

А. В. Вавилов, д-р техн. наук, профессор, М. Н. Пашковский, канд. техн. наук,
Ю. В. Соколовский, инженер, Д. С. Игнатович, инженер, БНТУ

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗАГОТОВКИ ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ ИЗ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ С ЕЕ СБОРОМ В СЪЕМНЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ И ДОСТАВКОЙ К ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ УСТАНОВКАМ

The effective technological schemes and the corresponding technics for preparation fuel wood chip simultaneously with the timber cutting process for various industrial conditions are considered and proved.

The given technics provides resources saving and decrease in the cost price of works at the expense of application mobile chipper equipped with own bunker-store for wood chip, and container chips transporting vehicle for delivery with their help of fuel to power plant.

The calculations are resulted, allowing to carry out a choice of the effective technological scheme and the equipment for preparation fuel wood chip from wood waste depending on concrete working conditions. The formulas by definition of economic efficiency depending on range of its transportation are offered.

Введение. За последние годы стали появляться мини-ТЭЦ, работающие на древесном топливе, в основном на топливной щепе. Мощность таких установок превышает 10 МВт, и за сутки они потребляют несколько сотен кубометров щепы. Потребность в древесном топливе возрастает, и поэтому требуются дополнительные резервы. Одним из таких резервов являются лесосечные отходы, которые в основном уничтожаются. Уничтожение их связано с отсутствием эффективной технологии и соответствующей техники для ее реализации. В данной статье обосновываются эффективные технологические схемы и соответствующая техника для заготовки топливной щепы одновременно с основным лесозаготовительным процессом для различных производственных условий.

Основная часть. Наиболее экстремальные условия заготовки топливной щепы из лесосечных отходов рассмотрим на примере ОАО «Полоцклес», где 82% лесосечного фонда расположено на переувлажненных почвах. Поэтому технологический процесс по заготовке сортиментов и топливной щепы с применением форвардеров имеет свои особенности. Лесосека разбивается на пасеки шириной 25 м. Посредине пасеки прокладывается волок. Все деревья валятся вершиной на волок. Обрубаются сучья деревьев и укладываются на волок. Хлысты раскряжевываются на сортименты. После окончания вырубki деревьев на пасеке в работу вступает форвардер. По уложенному волоку он продвигается и уплотняет сучья (рис. 1), одновременно собирает сортименты с соответствующей их рассортировкой. Сортименты доставляются на погрузочную площадку и укладываются в штабеля. Когда сортименты полностью убраны, форвардер начинает подбирать древесные отходы на волоке и пасеке и отвозить их на промплощадку для переработки на топливную щепу. Следует отметить, что сегодня в объединении применяются импортные дорогостоящие машины. Принимая во внимание тот



Рис. 1. Лесосечные отходы, уложенные на волок и уплотненные форвардером

факт, что в нашей стране организовано производство подобной техники с использованием колесных тракторов МТЗ, предлагаем активно внедрять в производство образцы отечественных погрузочно-транспортных агрегатов, например машину МТПЛ-5-11, выпускаемую ООО «Тигер», которая хорошо зарекомендовала себя во многих лесных предприятиях республики. Машина имеет большую грузоподъемность (11 т), и при этом комплектуется мощным тягачом – трактором МТЗ «Беларус» 1221, что обеспечивает высокую эффективность технологического процесса.

Эффективно применять и двухзвенную машину «Беларус» МПТ 461.1, выпускаемую ОАО «Мозырский машиностроительный завод». Полуприцеп этой машины оснащен подвижными обжимными бортами. Обжатие веток и сучьев повышает производительность технологического процесса и исключает их потерю в процессе перевозки. В качестве тяговой машины используется трактор МТЗ «Беларус» 82.2.1.

Однако с учетом переувлажненных почв в лесном фонде требуются погрузочно-транспортные машины повышенной проходимости.

Специалистами СООО «Тигер» создан опытный образец такой машины (МТПЛ-7-15) путем установки двухпоточного гидронасоса в качестве силовой установки и встроены в колеса гидромоторов.

На основании анализа работы существующей отечественной техники [1–7] предложено семь технологических схем на заготовку топливной щепы одновременно с основным лесозаготовительным производством в зависимости от конкретных условий (таблица).

