

УДК 621.9.01

Повышение эффективности автоматизированного лесопильного комплекса с круговым вращательно - поступательным движением полотен

Блохин Михаил Анатольевич

hornet10@yandex.ru

Гаврюшин Сергей Сергеевич

gss@bmstu.ru

Сиротов Александр Владиславович

sirotov@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Представлены базовые исходные материалы по деревообрабатывающему комплексу, раскрывающие его преимущества перед конкурентными образцами отечественного и зарубежного станкостроения аналогичного функционального назначения. Рассмотрены, решены и реализованы задачи: динамический баланс пильного блока нового вида, состоящего из шести пильных модулей, совершающих круговое вращательно-поступательное движение; создание автоматизированного оперативного самоблокирующегося перепозиционирования шести пильных модулей, несущих от одного до трех пильных полотен каждый; автоматизация контролируемого натяжения полотен. Определены параметры и проведена оценка надежности механизмов оборудования и используемых микроэлектродвигателей, обеспечивающих процесс автоматизации при выпуске паркетной и обрезной доски, а также — ламели.

Ключевые слова: пильный модуль, пильный блок, автоматизация, пильное полотно

Введение. Россия, обладая лесным богатством, отстает в области создания современного лесопильного оборудования [1–7] и призывает разработчиков приложить усилия по обеспечению преимущества и технологического суверенитета, а также конкурентоспособности государства, с одновременным повышением качества и объема выпускаемой продукции [8–15], что соответствует «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».

Многолетняя инициативная работа, в основном сотрудников и выпускников МГТУ им. Н.Э. Баумана [16–20], позволила решить сложную задачу с восьмью независимыми параметрами по конструированию автоматизированного распиловочного комплекса нового поколения. При этом конструкторское решение позволяет полностью роботизировать процесс распиловки с наибольшим коэффициентом используемого материала, учитывая факт выпускаемого пиломатериала из ценных и редких пород древесины.

Работа поддержана следующими изобретениями.

1) Многопильный блок с электромеханическим позиционированием пильных модулей. Патент на изобретение РФ № 2647274, заявка № 2016129703 от 20 июля 2016 г. Авторы Блохин М.А., Гаврюшин С.С.

2) Многопильный модуль «Триумф». Патент на изобретение РФ № 2752272, заявка № 2020124420 от 23 июля 2020 г. Авторы Блохин М.А., Гаврюшин С.С.

3) Положительное заключение международной предварительной экспертизы. Международная заявка PCT/RU 99/00102 — Пильный модуль, пильный блок и устройство для распиловки. Заявка от 15.02.1997 г.

Научные основы работы представлены в двух учебных пособиях, 57 научно-популярных и специальных статьях, трех диссертационных работах на соискание ученой степени т.н., одна диссертационная работа на соискание ученой степени д-ра техн. наук.

Основной потребитель оборудования — предприятия малого и среднего бизнеса с годовым объемом пилопродукции 10.000,0–100.000,0 м³ в год при быстрой и точной автоматизированной перенастройке станка на другие размеры выпускаемых деталей с высокими потребительскими показателями: обрезная и паркетная доска, ламель и др.

Определенные теоретические и научно-исследовательские работы в этом направлении как у нас (СССР, Россия), так и за рубежом (США, Финляндия, СССР, Россия) проводились, но безрезультатно. Например, в тематический план НИИДРЕВМАШ (Москва) была включена работа по созданию «Устройства для распиловки древесины», конструктивная схема которого была заявлена в Госкомитет СССР по делам изобретений и открытий № 734164 от 09.06.1961. Марийский ордена Дружбы народов политехнический институт им. А.М. Горького в 1983 г подал заявку на изобретение «Лесопильная рама» № 3536885/29-15 от 11.01.83. Кировский политехнический институт — патент на изобретение «Лесопильная рама» № 1068283«А» от 11.01.83. Результаты — отрицательные.

В доступных публикациях данные о разработках и внедрении в конкретные системы технических решений по вышеизложенной проблеме отсутствуют.

Проведенные предварительные патентные исследования показали заинтересованность деревопереработчиков, как нашей страны, так и за рубежом, в решении этой научной конструкторско-технологической задачи с множеством независимых переменных.

Потребность рынка станков с аналогичным функциональным назначением — от 150 до 2500 штук в год и более (с учетом заинтересованности зарубежных потребителей: Индия, Новая Зеландия, Вьетнам, Иран и т. п.).

