

# МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КУСКОВЫХ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ

Булатасов Э.О., Попов В.П., Коротков В.Г., Ханин В.П., Антимонов С.В.  
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

К измельчённой древесине, согласно ГОСТ 23246 - 78, относятся: щепа, дроблёнка, стружка, опилки, древесная пыль и древесная мука.

Большое внимание в нашей стране уделяют производству щепы. В щепу можно перерабатывать дровяные и тонкомерные деревья, пни и корни, вершины и обломки стволов, сучья и ветви, отходы лесобрабатывающих производств [1]. Кусковые отходы лесопиления перерабатываются в основном в технологическую щепу [2].

Измельчение древесины на щепу производится в рубильных машинах [3]. Термины рубильные и рубительные, следует рассматривать как однозначные.

Рубильные машины можно классифицировать [3]:

*По типу механизма резания.* Различают: дисковые (рис. 4,5), барабанные (рис. 4,5), конические (рис. 1) и шнековые (рис. 2,3) рубильные машины.

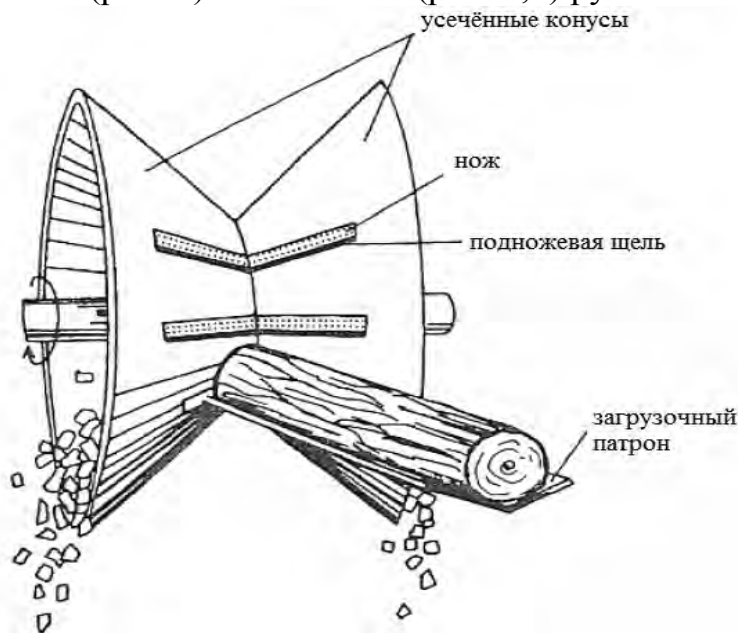


Рисунок 1 - Принцип действия конической рубильной машины [4]

*По виду и размерам режущего инструмента* машины разделяются на две группы: ножевые и резцовые (резцы - это коротколезвийные ножи, у которых длина режущей кромки значительно меньше ширины измельчаемого материала; нож - это инструмент, длина режущей кромки которого больше максимальной ширины измельчаемого материала).

*По форме расположения режущего инструмента на рабочем органе машины:* радиальное, спиралевидное и ступенчатое расположение. Каждый из этих типов машин может иметь горизонтальную подачу материалов или под некоторым углом к горизонтальной и вертикальной плоскостям.

По способу удаления щепы машины бывают: с нижним, с верхним и боковым удалением.

По мобильности машины разделяются на: передвижные и стационарные.

Из многорезцовых машин наиболее распространены в настоящее время, конические машины (рис.1). Они применяются в основном в лесопильно-деревообрабатывающей промышленности для окантовки бревен с целью получения брусьев и технологической щепы. На базе этих машин созданы специальные агрегатные линии и установки [10].

