

Анализ потребности технологических систем производства древесного топлива из неделовой древесины и древесных отходов в энергоресурсах

П.Н. Анисимов

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола

Аннотация: Предложено использовать энергетический КПД, как критерий оптимизации производства древесного топлива при сравнении различных технологий с помощью имитационного моделирования. Представлены результаты расчёта удельного потребления энергоресурсов на единицу производимой топливной щепы. Учтены затраты энергоресурсов начиная с рубки, заканчивая отгрузкой топливной щепы потребителю. Энергетический КПД рассмотренного технологического процесса производства топливной щепы с помощью системы машин, состоящей из ВПМ, мобильной рубительной машины и щеповоза составил 93,76% при расстоянии транспортировки щепы 50 км, энергоёмкость продукции составила 7,949 т у.т. на 1 тысячу плотных кубических метров топливной щепы. Предложенная методика позволяет производить сравнительную оценку энергетической эффективности различных технологий производства топливной щепы.

Ключевые слова: топливная щепка, технология производства древесного топлива, критерий оптимизации, удельные затраты энергии, энергетический КПД.

Введение. Энергоёмкость продукции наравне с экономическими показателями является важным критерием для оценки эффективности производства. Для технологической схемы (рис. 1) производства топливной

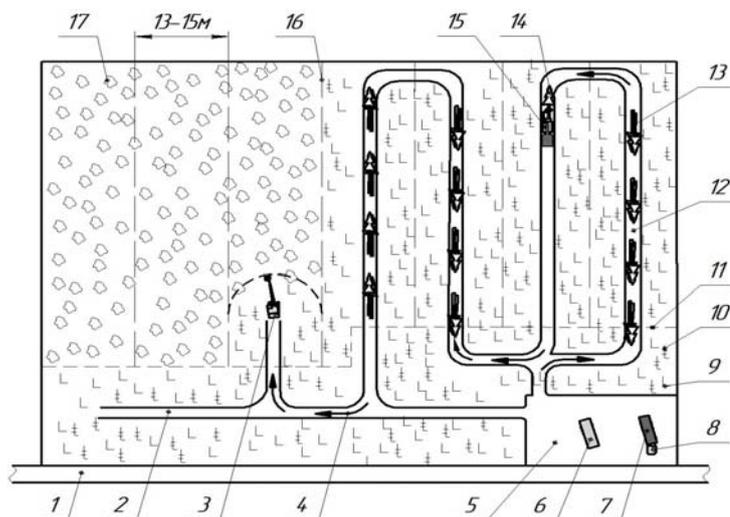


Рис. 1. – Заготовка топливной щепы при сплошных санитарных рубках и рубках в лесных энергетических плантациях: 1 – лесовозный ус; 2 – технологический коридор; 3 – ВПМ; 4 – направления рабочих ходов ВПМ; 5 – погрузочная площадка; 6 – контейнер щеповоза; 7 – контейнер щеповоза со щепой; 8 – тягач; 9 – пни; 10 – сохраняемый подрост (может отсутствовать); 11 – граница зоны безопасности; 12 – технологический пасечный коридор; 13 – пачки деревьев; 14 – дерево, измельчаемое в щепу; 15 – мобильная рубительная машина; 16 – граница пасек; 17 – насаждения до рубки.

щепы при сплошных и выборочных санитарных рубках и рубках ухода, а также сплошных рубках в специальных лесных энергетических плантациях [1-5] были определены: удельные затраты энергии в тонах условного топлива на единицу готового древесного топлива и энергетический КПД производства топливной щепы с помощью системы машин на базе валочно-пакетирующей машины (ВПМ) и мобильной рубительной машины.

Методика исследования. В качестве критерия эффективности при сравнительном анализе различных технологических цепочек производства древесного топлива [6] в результате имитационного моделирования может быть использован энергетический КПД, который является важным показателем, в том числе при определении экономической доступности ресурсов [7]; он определяется по формуле (1):

$$\eta_{щ} = \frac{Q_{щ}}{Q_d + Q_m} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $Q_{щ}$ – низшая теплота сгорания рабочей массы произведенной щепы, т у.т., имеющей влажность w_2 ; Q_d – количество тепловой энергии, которое могло бы выделиться при полном сгорании рабочей массы перерабатываемой древесины, имеющей влажность w_1 , т у.т.; Q_m – сумма низшей теплоты сгорания рабочей массы ГСМ, котельного и печного топлива, а также теплового эквивалента электроэнергии, расходуемых на технологический процесс производства топливной щепы, имеющей влажность w_2 , т у.т.

Таким образом, используя величины тепловых эквивалентов различных видов энергоресурсов, необходимых для производства топливной щепы заданной влажности можно оценить энергетическую эффективность разных технологий производства топливной щепы определённой теплоты сгорания.