Необходимость и целесообразность приобретения потребителем указанного оборудования диктуется заменой морально устаревшего и изношенного станочного парка, что одновременно позволит повысить производительность, качество выпускаемой продукции, рентабельность производства и мобильность используемого оборудования.

Общие сведения о лесопильном комплексе «Триумф». К перспективным образцам нового поколения деревообрабатывающего оборудования можно отнести лесопильный комплекс «Триумф», схематично представленный на рис. 1.

Основным звеном пильного блока комплекса является пильный модуль (рис. 2).

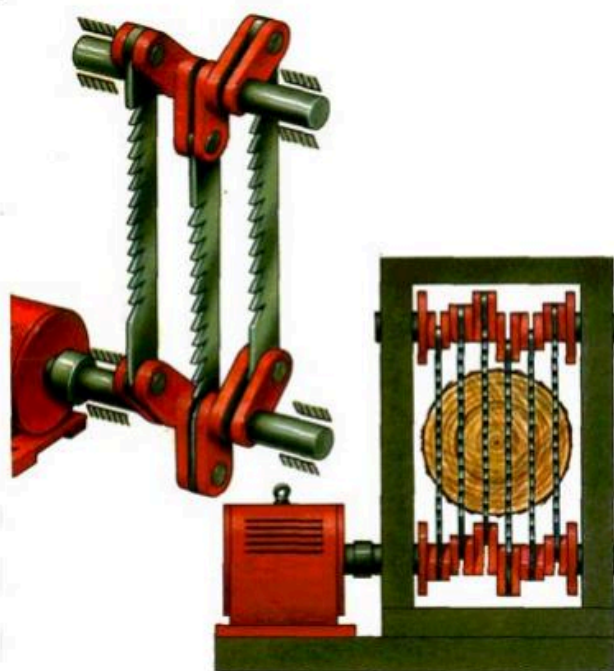


Рис. 1. Схема лесопильного комплекса «Триумф» с круговым вращательно-поступательным движением полотен

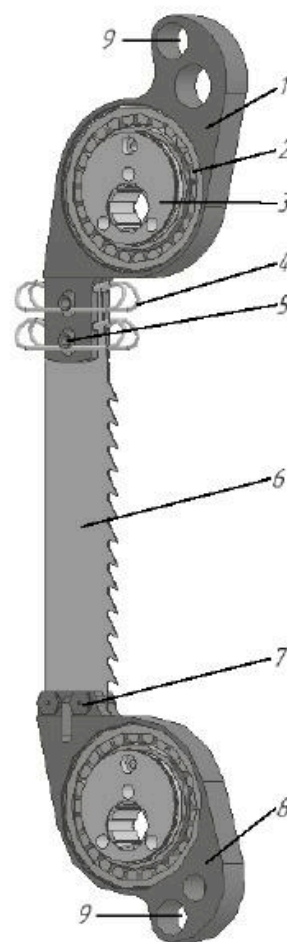


Рис. 2. Пильный модуль:

1 — верхний шарнир; 2 — подшипник; 3 — эксцентрик; 4 — пружина; 5 — палец; 6 — пильное полотно; 7 — крепеж; 8 — нижний шарнир; 9 — место установки дополнительной корректирующей массы

Расположенные на шлицевых валах пильные модули образуют пильный блок (рис. 3). Заданное угловое расположение пильных модулей относительно друг друга обеспечивает динамический баланс с нулевой инерционной нагрузкой в опорах шлицевых валов 1 (рис. 3).

Автоматизированный пильный блок выполнен в двух варианном исполнении: для выпуска обрезных досок и паркета; для выпуска ламелей. Пильные блоки являются взаимозаменяемыми. При этом перепозиционирование пильных модулей на валах блока может быть выполнено в ручном режиме и автоматизированном дистанционном управлении (не показано).

Основные характеристики станочного комплекса «Триумф». Анализ принципиальной схемы многопильного блока с круговым поступательным движением полотен и состояния используемых в настоящее время образцов распиловочного оборудования указывают на возможность создания нового станочного комплекса с представленными ниже характеристиками, превышающими лучшие мировые образцы, в том числе, станками класса Р63-4Б.

Стоимость комплекса на 10.05.2023 г. оценивается в 1,8–2,2 млн рублей без затрат на инфраструктуру. Подключение к энергосетям и т. п. требует дополнительных затрат ~ 35–50 % от стоимости самого станка.