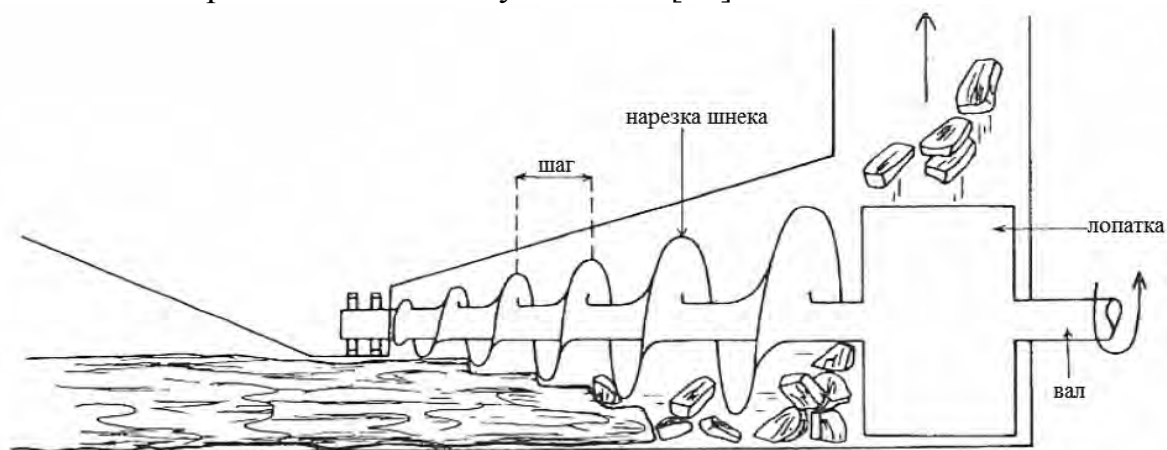


Рисунок 2 - Принцип действия одношнековой рубильной машины [4]

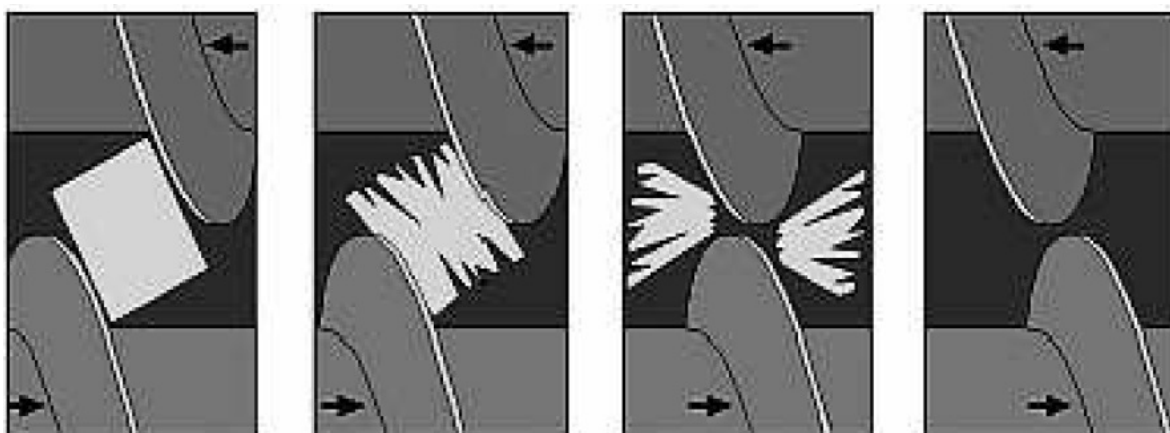


Рисунок 3 - Схема образования элементов щепы на двухшнековой рубильной машине [5]

Характерными признаками конических спиральных машин является спиральное расположение резцов на конической образующей рабочего органа. Различаются они по количеству и форме расположения резцов, а в зависимости от назначения делятся на рубильные, рубильно-профилирующие и рубильно-пильные. Рубильно-профилирующие машины отличаются от рубильных по конструктивному исполнению механизма резания, в основном, наличием зазора между вершинами усеченных конусов рабочего органа [3].

Ножевые барабанные и конические рубильные машины применяются в лесной промышленности в основном для измельчения на щепу древесных

отходов, а ножевые дисковые – для измельчения низкокачественной древесины и крупных кусковых отходов на щепу более высоких сортов [3].

