

DOI: 10.58168/TBiEc2025_291-297

УДК 630.363.7

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РУБИЛЬНЫХ МАШИН ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ

INCREASE EFFECTIVENESS CHIPPER AT RECYCLABLE WOOD

Прокопенко С.В., аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Prokopenko S.V., graduate student FGBOU VO «Voronezh state forestry university the name G.F. Morozova», Voronezh, Russia

Попиков П.И., профессор, д.т.н. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Popikov P.I., professor, doctor technical of sciences FGBOU VO «Voronezh state forestry university the name G.F. Morozova», Voronezh, Russia.

Платонов А.А., доцент, к.т.н. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Platonov A.A., assistant professor, candidate technical of sciences FGBOU VO «Voronezh state forestry university the name G.F. Morozova», Voronezh, Russia.

Аннотация: рассмотрение и оценка проектных решений, реализованных в механизмах для дробления материалов, в частности, древесины. Анализ ориентирован на выявление ключевых элементов конструкции и их влияния на эффективность и функциональность оборудования. Исследуются различные типы рубильных машин, акцентируя внимание на принципах их работы и применяемых технологиях.

Abstract: consideration the assessment design of decisions, implemented at mechanisms for crushing materials, at particular, wood. Analysis oriented on revealing key elements constructions their influences on efficiency the functionality equipment. Are being investigated various types рубильных of cars, emphasizing attention on principles their work the applied technology.

Ключевые слова: топливная щепа, рубильные машины, привод рубильных машин.

Keywords: energy plantations, fuel wood chips, chipper, chipper drive, chipper drive.

В последние годы в лесной индустрии все более важным становится вопрос эффективного использования лесных ресурсов. Решение видится во внедрении малоотходных и безотходных технологий при заготовке и обработке древесины. Одним из ключевых направлений развития лесной и деревообрабатывающей отраслей в этом контексте является переработка отходов деревопроизводства и низкосортной древесины в технологическую щепу. Такой подход способствует увеличению объема доступной деловой древесины, сохраняет лесные территории, снижает издержки на восстановление лесов и

заготовку древесины, а также позволяет повысить выход древесины с единицы площади леса на 25-30% [1].

Во многих странах мира энергетика, основанная на растительной и древесной биомассе, становится рентабельной и конкурентоспособной по сравнению с энергетикой на ископаемом топливе. Учитывая особенности растительности в нашем регионе, этот метод особенно перспективен для развития биоэнергетики, благодаря наличию значительных запасов промышленного леса, равнинного рельефа, развитой инфраструктуры для распределения энергии и тепла, современных предприятий энергетического и общего машиностроения, а также высокого уровня технической подготовки населения.

Важным элементом процесса производства топливной щепы являются рубильные машины. Существует широкий спектр рубильных машин, которые значительно различаются по своей конструкции. Среди оборудования, используемого в процессе производства топливной щепы, рубильная машина является одним из самых энергоемких, сложных и дорогостоящих агрегатов [1].

В зависимости от типа рабочего органа, рубильные машины классифицируются на несколько типов: дисковые (с плоским или геликоидальным диском и радиально расположенными ножами), барабанные (с барабаном цилиндрической или конической формы и ножами на внешней поверхности), шнековые (с коническим винтовым ножом) и валковые (с двумя валами в качестве рабочих органов) (рисунки 1). Разнообразие конструкций измельчителей древесины обусловлено широким спектром моделей, применяемых для получения щепы. Среди оборудования, задействованного в технологической цепочке производства щепы, рубильная машина выделяется как наиболее затратная по энергии, сложная в устройстве и дорогостоящая.

Классификация рубильных машин (см. рис. 1) основывается на типе рабочего органа. Выделяют дисковые измельчители, где рабочий орган представляет собой плоский или профилированный диск с радиально закрепленными ножами или резцами; барабанные машины, оснащенные барабаном (цилиндрической или конической формы) с ножами или резцами, расположенными на внешней поверхности; шнековые (винтовые) машины, имеющие конический винтовой нож в качестве рабочего органа; и валковые машины, рабочий орган которых состоит из двух валов.

Дисковые рубильные машины характеризуются высокой производительностью и способностью перерабатывать древесину различных пород и диаметров. Конструкция дисковых машин позволяет получать щепу с достаточно однородными размерами, что важно для дальнейшего использования в технологических процессах, например, в целлюлозно-бумажной промышленности. Регулировка размера щепы осуществляется путем изменения скорости подачи древесины и количества ножей на диске.

Барабанные рубильные машины находят применение в основном для переработки крупномерной древесины и отходов деревообработки. Конструкция барабана обеспечивает более стабильную и равномерную подачу материала к ножам, что позволяет достигать

высокой производительности при переработке толстых бревен. Однако, барабанные машины, как правило, требуют более мощного привода по сравнению с дисковыми, что отражается на энергопотреблении.