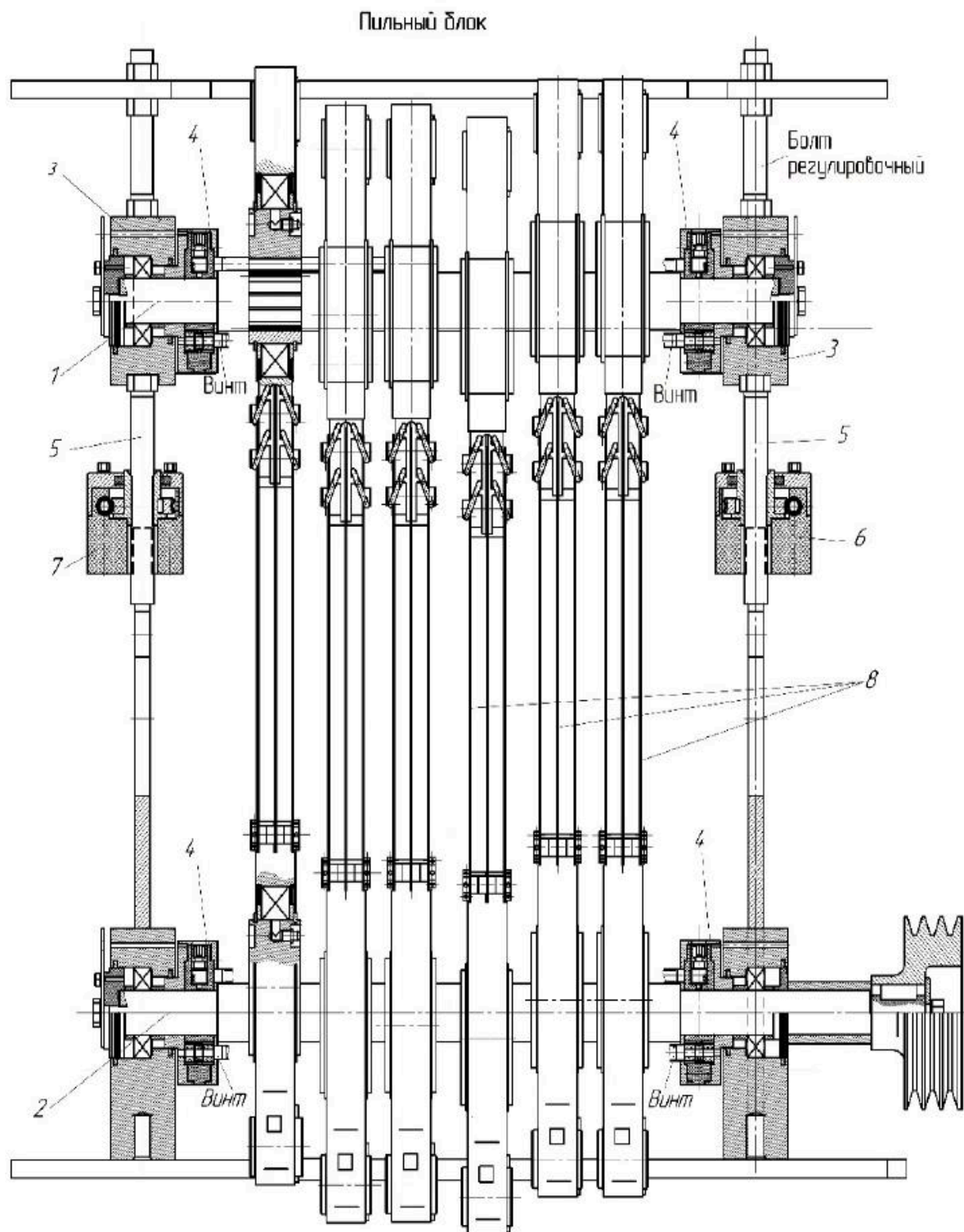


Рис. 3. Пильный блок с пильными модулями, совершающими круговое вращательно-поступательное движение:

1 — верхний вал; 2 — нижний вал; 3 — опоры верхнего и нижнего валов; 4 — манипулятор перепозиционирования пильных модулей; 5 — болт подъемника; 6 — подъемник правый; 7 — подъемник левый; 8 — пильные полотна

Сравнительные параметры станка «Триумф» по отношению к станку Р63-4Б:

1) снижение энергопотребления в 2,5–4 раза, поскольку, в любой момент времени, процесс пиления осуществляется только одним (из шести) пильным модулем, снабженным одним, двумя или тремя пильными полотнами из установленных 6, 12 или 18 соответственно (см. ниже);

2) снижение веса самого станка в 3–5 раз за счет замены возвратно-поступательных движений пильных полотен (пильного блока) на их круговое, плоское, вращательно-поступательное движение и обеспечения динамического баланса действующих сил;

3) улучшение качества поверхности распила за счет двухкратной обработки каждой единицы поверхности основным и двумя рядом расположенными зубьями (режущими элементами), при повышении точности распиловки (разнотолщинности по длине доски) с параметра ГОСТ 24454–80 $\pm 1,0...2,0$ мм (для средней толщины доски 23 мм) до значения $\pm 0,1...0,2$ мм (зона упругих деформаций древесины в зоне пропила);

4) повышение коэффициента использования древесины более чем на 10 %, при изготовлении ламели, обрезных досок различной толщины, в том числе паркетной доски;

5) вес и габариты станка, а также практическое отсутствие динамических сил в опорах позволит осуществлять его рабочий монтаж на барже, железнодорожной платформе, ином немассивном фундаменте, или без него;

6) упрощена работа с листовницей при подаче ПАВ (поверхностно-активное вещество) в зону резания (пропил);

7) комплекс прост в наладке и эксплуатации;

8) наличие коротких пильных полотен с длиной, превышающей размер заготовки всего лишь на величину диаметра эксцентриситета вращения пильных модулей, значительно повышает их жесткость и устойчивость, что позволяет использовать полотна из ленты;

9) увеличение суточной производительности станка предлагаемой модели по сравнению с лесорамами типа Р63-4Б или РМ-50 — в 2–4 раза, ленточнопильным оборудованием любого класса — в 3–4 раза, круглопильным оборудованием (для малых и средних предприятий) — в 2–4 раза;

10) практическая ценность оборудования заключается в ресурсосбережении при распиловке, при изготовлении самого оборудования (малая металлоемкость), а также при реализации использования лесных ресурсов в труднодоступных районах с малым автономным энергопотреблением, а также на землях с избыточным увлажнением почвы.

Конкурентоспособность, как и план производства, выпускаемого оборудования, определяется его функциональными возможностями, себестоимостью, налоговыми льготами (технологическая независимость и т. п.), продажной ценой, эксплуатационными характеристиками (мобильностью, энергопотреблением, коэффициентом использования древесной заготовки, автоматизацией, роботизацией оборудования и т. п.), а также техническими и технологическими

возможностями изготовителя (соисполнителей), серийностью его выпуска, рекламой. Рыночный спрос также зависит от экономической или иной заинтересованности производителя-продавца, его организационно-правовой формы, интеллекта, постоянной связи с рынком и пониманием его запросов, поэтапного совершенствования выпускаемого продукта, а также от уровня и качества производственно-технического обучения потребителя (покупателя).

Рынок лесопильного оборудования России (по состоянию на 2020 год). Потребности рынка в лесопильном оборудовании, в частности, в многопильных станках первого и второго ряда, в последние годы покрывались в основном за счет увеличения роста объемов ввоза зарубежной техники. Доля импорта в различных сегментах варьировалась от 80 до 95 %, а в целом в соответствии с данными таможенной службы по итогам 2016 года на долю зарубежных поставок пришлось 90 % российского рынка. В основном это — двухленточные станки проходного типа с торцевым зажимом бревна; горизонтальные и вертикальные ленточнопильные станки.

Бесспорным лидером среди марок, ввозимых за период с 2013 по 2016 г. являлась марка «Вудмайзер» из США (ленточнопильный). Так, по итогам 2015 года ее доля составила около 50 %. На втором месте расположилась продукция марки «Примултини» из Италии — 30 %.

Оценивая перспективы рынка деревоперерабатывающего оборудования (распиловочного) в целом, и сегмента (многопильные станки первого и второго ряда и пиломатериалы) в частности, эксперты рынка отмечали, что рынок в конце 2016 года нащупал дно, и его ожидает медленное восстановление в течение 3–5 лет.