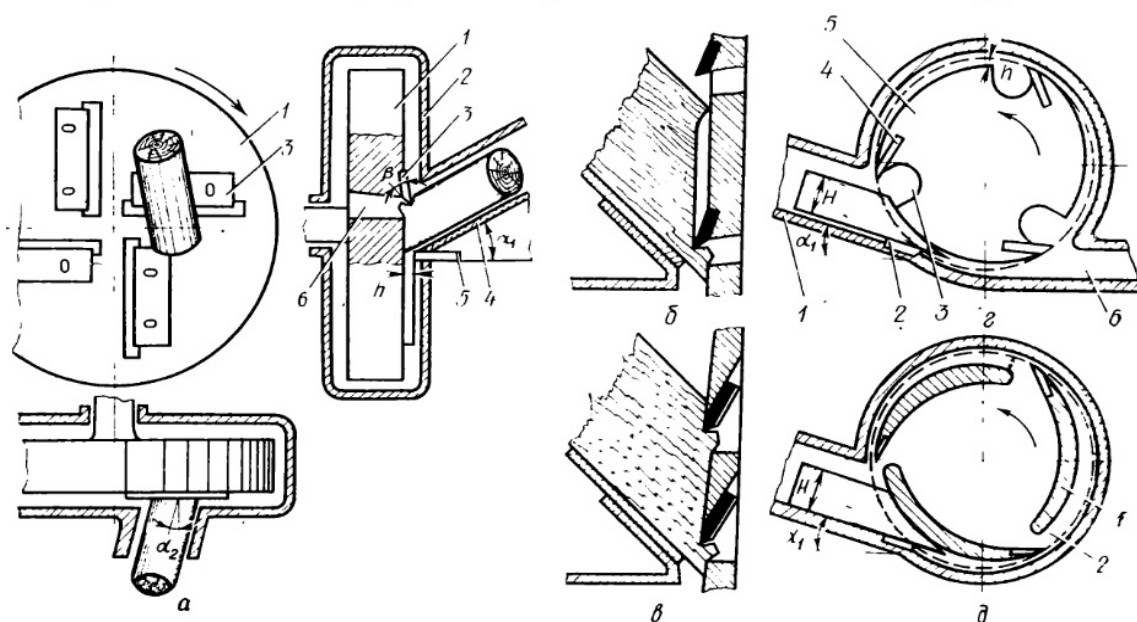


Рисунок 4 - Рубительные машины [6]

а - схема дисковой рубительной машины; б - рез на машине с плоским диском; в - рез на машине с геликоидальным диском; г - схема барабанной рубительной машины с поступлением щепы в подножевые впадины; д - то же с поступлением щепы внутрь барабана

В настоящее время, в нашей стране и за рубежом дисковые рубильные машины широко используются для производства щепы, идущей в целлюлозно-бумажное, древесностружечное и древесноволокнистое производства. Основное отличие этих машин, от барабанных и конических, заключается в исполнении механизма резания. В дисковых машинах это плоский диск или диск с геликоидальными секторами, расположенными между режущими ножами. Рабочий орган в дисковых машинах в конструктивном исполнении проще, чем в других типах машин [3].

Дисковая рубительная машина (рис. 4, а) состоит из вертикально расположенного стального диска 1 диаметром от 1 до 3 м, вращающегося с угловой скоростью  $\omega = 16 \div 53$  рад/с (150 - 500 об/мин). На диске закреплено от 3 до 16 прямых ножей 3, имеющих угол заточки  $\beta = 30 \div 45^\circ$ . Ножи располагают по радиусам диска или несколько смещают относительно них. Необходимый выпуск ножей  $h$  над поверхностью диска обеспечивается установкой специальных подкладок. В теле диска вдоль режущей кромки каждого ножа имеется сквозная прорезь (подножевая щель) 6, служащая для прохода отрубленной щепы. Диск закрыт кожухом 2. Измельчаемый материал подается к диску по питательному желобу (патрону) 4. На дне патрона помещены упорные ножи 5 [6].