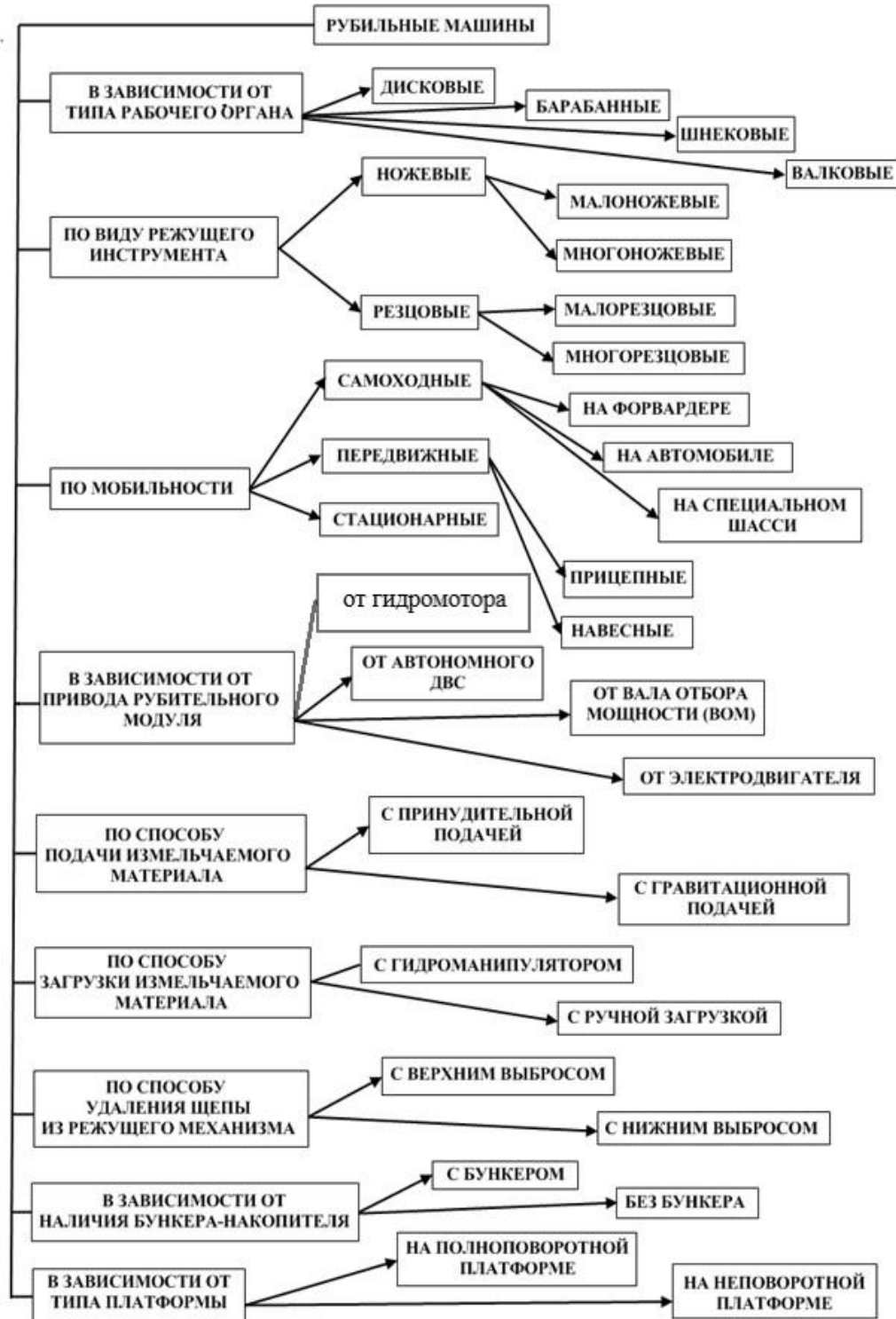


Рисунок 1 - Классификация рубильных машин

В отличие от дисковых рубильных машин, барабанные рубильные машины формируют щепу с менее стабильными геометрическими параметрами. Это обусловлено тем, что режущий инструмент в барабанных рубильных машинах, как правило, совершает сложное движение, не лежащее в одной плоскости. Кроме того, подача сырья в зону резания часто осуществляется под разными углами, что приводит к изменению угла среза щепы в зависимости от размеров и формы перерабатываемого материала.