В данном исследовании рассматривались такие технологические процессы переработки низкокачественной древесины в топливную щепу, для которых было принято, что изменение влажности производимой топливной

щепы по сравнению с перерабатываемым сырьём пренебрежимо мало, то есть $w_1 = w_2$; а также неизбежные потери исходного сырья в процессе переработки в топливную щепу и при транспортировке, включая операции загрузки и выгрузки щепы из контейнеров, не превышают 3%. Таким образом $Q_{щ} = 0,95 \cdot Q_0$. Следовательно, определяющим КПД процесса фактором является Q_m . В свою очередь Q_m определяется расходом ГСМ машинами, совершающими технологические операции, а также прочими расходами ГСМ на транспортировку моторного топлива и на нужды рабочих.

Базовый вариант систем машин для сравнения и оценки эффективности различных технологий производства топливной щепы выбран на основании результатов известных исследований. В рекомендациях по выбору систем машин для производства щепы, опубликованных в современных работах [8-10], отмечается, что в хвойных древостоях III и IV бонитетов при механизации рубок ухода с учетом биоэнергетики целесообразно использование следующих технологий лесозаготовок: а) заготовка древесины целыми тонкомерными деревьями с использованием харвестера, работающего в режиме ВПМ, форвадера для трелевки древесины на погрузочную площадку, производство щепы рубительной машиной на погрузочной площадке; б) совместная работа ВПМ и мобильной рубительной машины с накопительным контейнером, производящей щепу на самой делянке [11-13]. В данном исследовании был рассмотрен второй вариант системы машин и рассчитан энергетический КПД производства топливной щепы на делянке с помощью мобильной рубительной машины по схеме, изображенной на рис. 1., при рубках ухода и санитарных рубках интенсивностью более 30%.

В таблице 1 представлен расчёт необходимого количества машин и рабочих по рассматриваемому варианту комплектования системы машин для заданного объёма производства.

Таблица 1

Потребное количество машин и рабочих в лесозаготовительной бригаде

Операция	Машина	Суточное задание бриг, м ³	Норма выработки, м ³	Потребное число машино-смен	Коэффициент сменности	Число машин		Число рабочих	
						по расчету	принято	на одну машину	в бригаде
Валка деревьев, пакетирование	Харвестер в режиме ВПМ	124,8	62,4	2	1	2,00	2	1	2
Измельчение, трелевка, выгрузка щепы в автощеповоз	Мобильная рубительная машина	124,8	64	2	1	1,96	2	1	2
Вывоз щепы	Авто-щеповоз	124,8	128	1	1	0,98	1	1	1
Всего		124,8				4,94	5	3	5

Схема технологического процесса для указанного варианта систем машин представлена в таблице 2.

Таблица 2

Схема технологического процесса производства топливной щепы

Операция	Машины и механизмы
Валка деревьев, и пакетирование	Харвестер, работающий в режиме ВПМ
Измельчение целых деревьев в щепу, трелевка щепы в собственном накопительном контейнере до погрузочной площадки, выгрузка щепы в контейнер щеповоза на погрузочной площадке	Мобильная рубительная машина на базе форвадера с захватным устройством и накопительным контейнером
Вывоз щепы до потребителя на расстояние 50 км	Авто-щеповоз Scania R 420 LA с полуприцепом подвижный пол или автощеповоз на базе МАЗ-6312В9 при необходимости повышенной проходимости [14]

Показатели работы машин и механизмов по рассматриваемому варианту системы машин, приведены в таблице 3. Производительность машин принята на основе имеющихся в публикациях данных.

Таблица 3

Показатели использования машин и оборудования при производстве щепы

Название машины и оборудования	Харвестер Silvatek Sleipner KX-451 с валочно-пакетирующей головкой Silvatec	Мобильная рубительная машина	Автощеповоз с (два контейнера с подвижным полом 92 м ³)
Планируемый объем работ, куб.м	23665	23665	23665
Число машино-часов в работе, всего	3034	2958	1479
Число машино-часов необходимых для перемещения машины	64	64	64
Производительность, куб.м в час	7,8	8	16
Сменная норма выработки, куб.м	62,4	64	128
Машино-смен на основных работах	247		247
Всего машино-смен	494	494	247
Сменность работы	1	1	1
Машино-дней в работе	247	247	247
Рабочих дней в году	247	247	247
Число машино-дней когда машины находятся в исправном состоянии	198	198	198
Машин в работе	2	2	2
Машин в исправном состоянии	1,6	1,6	1,6
Коэффициент технической готовности	0,8	0,8	0,8
Количество машин списочное	2	2	2
Использование машины в год в часах	1517	1479	1479
Моторное топливо, т у.т. (с доставкой)	62,188	70,363	42,330
Масла (моторное, гидравлическое, трансмиссионное, пильной щепы)	2,343	7,008	2,676
Эквивалент затраченной эл. энергии		0,303	
Всего расход ГСМ, т у.т.	64,83	77,37	45,01
Общий расход энергоресурсов, т у.т./тыс.плотн.куб.м		7,949	
Энергетический КПД (формула (1) производства щепы, % (теплота сгорания щепы 9000 МДж/кг)		93,76	

Выводы. Энергетический КПД рассмотренного технологического процесса производства топливной щепы с помощью представленной системы машин составляет 93,76%, энергоемкость продукции составила 7,949 т у.т. на 1 тысячу плотных кубических метров топливной щепы. Предложенная методика позволяет производить сравнительную оценку энергетической эффективности различных технологий производства топливной щепы.