Для подачи материала под действием силы тяжести патрон устанавливают наклонно к горизонту под углом  $\alpha_1 = 45 \div 50^\circ$ . По отношению к

оси вала диска патрон смещается в плане на угол  $\alpha_2 = 15 \div 50^\circ$ . Подлежащее измельчению полено, скользя по дну патрона, упирается торцом в поверхность вращающегося диска, и ножи, производя торцово-продольно-поперечное резание, отрезают от него шайбы, которые уже в момент рубки распадаются на более мелкие частицы (щепу). Щепка сквозь подножевые щели проходит на другую сторону диска и падает на транспортер, расположенный под ним, или подхватывается лопастями, закрепленными на ободе диска, и гонится по трубопроводу в циклон. Однородность размеров щепы в значительной степени зависит от того, насколько плотно измельчаемый материал лежит в патроне машины. В машинах с малым числом ножей (до 6) в резе находится один нож, вследствие чего материал в патроне подпрыгивает, а иногда и поворачивается, что отрицательно сказывается на качестве щепы. Этот недостаток в значительной степени устраняется в многоножевых машинах (с числом ножей от 8 до 16). При рубке в них толстомерного материала каждый последующий нож входит в измельчаемое полено до выхода из него предыдущего ножа, т. е. происходит непрерывное резание, что стабилизирует движение измельчаемого материала и значительно улучшает качество щепы [6].

В рубительных машинах с плоским диском (рис. 4, б) подача измельчаемого материала к ножевому диску происходит неравномерно с переменной скоростью, в результате чего часть щепы имеет уменьшенные размеры по длине. Кроме того, площадь контакта измельчаемого материала с диском невелика, в результате возникает значительное удельное давление, ведущее к смятию торцевой поверхности. Значительно лучшее качество щепы дают многоножевые рубительные машины с геликоидальным диском (рис. 4, в). В машинах этого типа диск между ножами представляет собой винтовые поверхности, выполненные таким образом, что при пересечении поверхностей диска поверхностью кругового цилиндра, ось которого совпадает с осью ножевого диска, соблюдается равенство  $\operatorname{tg} \gamma = u_0 : r\omega$ , где  $\gamma$  - угол между следом сечения и плоскостью вращения диска;  $u_0$  - составляющая скорости подачи, нормальная плоскости вращения;  $r$  - расстояние сечения от оси вращения ножевого диска;  $\omega$  - угловая скорость ножевого диска. При заточке ножей их задние грани тоже выполняют по винтовым поверхностям, которые при установке ножей на диск совмещают с поверхностью диска. В этом случае скорость подачи лесоматериала постоянна, его контакт с диском осуществляется по всей поверхности торца; торец не сминается; рез получается правильным, а щепка однородной по размерам. Выпуск ножей  $h$  и углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  у дисковых рубительных машин в процессе работы не меняются, поэтому длина щепы  $l$ , толщина  $h$  и угол встречи  $\varepsilon$  в основном оказываются постоянными и изменяются только вследствие случайных причин. Поэтому дисковые рубительные машины дают щепу довольно однородную по размерам и углу встречи, пригодную для производства целлюлозы [6].

Барабанная рубительная машина (рис. 4, г) состоит из массивного стального барабана 5 диаметром от 0,3 до 1 м, вращающегося с угловой скоростью 63 - 95 рад/с (600 - 900 об/мин). На поверхности барабана по его

образующим закреплено от 2 до 12 прямых ножей 4, выступающих над поверхностью барабана на величину  $h$ . Участки поверхности барабана между ножами очерчиваются кривой переменного радиуса или окружностью, центр которой смещен относительно оси вращения барабана; благодаря этому перед ножами образуются углубления. Подлежащий измельчению материал подается к барабану по патрону 1, имеющему упорные ножи 2 и расположенному под углом  $\alpha_1$  к горизонту и  $\alpha_2$  к плоскости, перпендикулярной оси барабана. Отрубленная щепа поступает во впадины 3, расположенные на поверхности барабана перед ножами, и под действием центробежных сил выбрасывается из них в желоб 6. В некоторых барабанных рубильных машинах (рис. 4, д) щепа сквозь подножевые щели 2 поступает внутрь пустотелого ножевого барабана и удаляется из него через открытый торец по направляющему лотку [6].

