочем месте оператора линовальной секции – 97–103 дБА. Фальцаппараты, узлы для подрезки тетрадей и лагенов создают на рабочих местах эквивалентный уровень 90–94 дБА и уровень звуковых импульсов до 105 дБ.

В линовальной секции основными источниками шума являются [1, 2]:

- узлы для поперечного линования бумаги;
- механизм поперечной резки бумаги;
- колебания бумажного полотна;
- привод;
- вентилятор для отсоса кромок бумажного полотна.

Наиболее шумными являются узлы для поперечного линования бумаги. Уровень звука этих узлов колеблется от 90 дБА (для тихоходных агрегатов) до 100 дБА (для быстроходных). Установлено, что звуковая мощность узла для поперечного линования представляется формулой:

$$P = v_0 l \left( \frac{v}{c} \right)^5, \quad (1)$$

где  $v_0$  – удельная звуковая мощность, Вт/м;

$l$  – ширина бумажного полотна, м;

$v$  – скорость линования, м/с;

$c$  – скорость звука, м/с.



Шум механизма для поперечной резки бумаги достигает 95 дБА. Основным источником шума являются колебания бумажного полотна в момент отреза.

Шум, обусловленный колебаниями бумажного полотна в бумагопроводящей системе, как правило незначителен. А шум привода, особенно зубчатых передач, достигает уровня в пределах 90–96 дБА. Вентилятор для отсоса кромок бумажного полотна может создавать уровень звука на рабочем месте до 95 дБА.

Основываясь на экспериментальных данных, можно выделить два механизма шумообразования в узле линования:

1. Аэродинамический, вызванный тем, что в процессе контакта перьев рифленого линовального валика с бумаговедущим барабаном в замыкаемых объемах между двумя смежными перьями из-за деформации последних и из-за захлопывания объема создается избыточное давление, которое после открытия этого объема при дальнейшем вращении валика излучается в виде звука.

2. Механический, вызванный тем, что перья линовального валика после выхода из контакта с бумаговедущим барабаном вибрируют и тем самым создают звук.

Рассмотрим физическую картину происходящих процессов и выберем физическую модель излучателя, заменяющую реальный источник шума.

Так, при линовании бумаги излучателем шума является узкая полоска на линовальном валике. Удобно воспользоваться результатом Л.Ф. Лепендина [1]. Звуковая мощность излучателя полосой на цилиндре

$$P_i = \frac{4\rho c v_i^2}{\pi^2 f_i^2} \left( \frac{2\alpha_0^2}{C_0^2(kl)} + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sin^2 m\alpha_0^2}{m^2 C_m(kl)} \right), \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность среды;

$v_i$  – амплитуда колебательной скорости;

$f_i$  – частота;

$2\alpha_0^2$  – угловая ширина пульсирующего участка;

$C$  – скорость звука в среде;

$k$  – высота перьев;

$m = 0, 1, 2, \dots$ ;

$\alpha$  – угловая ширина;

$C_m$  – цилиндрические формулы Ханкеля.

Используя приближенные значения для  $C_m$ , можно записать:

$$P_i = \frac{\rho f_i s^2 v_i^2}{8}, \quad (3)$$

где  $s$  – ширина пульсирующего участка валика, мм.

Общая мощность  $P$  аэродинамического шума равна сумме составляющих в рассчитываемом диапазоне частот:

$$P = \sum_{i=1}^n P_i. \quad (4)$$

Таким образом, задача состоит в определении спектра амплитуд объемной скорости. Для этого рассмотрим два бесконечно близких положения линовального валика

(рис. 1). При переходе валика из одного положения в другое путем поворота на  $d\alpha$  замкнутый объем уменьшится на

$$dQ = \theta G l d\alpha, \quad (5)$$

где  $dQ$  – величина изменения замкнутого объема;

$\theta$  – величина, определяемая формулой, представленной ниже;

$G$  – величина, определяемая формулой, представленной ниже;

$l$  – длина линовального валика.

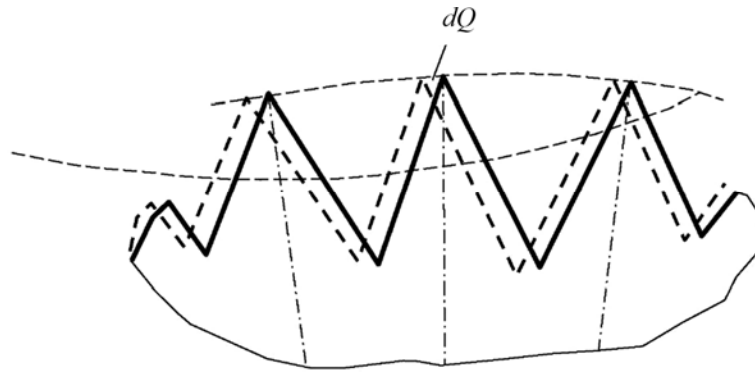


Рис. 1. Зона взаимодействия линовального валика и линовального барабана

$$\theta = \operatorname{cosarcsin} \frac{R(r_1 - k)}{2r_1 \sqrt{h^2 + k^2}},$$

где  $r_1$  – радиус бумаговеду щего барабана.

$$G = R_2 + \operatorname{cosec} \alpha \left( \frac{a}{l + \operatorname{tg}^2 \alpha} + \sqrt{\frac{a^2}{(l + \operatorname{tg}^2 \alpha)^2} - \frac{a^2 - r_2}{l + \operatorname{tg}^2 \alpha}} \right),$$

где  $R$  – шаг линования;

$a$  – расстояние между центрами линовального валика и барабаном;

$r_2$  – радиус линовального валика.

Объемная скорость выражается в

$$V(\alpha) = \frac{dQ}{dt} = \omega \theta G l, \quad (6)$$

где  $dt$  – изменение времени;

$\omega$  – угловая частота.

Путем гармонического анализа можно представить функцию объемной скорости как сумму средней величины скорости и ряда периодических составляющих:

$$V_i = \frac{\omega z}{2\pi} \int_0^{2\pi} V(\alpha) \operatorname{cosin} \omega z \alpha d\alpha, \quad (7)$$

где  $z$  – акустический импеданс.

В первом приближении можно считать

$$V_i \approx \frac{2\omega^2 z^2 l \theta a}{f_i^2}. \quad (8)$$

Используя найденное значение для  $V_i$ , определяем гармонику звуковой мощности

$$P_i = \frac{8\rho c \pi^2 r_2^2 \omega^2 z^2 l^4 \theta^2 a^2}{f_i^3}. \quad (9)$$

Далее получим звуковую мощность, приходящуюся на полосу частот шириной в 1 Гц (средняя спектральная плотность):

$$P_1 = \frac{P_i}{\omega z} = \frac{8\rho c \pi^2 r_2^2 \omega z l^4 \theta^2 a^2}{f_i^3}. \quad (10)$$

Подобные преобразования справедливы для частоты  $f > \omega z$ . Звуковая мощность в октавной полосе определяется интегралом:

$$P = \int_{\frac{f}{\sqrt{2}}}^{\sqrt{2}f} P_1(f_i) df_i = \frac{12\rho c \pi^2 r_2^2 \omega z l^4 \theta^2 a^2}{f^2}. \quad (11)$$

Переходя к уровню звуковой мощности, будем иметь:

$$L_p = 10 \lg \frac{P}{P_0} = 167 + 10 \lg \omega z + 20 \lg r_2 l^2 \theta a - 20 \lg f, \quad (12)$$

где  $P_0 = 10^{-12}$  – пороговая звуковая мощность, Вт.

Как видно из рисунка 2, предложенная модель дает хорошее совпадение теоретических результатов и экспериментальных данных.