Спрос на распиловочное оборудование в ближайшее время будет поддерживаться:

- масштабными потребностями жилищно-коммунального и иного строительства в рамках крупных государственных проектов, в том числе и на территориях опережающего развития;
- повышенным спросом зарубежных потребителей;

Еще один фактор, влияющий на спрос — состояние распиловочного многопильного оборудования аналогичного функционального назначения, выпущенного в СССР (только станков модели Р63-4Б — было выпущено более 200 000 штук) и, эксплуатируемого на территории РФ. По экспертным оценкам средний уровень износа составляет ~ 95–98 %, при этом в середине 2000-х годов износ был на уровне ~ 95 %. Сокращение закупок в 2010–2016 годах привело к повышению уровня износа, что потребует замены физически и морально устаревшей техники.

По оценкам экспертов, в 2018 году рынок составлял 20–30 % от уровня 2008 года, а в 2019 году увеличился на 5–10 %.

Предполагается восстановление и дальнейший рост спроса продукции после кризисов 2008–2009, 2014–2017 годов, учитывая высокий потенциал рынка в потреблении высококачественной пилопродукции по стандартам Европейского Союза;

Рыночной предпосылкой реализации технологического направления является высокий спрос на данный вид продукции, как в России, так и за рубежом (страны БРИКС). Потенциальная годовая потребность российского рынка продукции может достигать объема, до кризисного 2008 года, в пределах 1500–2000 единиц в год и более. Потенциальная емкость зарубежных рынков: 1000–3000 единиц в год (изучено слабо).

На отечественном рынке доминирует(овала) зарубежная техника США (Вудмайзер), Италии (Примултини), Финляндии (Кара), однако, изменения на рынке, связанные с ослаблением рубля и вводом административных барьеров со стороны стран Запада, позволяют отечественным компаниям увеличить свою долю, как на отечественном, так и на зарубежном рынках.

Информация о выпуске лесопильного оборудования в РФ, как одноэтажных лесорам (типа Р63-4Б), так и ленточнопильных и круглопильных станков, а также об импорте аналогичного оборудования, не регламентирована на государственном уровне. Однако эксперты, по результатам прошедших специализированных выставок в различных городах России, а также на базе информации из периодической печати, научно-популярных и специализированных журналов и иных источников предлагали следующую оценку потребления рынком лесопильного оборудования предприятиями малого и среднего лесопиления за последние годы (2009–2022 гг.).

Оборудование аналогичного функционального назначения (Р63-4Б) потреблялось на внутреннем рынке (только для Европейской части) общим количеством около 50–200 шт. в год (без учета круглопильных станков).

Ленточнопильного оборудования различного класса производилось в России по 400–600 единиц в год. Аналоги: JFCO Forestor (Англия), Huzgvarna (Швеция), Mini-Profi PEZZJLATO (Италия), Гравитон (Россия), Кедр-1000 (Россия).

Импорт ленточнопильного оборудования оценивается в 500–700 единиц в год.

По круглопильному оборудованию данных нет.

Общее потребление только Россией станков (лесорам и ленточнопильных) в 2023–2025 гг. может составлять 1100÷1500 шт. в год и более.

Внешний рынок изучен слабо и требует дополнительного анализа. Возможно восстановление традиционных связей с Индией, Ираном, другими странами БРИКС и Африканского континента.

Необходимо учесть наличие санкций западных стран.

Заключение. В результате проведенных работ и исследований:

– возникла научная школа по изучению и эксплуатации особенностей деревообрабатывающего оборудования нового поколения

– выявлено преимущество разработанного (изучаемого) оборудования по сравнению с показателями станка марки Р63-4Б — близкого по функциональному назначению:

- 1) снижение энергопотребления в 2,5–4 раза;
- 2) снижение веса самого станка в 3–4 раза;

- 3) улучшение качества и точности обрабатываемой поверхности в 5–10 раз;
- 4) увеличение суточной производительности по сравнению с лесорамами типа Р63-4Б или РМ-50 в 2–4 раза, ленточнопильным оборудованием любого класса в 3–6 раз, круглопильным оборудованием (для малых и средних предприятий) в 2–4 раза;
- 5) повышение коэффициента использования древесины более чем на 10 %, при изготовлении ламели, обрезных досок различной толщины, в том числе паркетной доски;
- 6) возможность рабочего монтажа без фундамента с элементами повышенной мобильности;
- 7) простота в изготовлении, наладке и эксплуатации, а также отсутствие вибрации и снижение шума работы механизма на 5–10 дБ по сравнению с показателями станка марки Р63-4Б;
- 8) ресурсосбережение при распиловке и изготовлении самого оборудования.