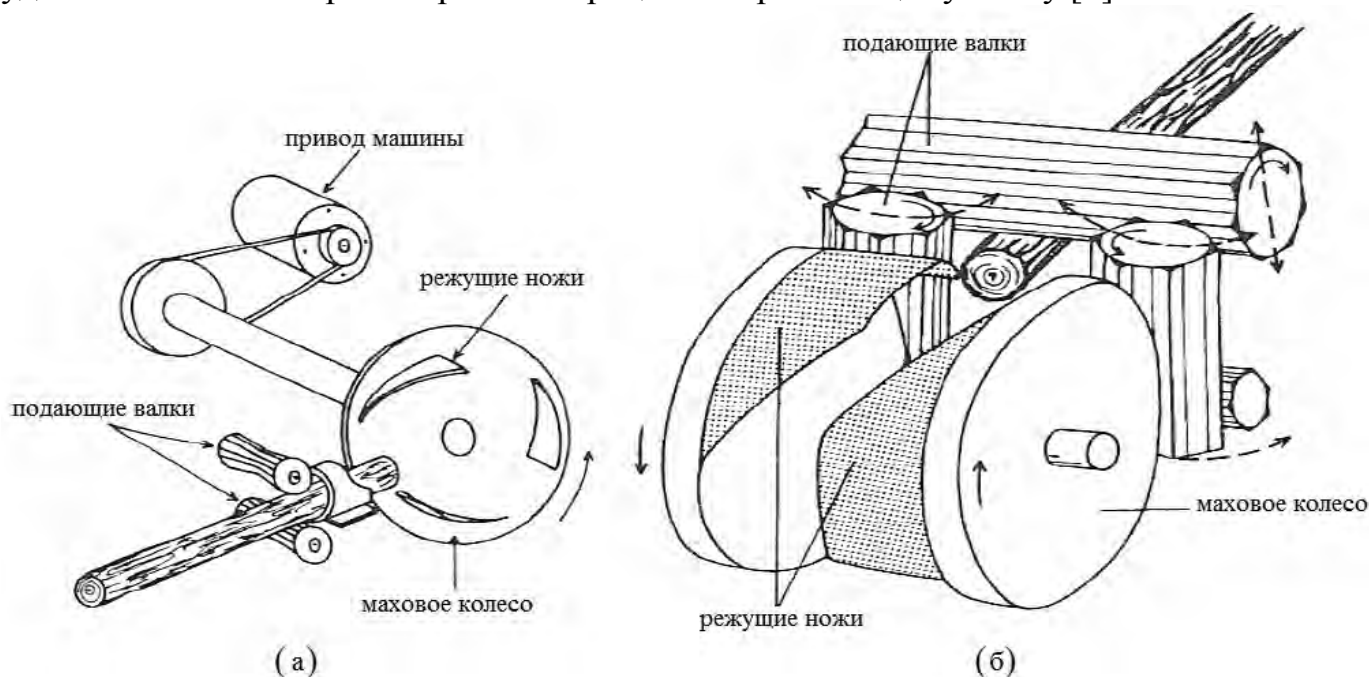


Рисунок 5 - Принцип действия дисковых рубильных машин [4]  
а - однодисковой; б – двухдисковой

Подача измельчаемого материала к ножевому диску или барабану во время рубки может производиться не только под действием силы тяжести, но и при помощи специального подающего механизма, а также благодаря самозатягиванию материала ножами. В многоножевых дисковых рубильных машинах, производящих непрерывное резание, подача материала (даже при  $\alpha_1 = 0$ ) осуществляется благодаря самозатягиванию его ножами без подающих механизмов [6].

