

УДК 674.08:502.174

**А. С. Федоренчик**, кандидат технических наук, доцент, проректор (БГТУ);  
**Г. И. Завойских**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);  
**П. А. Протас**, кандидат технических наук, ассистент (БГТУ);  
**А. В. Ледницкий**, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ)

### ПРОИЗВОДСТВО ОБЛАГОРОЖЕННОГО ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА ИЗ ОТХОДОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

В статье рассмотрены актуальные вопросы производства древесных топливных гранул (пеллет) и топливных брикетов из отходов лесопиления с учетом прогноза потенциальных объемов их образования в Республике Беларусь. Разработаны технологические схемы и сформированы системы машин для производства обогороженного древесного топлива. Даны рекомендации по практическому использованию отходов лесопиления и деревообработки для получения энергии.

In the article actual questions of wood fuel granules and briquettes manufacture from a woodsawing waste taking into account the forecast of potential volumes of their formation in the Republic of Belarus are considered. Technological schemes are developed and machine systems for manufacture of the improved wood fuel are generated. Recommendations about practical use of a timbersawing and woodworking waste for energy reception are given.

**Введение.** Современный опыт развитых лесоперерабатывающих стран показывает, что одним из перспективных направлений в области использования отходов лесопиления для получения энергии является производство прессованных форм топливной продукции – топливных гранул (пеллет) и брикетов. В настоящее время самым крупным потребителем древесных топливных гранул является Западная Европа. Мировое потребление пеллет на сегодняшний день составляет около 12 млн. т в год, из которых на Западную Европу приходится более 8 млн. т. В перспективе в течение 10 последующих лет в Европе ожидается ежегодное увеличение потребления пеллет примерно на 20% [1].

Преимуществами использования прессованного биотоплива являются: большая теплотворная способность (в 1,5 раза выше, чем у дров); меньшая стоимость оборудования для котельных установок мощностью до 2 МВт по сравнению с установками по сжиганию древесных отходов; меньший объем склада для хранения пеллет; древесные пеллеты и брикеты являются экологически чистым топливом (при их сжигании количество выделяемого в атмосферу углекислого газа не превышает объема выбросов, образующихся при естественном разложении древесины); эффективное использование данного вида топлива как промышленными энергоисточниками, так и в быту.

На производство одной тонны топливных гранул или брикета расходуется около 2,2–2,5 плотных м<sup>3</sup> древесного сырья, или 7–8 насыпных м<sup>3</sup> опилок и стружки, в зависимости от их плотности.

В Республике Беларусь разработан ряд государственных программ по расширению ис-

пользования древесного топлива для производства тепловой и электрической энергии, повышению энергоэффективности экономики страны и снижению доли импортируемых энергоресурсов. Для выполнения данных задач требуется также внедрение и развитие производств по выпуску обогороженного древесного топлива (пеллет и брикетов) из отходов лесопиления.

**Основная часть. Потенциал отходов лесопиления и деревообработки для энергетического использования.** В процессе переработки древесины образуются значительные объемы отходов древесного сырья, которые могут быть использованы в качестве топлива. С целью рационального планирования количества и мощности мини-ТЭЦ и котельных необходимо определить потенциал отходов лесопиления и деревообработки, пригодных для энергетического использования. Данные объемы отходов установлены как среднегодовое суммарное количество древесных отходов, образующихся на предприятиях лесопильных и деревообрабатывающих производств лесного комплекса Республики Беларусь на конец 2010 г.

Количество отходов лесопильных и деревообрабатывающих производств зависит от качества поставляемого сырья, типа и размера изготавливаемой продукции, технического уровня и состояния оборудования предприятия, его мощности и может составлять от 15 до 65% [2].

Годовой объем отходов переработки древесины в лесопильно-деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной отраслях народного хозяйства республики составляет около 3 млн. м<sup>3</sup>. Из них кусковых отходов, требующих при переработке на современную топливную продукцию

(пеллеты, брикеты) измельчения на рубильных машинах, насчитывается 1,6 млн. м<sup>3</sup> (53,8%), а мягкие отходы (опилки, стружка) составляют около 1,4 млн. м<sup>3</sup> (46,2%).

Дальнейший рост потребности в республике в местных видах ТЭР в ближайшие годы может вовлечь в сырьевой потенциал производства прогрессивных видов топлива древесную кору и вторичное древесное сырье. Их ежегодные объемы в ближайшей перспективе соответственно могут составить 0,67 и 0,30 млн. м<sup>3</sup>.