Так, технологическая схема № 1 предусматривает заготовку древесины на корню бензопилами. Трелевка деревьев осуществляется трелевочными тракторами с канатно-чокерной оснасткой на верхний склад. На верхнем складе на деревьях сучья обрезаются бензопилой и складываются в кучи. Одновременно в отдельный штабель вытрелевываются тонкомерные деревья, предназначенные для переработки в топливную щепу. Тонкомерные деревья и лесосечные отходы перерабатываются рубильной машиной «Беларус» МР-25 в щепу с загрузкой в собственный бункер. Когда бункер наполнен щепой, рубильная машина доставляет щепу к съемному контейнеру тракторного контейнерного щеповоза ПК-12 и перегружает в него. Наполненный съемный контейнер грузится на тракторный щеповоз, который доставляет его к энергоустановке.

Данная схема используется на переувлажненных почвах, и доставка топливной щепы предусматривается на расстояние не более 20 км.

Технологическая схема № 2 предусматривает все операции схемы № 1 по заготовке топливной щепы с той только разницей, что вывозка ее к энергоустановке осуществляется контейнерным автощеповозом МАЗ-6501А3 на расстояние до 70 км, а контейнерным автопоездом-щеповозом до 120 км.

Технологическая схема № 3 предусматривает заготовку древесины бензопилами. На месте повала производится обрезка сучьев, складирование их в кучи, а также раскряжевка хлыстов на сортименты. Сортименты и дрова машиной транспортно-погрузочной лесной МТПЛ-5-11 вывозятся на верхний склад или промплощадку. Отходы в щепу

перерабатываются рубильной машиной «Беларус» МР-25 с загрузкой в собственный бункер. Когда бункер наполнен щепой, рубильная машина доставляет его к съемному контейнеру автощеповоза МАЗ-6301А3 и перегружает в него щепу. Наполненный контейнер грузится на автощеповоз и доставляется к энергоустановке.

Данная схема предусматривает работу на сравнительно хороших почвогрунтах с доставкой щепы на расстояние до 60 км, а автопоездом-щеповозом – до 100 км.

Технологическая схема № 4 предусматривает все операции и соответствующую технику схемы № 3 с той лишь разницей, что лесосека расположена на переувлажненной почве, и поэтому предлагается применять на подвозке форвардер «Амкодор 2661».

Доставка щепы может осуществляться на расстояние до 40 км, а автопоездом-щеповозом до 60 км.

Технологическая схема № 5 предусматривает все операции по заготовке топливной щепы, как и в схеме № 4, но лесосечные отходы с лесосеки вывозятся машиной погрузочно-транспортной «Беларус» МПТ-461.1, оснащенной оборудованием для обжигания отходов (ОПЛ). Использование данной техники предусматривается в сравнительно хороших грунтовых условиях. Эффективная доставка щепы обеспечивается при данной технологии на расстояние до 60 км, а автопоездом-щеповозом – до 100 км.

Технологическая схема № 6 предусматривает операции, аналогичные схеме № 5, однако для подвозки используются импортные форвардеры. Данная технологическая схема предусматривает заготовку древесины на переувлажненных почвах. Эффективная доставка щепы обеспечивается при расстоянии вывозки до 35 км, а автопоездом-щеповозом – до 55 км.

Технологическая схема № 7 предусматривает все операции заготовки топливной щепы, что и в схеме № 6, с той лишь разницей, что повал деревьев осуществляется харвестером, подвозка лесосечных отходов – форвардером «Амкодор 2661», переработка отходов в щепу рубильной машиной «Амкодор 29021».

Таблица

Наличие техники по сбору лесосечных отходов и переработки их в щепу с доставкой к энергоустановке в соответствующих технологических схемах

№ техн. схемы	Комплект техники			
	Трактор	Форвардер	Рубильная машина	Контейнерный автощеповоз
Схема 1	ТТР-401	–	МТЗ МР-25	МТЗ ПК-12
Схема 2	ТТР-401	–	МТЗ МР-25	МАЗ-6501А3
Схема 3	–	МТПЛ-5-11	МТЗ МР-25	МАЗ-6501А3
Схема 4	–	Амкодор 2661	МТЗ МР-25	МАЗ-6501А3
Схема 5	–	МПТ-461.1	МТЗ МР-25	МАЗ-6501А3
Схема 6	–	HSM208F12to	МТЗ МР-25	МАЗ-6501А3
Схема 7	–	Амкодор 2661	Амкодор 29021	МАЗ-6501А3

Эта технология применяется на лесосеках с хорошим грунтовым покрытием и крупными лесонасаждениями. Доставка щепы при данной технологии может осуществляться на расстояние до 35 км, а автопоездом-щеповозом – до 65 км.

Для определения эффективности технологического процесса получения и транспортирования топливной щепы необходимо рассмотреть эффективность работы всего комплекта машин, по каждой технологической схеме (таблица).

