10.28983/asj.y2020i7pp85-88 DOI УДК 630 (075.8)

О ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ РУБИТЕЛЬНЫХ МАШИН

ФОКИН Сергей Владимирович, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*

АХМЕТОВ Эмиль Амирович, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*

Анализ процесса резания рубительной машины дискового типа показал, что для повышения эффективности процесса измельчения древесных остатков и получения более мелкой фракции щепы необходима разработка новой конструкции ножа, учитывающая особенности их рубки.

Введение. Некоторые сельскохозяйственные предприятия в РФ оказались в положении финансовых банкротов и практически прекратили обрабатывать значительные площади пашни или же сократили их. Исследования состояния земель сельскохозяйственного назначения в России показали, что площадь деградированных земель составляет 130 млн га. При этом 67 % сельхозземель нуждаются в проведении рекультивационных работ в сочетании с культуртехническими.

Культуртехнические работы по обустройству деградированных земель, выбывших из сельхозоборота, включают в себя следующие технологические операции: удаление крупных камней и валунов; расчистку участков от крупных деревьев; очистку стволов крупных деревьев от вершин, сучьев и ветвей; вывоз стволов крупных деревьев с территории поля; корчевку пней, поросли, кустов; формирование куч-валов из древесных отходов; планирование поля; вспашку территории обрабатываемого поля.

При проведении культуртехнических работ по обустройству деградированных земель для очистки полей от древесных отходов в виде куч-валов из срезанных вершин, ветвей и сучьев целесообразно их перерабатывать на щепу при помощи рубительных машин.

Измельчающее оборудование различного типа используется для рубки балансов и древесных отходов в топливную щепу, которая в дальнейшем может быть использована для целей энергетики, химической промышленности и в качестве корма животным [1–3].

Измельчающее оборудование может быть передвижным (прицепным, полуприцепным, смонтированном на шасси базового трактора) и стационарным [4, 5].

По виду измельчающего рабочего органа машины подразделяются на барабанные, дисковые и роторные. В рубительном оборудовании барабанного типа измельчающие ножи расположены на поверхности вращающегося рабочего органа, выполненного в виде цилиндра.

При измельчении древесины ножи движутся по круговой траектории, выполняя рубку древесины под углами наклона, величина которых зависит от характеристик перерабатываемого сырья [6].

Щепа, полученная при помощи барабанных машин, имеет различное направление среза и неоднородность фракционного состава. В машинах, имеющих дисковые рубительные органы, измельчающие ножи расположены на плоскости вращающегося диска с постоянным углом наклона [4].

Измельчение древесного сырья данным оборудованием происходит под одинаковым углом к плоскости диска и с постоянными соотношениями режимов резания и затягивания древесины к рубительным ножам вне зависимости от толщины материала. Поэтому произведенная щепа имеет одинаковое направление среза и более равномерный фракционный состав [7].

Роторные измельчители представлены мульчерами. Чипперы (валочно-рубительно-трелевочные машины) являются разновидностью мульчеров, которые используют для заготовки древесины в виде топливной щепы. При выполнении работ данным оборудованием измельченная в щепу древесина не разбрасывается по вырубке, а собирается в бункер, в котором она доставляется к погрузочному пункту и перегружается в специализированный транспорт.

Машины с дисковым измельчителем выпускаются с прерывистым и непрерывным процессом резания. Оборудование с прерывистым режимом резания снабжено 3–4 ножами и процесс измельчения чередуется с прекращением подачи древесного сырья. При этом возникает ударная нагрузка при внедрении ножа в древесное сырье, что делает фракционный состав щепы менее однородным [8].

Как правило, измельченные древесные отходы перед сжиганием проходят соответствующую

подготовку, то есть их измельчение до получения массы с приблизительно одинаковыми размерами частиц, позволяющими успешно применить для их погрузки, разгрузки и транспортирования стандартные средства механизации процессов, а также обеспечивающими эффективное сжигание таких частиц простейшим слоевым способом.

Очень сложным является вопрос определения оптимальных размеров частиц, до которых надо измельчать дробленые, обдирные древесные отходы и топливную щепу перед их сжиганием [9].

В существующих топочных устройствах слоевого типа освоено сжигание древесного топлива различного гранулометрического состава, начиная с дров в виде метровых поленьев и кончая опилками с размером частиц не более 6 мм.

Но если обратиться к опыту сжигания горючих ископаемых, то сжигание каменных углей в современных мощных котельных установках осуществляется при измельчении кусков топлива в высокодисперсную угольную пыль. При этом угольная пыль сжигается при помощи горелок в простейших топочных устройствах, представляющих собой камеру, экранированную со всех сторон трубными решетками (экранами).