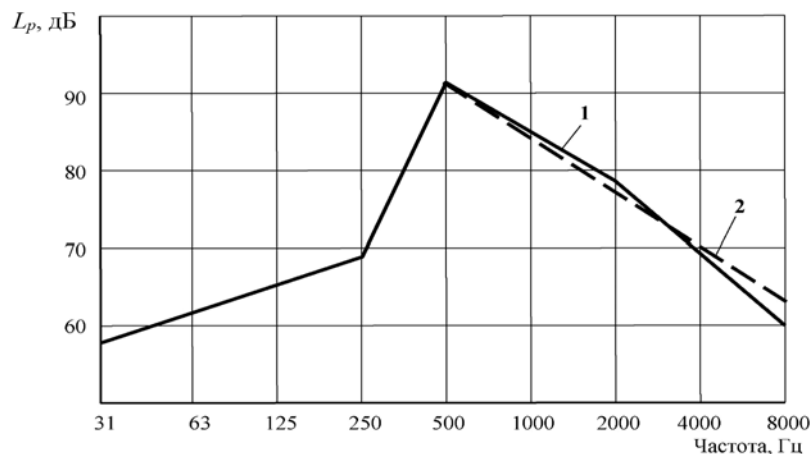


Рис. 2. График спектров шума линовальных валиков

Можно сделать вывод, что звуковая мощность узла для поперечного линования бумаги возрастает с увеличением скорости вращения, размеров линовального валика и барабана, а также убывает с возрастанием частоты звука (6 дБ на октаву). Таким образом, можно рассчитать предполагаемые уровни шума на рабочих местах у тетрадных агрегатов.

### **Библиографический список**

1. Вибрация и шум технологических машин и оборудования лесного комплекса: монография / А.А. Санников, В.Н. Старжинский, Н.В. Куцубина, Н.Н. Черемных, В.П. Сиваков, С.Н. Вихарев; под ред. А.А. Санникова. Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. 484 с.

2. Экспериментальное исследование шумообразования узла для поперечного линования бумаги / В.Н. Старжинский, С.Н. Христолюбов, С.Н. Полбицин // Машины и аппараты целлюлозно-бумажного производства: Межвуз. сб. науч. тр. Л.: ЛТА, 1984. С. 125–128.

## ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИНЖИНИРИНГА В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

### PROBLEMS OF PROFESSIONAL EDUCATION AND ENGINEERING IN THE WOODWORKING

УДК 378

Л.Т. Раевская<sup>1</sup>, В.А. Калентьев<sup>2</sup>  
(L.T. Raevskaya<sup>1</sup>, V.A. Kalent'ev<sup>2</sup>)  
(<sup>1</sup>УГЛТУ, <sup>2</sup>УИГПС МЧС, г. Екатеринбург, РФ)  
E-mail для связи с авторами: ltrvsk@yandex.ru

### РОЛЬ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ КОМПЕТЕНЦИЙ

#### THE ROLE OF MODERN TECHNOLOGIES OF TRAINING IN FORMING COMPETENCIES

*В настоящей работе обсуждается необходимость использования активных и особенно интерактивных обучающих технологий для формирования компетенций. Приведен краткий обзор форм взаимодействия преподавателя и обучающихся, обсуждаются практические результаты. Даны конкретные примеры творческих заданий, кейсов, проблемных вопросов, активизирующих у студентов самостоятельность поиска решения, формирующих навыки работы в группе. Несколько подробнее рассмотрены задания по моделированию технологического процесса с помощью средств визуализации.*

*In this paper, we discuss the need to use active and especially interactive learning technologies to create competencies. A brief overview of the forms of interaction between the teacher and students is given, practical results are discussed. Specific examples of creative assignments, case studies, problematic issues that activate the students' independence in finding solutions, that form the skills of working in a group are given. Several tasks are considered in more detail on modeling the technological process with the help of visualization tools.*

Процесс преподавания технических дисциплин в вузе должен быть таким, чтобы уже на первых этапах обучения обеспечить конкретное понимание будущими специалистами конечных целей. Иными словами, обучающийся должен видеть свой путь движения к приобретаемой в вузе профессиональной компетентности.

В понятие компетенции входят модули (знания, умения и навыки) и личностные качества. *Модульная образовательная программа* – совокупность и последовательность модулей, направленная на овладение компетенциями, необходимыми для присвоения квалификации [1]. Образовательная программа должна обеспечивать в большей части проблемный, исследовательский характер обучения, мотивируя обучающегося на приобретение требуемых компетенций.

Формирование компетенций должно осуществляться при обязательном использовании в образовательном процессе активных и интерактивных методов обучения. Приобретение компетенций основано на деятельности. Сама возможность приобретения компетенций зависит от активности обучающихся. Правильно организовать эту активность – задача современного преподавателя.

Для преподавателя сегодня недостаточно быть компетентным только в своей области и уметь передавать определенную сумму знаний обучающимся. И хотя новые взгляды на обучение не принимаются многими педагогами, нельзя игнорировать данные исследований, подтверждающих, что использование активных подходов является наиболее эффективным путем обучения [2].

В образовании сложились, утвердились и получили широкое распространение три формы взаимодействия преподавателя и обучающихся:

- 1) пассивные методы;
- 2) активные методы;
- 3) интерактивные методы [3–5].

*Пассивный метод* – это форма взаимодействия преподавателя и обучающихся, при которой преподаватель является основным действующим лицом и управляющим ходом занятия, а обучающиеся выступают в роли пассивных слушателей.

*Активный метод обучения* – это организация учебного процесса, которая способствует активному взаимодействию с преподавателем. Если пассивные методы предполагали авторитарный стиль, то активные предполагают более демократический стиль. *Интерактивный метод* – это организация интенсивной работы в малых группах, когда главное – общение обучающихся между собой в процессе получения знаний. Роль преподавателя на интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия. Интерактивное обучение – это прежде всего диалоговое обучение. Форм интерактивного обучения много, напомним лишь о некоторых из них:

- творческие задания;
- экскурсии;
- метод кейсов.

*Кейс-метод* можно представить в методологическом контексте как сложную систему, в которую интегрированы другие, более простые методы познания. В него входят моделирование, системный анализ, проблемный метод, мысленный эксперимент, методы описания, классификации, игровые методы, которые выполняет в кейс-методе свои роли [6].

Известно, что обучающиеся легче понимают и запоминают материал, который они изучали посредством активного вовлечения в учебный процесс. Исходя из этого, основные методические инновации связаны сегодня с применением именно активных методов обучения. В процессе обучения необходимо обращать внимание в первую очередь на те методы, при которых слушатели идентифицируют себя с учебным материалом, включаются в изучаемую ситуацию, побуждаются к активным действиям, переживают состояние успеха и, соответственно, мотивируют свое поведение.

С этой целью обучающиеся знакомятся с основными подходами к формализации и моделированию равновесия и движения материальных тел. Например, в технической механике, в задачах раздела «Статика», мы предлагаем первокурсникам не просто вычислить реакции связей, но и найти их зависимость от вида связей. В разделах «Кинематика» и «Динамика» обучающиеся разными методами решают одну и ту же задачу, что расширяет их кругозор и формирует навыки решения. В разделах аналитической механики выявляется сущность проблемы, подбирается для решения соответствующий математический аппарат. В компьютерном классе кафедры тестирование по отдельным темам помогает овладению учебным материалом.

Кафедрой разработаны комплекты заданий на компьютерах, содержащие сотни задач по разделам таких общетехнических дисциплин, как теоретическая механика, сопротивление материалов, теория механизмов и машин. Они предлагаются обучающимся

на этапах промежуточных аттестаций. Эти задачи требуют проведения некоторого исследования и довольно длительного расчета.