Литература

1. Медяков А.А., Онучин Е.М., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. Энергетическая система территориального агролесоводственного биоэнергетического комплекса // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. №82. С. 414-425.
 2. Губий Е.В. Энергетические плантации: иностранный опыт и оценка применимости в России // Вестник ИрГСХА. 2013. № 56. С. 106-112.
 3. Санкович М.М., Штукин С.С., Подошвелев Д.А. Эффективность выращивания топливной древесины, производства и транспортировки щепы на мини-ТЭЦ // Труды БГТУ. Экономика и управление. 2011. № 7. С. 89-91.
 4. Ясюченя С.В., Ковшов С.В., Ковшов В.П. Биологическая рекультивация на основе лесных энергетических плантаций // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 3. С. 95-101.
 5. Булаткин Г.А., Митенко Г.В., Гурьев И.Д. Альтернативная энергетика: новые ресурсы биотоплива из растительного сырья // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 2. С. 88-92.
 6. Анисимов П.Н., Онучин Е.М. Оценка и способы повышения энергетической эффективности производства топливной щепы // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: материалы XXI всероссийской научно-технической конференции. – Томск: Изд-во «Скан», 2015. – 1 Т. – С. 252-255.
 7. Мохирев А.П., Позднякова М.О., Аксенов Н.В. Сравнительный анализ доступности лесных ресурсов лесозаготовительных предприятий // Инженерный вестник Дона, 2017, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3954.
-



8. Суханов, Ю.В. Обоснование выбора системы лесосечных машин для рубок ухода с учетом биоэнергетики: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Петрозаводск, 2013. 24 с.

9. Щукин П.О., Демчук А.В., Будник П.В. Повышение эффективности переработки вторичных ресурсов лесозаготовок на топливную щепу // Инженерный вестник Дона, 2012, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1025.

10. Скрыпник В.И., Кузнецов А.В. Модернизация и расширение функциональных возможностей валочно-трелевочных машин на базе интеллектуальной собственности // Инженерный вестник Дона, 2015, № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3364.

11. Ghaffariyan M.R., Sessions J., Brown M. Collecting harvesting residues in pine plantations using a mobile chipper in Victoria (Australia) // Silva Balcanica. 2014. №15. pp. 81-95.

12. Chen C. X., Pierobon F., Zamora-Cristales R., Ganguly I., Sessions J., Eastin I. Modeling the Processing and Transportation Logistics of Forest Residues Using Life Cycle Assessment // Journal of Forestry. 2017. №115. pp. 86-94.

13. Virkkunen M., Raitila J. Forest fuel supply through the terminal network in Finland and Sweden // European Biomass Conference and Exhibition Proceedings. 2016. pp. 17-22.

14. Кузнецов А.В., Скрыпник В.И., Васильев А.С., Шегельман И.Р. Возможности эффективного решения технико-экономических инженерных задач при планировании и оптимизации работы транспорта леса // Инженерный вестник Дона, 2017, №2, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4173.

References

1. Medjakov A.A., Onuchin E.M., Kamenskih A.D., Anisimov P.N. Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. №82. pp. 414-425.
 2. Gubij E.V. Vestnik IrGSHA. 2013. № 56. pp. 106-112.
 3. Sankovich M.M., Shtukin S.S., Trudy BGTU. Jekonomika i upravlenie. 2011. № 7. pp. 89-91.
 4. Jasjuchenja S.V., Kovshov S.V., Kovshov V.P. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2014. № 3. pp. 95-101.
 5. Bulatkin G.A., Mitenko G.V., Gur'ev I.D. Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija. 2017. № 2. pp. 88-92.
 6. Anisimov P.N., Onuchin E.M. Jenergetika: jeffektivnost', nadezhnost', bezopasnost': materialy XXI vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Tomsk: Izd-vo «Skan», 2015. 1 T. pp. 252-255.
 7. Mohirev A.P., Pozdnjakova M.O., Aksenov N.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017. №1. pp. 19-24.
 8. Suhanov, Ju.V. Obosnovanie vybora sistemy lesosechnyh mashin dlja rubok uhoda s uchetom biojenergetiki [Substantiation of the selection of the system of logging machines for thinning with account of bioenergetics]: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.21.01. Petrozavodsk, 2013. 24 p.
 9. Shhukin P.O., Demchuk A.V., Budnik P.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012. № 3 (21). pp. 395-398.
 10. Skrypnik V.I., Kuznecov A.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015. № 4 (38). pp. 16.
 11. Ghaffariyan M.R., Sessions J., Brown M. Silva Balcanica. 2014. №15. pp. 81-95.
 12. Chen C. X., Pierobon F., Zamora-Cristales R., Ganguly I., Sessions J., Eastin I. Journal of Forestry. 2017. №115. pp. 86-94.
-



13. Virkkunen M., Raitila J. European Biomass Conference and Exhibition Proceedings. 2016. pp. 17-22.
14. Kuznecov A.V., Skrypnik V.I., Vasil'ev A.S., Shegel'man I.R. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017. №2. pp. 62-75.