Такой способ позволяет эффективно сжигать даже отходы каменного угля с весьма малой активностью, не пригодные для сжигания слоевым способом. Пылеугольный способ сжигания твердого топлива дает возможность механизировать все процессы производства тепла при минимальном количестве обслуживающего персонала, предельно упростить и унифицировать топочные устройства.

Однако сжигание каменных углей в пылевидном состоянии целесообразно только в случае, если паропроизводительность котлов превышает 35 т/ч. Данный факт обусловливается тем, что для применения пылеугольного сжигания необходимо построить дополнительную сложную систему пылеприготовления, что экономически целесообразно только для мощных котельных.

В котельных же лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий применяются котлоагрегаты с паропроизводительностью до 20 т/ч, поэтому топливоподготовка, предусматривающая сжигание всего древесного топлива в пылевидном состоянии экономически не оправдана.

При этом следует иметь в виду, что приготовление высокодисперсной пыли из древесины – задача более сложная, чем измельчение до такой же степени дисперсности каменных углей и антрацитов, отличающихся большей по сравнению с древесиной хрупкостью.

Таким образом, оптимальный размер частиц, до которого следует измельчать дрова и кусковые древесные отходы, нужно определять исходя из минимальных затрат энергии на измельчение древесины и обеспечения возможности полной механизации и автоматизации процессов топливоподачи, т.е. фракционный состав топливной щепы должен быть как можно меньше [10].

Этому может способствовать применение рубительных ножей различной конструкции. Применяемые в настоящее время ножи для измельчения древесного сырья оборудованием различного типа можно разделить на следующие типы: рубильные, стружечные ножи, дробильные, молотковые, а наибольшее распространение получили ножи с прямыми или наклонными режущими кромками [11].

Методика исследований. Определение оптимального размера щепы проводили на опытной установке, представленной на рис. 1.

Геометрические размеры щепы определяли путем изучения фракционного состава щепы, распределенного на ситах анализатора. Образцы щепы получены после измельчения порубочных остатков опытным образцом дисковой рубительной машины, оснащенной прямыми и ступенчатыми ножами (рис. 2, 3) при различной частоте вращения рубительного диска.

Различные параметры частоты ращения рубительного диска обеспечивались путем изменения передаточного числа приводных шкивов в соответствии с планом проведения однофакторного эксперимента. Замер частоты вращения рубительного диска производится с помощью бесконтактного оптического датчика оборотов ВС 401 (ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы», Россия) и тензометрической станцией ZET 017-T8 [11].

Обработка результатов исследований проходила при помощи персонального компьютера, оснащенного программным комплексом «Та-

Рис. 1. Общий вид опытной установки

Рис. 2. Общий вид прямого рубительного ножа

Рис. 3. Общий вид ступенчатых рубительных ножей

хометр» и прикладной программы Statistica 7,0. В соответствии с существующими методиками и регламентирующими техническими условиями фракционный состав произведенной щепы определяли путем стратификации навески щепы. В результате ее анализа выделяли кондиционную, мелкую и крупную фракции.

Для исследований применяли:

анализатор с набором сит с ячейками размером 50, 30, 20,10, 5 мм;

поддон;

весы с погрешностью измерения не более 1 г.

После измельчения некоторого объема порубочных остатков полученная щепа перемешивалась и высыпалась на конус. После этого конус уплотнялся и делился на четыре сектора. Затем два противоположных сектора соединялись для дальнейшего деления.

Масса навески полученной щепы доводилась до 0,4–0,5 кг и затем просеивалась на ситах анализатора в течение 10 мин. Щепа, оставшаяся после просеивания на ячейках сит и на дне, взвешивалась на весах с точностью до 0,1 г.

К крупной щепе была отнесена щепа, не прошедшая через сита с ячейками 50 и 30 мм.

К нормальной щепе относилась щепа, прошедшая через сито с ячейками 50,30 и 20 мм и задержанная ситом с ячейками диаметром 10 мм.

К мелкой щепе отнесилась щепа, прошедшая через сито с ячейками 10 мм и задержанная ситом с ячейками 5 мм.

К опилкам относится фракция, прошедшая через сита с ячейками 5 мм.

На каждом сите измерялись максимальные и минимальные размеры щепы по длине, ширине и толщине. После измерений результаты анализа фракций щепы заносились в журнал испытаний [11, 12].

Согласно методике определения фракционного состава получаемой щепы при переработке древесных отходов исследовался такой показатель, как остатки на ситах анализатора.

Результаты исследований. Проведенный анализ полученных результатов показал, что при использовании прямой формы рубительного ножа с увеличением частоты вращения рубительного диска с 9,0 $^1/с$ до 16,0 $^1/с$ происходит увеличение размера производимой щепы, о чем свидетельствует увеличение фракции в составе щепы 30 мм с 22,7 до 53,6 %. При этом необходимо отметить тот факт, что с изменением частоты вращения рубительного диска при использовании прямых ножей основными в составе щепы из порубочных остатков являются фракции 20 и 30 мм.

