

УДК 630\*363.7

**С. П. Мохов**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ);  
**А. О. Германович**, магистрант (БГТУ)

## АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РУБИЛЬНЫХ МАШИН

Работа посвящена анализу конструктивных особенностей рубильных машин. Для производства топливной щепы применяется широкий спектр рубильных машин, которые имеют существенные различия в своих конструкциях. Анализ конструкций рубильных машин позволит выявить их преимущества и недостатки, которые в дальнейшем необходимо учитывать при проектировании новых рубильных машин.

The paper analyzes the structural features of chippers. A wide range of chippers are used for production of fuel chips, the chippers differing in their design and structure. The analysis of the structure allows, to reveal the advantages and disadvantages of these machines, which are to be considered when designing new chippers.

**Введение.** В последние годы для лесной промышленности Республики Беларусь все большую актуальность приобретает проблема рационального использования лесосырьевых ресурсов за счет применения малоотходных и безотходных технологий заготовки и переработки древесины. Одним из основных направлений развития лесной и деревообрабатывающей промышленности по данной проблеме является метод переработки отходов и низкокачественной древесины на технологическую щепу. Этот метод позволяет увеличить ресурсы деловой древесины, сохраняет площади леса, снижает затраты на лесовосстановление и заготовку древесины, позволяет увеличить выход древесины с лесной площади на 20–25%.

Во многих странах мира энергетика на растительной и древесной биомассе становится эффективной самокупаемой отраслью, конкурентоспособной по отношению к энергетике на ископаемом топливе. Наша республика идеально подходит для развития биоэнергетики благодаря наличию больших массивов промышленного леса, равнинного ландшафта, хорошо развитой инфраструктуры распределения энергии и тепла, современных предприятий энергетического и общего машиностроения, а также высокого уровня технического образования населения.

**Конструктивные особенности рубильных машин.** Для производства топливной щепы применяется широкий спектр рубильных машин, которые имеют существенные различия в конструкциях.

Из перечня технических средств, используемых в цепочке производства топливной щепы, рубильная машина является наиболее энергоемкой, сложной и дорогостоящей.

Согласно классификации (рис. 1) рубильных машин в зависимости от типа рабочего органа, выделяют дисковые, рабочий орган кото-

рых выполнен в виде плоского или профильного (геликоидального) диска с радиально установленными ножами или резцами на нем; барабанные, рабочий орган которых выполнен в виде барабана (цилиндрической или конической форм) с ножами или резцами на внешней поверхности; шнековые (винтовые), рабочий орган которых имеет вид конического винтового ножа; валковые, рабочим органом которых являются два вала.

Наиболее стабильные геометрические размеры частиц щепы образуются при движении режущего ножа в одной плоскости (в плоскости круга) – такое движение режущего ножа обеспечивается в дисковой рубильной машине [1]. При этом подача сырья через жестко установленный загрузочный патрон под углом 30–40° к плоскости диска осуществляется равномерно на величину выступа режущей кромки ножа над плоскостью ножевого диска. Угол среза частиц щепы в данном случае не зависит от размеров сечения древесины (например, от диаметра измельчаемого бревна) и всегда остается постоянным. Дисковые машины при правильной настройке, острых ножах производят щепу высокого качества, удовлетворяющую требованиям целлюлозно-бумажной промышленности после сортировки на специальных просеивающих устройствах, которые весьма чувствительны к включениям.

В барабанных рубильных машинах (рис. 2) режущие ножи движутся по цилиндрической поверхности и в процессе резания размеры частиц щепы (длина и толщина) получаются различными, так как угол встречи вектора скорости режущей кромки ножей с направлением волокон древесины постоянно изменяется в пределах 30–85°. Эта особенность является специфической сущностью кинематики механизма резания барабанных рубильных машин, из-за которой изготовление на них высококачественной щепы затруднено.