Нестабильность геометрических размеров щепы, произведенной на барабанных рубильных машинах, может приводить к ряду проблем в целлюлозно-бумажной промышленности. Во-первых, такая щепа сложнее поддается сортировке, что увеличивает количество отходов и снижает выход готовой продукции. Во-вторых, неравномерность размеров щепы может негативно сказываться на процессе варки целлюлозы, приводя к снижению ее качества и увеличению расхода химических реагентов. В-третьих, щепа с нестабильными геометрическими параметрами может создавать проблемы при транспортировке и хранении, например, увеличивать риск самовозгорания.

Современные разработки направлены на совершенствование конструкции барабанных рубильных машин с целью повышения стабильности геометрических размеров производимой щепы [2]. Это достигается за счет оптимизации траектории движения режущего инструмента, усовершенствования системы подачи сырья и внедрения автоматизированных систем контроля и управления процессом измельчения.

Для более полного понимания преимуществ барабанных рубильных машин необходимо учитывать и экологический аспект. Эффективная переработка древесных отходов с их помощью способствует снижению объема отходов, направляемых на полигоны, и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду. Полученная щепа может использоваться в качестве биотоплива, для производства бумаги, ДСП и других материалов, что способствует устойчивому управлению ресурсами и переходу к экономике замкнутого цикла.

Кроме того, современные барабанные рубильные машины отличаются повышенной безопасностью эксплуатации [3]. Они оснащены системами автоматической остановки при возникновении нештатных ситуаций, защитными кожухами и другими элементами, предотвращающими травматизм персонала. Эргономичное расположение органов управления и контроля облегчает работу оператора и снижает риск ошибок.

Стоит отметить, что выбор между барабанной и дисковой рубильной машиной зависит от конкретных условий производства и требований к конечному продукту. Если приоритетом является высокая однородность щепы и строгое соответствие заданным размерам, то дисковые машины могут быть предпочтительнее.

Однако, когда требуется высокая производительность, неприхотливость к сырью и экономичность, барабанные машины становятся оптимальным выбором.

В перспективе развитие барабанных рубильных машин связано с внедрением новых материалов и технологий, направленных на повышение их износостойкости,

энергоэффективности и автоматизации [3]. Применение современных систем управления и контроля позволит оптимизировать процесс измельчения, снизить энергопотребление и повысить качество щепы. Это, в свою очередь, будет способствовать дальнейшему расширению области применения барабанных рубильных машин и повышению их конкурентоспособности на рынке оборудования для переработки древесины. Размер получаемой щепы также является важным параметром. Он зависит от настроек рубильного механизма и может варьироваться в широких пределах. Щепа крупного размера используется в основном для производства ДСП и целлюлозы, а щепа мелкого размера - для производства топливных брикетов и гранул [4].

Шнековые (винтовые) рубильные машины, в силу своей конструкции, применяются для измельчения тонкомерной древесины и отходов лесопиления. Конический винтовой нож обеспечивает постепенное измельчение материала, что снижает пиковые нагрузки на привод. Однако, производительность шнековых машин обычно ниже, чем у дисковых или барабанных аналогов.

Валковые рубильные машины представляют собой специализированное оборудование, предназначенное для измельчения коры, веток и других отходов с высоким содержанием влаги. Два вращающихся вала с ножами обеспечивают эффективное измельчение материала, при этом конструкция машины позволяет минимизировать забивание рабочего органа. Валковые машины широко применяются на деревообрабатывающих предприятиях и в коммунальном хозяйстве для утилизации древесных отходов.

В зависимости от вида режущего инструмента рубильные машины можно классифицировать на ножевые и резцовые. Преимущества резцовых рубильных машин проявляются в более равномерном распределении нагрузки на режущий инструмент и снижении вибрации оборудования. Это достигается за счет последовательного, а не одномоментного воздействия на древесину, что продлевает срок службы ножей и уменьшает износ подшипников и других узлов машины. Кроме того, уменьшение динамических нагрузок положительно сказывается на энергопотреблении, позволяя снизить затраты на электроэнергию.

Конструкция резцовых рубильных машин позволяет более эффективно использовать отходы деревообработки, поскольку небольшие размеры резцов и их расположение обеспечивают лучшее измельчение материалов различной формы и размеров. Это особенно важно при переработке сучьев, вершин и других некондиционных отходов, которые могут представлять сложность для ножевых рубильных машин.

Важным аспектом является также безопасность эксплуатации резцовых рубильных машин. Меньший размер режущих элементов и их расположение снижают риск выброса крупных щепок и отходов, что уменьшает вероятность травм для обслуживающего персонала. Кроме того, упрощается процесс замены и регулировки ножей, что также положительно сказывается на безопасности работ [5].