Список источников

- [1] Huvi Rieno, Heikki Vuori. Patent no. 25783 Finland, 1953.
- [2] McGehee J.W. Reciprocating gang saw. Patent no. 3929048 USA, 1975.
- [3] Бартошевич Ю.К. *Устройство для распиловки древесины*. Авт. свидетельство № 146019 СССР, МПК В27В15/04 В27В15/00, 1962.
- [4] Буйнов Р.И. *Лесопильная рама*. Патент № RU1771443С РФ, 1992.
- [5] Акпанбетов С.Б. *Лесопильная рама для продольной распиловки бревен*. Патент № RU2058884С1 РФ, 1996.
- [6] Гузиков В.А., Матюхин А.В., Страхов А.В. *Устройство для распиловки древесины*. Патент № 2060872 РФ, В27В 3/00, 1996.
- [7] Юрьев А. Идея, воплощенная через 100 лет. *Техника — молодежи*, 1998, № 6, с. 4–6.
- [8] Прокопов В.С. *Разработка методики численного анализа динамических характеристик многопильного станка с круговым поступательным движением дереворежущих полотен*. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2013, 18 с.
- [9] Блохин М.А. *Исследование, разработка и создание лесопильного оборудования с круговым поступательным движением пильных полотен*. Дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 2015.
- [10] Блохин М.А., Гаврюшин С.С. *Многопильный блок с электромеханическим позиционированием пильных модулей*. Патент № 2647274 РФ, 2006.
- [11] Блохин М.А., Гаврюшин С.С. *Многопильный модуль «Триумф»*. Патент № RU2752272С1 РФ, 2021.
- [12] Гаврюшин С.С., Блохин М.А., Фунг В.Б. Анализ лесопильного станка с использованием виртуальной математической модели. *Наука и Образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана*, 2014, № 12, с. 128–136. <https://doi.org/10.7463/0815.9328000>
- [13] Фунг В.Б., Данг М.Х., Гаврюшин С.С. Разработка математической модели для процесса управления жизненным циклом многопильного станка нового типа. *Наука и Образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана*, 2017, № 2, с. 87–109. <https://doi.org/10.7463/0217.0000958>
- [14] Фунг В.Б. *Автоматизация и управление процессом принятия решений при многокритериальном проектировании пильного блока лесопильного станка*. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2018, 185 с.

- [15] Гаврюшин С.С., Фунг В.Б. Анализ лесопильного станка с использованием виртуальной математической модели. *Наука и Образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана*, 2014, № 12, с. 128–136.
- [16] Бидерман В.Л. *Теория механических колебаний*. Москва, Высш. шк., 1980, 408 с.
- [17] Болотин В.В. *Динамическая устойчивость упругих систем*. Москва, Изд-во Техникотерет. лит-ры, 1956, 600 с.
- [18] Гаврюшин С.С., Николаева А.С. Метод смены подпространства управляющих параметров и его применение к задачам синтеза нелинейно деформируемых осесимметричных тонкостенных конструкций. *Известия РАН. Механика твердого тела*, 2016, № 3, с. 120–130.
- [19] Гаврюшин С.С. Элементы упругой деформации для функциональных устройств робототехнического оборудования. *Мехатроника*, 2000, № 5, 16 с.
- [20] Валиашвили Н.В., Гаврюшин С.С. *Сопротивление материалов и конструкций*. Москва, Юрайт, 2017, 429 с.

Increasing the efficiency of an automated saw mill with circular rotary-translational motion of blades

Blokhin Mikhail A.

hornet10@yandex.ru

Gavriushin Sergei S.

gss@bmstu.ru

Sirotov Alexander V.

sirotov@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

The article presents basic source materials on the woodworking complex, revealing its advantages over competitive models of domestic and foreign machine building of similar functional purpose. The following tasks are considered, solved and implemented: dynamic balance of a new type of saw block, consisting of six saw modules performing a circular rotary-translational motion; creation of automated operational self-locking repositioning of six saw modules, each carrying from one to three saw blades; automation of controlled tension of blades. The parameters have been defined and the reliability of the equipment mechanisms and the micro-electric motors used, which ensure the automation process during the production of parquet and edged boards, as well as lamellas, has been assessed.

Keywords: saw module, saw block, automation, saw blade