Для определения прибыли, получаемой от работы не отдельной машины, а целого комплекта, применяем формулу [1]

$$\Pi_{\phi} = D_{ц} - \text{НДС} - C, \quad (1)$$

где $D_{ц}$ – договорная цена за выполненный объем работ, руб.; НДС – налог на добавленную стоимость, руб.; C – себестоимость выполненных работ, руб.

Договорная цена определяется из выражения [1]

$$D_{ц} = C_e \cdot V_p, \quad (2)$$

где C_e – стоимость всех операций, выполненных комплектом машин, руб.; V_p – объем работ, выполняемый машиной.

Себестоимость выполненных работ определяется по формуле [1]

$$C = C_{ед} \cdot V_p, \quad (3)$$

где $C_{ед}$ – себестоимость единицы продукции комплекса механизированных процессов, руб.

Себестоимость единицы продукции комплексно-механизированных процессов определяют из учета стоимости эксплуатации машины в течение часа и часовой производительности везущей машины по формуле [1]

$$C_{ед} = \frac{K_1 \cdot \sum_{i=1}^n C_{м-ч} + K_2 \cdot \sum_{i=1}^k Z_{ср} + \frac{C_n}{T_o}}{\Pi_{эк}}, \quad (4)$$

где K_1 и K_2 – коэффициенты накладных расходов на эксплуатацию машин и заработную плату; n – количество машин входящих в комплект; $C_{м-ч}$ – стоимость машино-часа эксплуатации i -й машины, руб.; $Z_{ср}$ – средняя заработная плата рабочих, не связанных с эксплуатацией машин, руб.; k – количество рабочих, не связанных с эксплуатацией машин; T_o – стоимость подготовительно-заключительных работ на объекте, руб.; $\Pi_{эк}$ – часовая эксплуатационная производительность комплекта машин.

Сумма НДС определяется из выражения [1]

$$\text{НДС} = C \cdot (1 + N_{пр}) \cdot N_{ндс}, \quad (5)$$

где $N_{пр}$ – норма прибыли (составляет 15%); $N_{ндс}$ – величина налога на добавленную стоимость (составляет 18%).

Проведем конкретные расчеты, применяя формулы (1)–(5) для определения фактической прибыли для каждого комплекта машин при различном расстоянии транспортирования топливной щепы. Результаты расчетов представим в виде графиков (комплекты машин составлены исходя из разработанных технологических схем).

Графическая зависимость экономического эффекта в смену от дальности транспортировки щепы представлена на рис. 2–5.

На основании проведенных расчетов видно, что в технологических схемах 4, 6, 7 доставка щепы может осуществляться на небольшие расстояния (с одним контейнером на 25–40 км, с двумя – на 55–75 км). Это вызвано высокой ценой применяемых форвардеров. Поэтому предлагаем использовать эти форвардеры только на основных работах, а сбор и доставку щепы должны осуществлять форвардеры типа МТПЛ-5-11. Тогда расстояние вывозки контейнерным автощеповозом увеличится на расстояние до 60 км, а автопоездом – до 100 км.

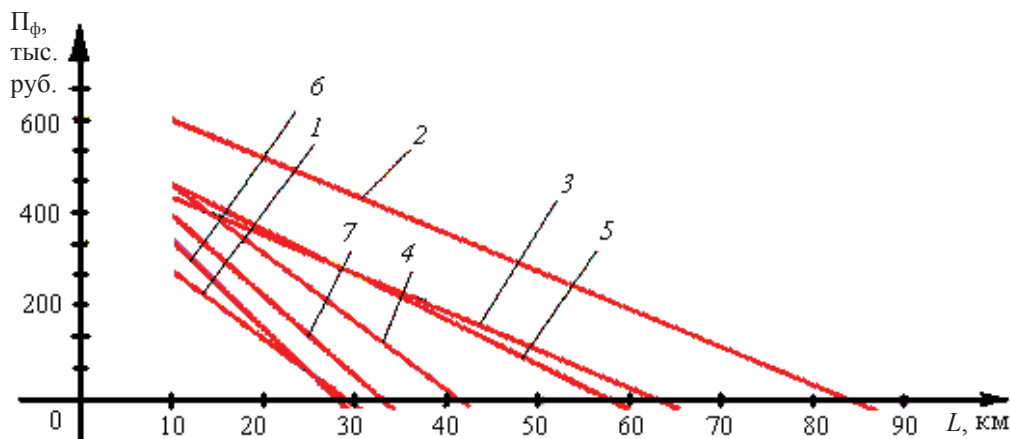


Рис. 2. Зависимость фактической прибыли в смену от дальности транспортирования топливной щепы при вывозке с верхнего склада. Работа осуществляется по предложенным технологическим схемам: 1 – № 1; 2 – № 2; 3 – № 3; 4 – № 4; 5 – № 5; 6 – № 6; 7 – № 7