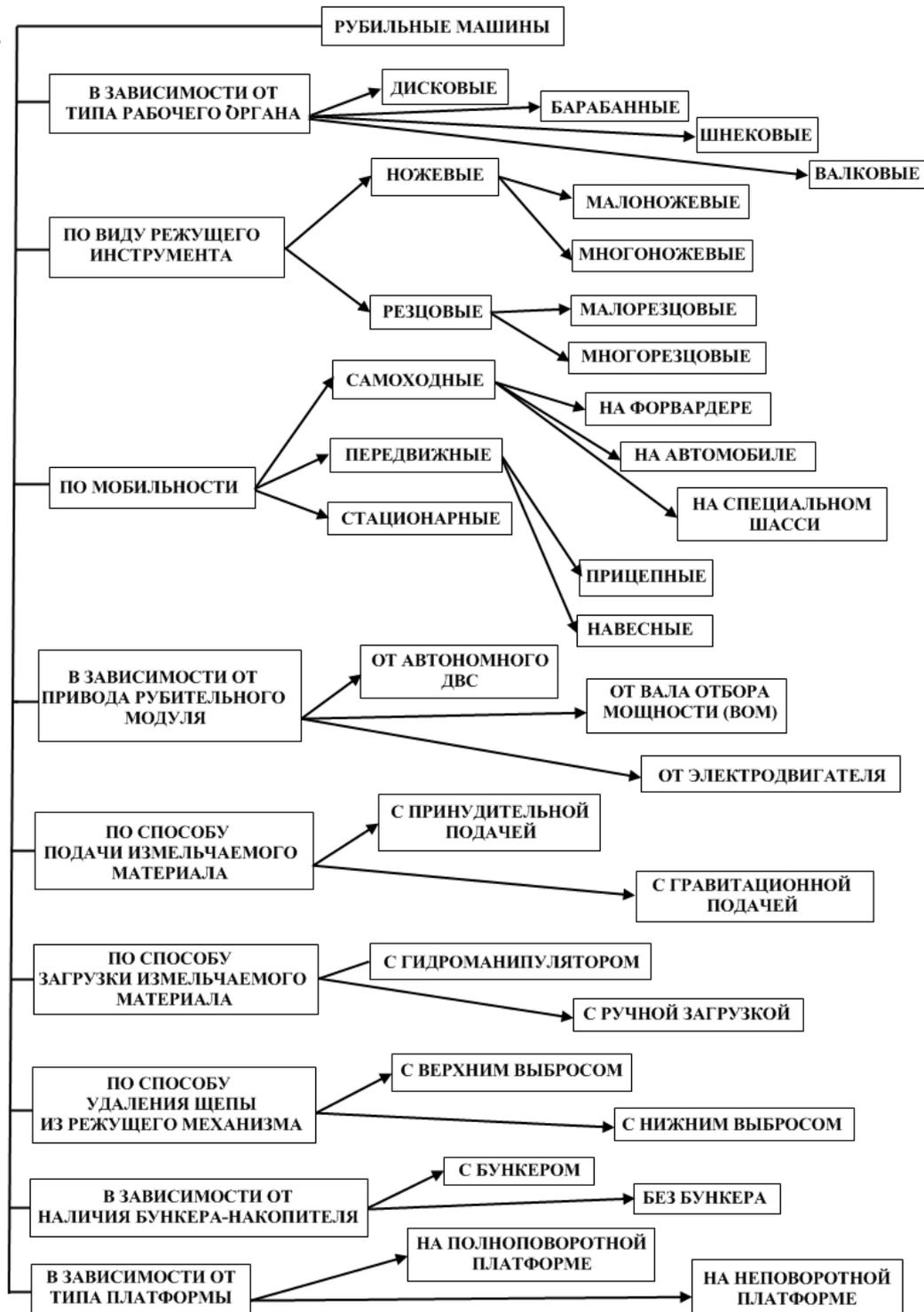


Рис. 1. Классификация рубильных машин

При использовании современных котлов с автоматизированной подачей топлива в виде измельченной древесины размеры частиц щепы строго ограничены в целях предотвращения сбоев в работе питающих устройств топков. Это вызывает необходимость сортировки щепы по фракциям, если она произведена на дисковой рубильной машине, конструкция которой не предусматривает просеивающих приспособле-