**Разработка технологических схем производства древесного топлива из отходов лесопиления и деревообработки и формирование системы машин.** Процесс производства пеллет можно разделить на два этапа: первый – подготовка древесного сырья до состояния готовности к прессованию (дозированная подача предварительно измельченного сырья к сушильной установке, ее загрузка, обеспечение теплом, сушка и доизмельчение высушенного сырья); второй – гранулирование, доводка до кондиции охлаждением, подсушкой, очисткой от мелочи и пыли, упаковка и складирование.

Вспомогательными этапами являются: сортировка сырья от крупных и металлических включений, транспортирование и дозировка на измельчение и сушку, промежуточное складирование и дозирование сырья между основными этапами производства, аспирация и охлаждение готовых топливных гранул, фасовка и упаковка готовой продукции.

Топливные древесные брикеты изготавливают в основном методом шнекового прессования подготовленного сырья (измельченных и высушенных древесных отходов), при этом продукт выходит непрерывно, охлаждается в лотке, затем разрезается и упаковывается. Измельчение и сушка сырья производятся аналогично подготовке сырья при получении топливных гранул, но требования к древесной массе для брикетирования ниже, чем для гранулирования.

При выборе технологии производства пеллет следует ориентироваться на возможность эффективной переработки планирующегося к поставке древесного сырья с получением продукции требуемого качества.

В комплект оборудования, обеспечивающего осуществление полного цикла производственного процесса по выработке пеллет, удовлетворяющих современным требованиям, и достаточную механизацию выполняемого комплекса операций, должны входить: средства механизации работ по порционной подаче щепы на переработку со склада сырья; теплогенератор, способный работать на этом же

сырье (щепе) для обеспечения теплоносителем сушильного агрегата по сушке щепы; высокопроизводительный сушильный агрегат, обеспечивающий не только качественную сушку объекта переработки, но и подсушку топлива для теплогенератора; системы эффективной транспортировки полуфабриката (транспортёры элеваторного типа – нории, пневмотранспортные устройства – вентиляторы, трубопроводы, дозаторные загрузчики, конвейеры ленточные, винтовые, скребковые и т. д.); дезинтеграторы для измельчения сырья до пригодного для качественного прессования состояния фракционного состава; циклоны для разделения пневмотранспортируемых смесей; вспомогательное оборудование (металлоискатель, увлажнители, сепараторы, весы, измерительные приборы, упаковочные устройства и складское оборудование для укладки, хранения и отгрузки продукции).

Линия гранулирования состоит из четырех участков: сушки, измельчения, гранулирования и упаковки. Для производства древесных топливных гранул из отходов лесопиления и деревообработки может быть использовано следующее оборудование. На участке сушки основным оборудованием являются теплогенератор и сушильный барабан или сушильный агрегат конвейерного типа. В составе оборудования на участке сушки также имеются механизированный бункер, загрузочный транспортёр сушильного барабана, циклон с дымососом и шлюзовым питателем, шкафы управления. Участок измельчения включает молотковую дробилку или дезинтегратор. Основным оборудованием участка гранулирования является пресс-гранулятор со смесителем и дозатором. Гранулятор имеет механизированный бункер, шнековый транспортёр, вертикальный транспортёр-нория, охладитель-сепаратор, шкаф управления. Кроме того, имеется система пневмотранспорта (циклон, вентилятор, шлюзовый питатель, пневмопровод, пылеулавнитель). Участок упаковки готовой продукции может включать бункер готовой продукции с дозатором, вертикальный транспортёр-нория, весы электронные и шкаф управления.

На основании анализа и количественной оценки факторов работы оборудования сформированы два варианта систем машин и оборудования для производства топливных гранул (таблица). Количество оборудования принималось исходя из его сменной производительности и технологических особенностей. В качестве базового оборудования принимались пресс-гранулятор и дезинтегратор. Сменный объём производства пеллет для первой системы машин составляет 8 т, второй – 16 т.