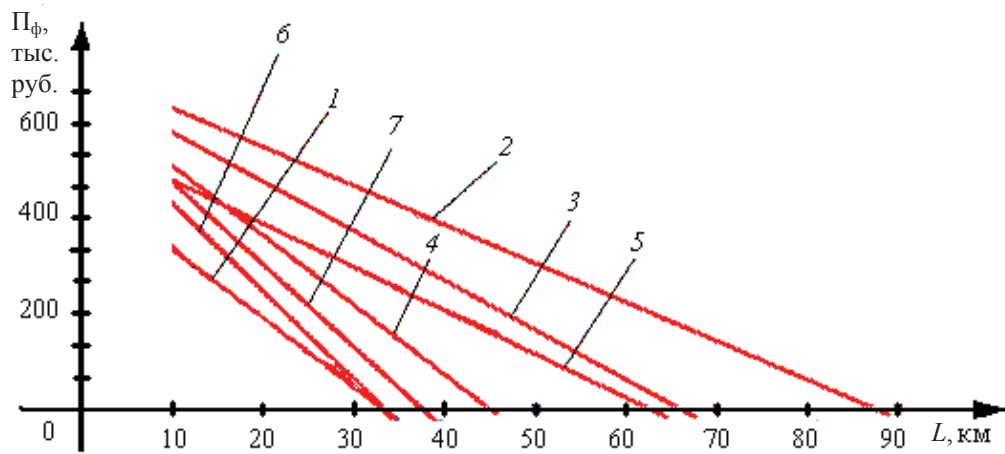


Рис. 3. Зависимость фактической прибыли в смену от дальности транспортирования топливной щепы при вывозке с промплощадки. Работа осуществляется по предложенным технологическим схемам: 1 – № 1; 2 – № 2; 3 – № 3; 4 – № 4; 5 – № 5; 6 – № 6; 7 – № 7

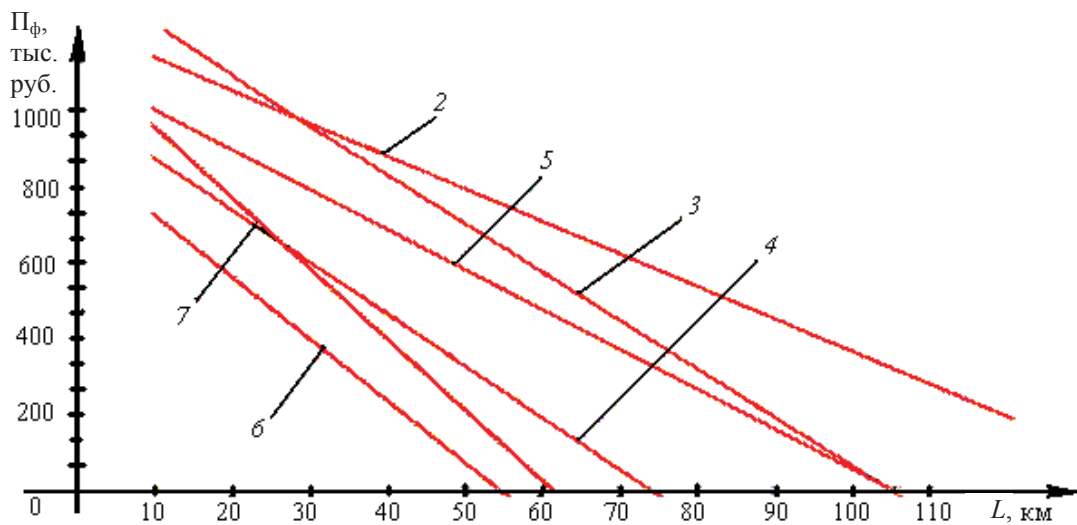


Рис. 4. Зависимость фактической прибыли в смену от дальности транспортирования топливной щепы при вывозке с верхнего склада автопоездом. Работа осуществляется по предложенным технологическим схемам: 2 – № 2; 3 – № 3; 4 – № 4; 5 – № 5; 6 – № 6; 7 – № 7