ний, позволяющих отсортировать крупноразмерную фракцию (особо нежелательны элементы щепы в виде «лыка», наматывающиеся на вращающиеся детали при соприкосновении; количественное содержание таких элементов резко повышается при нарушении режимов профилактического ухода за машиной, некачественной настройке, несвоевременной смене затупившихся ножей и др.) [1].

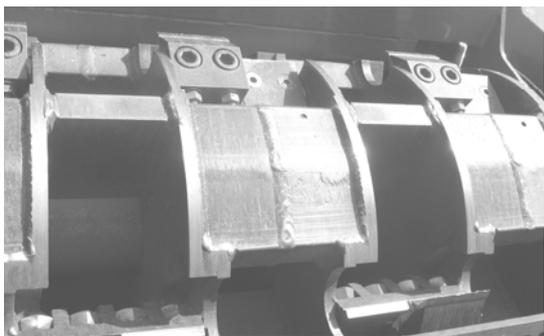


Рис. 2. Рабочий орган барабанной, резцовой рубильной машины

Современные барабанные рубильные машины имеют встроенное просеивающее устройство, пропускающее щепу ограниченных размеров по крупности (как правило, предусматривается возможность замены сетчатого вкладыша устройства на другой с отличными от исходных размерами отверстий), для регулировки размерных параметров щепы. Кроме того, имеется и дополнительный контрнож для доизмельчения крупномерных частиц щепы, не прошедших через просеивающее устройство. В результате отпадает необходимость сортировки щепы после ее измельчения.

Рубильные машины дискового типа (при идентичных технологических параметрах) более металлоемки, имеют значительные габаритные размеры. Например, диаметр ножевого диска конструктивно должен быть больше максимальной толщины измельчаемого бревна в 2,2–2,5 раза, тогда как диаметр ножевого барабана может быть только на 10–30% больше максимальной толщины измельчаемого материала [1]. Дисковые машины конструктивно могут иметь проходное сечение загрузочного окна размером не более квадрата со стороной, равной максимальному диаметру измельчаемого бревна (теоретически, а на практике в технической характеристике машины максимальный диаметр измельчаемого бревна указывается меньше в целях предотвращения его заклинивания из-за существующих естественных неровностей строения ствола дерева). В то же время ширина загрузочного отверстия барабанных машин конструктивно может многократно превышать максимальную толщину измельчаемого материала и, соответственно, иметь большую площадь проходного сечения загрузочного устройства, обеспечивая рост производительности и свободную проходимость стволов с неочищенными сучьями, а также навалом загружаемых отходов лесозаготовок и деревообработки. В условиях, когда основным сырьем для производства щепы являются древесные отходы различных видов (ствол, сучья, рейки и т. д.), дан-

ное обстоятельство, бесспорно, является одним из основных преимуществ машин барабанного типа.

В шнековых рубильных машинах (рис. 3) рабочий орган, проворачиваясь, врезается в измельчаемое бревно, захватывает его и обеспечивает самоподачу. После достижения ножом максимальной глубины древесина раскалывается и удаляется лопатками, выбрасывающими куски древесины из разгрузочного желоба. Длина частиц определяется шагом и числом спиралей винтового ножа. Использование нескольких винтовых ножей с большим числом расположенных с малым шагом спиралей позволяет измельчить материал до размеров щепы. Один шнек с редкими спиральями обеспечивает получение более длинных кусков древесины. Производимая здесь щепка неоднородна по размеру и в общем случае грубее, чем у дисковых и барабанных измельчителей, другим существенным недостатком является необходимость заточки ножа специальным инструментом, что весьма трудоемко.