Все вышесказанное способствует формированию системы фундаментальных знаний, позволяющей будущим специалистам анализировать проблемы профессиональной области, использовать на практике приобретённые базовые знания, самостоятельно овладевать той новой информацией, с которой придётся столкнуться в производственной и научной деятельности. Таким образом, формируются такие профессиональные компетенции, как ПК-1 (способность применять методы математического анализа и моделирования), ПК-2 (способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат), ПК-5 (владеть основными методами хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией), ПК-6 (способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях), необходимые, например, для квалификации бакалавров направления «Строительство» [3]. Активные формы обучения предполагают более интенсивное общение преподавателя и обучающихся. В то же время образовательная программа ориентирует нас на повышение роли самостоятельности обучающихся.

Кроме того, общекультурные компетенции также должны тренироваться при изучении технических дисциплин. Так, формируются умение логически верно, аргументированно строить устную речь (ОК-2), культура мышления, постановка цели, саморазвитие, повышение квалификации (ОК-1, ОК-6), организационные способности, работа в коллективе.

В наибольшей степени всем этим запросам современного образовательного процесса отвечают интерактивные методы обучения. Они включают исследовательскую и проектировочную работу будущих специалистов в группах, обеспечивая ее проблемно-ориентированный характер. Можно предлагать несколько заданий каждой группе, можно ограничиться одним заданием. Важно, чтобы группа нашла правильный вариант ответа, выступила с обоснованием правильности найденного результата, получила обратную связь от других групп. Необходимо приблизить систему оценивания результатов к той, что появится в будущей профессиональной практике в соответствии с требованиями ФГОС. Это предполагает, что внешними экспертами могут быть не только преподаватели, но и старшекурсники и работодатели, преподаватели смежных дисциплин (важных для приобретения компетенции) индивидуальные оценки, должны использоваться групповые и взаимооценки:

- рецензирование обучающимися работ друг друга;
- оппонирование защит проектов, дипломных, исследовательских работ и др.;
- экспертная оценка групп обучающихся, преподавателей и работодателей и другие инновационные методы контроля и оценки.

Новая система контроля должна позволить обучающемуся иметь более объективную оценку учебной деятельности, адекватную условиям будущей практики.

Как известно, существуют разные уровни усвоения любого учебного материала:

1. Ученический: обучающийся имеет представление об учебном материале.
  2. Репродуктивный: обучающийся умеет решать типовые задачи, выбирать методы решения из известных ему методов.
  3. Продуктивный – обучающийся умеет решать нестандартные задачи, умеет знания разложить на элементы и трансформировать методы.
  4. Исследовательский – обучающийся может решать исследовательские задачи.
- Очевидно, уровни усвоения знаний у бакалавров будут ниже чем у магистров.

Уровень магистров начинается с 3-го. Важно объяснить, какой уровень усвоения материала требуется от обучающихся. Если на 2-м уровне, то и спрашивать нужно соответственно, а если спрашивать по 3-му уровню, то это уже на пять баллов. Как правило, будущие бакалавры остаются на 2-м уровне усвоения. Поднять уровень усвоения можно решением нестандартных задач и участием во внутривузовских, городских и региональных олимпиадах, например, по теоретической механике.

*Метод кейсов (case-study)* – это предложение группе конкретной ситуации с целью поиска решения, обоснования данного решения, причем с подробным анализом поиска решения. Представилось возможным использовать метод кейсов в преподавании технических дисциплин в контексте работы в малых группах. Работа в малых группах – это одна из самых популярных стратегий, так как она дает всем обучающимся возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения (в частности, умение активно слушать, вырабатывать общее мнение, разрешать возникающие разногласия). Нами использовался этот метод в преподавании таких дисциплин, как «Теоретическая механика», «Мехатроника», «Аналитическая механика» и «Техническая механика». К примеру, первокурсникам, приступившим к изучению теоретической механики, предлагается решить задачу. Даны грузы массой  $m_1 = m$  кг и  $m_2 = 3m$  кг, соединенные невесомой нерастяжимой нитью, необходимо поднять и перенести. Один рабочий предложил поднимать груз, взявшись за первый груз, второй рабочий предложил держаться за второй груз при подъеме, а третий сказал, что неважно, за какой из грузов держаться: это не приведет к разрыву нити между грузами. Кто прав? В какой ситуации меньше вероятность разрыва нити, если в любом случае для подъема прикладывается одна и та же сила  $F$  к соответствующему грузу?»

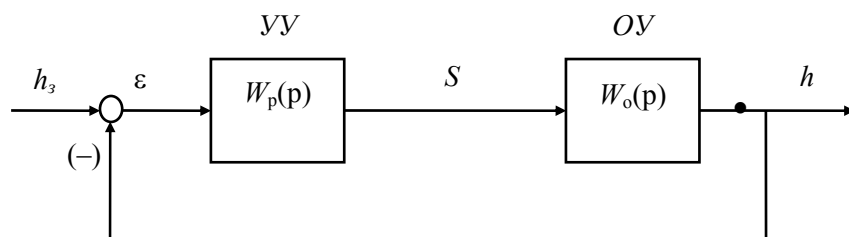
В начале занятия обсуждали принципы работы в группе, например, такие:

- 1) занятие не лекция, предполагается общая работа с участием каждого в группе;
- 2) все участники равны независимо от возраста, социального статуса, опыта;
- 3) каждый участник имеет право на собственное мнение по любому вопросу;
- 4) нет места прямой критике личности (подвергнуться критике может только идея) и др.

Время обсуждения задания и решения ограничивалось 40 минутами. После этого представитель каждой группы делал небольшое сообщение в соответствии с листингом вопросов, которые надо было осветить. Вопросы включали не только результат решения, но и анализ процесса поиска решения. После выступления всех групп преподавателем подводились итоги с указанием на распространенные ошибки, делались выводы. Исходя из «Техническую механику» предлагались задания по моделированию технологического процесса с помощью средств визуализации. Предлагалось диагностировать переходный процесс при запуске устройства, после чего методом подбора параметров оптимизировать технологический процесс. Группа разбивалась на подгруппы по два человека.

Одно из важных достоинств пакета, с которым предлагалось познакомиться обучающимся в нашем исследовании, состоит в том, что для работы пользователю достаточно знать о нём ровно столько, сколько требуется для решения данной задачи. В частности, предлагалось ознакомиться с возможностями цифрового имитационного моделирования средствами Xcos на примере простейшей замкнутой системы регулирования уровня жидкости в потоке с отрицательной обратной связью, включающей объект управления ( $OY$ ) в виде инерционного звена 1-го порядка с запаздыванием (как пример) и управляющего устройства ( $UY$ ), представляющего ПИ-регулятор (см. рисунок). Регулируется уровень потока  $h$  путём изменения положения  $S$ -регулируемого шибера.





Простейшая замкнутая система регулирования уровня жидкости в потоке с отрицательной обратной связью

Обучающиеся должны из соответствующих блоков в палитре приложения создать модель системы, исследовать переходный процесс, подобрать такие коэффициенты передачи, постоянные времени интегрирования, которые бы уменьшили время переходного процесса и размах колебаний при запуске системы регулирования уровня. Параметры  $k_p$  (передаточный коэффициент регулятора) и  $T_i$  (время интегрирования) были настроены, а  $h_3$  обозначал задаваемый уровень потока.