При использовании ступенчатой конструкции рубительных ножей с увеличением частоты вращения рубительного диска с 9,0 $^1/с$ до 16,0 $^1/с$ происходит уменьшение размера производимой щепы, о чем свидетельствует увеличение фракции в составе щепы 10 мм с 20,6 до 63,6 %.

Использование ступенчатых ножей позволило уменьшить размер полученной щепы, о чем свидетельствует наличие значительного количества мелких фракций (10 и 20 мм) в составе произведенной щепы (10 мм – 9,0 $^1/с$: 20,66 %, при 16,0 $^1/с$ – 63,6 %; 20 мм – 9,0 $^1/с$: 62,66 %, при 16,0 $^1/с$ – 21,6 %) [13].

Заключение. Таким образом, для повышения эффективности процесса измельчения порубочных остатков и получения более мелкой фракции щепы в дисковых рубительных машинах необходимо использование новой конструкции рубительного ножа ступенчатой формы, которая полностью учитывает особенности рубки древесных остатков, полученных при проведении культуртехнических работ по обустройству деградированных земель, выбывших из сельхозоборота.

Использование ступенчатых ножей позволяет уменьшить размер полученной щепы, а при их использовании с увеличением частоты вращения рубительного диска происходит уменьшение размера производимой щепы.

Ступенчатая форма ножа обеспечивает более длительный контакт с измельчаемыми древесными остатками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фокин С.В.* Перспективы развития переработки низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок на вырубках лесостепной зоны Западной Сибири // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике: материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2018. – С. 282–286.

2. *Фокин С.В., Шпортько О.Н., Цыплаков В.В.* Об использовании древесных отходов при восстановлении защитных лесных полос // Научная жизнь. – 2015. – № 6. –С. 134–142.

3. *Фокин С.В., Фомина О.А.* Об основных видах энергетической древесины // Forest Engineering: материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Якутск, 2018. – С. 273–276.

4. *Фокин С.В., Цыплаков В.В.* К технологии полосной расчистки нераскорчеванных вырубок в степной и лесостепной зонах // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2007. – № 4. – С. 91–92.

5.*Фокин С.В., Храмченко А.В.* Технические средства, применяемые при очистке вырубок от отходов лесосечных работ // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. – № 9–2 (20–2). – С. 280–283.

6. *Фокин С.В.* О биометрических параметрах порубочных остатков // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 2 (2). – С. 50–54.

7. *Фокин С.В.* Совершенствование технических средств переработки отходов лесосечных работ на топливную щепу в условиях вырубки. – М., 2018. – 187 с.

8. *Фокин С.В., Фетяев А.Н., Шпортько О.Н.* О перспективных технических средствах для ведения агролесомелиоративных мероприятий // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – С. 158.

9. *Фокин С.В., Шпортько О.Н.* О требованиях к размеру частиц древесного топлива, используемого в теплоэнергетике // Материалы XI Междунар. науч.-техн. Интернет-конференции. – СПб., 2014. – С. 180–184.

10. *Фокин С.В.* К обоснованию параметров и режимов работы устройства для измельчения порубочных остатков // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3. – С. 36–44.

11. *Фокин С.В., Березников С.В.* О методике исследования процесса резания порубочных остатков дисковой рубительной машиной, оснащенной различными типами // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5; URL: http://www.science–education.ru/111–10346 (дата обращения: 15.10.2013).

12. *Фокин С.В.* Описание конструкции и работы опытного образца рубительной машины для измельчения порубочных остатков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. – № 2–1 (13–1). – С. 146–149.

13. *Фокин С.В.* О влиянии частоты вращения рубительного диска на эффективность работы машины для измельчения порубочных остатков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2. – № 5–3 (10–3). – С. 160–163.

Фокин Сергей Владимирович, *д-р техн. наук, проф. кафедры «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство»,* *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.*

Ахметов Эмиль Амирович, *магистрант, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.*

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.

Тел.: (8452) 74-96-63.

Ключевые слова: *щепа; биотопливо; рубительные машины.*

ABOUT PERSPECTIVE DESIGNS OF CHIPPERS

Fokin Sergey Vladimirovich, *Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Forestry and Landscape Construction", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Russia.*

Akhmetov Emil Amirovich, Magistrandt, *Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Russia.*

Keywords: *wood chips; biofuel; chippers.*

Analysis of the cutting process of a disk-type chopping machine has shown that to improve the efficiency of the process of grinding wood residues and obtain a smaller fraction of chips, it is necessary to develop a new knife design that takes into account the features of their cutting.