Рис. 3. Шнековая рубильная машина ЛАЙМЕТ НР-25

Валковые машины не имеют ножей, которые необходимо затачивать, – они работают по принципу шредера. Измельчение осуществляется при помощи двух валов, один из которых приводной, а другой подпружинен и зацепляется с приводным, используя радиальное расположение полей. Каждый из валов состоит из дисков. Диск состоит из чередующихся зубьев и впадин. Исходя из конструкции валов, трудно, практически невозможно регулировать размер щепы, поэтому она получается неоднородной.

В зависимости от вида режущего инструмента рубильные машины можно классифицировать на ножевые и резцовые. У ножевых рубильных машин длина режущей кромки ножа всегда больше ширины снимаемой стружки – в барабанной рубильной машине это означает, что

длина рубильного ножа, закрепленного по образующей барабана на всю его рабочую длину, превышает рабочую ширину загрузочного отверстия и с обеих сторон на некоторую величину перекрывает его. В процессе резания при каждом проходе очередного ножа снимается стружка шириной, равной полной ширине подаваемого материала, так называемым открытым резанием.

У резцовых рубильных машин длина лезвия ножа короче ширины подаваемого в рубку материала (т. е. длина режущей кромки ножа меньше ширины загрузочного отверстия), при расположении рубильного ножа на любом месте рабочей поверхности барабана будет происходить закрытое или полужакрытое резание. При размещении определенного числа таких ножей в установленной последовательности на барабане (например, ступенчатое размещение с поворотом по кругу образующей барабана на определенный угол) древесина измельчается со значительно меньшими динамическими нагрузками и создаются лучшие условия для деления снимаемой стружки на частицы щепы по ширине. Также уменьшается шум, сопровождающий процесс рубки древесины на щепу. Такие машины имеют относительно большое количество ножей с короткими режущими кромками, суммарная длина которых на некоторую величину превышает ширину загрузочного окна, причем они упорядоченным образом сдвинуты друг относительно друга как по ширине загрузочного окна, так и по окружности барабана. Резцовая конструкция режущего механизма барабанных рубильных машин (особенно при небольшом количестве резцов) создает ряд преимуществ в их эксплуатации и обслуживании, а также уменьшает затраты на замену вышедших из строя ножей.

По мобильности рубильные машины подразделяются на передвижные, самоходные и стационарные. У самоходных машин рубильный модуль размещается непосредственно на раме базовой машины (трактора или автомобиля) (рис. 4). Главный рабочий орган рубильной машины чаще всего приводится от двигателя базовой машины через редуктор. Для работы в лесу, где требуется высокая проходимость, целесообразны рубильные машины, смонтированные на тракторе или форвардере. При работе на верхних и промежуточных складах в условиях лесных дорог и небольших расстояниях перебазирования выгодно применять прицепные рубильные машины, транспортируемые колесными тракторами. В зависимости от мощности трактора и объема перерабатываемого сырья в качестве шасси у них могут использоваться одно-, двух- и трехосные прицепы. Рубильные машины на базе автомобиля целесообразно

применять при наличии дорог и обслуживании деконцентрированных промежуточных складов и терминалов, где требуются частые перебазирования на значительные расстояния.