Моделирование процесса начиналось с составления дифференциального уравнения и получения передаточных функций объекта управления  $W_o(p)$  и управляющего устройства  $W_p(p)$ . Эту часть работы предлагалось выполнить дома. После работы в программе по полученному графику переходного процесса необходимо было удостовериться в правильности указанных настроечных параметров регулятора  $k_p$  и  $T_i$  и определить вид полученного переходного процесса. Подбирая параметры, оптимизировали переходный процесс. Результатами работы можно назвать следующие: обучающиеся стали более активны в образовательном процессе, получили навык работы в команде.

### Библиографический список

1. Проектирование основных образовательных программ вуза при реализации уровневой подготовки кадров на основе федеральных государственных образовательных стандартов / под ред. С.В. Коршунова. М.: МИПК МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 212 с.
2. Татур Ю.Г. Компетентностный подход в описании результатов и проектировании стандартов высшего профессионального образования. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004.
3. Раевская Л.Т. Профессиональные компетенции при изучении теоретической механики. Образование и наука: современное состояние и перспективы развития: сборник научных трудов по мат-лам Межд. науч.-практич. конф. 31 июля 2014 г.: в 6 ч. Ч. 1. Тамбов: Консалтинговая компания Юком, 2014. С. 143–144.
4. Изменения в образовательных учреждениях: опыт исследования методом кейс-стади / под ред. Г.Н. Прокументовой. Томск: Изд-во Томского гос. университета, 2003.
5. Будерецкая И.В. Интерактивные методы обучения. URL: <http://nsportal.ru/nachlnaya-shkola/materialy>.
6. Рогова Е.М. Особенности организации процесса обучения на основе кейс-метода: метод. пособие / под редакцией М.А. Малышевой // Современные технологии обучения в вузе (опыт НИУ ВШЭ в Санкт-Петербурге). СПб: Отдел оперативной полиграфии НИУ ВШЭ, 2011. С. 25–44.

УДК 378.1:510

**Н.Ф. Старыгина,**  
**Сюй Вэйцзяо, Вансы Вэнь, Чжоу Цинго, Юй Чжо, Чжэн Хуаньюй**  
(N.F. Starygina,  
Syuj Vehjczyao, Vansy Vehn', CHzhou Cingo, Yuj CHzho, Chzhehn Huan'yuj)  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
E-mail для связи с авторами: felixovna.711@mail.ru

## **ИНФРАСТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ КИТАЯ**

### **INFORMATION PROVISION INFRASTRUCTURE IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF CHINA**

*В статье рассматриваются основные опорные характеристики и особенности организации инфраструктуры информационного обеспечения в образовательных учреждениях Китая, в том числе высших учебных заведений. Кроме этого, излагается авторское понимание указанной тематики с опорой на личностные, индивидуальные репрезентации и педагогический опыт [1–4].*

*The article deals with the main key characteristics and organizational peculiarities of information provision infrastructure in educational institutions of China, including higher education institutions. Besides, the author's view on the subject matter, supported by the personal, individual representations and pedagogical experience, is revealed [1–4].*

Развитие современной системы высшего образования, происходящее в условиях информатизации общества, в целом, характеризуется динамизмом, использованием многообразных образовательных технологий, инновационных методов и организационных форм обучения.

В дидактическом плане эффективное использование электронных информационно-образовательных технологий связано с соблюдением определенных условий обучения, выступающих в качестве ориентира при организации учебного процесса. В настоящее время в условиях информатизации высшего образования, насыщения учебного процесса современными информационными и телекоммуникационными средствами требуется по-новому оценить проблему всестороннего обеспечения учебного процесса. Наиболее перспективные направления информационного обеспечения представлены в высшей школе Китая.

В последние десятилетия китайское высшее образование развивается высокими темпами и неуклонно движется в сторону современных мировых стандартов. Наряду с переходом к массовому образованию существенно изменились приоритетные направления развития высшей школы.

С конца 1990-х годов в КНР обнаружилось перепроизводство специалистов узкого профиля. Данная тенденция отражает реальные «вызовы» китайской действительности. Во-первых, в традиционных отраслях экономики относительно снижается спрос на специалистов, обладающих узкой квалификацией. Во-вторых, развитие передовых наукоемких отраслей невозможно без выхода на рынок труда специалистов, обладающих широкими фундаментальными знаниями.

Кроме этого, существует ряд проблем, без решения которых дальнейшее развитие вышеупомянутых прогрессивных технологий невозможно. Так, отсутствие государственной политики в отношении к существующим стихийно меняющимся и

неконтролируемым информационным средам, имеющим серьезнейшее образовательное и воспитательное значение, уже привело к реализации и нарастанию угроз национального масштаба:

- активному использованию образовательными учреждениями несертифицированных и не прошедших государственную экспертную оценку электронных образовательных ресурсов и сервисов;
- неконтролируемому пребыванию детей в социальных сетях, в том числе с использованием инфраструктуры образовательных учреждений;
- бессистемным закупкам ИКТ-оборудования, сервисов и непрогнозируемому развитию ИКТ-инфраструктуры образования.

В рамках изучения русского языка обучающимися из КНР, проходящим стажировку в УГЛТУ, было предложено написать эссе на тему: «Особенности информационного обеспечения в китайских образовательных учреждениях». Ниже приведены фрагменты их письменных работ (речевые и стилистические обороты сохранены полностью).

*Сюй Вэйцзяо:*

高校基础设施包含方方面面，教学硬件，如占地面积、建筑面积、各种体育设施、实验设施、图书资料、后勤设施、师资、固定资产投资；教学软件，如考试系统、电子教室、校园网即时通讯系统、教学质量评估系统、教学资源管理系统等。今天我主要从高校职位，尤其是教师选择方面讲一讲如今比之过去的发展情况。

«Информационная инфраструктура – это среда, формирующая условия для ведения и предоставления в школе и вузе различного рода услуг. Такая среда создана благодаря государственной поддержке. От школьников и студентов требуют более высокого качества знаний. Системные требования профессиональной этики преподавателей есть сердце и душа, для студентов важен богатый профессиональный опыт педагога, высокий уровень знаний и инновационный потенциал».

*Вансы Вэнь:*

近年来，随着中国经济、文化的高速发展，政府对高校教育基础设施所提供的保障越来越全面，发展的也越来越快。可以说，自新中国成立以来，学校的基础设施，包括师资力量，教学设备，校园美化等方面都发生了翻天覆地的变化。

«В последние годы с развитием экономики Китая инфраструктуры информационного обеспечения в высшей школе тоже быстро развиваются. В учебных заведениях преобладает разнообразие информационной инфраструктуры. В основном имеются учебные здания с разными функциями: стадион, библиотеки или читальные залы, буфет и т. д. Можно читать книги, газеты, журналы, смотреть фильмы или слушать музыки в аудио-визуальном зале, ведь образование – это не только учёба, это и внеучебная деятельность».

*Чжоу Цинго:*

中国高校基础设施的发展随着科技高速的发展，21世纪中国高校的教育设施也显得尤为重要。学生受教于好的教育设施，从而去更好的完善自己，适应社会，理解我们的世界

«С развитием науки и техники китайское обучение является важным. Студенты получают знания и воспитание в отличных условиях. Можно быть современным как наше общество и соответствовать мировым стандартам. Например, у нас, в Китае, есть все для различных инженерных специальностей и направлений: профессиональные

экраны, светодиодное освещение и современный проектор. Также есть здания экспериментов: лаборатории, лекционные и компьютерные аудитории».