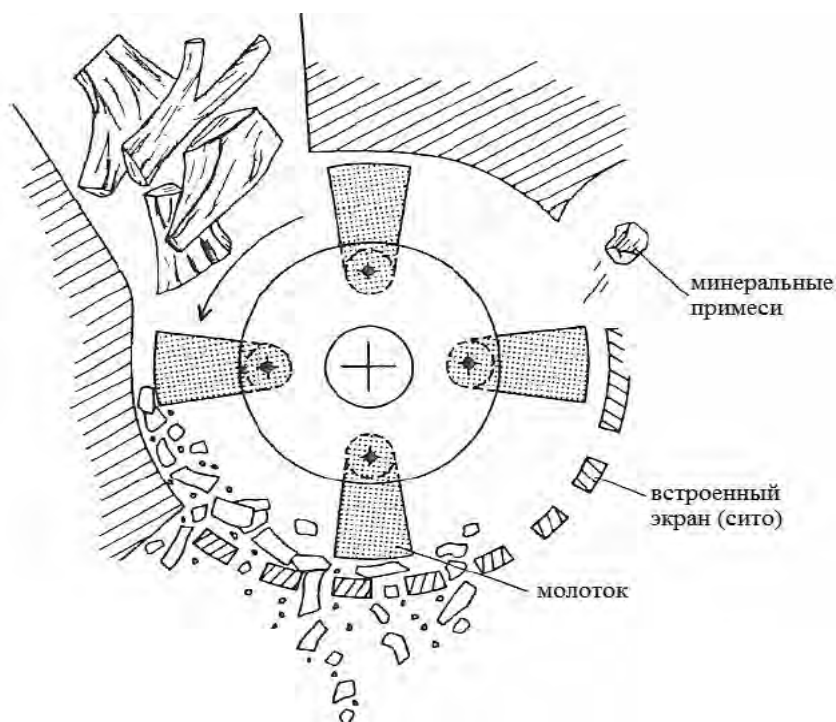


Рисунок 6 - Принцип действия молотковой дробилки [4]

Стружечные станки имеют режущие устройства в виде ножевых валов, ножевых головок, фрез, ножевых барабанов (чашек), дисков. На станках перерабатывается древесина в виде долготы, мерных заготовок и щепы [8].

Щепу и мелкие кусковые отходы перерабатывают в стружку на центробежных стружечных станках ДС-5, ДС-7, «Пальман», «Майер» и др. Схема узла резания центробежных стружечных станков показана на рис. 7. Как видно из рис. 7, толщина срезаемой стружки определяется величиной выступа режущих кромок ножей над внутренней поверхностью барабана, длина стружки определяется в основном длиной щепы, ширина стружки не калибруется [2].

Мерные заготовки перерабатываются в стружку в основном на станках с ножевым валом. Номинальная длина мерных заготовок обычно 1 м [8].

Станок ДС-8 работает следующим образом. При вращении ножевого вала 1 (рис. 8) в направлении по часовой стрелке ножи 6, закрепленные на валу, срезают стружку 7, которая поступает в канавку ножевого вала 1. После того как паз со стружкой выходит за пределы питателя 3, под действием центробежной силы инерции стружка выбрасывается наружу и удаляется из станка в направлении стрелки А присоединенным к станку пневмотранспортом или расположенным под ним скребковым конвейером [8].

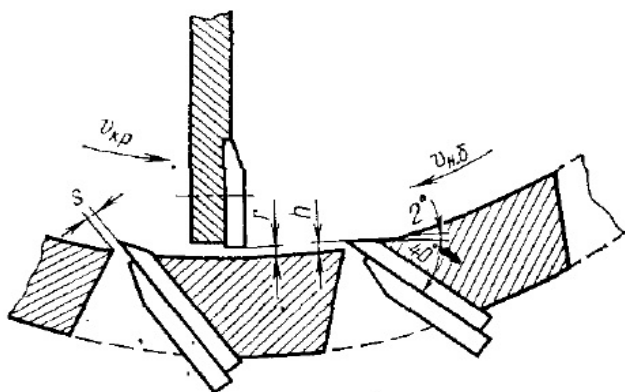


Рисунок 7 - Схема узла резания центробежных стружечных станков [2]  
 $S$  - подножевая щель;  $r$  - зазор между лопатками крыльчатки и барабаном;  $h$  - выступ ножа над поверхностью барабана;  $v_{кр}$  и  $v_{н.б}$  - направления вращения крыльчатки и барабана