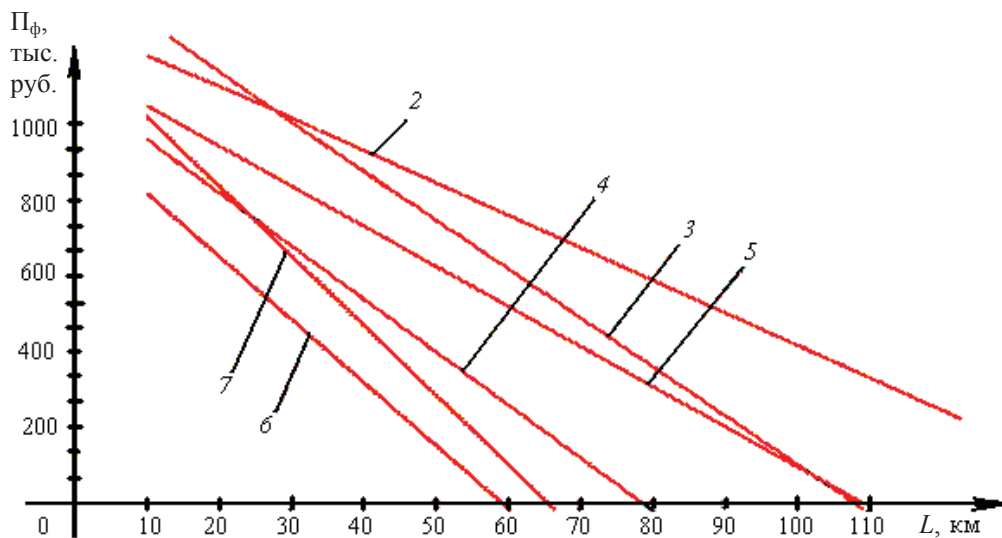


Рис. 5. Зависимость фактической прибыли в смену от дальности транспортирования топливной щепы при вывозке с промплощадки автопоездом. Работа осуществляется по предложенным технологическим схемам: 2 – № 2; 3 – № 3; 4 – № 4; 5 – № 5; 6 – № 6; 7 – № 7

Следует также иметь в виду саму организацию лесозаготовок. Если в процессе заготовки древесины сбор и доставка отходов на верхний склад или промплощадку включается в план бригаде, то при доставке щепы к энергоустановке работа форвардера не учитывается.

В конкретном случае получаем после расчета следующие данные:

– рубильная машина МР-25 + автощеповоз МАЗ 6501А3 с одним контейнером – эффективная дальность транспортировки до 80 км; автощеповоз с прицепом – до 130 км.

– рубильная машина Амкодор 29021 + автощеповоз МАЗ 6501А3 с одним контейнером – эффективная дальность транспортирования до 45 км; автощеповоз с прицепом – до 90 км.

Заключение. 1. В статье обоснован выбор эффективных технологических решений по заготовке топливной щепы одновременно с основным лесозаготовительным производством. Ресурсосбережение и снижение себестоимости работ обеспечивается за счет применения мобильной рубильной машины, оборудованной собственным бункером-накопителем щепы, перегружаемой в рассредоточенные по лесосекам съемные контейнеры автощеповозов для доставки с их помощью топлива к энергоустановкам.

2. Приведены расчеты, позволяющие осуществить выбор эффективной технологической схемы и оборудования для заготовки топливной щепы из лесосечных отходов в зависимости от конкретных условий работы. Для этого предложены формулы по определению эконо-

мической эффективности в зависимости от дальности ее транспортировки.

Литература

1. Вавилов, А. В. Экономическое проектирование технологических машин строительного комплекса / А. В. Вавилов, Д. В. Маров, А. Я. Котлобай. – Минск: Стринко, 2003. – 98 с.

2. Вавилов, А. В. Щепа с лесосек / А. В. Вавилов, М. Н. Пашковский // Лесное и охотничье хозяйство. – 2000. – № 1. – С. 19–21.

3. Вавилов, А. В. Ресурсосберегающие технические средства для топливообеспечения энергетических установок на биомассе / А. В. Вавилов. – Минск: Стринко, 2006. – 182 с.

4. Производство топливной щепы на объектах Минскзеленстроя / А. В. Вавилов [и др.] // Городское хозяйство. – 2008. – № 6. – С. 15–16.

5. Вавилов, А. В. Современная технология и техника для производства топливной щепы / А. В. Вавилов, М. Н. Пашковский, Ю. В. Соколовский // Лесопромышленник. – 2008. – № 8. – С. 22–23.

6. Вавилов, А. В. Разработка лесосек и других облесенных площадей с эффективной заготовкой топливной щепы из образуемых древесных отходов / А. В. Вавилов, М. Н. Пашковский, Ю. В. Соколовский // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 139–145.

7. Технология производства топливной щепы и системы машин для их реализации / А. В. Вавилов [и др.] // Строительные и дорожные машины. – 2008. – № 9. – С. 20–23.