*Юй Чэжо:*

大家好,我是来自东北林业大学的一名大三学生,我的中文名字叫于卓。今天我们要讨论的话题是"中国高等学校的信息安全基础设施",这是一个很重要的问题,我将从国家的角度来讲述。

«Дорогие друзья! Китайское государство ежегодно вкладывает много денег в развитие инфраструктуры в высшей школе. Например, школьная сеть – это важная инфраструктура для обучения, которая обеспечивает её эффективную работу. Кроме того, любое образовательное учреждение должно регулярно ремонтировать современное учебное оборудование. XXI век – это непрерывное развитие новых технологий, и информационная инфраструктура стала уже его неотъемлемой частью. В высшей школе Китая есть талантливые люди, которые широко применяют элементы инфраструктуры и технологии для управления личной информацией студентов».

*Чжэн Хуаньюй:*

大家好,我是来自东北林业大学的学生郑寰宇。今天我们共同讨论中小学校基础设施建设与发展的問題。过去,中国中小学校基础设施发展并不完善,一切照搬西方教育。近年来,创新意识兴起.....

«Дорогие друзья! Здравствуйте! Я студентка из северо-восточного университета лесного хозяйства. Говоря о развитии инфраструктуры информационного обеспечения в высшей школе Китая, прежде всего, надо думать о влиянии западного образования! В последние годы растут инновационные технологии. Люди понимают, что инфраструктуры учебных заведений являются разработкой школьного образования и развития. Необходимо усилить управление школьной инфраструктуры. Управление аппаратных средств школы будет подчеркивать применяемость и апробацию, а также усиленно использовать управление передовой наукой и техникой. Главное, я считаю, сосредоточиться на благоустройстве территории кампуса, зеленой экологической среде. Теперь Китай проводит политику процветания и возрождения страны за счет науки и образования, инфраструктуры».

Таким образом, без создания и дальнейшего централизованного государственного регулирования единой информационной образовательной среды, общих информационных образовательных систем, информатизации и автоматизации образования, электронных образовательных ресурсов, ИКТ-инфраструктуры, в том числе защищенной сетевой инфраструктуры доступа к образовательным ресурсам и других существенных современных условий, реализации федеральных государственных образовательных стандартов управление образовательными программами, услугами и учреждениями может нести нецелевой характер.

Правительство КНР и его руководство постоянно работают над созданием механизма взаимной поддержки и взаимодействия правительства, социума, семьи и учебного заведения, формируют благоприятный общественный климат, содействующий здоровому росту обучающихся и непрерывному совершенствованию образовательной системы, обеспечивающей возможность учиться в любом возрасте.

## Библиографический список

1. Кузнецова В.В., Машкина О.А. Образование за рубежом // Экономика образования. М. 2009. № 2. С. 64–66.

2. Ефимова Е.В., Ширшов Е.В. Организация учебной деятельности в вузе на основе информационно-образовательных технологий: монография. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2006. 208 с.

3. Образцов П.И. Информационная технология обучения как средство повышения эффективности педагогической деятельности в высшей школе // Сборник научных докладов межвузовской научно-методической конференции. М.: СГУ, 2002. С. 173–178.

4. Бобонец С.А., Костюк А.В. Информационное обеспечение образовательного процесса в условиях информатизации общества // Информационные технологии, связь и защита информации МВД России, 2012. С. 87.

УДК 378.147:372.851

**Н.Н. Черемных, О.Ю. Арефьева**

(N.N. Cheremnyh, O.Y. Aref'eva)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: ugtungmh@yandex.ru

**ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА  
НАПРАВЛЕНИЯ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ»  
НА КАФЕДРЕ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ УГЛТУ**

**GEOMETRO-GRAPHICS TRAINING  
DIRECTION "TECHNOLOGICAL MACHINERY AND EQUIPMENT"  
AT THE DEPARTMENT OF AUTOMOTIVE ENGINEERING UGLTU**

*Геометро-графическая подготовка по направлению «Технологические машины и оборудование» на сегодня продолжает оставаться одной из базовых компетенций при подготовке выпускника технического вуза. Бывшие школьники, а ныне обучающиеся УГЛТУ, только в 15–17 % случаев изучали азы черчения в средней школе. Приходится сжато излагать и закреплять работами основы начертательной геометрии и машиностроительного черчения, чтобы подвести обучающихся к машинной (компьютерной) графике. Приведены приемы работы по 2D и 3D-технологиям.*

*Geometro-graphic preparation in "technological machinery and equipment today remains one of the core competences in preparing graduate technical high school. Former students, and current students of UGLTU, only 15–17 % of the cases studied the basics of drawing in high school. Have succinctly articulate and consolidate the work foundations of descriptive geometry and engineering drawing, to bring students to the machine (computer) chart. Lists techniques for working on 2D and 3D-technology.*

Обучающиеся по направлению «Технологические машины и оборудование» изучают начертательную геометрию, инженерную и машинную графику в течение трех семестров. Это одно из немногих направлений в нашем вузе, число часов у которого на изучение графических дисциплин не изменилось за последние годы.

Начертательная геометрия, инженерная и машинная (компьютерная) графика является основополагающими дисциплинами, без знания которых невозможно создание и понимание чертежей. На основании многочисленного опыта работы с обучающимися и личной конструкторской практики показан компромиссный вариант изучения инженерной графики (как базы) и машинной (компьютерной) графики на завершающем

этапе геометро-графической подготовки по направлению 151000.62 «Технологические машины и оборудование».

При этом на основе нашего многолетнего опыта работы и общения с конструкторами и проектировщиками различных отраслей мы утверждаем, что создать и проверить машинный чертеж невозможно без знания графического языка. В связи с этим обучение машинной (компьютерной) графике начинается в 3-м семестре, когда необходимые навыки графической деятельности уже сформировались.

Мировое признание и лидерство среди графических систем автоматизированного проектирования (САПР) принадлежит системе AutoCAD. Стандарты этого графического пакета поддерживает огромное число независимых разработчиков, создавших более 5 000 специализированных приложений для AutoCAD во всех прикладных областях. Формат \*dwg, применяемый в системе AutoCAD, стал фактически всемирным стандартом. Поэтому на нашей кафедре разрабатывается и совершенствуется методика преподавания компьютерной (машинной) графики в среде AutoCAD. Обучающиеся знакомятся с интерфейсом программы, геометрическими примитивами и приемами их заданий, редактированием объектов. Они учатся проставлять размеры, выполнять штриховку и заполнять основную надпись, осваивают технологию создания чертежа и принципы работы графического пакета AutoCAD. На из первых работ, которую выполняют обучающиеся методами двумерной 2D-технологии, – это «Проекционное черчение». Проектирование ведется посредством построения плоских отображений объекта (эпюр Монжа). AutoCAD служит электронным кульманом, автоматизирующим графическую часть работы (линии, штриховку, размеры, текст).

Обучающийся должен самостоятельно продумать, какие изображения нужны для рабочего чертежа детали, какие разрезы необходимо выполнить для выявления внутренней части детали. Напомним, что рабочий чертеж должен содержать все сведения, определяющие форму и размеры детали, предельные отклонения (числовые или в виде посадки – допуски), параметры шероховатости поверхностей, покрытия, знаки совместной обработки, притирку, гибку, развальцовку. Технологические указания и, к примеру, заказ центровых отверстий не приводятся.