Рис. 4. Самоходная рубильная машина JENZ HEM 561Z

По способу подачи измельчаемого материала явное предпочтение [1] имеют машины с принудительной подачей, так как гравитационная подача измельчаемого материала в механизм резания применяется только при рубке в щепу короткомерных кусковых материалов из стволовой части дерева. При этом загрузочный патрон (лоток) должен иметь значительный уровень наклона относительно горизонтальной поверхности для обеспечения движения измельчаемого материала под влиянием собственной тяжести, что создает дополнительные неудобства при подаче в рубку длинномерных (более 2–3 м) кусков сырья. Подача чрезмерного количества материала замедляет работу барабана (диска). При этом щепка не успевает эвакуироваться по щепопроводу и забивает его. В этом случае машину останавливают. Время, затраченное на прочистку, резко снижает ее производительность. Большинство рубильных машин оснащается автоматическими устройствами контроля скорости подачи, предотвращающими ее засорение путем отключения механизма подачи. Механизмы подачи включают: пары валцов с шипами или пальцами, которые могут смыкаться, сжимая и захватывая обрабатываемый материал; подающие (приемные) столы или воронки, по которым материал направляется к барабану или диску; транспортеры, которые могут использоваться совместно со столом или воронкой для перемещения измельчаемого материала внутрь машины. Очень важно для высокопроизводительной работы рубильной машины, чтобы механизм подачи позволил легко принимать от манипулятора очередную порцию измельчаемого сырья и надежно его удерживать в процессе измельчения.

В зависимости от способа удаления щепы из механизма резания рубильные машины бывают с верхним и нижним выбросом. Более эффективными являются машины с верхним выбросом щепы – причин здесь несколько. Во-первых, в этом случае легко решаются вопросы одновременной погрузки щепы в кузов транспортных средств без привлечения автономного погрузочного механизма. Во-вторых, появляется возможность загрузки щепы в бурты достаточной высоты для долговременного открытого хранения.

В зависимости от привода рубильного модуля машины бывают с приводом от автономного ДВС, от вала отбора мощности (ВОМ) (рис. 5) и от электродвигателя. С точки зрения гибкости транспортно-технологической схемы освоения сырьевых ресурсов более предпочтительным является вариант передвижной рубильной машины с двигателем внутреннего сгорания.



Рис. 5. Прицепная рубильная машина KESLA-4560C с приводом от ВОМ

В зависимости от характеристики древесного сырья рубильные машины имеют механизированный или ручной способ загрузки древесины. Машины небольшой производительности, предназначенные для переработки маломерной древесины, загружаются вручную. Более производительные рубильные машины оснащены устройствами для механизированной загрузки сырья [2]. Для этого используют гидроманипуляторы с грейфером, обеспечивающим одновременный захват и подачу одного или нескольких тонкомерных деревьев или стволовых отрезков. Недостатком установок с ручной подачей и загрузкой сырья (рис. 6) в рубильную машину является не только большая трудоемкость операций загрузки, но и повышенная опасность работы персонала, который во время подачи древесины находится в зоне загрузочного окна, где не исключена возможность вылета кусков древесины и недорубов. Эти недос-

татки полностью устранены в рубильных машинах с манипуляторной загрузкой сырья, так как управление манипулятором и рубильной машиной ведется с отдельного пульта, расположенного в безопасном месте (в кабине базовой машины или в специальной кабине оператора рубильной машины).



Рис. 6. Рубильная машина Farmi-CH160 с ручной загрузкой древесины

Также рубильные машины можно классифицировать в зависимости от наличия бункера-накопителя и полноповоротной платформы. Наличие контейнера и достаточно высокая проходимость базовой машины позволяют использовать рубильную машину для автономной работы (без щеповоза) непосредственно на лесосеке или в лесу при рубках ухода за лесом в условиях малой концентрации сырья.

**Заключение.** Выполненная классификация и анализ конструкций рубильных машин показали, что в настоящее время наблюдаются повышенные темпы применения барабанных рубильных машин. С точки зрения сокращения транспортных расходов, связанных с перевозкой сырья, а также исключения затрат времени и средств на строительные-монтажные работы (для установки стационарной машины и вспомогательного оборудования) более предпочтительными являются передвижные и самоходные машины. Большинство передвижных барабанных рубильных машин резцовые, имеющие гидроманипулятор, верхний выброс щепы, принудительную подачу, привод от ВОМ.

### Литература

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., Рубильные машины / Н. В. Вальщиков. – Л.: Машиностроение, 1970. – 328 с.

Поступила 15.03.2011