

А. В. Вавилов, профессор, БНТУ; М. Н. Пашковский, канд. техн. наук, БНТУ;  
Ю. В. Соколовский, аспирант, БНТУ; С. М. Синяк, аспирант, БНТУ

### ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ ИЗ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ

The technological processes and technics for gathering of woody biomass in the power purposes are offered. The characteristic of these technological processes is given and the comparative estimation is executed. Optimum process for preparation of a wood biomass for the power purposes is certain.

**Введение.** В связи с ростом цен на традиционные импортируемые энергоносители (газ, мазут, каменный уголь) и, как следствие, повышением стоимости производимой продукции, руководством страны поставлена задача увеличить долю местных природных ресурсов в топливно-энергетическом балансе республики до 25%. В Беларуси интенсивно ведется поиск местных альтернативных источников энергии. Одним из таких источников являются древесные отходы. Преимуществами использования их в качестве топлива являются экологическая чистота по сравнению с другими видами топлива, отсутствие при сжигании воздействия на баланс свободного углерода в атмосфере, ведущего к развитию «парникового» эффекта, и др. Зола, образующаяся при сжигании древесины, используется в качестве удобрения.

Однако массового применения древесных отходов в Беларуси не происходит. В основном имеет место локальное использование отходов в деревообработке. Причина малоразвитой в республике энергетики на древесных отходах кроется, прежде всего, в отсутствии правового поля и экономического механизма, стимулирующего их использование, а также в отсутствии соответствующей техники и технологии для эффективной заготовки древесного топлива.

**Основная часть.** Среди древесных отходов особое место занимают лесосечные, которые сегодня не используются. Большое количество их возникает в лесной промышленности и лесном хозяйстве.

В процессе производства лесосечных работ по применяемой технологии образование лесосечных отходов неизбежно. При сплошных рубках на лесосеках остается значительное количество отходов (до 30 м<sup>3</sup> на 1 Га) [1]. Часть лесосечных отходов (около 40%) используется на технологические нужды (для укрепления трелевочных волоков и подъездных путей к погрузочной площадке). Остальные 60% могут быть использованы для переработки в топливную щепу. Вырубленная лесосека при сдаче ее лесному хозяйству должна быть очищена от порубочных остатков, чтобы возможно было провести посадку леса. Очистка лесосеки сегодня производится в основном двумя методами. По первому методу лесосечные отходы вручную собираются в кучи и сжигаются. По второму методу

подборщиком сучьев отходы собираются в валы и остаются для перегнивания, которое растягивается на длительный период. На наш взгляд, возможны 4 варианта технологических схем заготовки топливной щепы из лесосечных отходов техническими средствами, обеспечивающими энергоресурсосбережение (таблица).

По первому варианту заготовка древесины производится на лесосеке в виде сортиментов. Сортименты и дрова вывозятся сортиментовозами. Лесосечные отходы в процессе заготовки древесины складываются в кучи. После вывозки дров и сортиментов кучи отходов транспортно-погрузочной машиной МТШЛ-5-11, которую производит предприятие «Тигер», доставляются на верхний склад (погрузочную площадку). Среднее расстояние доставки отходов на верхний склад составляет до 300 м. На верхнем складе лесосечные отходы рубильной машиной СН 260 (реализуемой предприятием «Тигер»), оборудованной манипулятором на базе трактора МТЗ-1221, перерабатываются в щепу. Щепу загружается в прицеп ПСТ-9, вместимость кузова которого с надставными бортами составляет 20,5 м<sup>3</sup>. Данный прицеп со щепой транспортируется трактором МТЗ-82 к потребителю на расстояние до 10 км (по данным расчетов БНТУ).

Для справки. Средняя площадь лесосек, отпускаемых в рубку, составляет около 5 Га. Запас древесины на 1 Га равен в среднем 200 м<sup>3</sup>. Таким образом, на одной лесосеке запас древесины составляет:

$$200 \text{ м}^3 \times 5 = 1000 \text{ м}^3.$$

На ней образуется лесосечных отходов:

$$\frac{1000 \text{ м}^3}{100\%} \times 10\% = 100 \text{ м}^3.$$

При переработке 100 м<sup>3</sup> лесосечных отходов в щепу получим:

$$\frac{100 \text{ м}^3}{0,36} = 277,7 \approx 278 \text{ скл. м}^3.$$

Для доставки этой щепы к потребителю трактором МТЗ-1221 необходимо будет сделать 14 рейсов:

$$\frac{278}{20,5} = 13,6 \approx 14 \text{ рейсов.}$$

Технологические схемы заготовки топливной щепы из лесосечных отходов

Номера операций	Варианты технологических схем			
	I	II	III	IV
1	Сбор лесосечных отходов в кучи на лесосеке рабочими во время основных работ	Сбор лесосечных отходов в кучи на лесосеке рабочими во время основных работ	Сбор лесосечных отходов в кучи на лесосеке рабочими во время основных работ	Сбор лесосечных отходов в кучи на лесосеке рабочими во время основных работ
2	Сбор отходов из куч и доставка их на верхний склад машиной транспортно-погрузочной лесной МТПЛ-5-11	Погрузка отходов из куч в тележку манипулятором транспортно-погрузочной лесной машины МТПЛ-5-11 и вывоз их на площадку к дороге для подсушки	Измельчение отходов на лесосеке рубильной машиной СН 260 с одновременной загрузкой щепой размещенных на транспортно-погрузочной машине МТПЛ-5-11 контейнеров суммарным объемом 12 м <sup>3</sup>	Измельчение отходов агрегатом, состоящим из машины МТПЛ-5-11, манипулятора, рубильной машины и бункера-перегрузчика
3	Переработка отходов на верхнем складе рубильной машиной СН 260 и загрузка прицепа ПСТ-9 с надставными бортами (объемом до 20,5 м <sup>3</sup> )	Переработка отходов на щепу рубильной машиной СН 260 с одновременной ее погрузкой в контейнер контейнеровоза объемом 36 м <sup>3</sup>	Подвозка машиной МТПЛ-5-11 контейнеров со щепой к контейнеру контейнеровоза и пересыпка ее в контейнер (объем контейнера 36 м <sup>3</sup> )	Перегрузка щепы из бункера мобильного агрегата в контейнер контейнеровоза, находящийся у дороги
4	Доставка щепы потребителю трактором МТЗ-82 с прицепом ПСТ-9	Вывоз контейнеровозом контейнера на дорогу и перегрузка его на прицеп. Вывоз контейнеровозом 2-го контейнера. Отвоз контейнеровозом потребителю 72 скл. м <sup>3</sup> щепы	Доставка контейнеровозом щепы потребителю в контейнерах	Доставка контейнеровозом щепы потребителю в контейнерах

По второму варианту заготовка древесины на лесосеке производится аналогично первому варианту, а кучи отходов грузятся на машину МТПЛ-5-11 и отвозятся на площадку у дороги на расстояние до 2 км. На данную площадку завозятся отходы и от других лесосек.

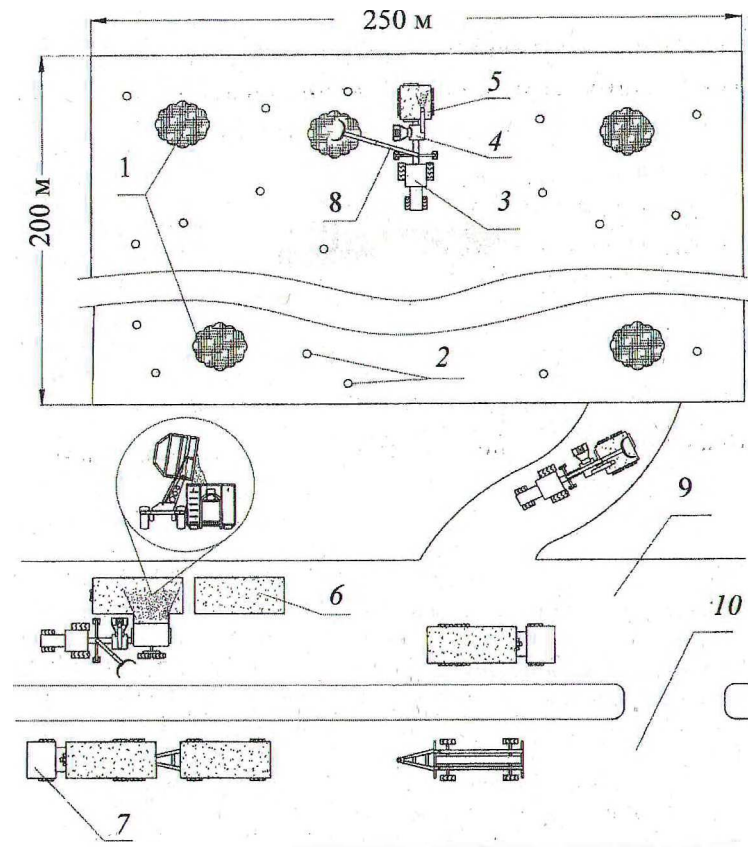
Данные отходы могут некоторое время оставаться для просушки, чтобы опали листья и хвоя (листья и хвоя являются отличным удобрением).