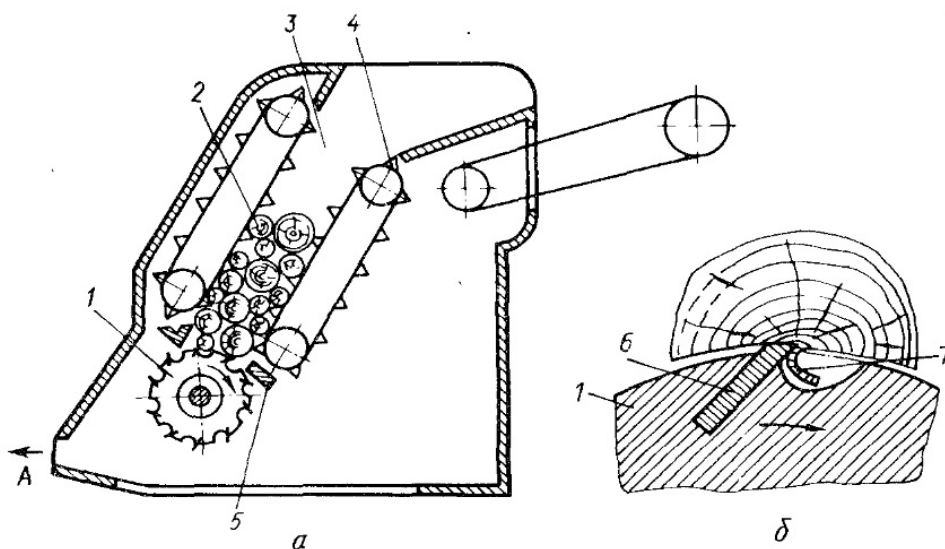


Рисунок 8 - Схемы работы станка ДС-8 (а) и срезания стружки (б) [8]  
 1 - ножевой вал; 2 - перерабатываемое сырье; 3 - питатель; 4 - подающая цепь с упорами; 5 - контрнож; 6 - нож; 7 - стружка

К выступам гребенчатых клиньев ножевого вала поджимается перерабатываемая древесина, а во впадины проходит образующаяся стружка. Клинья отжимаются к периферии вала пружинами, тем самым ножи предварительно закрепляются. Окончательно ножи зажимаются при вращении ножевого вала под действием центробежных сил инерции, возникающих на клиньях[8].

Большой интерес представляет универсальная двухроторная дробилка типа РО, выпускаемая в ФРГ (рис. 9). Дробилка предназначена для измельчения отходов древесины, пластмасс, обрезков листового алюминия и других металлов, затвердевших лаков и красок, упаковочной тары, резины, обрезков кабелей и т.д. На станине смонтирован корпус дробилки 1, в котором расположена пара валов 4 с выступающими заострёнными кромками. Кромки одного вала входят в промежуток между режущими кромками второго. В процессе работы валы медленно вращаются навстречу друг другу. Загружаемые

отходы поступают в приёмный бункер 2 и прижимаются к валам 4 при помощи гидравлического толкателя 3. Захватываемый зубьями валов материал испытывает режущее, раскалывающее и разламывающее воздействие, измельчается и падает в бункер 7, откуда удаляется для классификации и дальнейшей переработки. Во избежание поломки валов предусмотрено противоперегрузочное устройство 5 в полости для обслуживания 6 [9]. Материал в такой системе измельчается как продольно, так и поперечно [10]. Полученная измельчённая фракция годится для дальнейшего использования, в основном в качестве топлива [10].

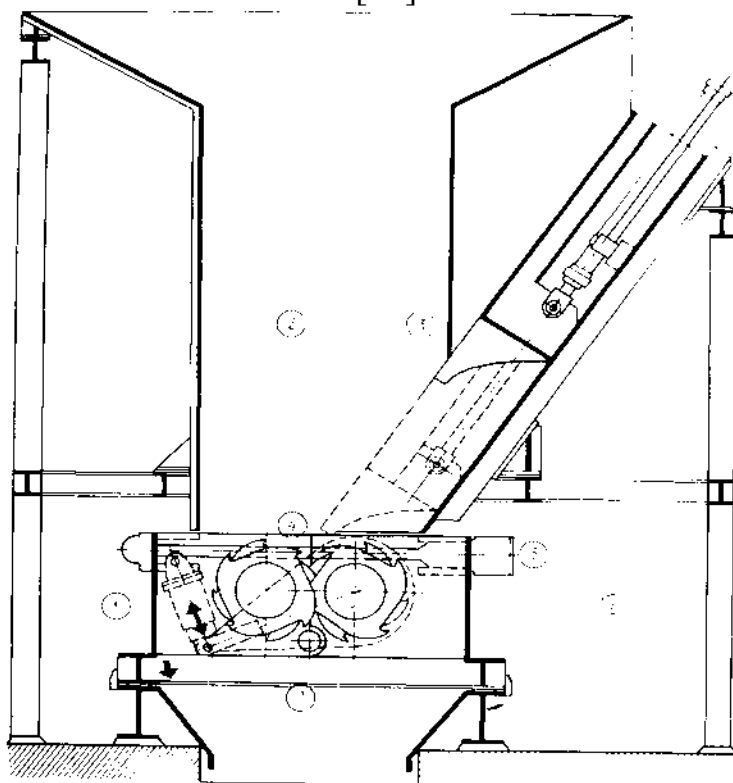


Рисунок 9 - Дробилка типа РО [9]