Эффективность работы рубильной машины может быть значительно повышена за счет использования дополнительного оборудования, такого как сортировочные столы, магнитные сепараторы и системы удаления щепы. Сортировочные столы позволяют отделить от сырья посторонние предметы, такие как камни и металл, которые могут повредить рубильный механизм. Магнитные сепараторы удаляют металлические включения из щепы, что повышает ее качество. Системы удаления щепы обеспечивают автоматическую транспортировку щепы от рубильной машины к месту хранения или дальнейшей переработки.

Важным аспектом эффективной работы рубильной машины является правильная организация технологического процесса, включающая подготовку сырья, подачу материала в машину, измельчение, удаление щепы и ее транспортировку к месту хранения или переработки. Необходимо также обеспечить своевременное техническое обслуживание машины и замену изношенных деталей.

Правильный выбор, эксплуатация и техническое обслуживание рубильной машины позволяют повысить эффективность производства, снизить затраты и обеспечить безопасность персонала.

Немаловажной стороной развития является совершенствование режущих элементов. Разработка новых материалов и конструкций ножей, обладающих повышенной износостойкостью и эффективностью резания, позволит увеличить производительность рубильных машин и снизить энергопотребление. Применение инновационных технологий, таких как лазерная резка и упрочнение поверхности, также способствует повышению долговечности режущих элементов.

В области систем выгрузки щепы перспективным направлением является разработка пневматических систем, обеспечивающих быструю и эффективную транспортировку щепы на большие расстояния. Использование таких систем позволяет оптимизировать логистику на предприятии и снизить затраты на транспортировку щепы. Кроме того, пневматические системы позволяют избежать загрязнения щепы посторонними примесями, что особенно важно для предприятий, производящих высококачественную щепу для целлюлозно-бумажной промышленности.

Развитие рубильных машин также связано с повышением их экологической безопасности. Разработка систем пылеулавливания и шумоглушения позволит снизить негативное воздействие оборудования на окружающую среду и создать более комфортные условия труда для персонала. Внедрение экологически чистых технологий, таких как использование биоразлагаемых смазочных материалов, также способствует повышению экологической безопасности рубильных машин.

По мобильности рубильные машины подразделяются на передвижные, самоходные и стационарные. Выбор рубильной машины зависит от множества факторов, включая тип и объем перерабатываемого сырья, требуемую производительность, доступный бюджет и условия эксплуатации. Для небольших объемов отходов деревообработки подойдут

мобильные рубильные машины с дизельным или электрическим приводом. Для крупных производств, перерабатывающих большие объемы древесины, используются стационарные рубильные комплексы с высокой производительностью и автоматизированной системой подачи материала. Для мобильных рубильных машин, предназначенных для переработки порубочных остатков на вырубках перспективным является привод измельчающего рабочего органа от гидромотора. В этом случае снижаются динамические нагрузки и появляется возможность рекуперации энергии торможения рабочего органа при остановках, что повышает энергоэффективность мобильных рубильных машин для переработки порубочных остатков на лесосеках на биотопливо, что способствует развитию биоэнергетики в нашей стране.

Список литературы

1. Федоренчик А. С. Энергетическое использование низкокачественной древесины и древесных отходов / А. С. Федоренчик, А. В. Ледницкий. – Минск: БГТУ, 2010. – 446 с.
2. Вальщиков Н. В., Рубительные машины / Н. В. Вальщиков. – Л.: Машиностроение, 1970. – 328 с.
3. Беляев С. В. Современное состояние и перспективы применения биомассы для получения биотоплив / С. В. Беляев, Г. А. Давыдков, С. Н. Перский // Актуальные вопросы науки и техники. 2015. С. 61–63.
4. Фокин С. В. Об использовании древесных отходов при восстановлении защитных лесных полос / С. В. Фокин, О. Н. Шпортко, В. В. Цыплаков // Научная жизнь. 2015. № 6. С. 134–142.
5. Рахманов С. И. Машины и оборудование лесоразработок / С. И. Рахманов, К. Ф. Гороховский. – М.: Лесная пром-сть, 1967. – 532 с.

References

1. Fedorenchic A. S. Energy using low quality wood the woody waste / A. S. Fedorenchic, A. V. Lednickii. – Minsk: BGTU, 2010. – 446 with.
2. Valchikov N. V., Chipping machine / N. V. Valchikov. – L.: Engineering, 1970. – 328 with.
3. Belyaev S. V. Modern state the the prospects application biomass for receiving biofuel / S. V. Belyaev, G. A. Davidkov, S. N. Perskii // Relevant the questions science the technicians. 2015. With. 61–63.
4. Fokin S.V. Ob using woody waste at recovery protective forest bands / S.V. Fokin, O. N. Shprotko, V. V. Ciplakov // Scientific a life. 2015. № 6. With. 134–142.
5. Rochmanov S.I. The cars the equipment lumbering / S. I. Rochmanov, K. F. Gorochovskii. – M.: Forest industry, 1967. – 532 with.