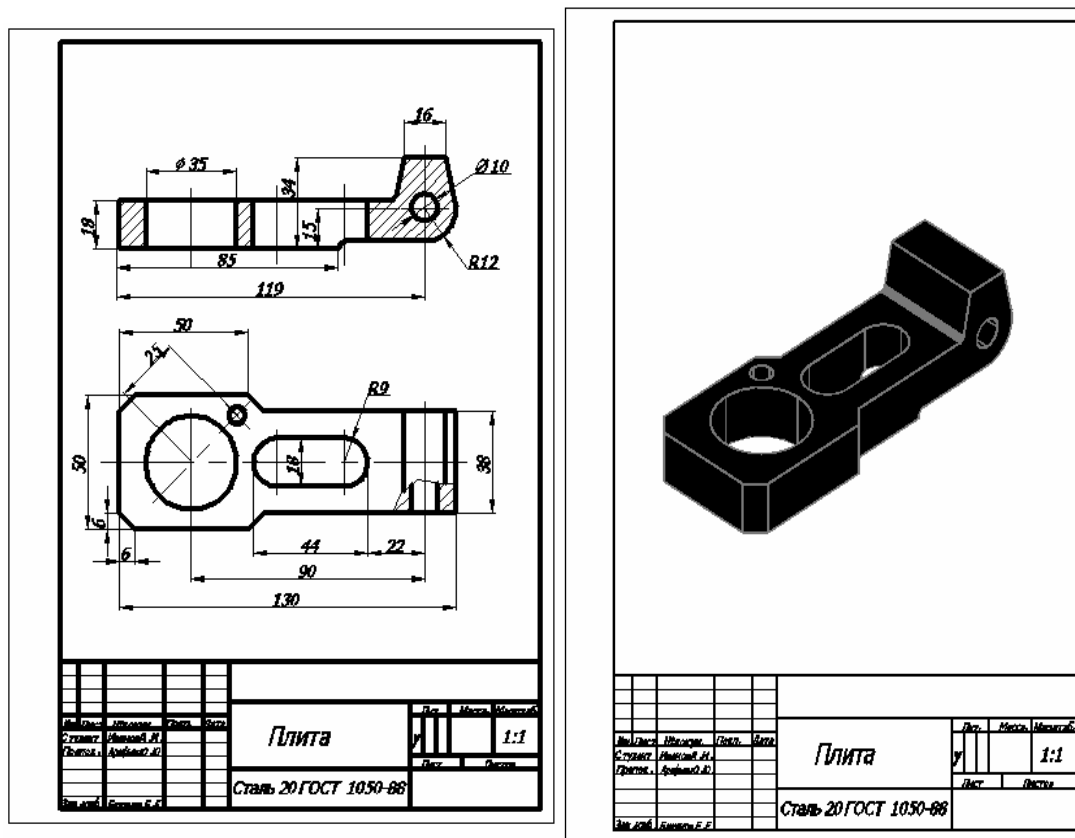
В частности, заметим, что большинство размеров при детализовке мы берем или согласовываем со сборочным чертежом. На нем должны быть приведены габаритные (минимум 3 размера и 4 при необходимости показа положения детали в крайнем положении), присоединительные, монтажные, сопряженные размеры и размеры, характеризующие основные показатели изделия.

На нашем примере, предназначенном для первокурсников, мы не ставим допуски, опустили простановку входных фасок и некоторых литейных радиусов.

После освоения основных приемов работы с графическим пакетом AutoCAD обучающиеся переходят к методам создания пространственных моделей (3D-технологиям) и их визуализации.

По 3D-технологии конструктор оперирует пространственными объектами, а не их проекциями. Метод построения пространственных объектов – творческий процесс, так как деталь можно сконструировать различными способами. Нет ограничений по способу построения. Любая деталь – это совокупность простых геометрических элементов. Ими могут быть цилиндр, параллелепипед, конус, сфера и т. д. – готовые твердотельные объекты, которые есть в AutoCAD. Более сложные участки можно представить как тела вращения или выдавливания замкнутого контура любой формы. Деталь формируется путем применения булевых операций: объединения, вычитания или пересечения созданных примитивов. На последнем этапе обучающиеся должны построить пространственную модель – деталь, проекционный чертеж которой выполняли методами

двумерной 2D-технологии. На рисунке представлены рабочий чертеж и модель плиты, построенные по различным технологиям.



Рабочий чертеж и модель плиты, выполненные по разным технологиям

Полученные знания курса дают возможность обучающимся на современном уровне выполнять графическую часть заданий по различным учебным дисциплинам в течение всего периода обучения, а также в процессе дипломного проекта.

**СОДЕРЖАНИЕ**

**THE MAINTENANCE**

Приветствие ректора .....	3
<b>Эффективность и конкурентоспособность предприятий лесного комплекса</b>	
<i>Efficiency and competitiveness of the enterprises of the forest complex</i>	
<b>А.А. Борзин, К.С. Бушуев, П.В. Королев</b> Стратегия и тактика преобразования лесной отрасли Сибири в высокотехнологичную индустрию в будущей России.....	4
<b>A.A. Borzin, K.S. Bushuev, P.V. Korolev</b> Strategy and tactics of transformation of forest industry of Siberia in high-tech industry in future Russia.....	4
<b>С.В. Костылева</b> Перспективные направления развития лесопромышленного комплекса в сфере переработки древесных отходов в Иркутской области.....	10
<b>S.V. Kostyleva</b> Prospective directions of development of timber industry complex in the sphere of processing of wood waste in Irkutsk region.....	10
<b>М.В. Кузьмина, И.А. Иматова</b> Анализ результатов борьбы с незаконными рубками в регионе.....	15
<b>M.V. Kuz'mina, I.A. Imatova</b> Analysis of the results of the fight against illegal in the region logging.....	15
<b>О.В. Мезенина</b> Прогнозная эффективность и задачи управления ресурсами лесного комплекса Свердловской области.....	19
<b>O.V. Mezenina</b> Predictive efficiency and problems of resource management of the forest complex of the Sverdlovsk region.....	19
<b>О.В. Мезенина, Д.А. Лукин</b> Управление лесным сектором экономики УрФО: краткий обзор.....	25
<b>O.V. Mezenina, D.A. Lukin</b> Forest sector's management of the Ural federal district's economics: brief overview.....	25
<b>А.В. Мехренцев, Е.Н. Стариков, В.В. Мезенова, Н.К. Прядилина, Е.С. Мезенцева</b> Современное состояние рынка древесных плит в Российской Федерации.....	30
<b>A.V. Mekhrencev, E.N. Starikov, V.V. Mezenova, N.K. Pryadilina, E.S. Mezenceva</b> Modern condition of the wood boards market in Russian Federations.....	30



<b>А.В. Мехренцев, Е.Н. Стариков, Л.А. Раменская</b> Перспективы использования механизма государственно-частного партнерства в лесопромышленном комплексе.....	35
<b>A.V. Mekhrencev, E.N. Starikov, L.A. Ramenskaya</b> Prospects of using the mechanism of public-private partnership in the timber industry complex.....	35
<b>В.Г. Новоселов</b> Проблема импортозамещения деревообрабатывающего оборудования и место УГЛТУ в ее решении.....	40
<b>V.G. Novoselov</b> Problem of import substitution of the woodworking equipment and the place of the USFEU in her decision.....	40
<b>О.А. Рублева</b> Оценка конкурентоспособности продукции деревопереработки.....	44
<b>O.A. Rubleva</b> Competitiveness evaluation of woodworking products.....	44
<b>Новые технологические решения в заготовке, переработке и отделке древесины</b>	
<i>New technological decisions in preparation, processing and finishing of wood</i>	
<b>В.В. Вараксин, А.Д. Водовозова, Д.В. Дроздов, В.Г. Уласовец</b> Особенности продольного базирования бревна перед распиловкой.....	51
<b>V.V. Varaksin, A.D. Vodovozova, D.V. Drozdov, V.G. Ulasovec</b> Features of a length log orientation before a sawing.....	51
<b>С.С. Гайдук, В.М. Чудук</b> Проектирование узлов мебели в среде многотельной детали.....	54
<b>S.S. Gajduk, V.M. Chuduk</b> Solidworks designing furniture units in the medium of multi-detail details in solidworks.....	54
<b>И.Т. Глебов</b> Инновационные технологии складов круглых лесоматериалов.....	58
<b>I.T. Glebov</b> Innovative technologies of warehouses round forest products.....	58
<b>И.Н. Медведев, В.А. Шамаев, А.Н. Семиндеев, О.И. Шакирова</b> Повышение теплопроводности древесины в процессе ее модифицирования.....	64
<b>I.N. Medvedev, V.A. Shamaev, A.N. Semindeev, O.I. Shakirova</b> The thermal conductivity of wood in the process of its modification.....	64
<b>М.В. Мотовилова, О.А. Рублева</b> Сравнительный анализ конструкционных материалов на основе измельченных отходов древесины.....	69