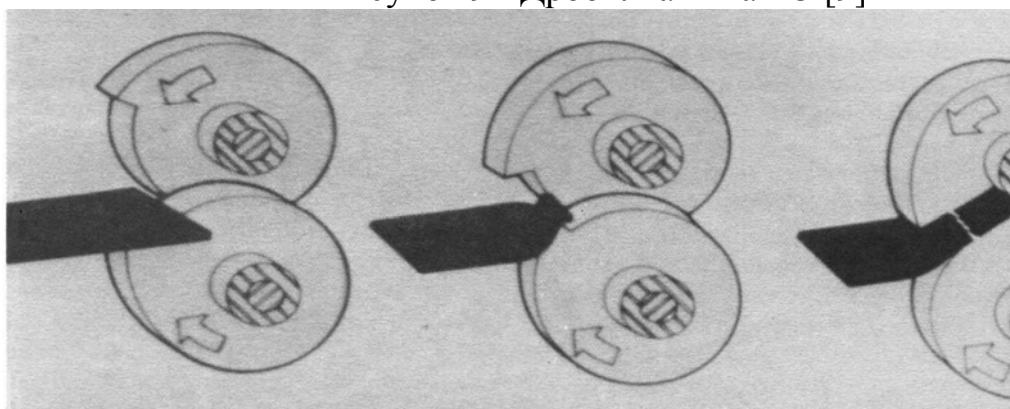


Рисунок 10 - Схема резания в двухроторном измельчителе [11]

Вышеизложенный материал особенно может быть полезен разработчикам конструкций измельчающих машин.

#### Список литературы

1. **Никишов В.Д.** Комплексное использование древесины: учебник для ВУЗов. М.: Лесн. пром-сть, 1985. – 264 с.

2. **Отлев И.А., Штейнберг Ц.Б.** Справочник по древесностружечным плитам. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 240 с.
3. **Гомонай, М.В.** Ресурсосберегающие технологии измельчения древесины на щепу в рубильных машинах с многолезцовыми и ножевыми рабочими органами : дисс... докт. техн. наук. Химки, 2003 г.
4. **Ladan J. Naimi and other** Cost and Performance of Woody Biomass Size Reduction for energy Production : CSBE/SCGAB 2006 Annual Conference Edmonton Alberta, July 16-19, 2006. Paper № 06-107
5. **Banks CJ and other** Particle size requirements for effective bioprocessing of biodegradable municipal waste : Technology Research and Innovation Fund Project Report, Defra TRIF Programme, report October 2008 - January 2010. p. 22
6. **Залегаллер Б. Г., Ласточкин П. В., Бойков С. П.** Технология и оборудование лесных складов: Учебник для вузов - 3-е изд., испр., доп.- М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 352с.
7. **Пучков Б. В.** Измельчение сырья для древесных плит. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 117 с.
8. **Модлин Б.Д., Хатилович А.А.** Изготовление стружки для древесностружечных плит. - М.: Лесн. пром-сть, 1988. - 152 с.
9. **Пальгунов П.П., Сумароков М.В.** Утилизация промышленных отходов. – М.: Стройиздат, 1990. – 352 с.: ил.- (Охрана окружающей природной среды)
10. **Тикачев, В.** Машины для измельчения древесины / В. Тикачев // ЛесПромИнформ. Сер. 68, Техобзор. – 2010. - №2. – С. 92-103
11. **David B. Spencer** Large scale rotary shear shredder performance testing
12. **Антимонов С.В., Булатасов Э.О., Рузавина Л.Ю.** Получение опилок для мульчирования в дисковой рубительной машине отечественного производства : материалы I Всеросс. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии в АПК: теория и практика», ПГСХА, март 2013 г., Пенза