После просушки лесосечные отходы рубильной машиной СН 260 перерабатываются на щепу. На данной площадке сосредотачивается значительно большее количество лесосечных отходов. Поэтому здесь целесообразно их загружать в контейнер емкостью не менее 36 м<sup>3</sup> контейнеровоза. Контейнеровоз вместе с прицепом может везти до 72 скл. м<sup>3</sup> щепы на расстоянии до 80–100 км.

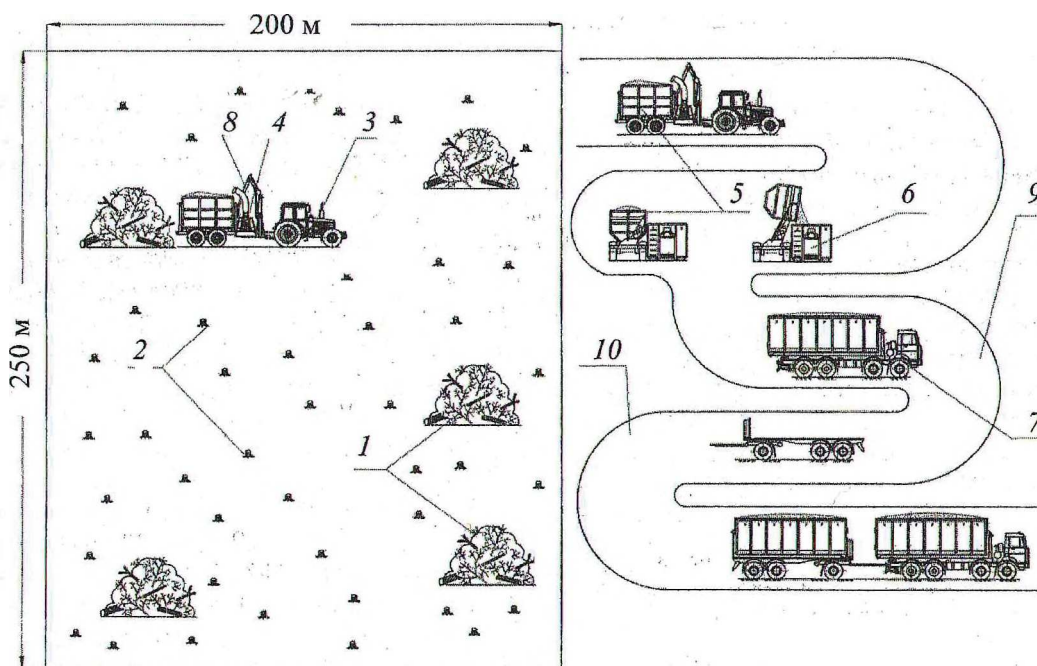
По третьему варианту заготовка древесины на лесосеке производится аналогично первому варианту. К кучам лесосечных отходов на лесосеке подъезжают два агрегата: рубильная машина СН 260 совместно с трактором МТЗ-1221 (перерабатывает отходы в щепу) и трактор МТЗ-82 с МТПЛ-5-11, на котором установлены четыре контейнера объемом 3 м<sup>3</sup> каждый, куда щепы и загружается. Суммарная емкость контейнеров составляет 12 м<sup>3</sup>. Трактор МТЗ-82 с МТПЛ-5-11

отвозит контейнеры со щепой к контейнеру контейнеровоза емкостью 36 м<sup>3</sup>, который находится у дороги на расстоянии 2–7 км от лесосеки. С помощью манипулятора контейнеры со щепой поднимаются, и щепы из них перегружаются в большой контейнер. Контейнеры вместимостью 36 м<sup>3</sup> поставляет контейнеровоз (вместе с прицепом контейнеровоз везет два контейнера суммарной вместимостью 72 м<sup>3</sup>) и отвозит на резервный склад или непосредственно к энергоустановке.