<b>M.V. Motovilova, O.A. Rubleva</b> Comparative analysis of structural materials based of crushed wood waste.....	69
<b>Е.И. Стенина, М.А. Андреев, Д.М. Нигматуллина</b> Консервирование древесины огнебиозащитными препаратами.....	72
<b>E.I. Stenina, M.A. Andreev, D.M. Nigmatullina</b> Wood preservation огнебиозащитными drugs.....	72
<b>Е.И. Стенина, Д.М. Нигматуллина, Е.Ю. Полищук, А.Б. Сивенков</b> Исследование адгезии ЛКП на модифицированной антипиренами подложке....	76
<b>E.I. Stenina, D.M. Nigmatullina, E.Y. Polishchuk, A.B. Sivenkov</b> Study on the adhesion of coatings on substrate with modified.....	76
<b>Е.И. Стенина, Д.Б. Карасов, Т.Ю. Чеснокова</b> Пути снижения токсичности древесно-полимерных композитов.....	79
<b>E.I. Stenina, D.B. Karasov, T.YU. Chesnokova</b> Ways to reduce toxicity of wood-polymer composites.....	79
<b>О.Н. Чернышев, Ю.И. Ветошкин, И.В. Яцун</b> Композиционный декоративный материал «Фанотрен».....	84
<b>O.N. Chernyshev, Y.I. Vetoshkin, I.V. Yatsun</b> Composite decorative material "Fanotren".....	84
<b>О.Н. Чернышев, Ю.И. Ветошкин, И.В. Яцун, Д.О. Чернышев</b> Рентгенозащитный материал на основе отходов древесины.....	87
<b>O.N. Chernyshev, Y.I. Vetoshkin, I.V. Yatsun, D.O. Chernyshev</b> X-ray protective material on the basis of wood waste.....	87
<b>А.В. Шустов</b> Целесообразность добровольной сертификации в деревообработке.....	90
<b>A.V. Shustov</b> The feasibility of voluntary certification in woodworking.....	90
<b>Г.З. Щепочкина, Ю.И. Ветошкин, С.В. Смирнов</b> Совершенствование производства древесно-стружечных плит в России.....	92
<b>G.Z. Shchepochkina, Y.I. Vetoshkin, S.V. Smirnov</b> Improvement of chipboards production in Russia.....	92
<b>Е.С. Залесова, А.В. Данчева, В.И. Крюк, Н.А. Луганский, Е.Н. Нестерова, О.В. Толкач</b> Влияние рубок ухода на качество выращиваемой древесины.....	94
<b>E.S. Zalesova, A.V. Dancheva, V.I. Kryuk, N.A. Luganskij, E.N. Nesterova, O.V. Tolkach</b> The effect of thinning on the quality of the grown wood.....	94

**Деревообработка в малоэтажном и индустриальном домостроении**

*Woodworking in low and industrial housing construction*

**Л.В. Игнатович, С.В. Шетько**

Способ изготовления паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины методом проката с одновременным приклеиванием основания..... 99

**L.V. Ignatovich, S.V. Shetko**

Method of making of parquet wares with facial layer from close-settled wood by method of rent with simultaneous gluing of founding..... 99

**И.С. Мельниченко, Г.Г. Говоров, Ю.И. Ветошкин, О.Н. Чернышев**

Древесные отходы как сырье для получения теплоизоляционных материалов..... 103

**I.S. Melnichenko, G.G. Govorov, Y.I. Vetoshkin, O.N. Chernyshev**

Wood waste as raw materials for receiving heat-insulating materials..... 103

**Прогрессивное деревообрабатывающее оборудование и инструмент**

*Progressive woodworking equipment and tool*

**С.Н. Вихарев**

Вибрационные процессы при размоле волокнистых полуфабрикатов в ножевых мельницах..... 107

**S.N. Viharev**

Vibrating processes at mill fibrous semifinished items in refiner..... 107

**С.Н. Вихарев**

Силы, действующие на волокнистый полуфабрикат в ножевых размалывающих машинах..... 114

**S.N. Viharev**

The forces working on pulp the semifinished item in reriners..... 114

**С.Н. Вихарев**

Исследование воздействий гарнитуры на волокно при размоле..... 118

**S.N. Viharev**

Research of influences plate on the fibre of mill..... 118

**А.М. Газизов**

Обоснование параметров окорки хлыстов..... 121

**A.M. Gazizov**

The validity of parameters for debarking whip..... 121

**И.Т. Глебов, А. Мартинон**

Допустимая глубина сверления древесины..... 124

**I.T. Glebov, A. Martinon**

Admissible depth of drilling of wood..... 124

<b>И.Т. Глебов, А. Мартинон</b> Транспортирование стружки при сверлении древесины.....	129
<b>I.T. Glebov, A. Martinon</b> Transportation of shaving when drilling wood.....	129
<b>Н.К. Казанцева, Е.С. Синегубова</b> Оценка соответствия колесных транспортных средств.....	135
<b>N.K. Kazanceva, E.S. Sinegubova</b> Evaluation of the conformity of wheeled vehicles.....	135
<b>В.М. Кириченко, В.Г. Новоселов</b> Причины объемной деформации боковин поперечин пильной рамки тарной лесопильной рамы.....	139
<b>V.M. Kirichenko, V.G. Novoselov</b> Reasons of volume deformation of sidewalls of cross-pieces of the saw frame of the tare sawing frame.....	139
<b>А.С. Красиков</b> Параметры круглых пил для пиления искривленных брусьев на многопильных станках.....	146
<b>A.S. Krasikov</b> Parameters of circular saws for the sawing curved bars on multi-sawing machine tools.....	146
<b>А.С. Красиков</b> Многопильный станок для искривленных брусьев.....	149
<b>A.S. Krasikov</b> Multi-sawing machine tool for the bent bars.....	149
<b>А.К. Кулешов, В.В. Углов, Д.П. Русальский, В.В. Чаевский</b> Формирование износостойких, адгезионно прочных покрытий Nb-C, NbC-Cu на твердосплавном дереворежущем инструменте.....	152
<b>A.K. Kuleshov, V.V. Uglov, D.P. Rusalsky, V.V. Chayevski</b> Formation of wear resistance Nb-C, NbC-Cu coatings on wood-cutting tool.....	152
<b>В.Г. Новоселов, Т.В. Полякова, М.Г. Тутынина</b> Влияние угловых параметров лезвий на надежность технологической системы фрезерования древесины.....	158
<b>V.G. Novoselov, T.V. Polyakova, M.G. Tutynina</b> Influence of angular parameters of edges on reliability of technological system of milling of wood.....	158
<b>П.В. Рудак, Д.В. Куйс, О.Г. Рудак</b> Методика испытаний на коррозионно-механическое изнашивание образцов быстрорежущей стали для дереворежущего инструмента с вакуумно-плазменными покрытиями.....	162
<b>P.V. Rudak, D.V. Kuis, O.G. Rudak</b> Methodology of test for corrosive-mechanical wearing of samples from high speed steel for woodworking tools with vacuum-plasma coatings.....	162