По четвертому варианту (рисунок) заготовка древесины на лесосеке производится аналогично первому варианту. На лесосеке к кучам древесных отходов подходит мобильный агрегат. Агрегат состоит из транспортно-погрузочной машины МТПЛ-5-11, на которой установлена рубильная машина с устройством подачи отходов (СН 260), в тыльной части тележки установлен бункер-перегрузчик объемом около 10 м<sup>3</sup>. Данный агрегат подходит к куче отходов, перерабатывает их в щепу, которую загружает в собственный бункер. Когда бункер наполнен, он доставляется к большому контейнеру контейнеровоза и щепы перегружаются в него. Когда два контейнера контейнеровоза загружены щепой, они отвозятся на резервный склад или к энергоустановке.



a



б

Рисунок. Четвертый вариант заготовки топливной щепы из лесосечных отходов:  
 а – в плане; б – в разрезе; 1 – кучи отходов; 2 – пни; 3 – базовый трактор;  
 4 – рубильная машина; 5 – бункер-перегрузчик для щепы; 6 – контейнер  $V = 36 \text{ м}^3$ ;  
 7 – контейнеровоз; 8 – манипулятор; 9 – лесовозный ус; 10 – дорога

На сегодняшний день [2, 3, 4] объем хлыстовой заготовки в республике составляет  $2,7 \text{ млн. м}^3$ , при этом образуется  $353,7 \text{ тыс. м}^3$  древесных отхо-

дов, для сортиментной заготовки эти объемы составляют  $2,1 \text{ млн. м}^3$  и  $210 \text{ тыс. м}^3$ . При рубках промежуточного пользования количество

образующихся отходов равно 2,222 млн. м<sup>3</sup>. Суммарное количество древесных отходов составляет 2735,7 тыс. м<sup>3</sup>.

Согласно расчетам, наименее затратным из предложенных вариантов заготовки топливной щепы является четвертый вариант с использованием контейнеровоза с прицепом (суммарный объем транспортируемой щепы составляет 72 кл. м<sup>3</sup>). Себестоимость заготовки 1 м<sup>3</sup> топливной щепы по нему составляет 14 898 рублей. Поскольку опыт создания котельных и мини-ТЭЦ на древесном топливе показал, что расстояние доставки древесного топлива составляет порой свыше 90 км, то для расчетов было принято, что транспортировка топливной щепы будет производиться на близкие расстояния (среднее расстояние доставки 40 км) и дальние расстояния (среднее расстояние доставки 80 км). При расчетах было принято, что на расстояние 40 км транспортируется 70% топливной щепы, а на расстояние 80 км – 30%. Себестоимость доставки 1 м<sup>3</sup> топливной щепы на расстояние 40 км для контейнеровоза с прицепом составляет 5437 рублей, на расстояние 80 км – 10 874 рубля. Средняя себестоимость 1 м<sup>3</sup> топливной щепы составит

$$\frac{(5437 \times 70 + 10\,874 \times 30)}{100} = 7068 \text{ руб.}$$

Суммарная себестоимость заготовки и транспортировки топливной щепы составит

$$14\,989 + 7068 = 22\,057 \text{ руб.}$$

Стоимость 1 м<sup>3</sup> топливной щепы, по данным лесного хозяйства [5], в 2006 году составила 31 335 рублей. Таким образом, экономия на 1 м<sup>3</sup> топливной щепы при предложенном варианте

$$31\,335 - 22\,057 = 9278 \text{ руб.}$$

Тогда ожидаемый годовой экономический эффект составит

$$9278 \times 2\,735\,700 \approx 25,4 \text{ млрд. руб.}$$

Направленная в энергетику топливная щепка из лесосечных отходов позволит снизить закупку, например, мазута на 531,2 тыс. тонн или газа на 632,8 млн. м<sup>3</sup> ежегодно.

**Выводы.** 1. Разработаны четыре варианта заготовки топливной щепы из лесосечных отходов, выполняемые имеющимися в республике техническими средствами.

2. Наиболее эффективным, как показали расчеты, является вариант применения рубильной машины с бункером-перегрузчиком, перегружающим полученную из лесосечных отходов щепу в контейнер контейнеровоза, доставляющего ее к энергоустановке.

### Литература

1. Вавилов, А. В. Энергия из отходов / А. В. Вавилов, М. Н. Пашковский, Ю. В. Соколовский // Лесное и охотничье хозяйство. – 2004. – № 3. – С. 18–21.

2. Годовой отчет о производстве продукции и выполненных работах, услугах промышленного характера по концерну Беллесбумпром за 2004 год.

3. Основные показатели работы Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь в 2004 году.

4. Отработка эффективных технологий заготовки древесных отходов, производства из них топлива, его транспортировки, хранения и выработки энергии (на примере Логойского района Минской области с составлением бизнес-плана) (промежуточный отчет): отчет о НИР / А. В. Вавилов [и др.]. – Минск: БНТУ, 2004. – 22 с.

5. Предельная максимальная отпускная цена на щепу топливную (ТУ РБ 1001145188.005-2004), реализуемую на условиях франко-склад потребителя / М-во экономики РБ; М-во лесного хозяйства РБ. – 2005.