<b>П.В. Рудак, Д.В. Куис, О.Г. Рудак</b> Результаты испытаний на коррозионно-механическое изнашивание образцов быстрорежущей стали для дереворежущего инструмента с вакуумно-плазменными покрытиями.....	168
<b>P.V. Rudak, D.V. Kuis, O.G. Rudak</b> Results of tests for corrosive-mechanical wearing of samples from high speed steel for woodworking tools with vacuum-plasma coatings.....	168
<b>В.В. Чаевский, В.В. Жилинский, П.В. Рудак, В.А. Корнева, А.К. Кулешов</b> Влияние промежуточного слоя Ni-УДА на адгезию покрытия ZrN-Ni-УДА твердосплавных ножей дереворежущего инструмента.....	172
<b>V.V. Chayeuski, V.V. Zhyliniski, P.V. Rudak, V.A. Korneva, A.K. Kuleshov</b> The effect of Ni-UDD interlayer on the adhesion strength of ZrN-Ni-UDD coating on hard alloy knives of wood-cutting tool.....	172
<b>С.В. Щепочкин, Г.З. Щепочкина, А.А. Онча</b> Комбинированный станок для вальцевания и заточки ленточных дереворежущих пил.....	176
<b>S.V. Shchepochkin, G.Z. Shchepochkina, A.A. Oncha</b> Combined machine for sheeting and sharpening of wood cutting band saws.....	176
<b>С.В. Щепочкин, Ф.Д. Анисимов</b> Методика экспериментального исследования тепловых процессов при пилении круглыми пилами.....	179
<b>S.V. Shchepochkin, F.D. Anisimov</b> Method of experimental investigation of heat processes in cutting circular saws.....	179
<b>С.Б. Якимович, А.В. Мехренцев, М.А. Тетерина</b> Многофункциональный движитель на принципе совмещенного шаговиброкачения.....	186
<b>S.B. Yakimovich, A.V. Mekhrencev, M.A. Teterina</b> Multifunctional mover on the principle of combined segavereline.....	186
<b>Г.В. Алифировец, С.А. Гриневич</b> Сопоставление методов расчета сил и мощности резания на профиляторах линий агрегатной обработки.....	194
<b>G.V. Alifirovez, S.A. Grinevich</b> Comparison of methods of calculation of forces and cutting power on profilatore lines aggregate.....	194
<b>А.Ф. Аникееenko, А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин, Т.А. Машорипова</b> Технологические режимы сверления ламинированных древесностружечных плит, обеспечивающие установленное качество.....	197
<b>A.F. Anikeenko, A.A. Grishkevish, V.N. Garanin, T.A. Masharipova</b> Technological modes of drilling in laminated chipboard to ensure established quality.....	197

<b>А.В. Белый, В.Н. Гаранин, А.А. Гришкевич, А.Ф. Аникеенко</b> Особенности нанесения упрочняющих покрытий при исследовании износостойкости фрезерного дереворежущего инструмента.....	202
<b>A.V. Belyj, V.N. Garanin, A.A. Grishkevich, A.F. Anikeenko</b> Features of the application hard coatings during the study of wear resistance woodworking mills.....	202
<b>А.В. Белый, А.А. Гришкевич, С.А. Гриневич, Г.В. Алифировец</b> Увеличение периода стойкости профилирующих ножей фрезерно-брусующих машин.....	209
<b>A.V. Belyj, A.A. Grishkevish, S.A. Grinevich, G.V. Alifirovez</b> Increase the lifespan of the knives milling machines brussa.....	209
<b>А.А. Гришкевич, В.С. Вихренко, В.Н. Гаранин, А.Ф. Аникеенко, Д.Л. Болочко</b> Адаптивный рефлекторный фрезерный инструмент и особенности расчетов его конструкции.....	213
<b>A.A. Grishkevich, V.S. Vikhrenko, V.N. Garanin, A.F. Anikeenko, D.L. Bolochka</b> Adaptive reflectory milling tools and peculiarities of payment of its construction.....	213
<b>А.А. Гришкевич, О.И. Костюк</b> Режимы шлифования древесины сосны, определяющие качество поверхности и период стойкости инструмента.....	221
<b>A.A. Grishkevish, O.I. Kostyuk</b> The modes of grinding of pine wood, which determine the surface quality and tool life.....	221
<b>А.А. Гришкевич, О.И. Костюк, В.Т. Швед</b> Механизм очистки шлифовальной ленты для машины Bulldog FRC-910.....	224
<b>A.A. Grishkevish, O.I. Kostyuk, V.T. Shved</b> The cleaning mechanism of the sanding belt for machine Bulldog FRC-910.....	224
<b>И.К. Клепацкий, В.В. Раповец</b> Энергоэффективные режимы обработки древесины фрезерным адаптивным инструментом.....	227
<b>I.K. Klepatskiy, V.V. Rapovets</b> Energy efficient forms of wood processing by milling adaptive tools.....	227
<b>С.А. Гриневич, А.Н. Матяс</b> Изучение влияния натяжения клиновых ремней в приводах резания фрезерных дереворежущих станков на мощность холостого хода.....	231
<b>S.A. Grinevich, A.N. Matas</b> Investigate the influence of the v-belts tension milling woodworking machines in cutting drive on idle power.....	231

**Проблемы безопасности и экологии в переработке древесины**

*Problems of safety and ecology in wood processing*

**В.Н. Старжинский, С.В. Совина**

Теоретические основы акустического расчета  
оборудования по производству тетрадей..... 236

**V.N. Starzhinskij, S.V. Sovina**

Theoretical basis for acoustic calculation  
of equipment for the production of notebooks..... 236

**Проблемы профессионального образования и инжиниринга  
в деревообработке**

*Problems of professional education and engineering  
in the woodworking*

**Л.Т. Раевская, В.А. Калентьев**

Роль современных технологий обучения в формировании компетенций..... 241

**L.T. Raevskaya<sup>1</sup>, V.A. Kalent'ev**

The role of modern technologies of training in forming competencies..... 241

**Н.Ф. Старыгина, Сюй Вэйцзяо, Вансы Вэнь, Чжоу Цинго,**

**Юй Чжо, Чжэн Хуаньюй**

Инфраструктура информационного обеспечения в высшей школе Китая..... 246

**N.F. Starygina, Syuj Vehjczyao, Vansy Vehn', CHzhou Cingo,**

**Yuj CHzho, Chzhehn Huan'yuj**

Information provision infrastructure in educational institutions of China..... 246

**Н.Н. Черемных, О.Ю. Арефьева**

Геометро-графическая подготовка  
направления «Технологические машины и оборудование»  
на кафедре автомобилестроения УГЛТУ ..... 249

**N.N. Cheremnyh, O.Y. Aref'eva**

Geometro-graphics training  
direction "Technological machinery and equipment"  
at the department of automotive engineering UGLTU..... 249

Научное издание

**ДЕРЕВООБРАБОТКА:**  
**ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА**

**ТРУДЫ**  
**XII МЕЖДУНАРОДНОГО**  
**ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА**  
**19–22 сентября 2017 г.**

ISBN 978-5-94984-626-1



Редактор К.В. Корнева  
Компьютерная верстка Е.А. Газеевой

---

Подписано к использованию 01.09.2017  
Уч.-изд. л. 19,4 Усл. печ. л. 15,34  
Тираж 100 экз. (Первый завод 50 экз.)  
Объем 26 Мб  
Заказ №

---

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»  
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37  
Тел.: 8(343)262-96-10. Редакционно-издательский отдел

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»  
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2  
Тел.: 8(343)362-91-16