## Системы машин для производства топливных гранул

Операции технологического процесса	Марка машины (оборудования)	Количество
<i>Система машин № 1</i>		
Подача и сушка сырья	Теплогенератор ТГ-1,2	1
	Сушильный барабан АВМ-0,65	1
	Загрузочный транспортер	1
	Вытяжной вентилятор	1
	Механизированный бункер ОМБ-2,3	1
	Вертикальный транспортер-нория	1
	Воздуховоды	комплект
Измельчение отходов	Молотковая дробилка АВМ-57	1
Гранулирование	Пресс-гранулятор ОГМ-1,5	1
	Система пневмотранспорта	комплект
Упаковка	Бункер готовой продукции с дозатором	1
<i>Система машин № 2</i>		
Подача и сушка сырья	Теплогенератор ТГ-2,0	1
	Сушильный барабан АВМ-1,5	1
	Загрузочный транспортер	1
	Вытяжной вентилятор	1
	Механизированный бункер ОМБ-2,3	1
	Вертикальный транспортер-нория	1
	Воздуховоды	комплект
Измельчение отходов	Молотковая дробилка АВМ-57	2
Гранулирование	Пресс-гранулятор ОГМ-1,5	2
	Система пневмотранспорта	комплект
Упаковка	Бункер готовой продукции с дозатором	1

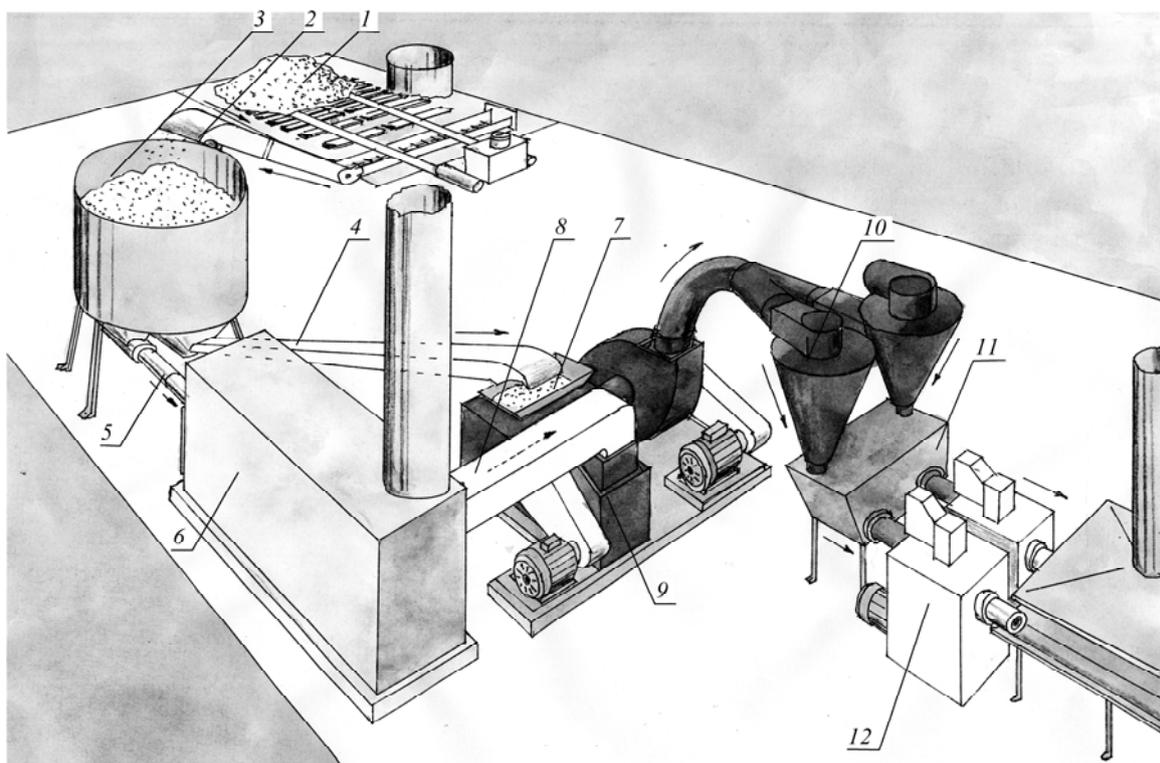
В основу выбора системы машин для формирования типовой схемы *технологического процесса производства топливных брикетов* из отходов лесопиления и деревообработки принят современный прогрессивный метод выполнения операций сушки и измельчения перерабатываемой древесной щепы в аэродинамической сушилке – диспергаторе, в компактном аппарате единого конструктивного исполнения, заменяющего сушильный агрегат (например, барабан) и дезинтегратор (молотковую мельницу). Сушка материала обеспечивается интенсивным массо-воздухообменом, который является результатом технического решения данного аппарата. Также процесс сушки ускоряется в связи с интенсивным трением частиц друг о друга в плотном слое при движении в диспергаторе с высокой окружной скоростью.

В качестве базового оборудования принимались шнековый пресс CF Nielsen (2 шт.) и диспергатор ДР-2000. Также в комплект оборудования входят два загрузочных транспортера, механизированный бункер ОМБ-2,3, теплогенератор ТГ-2,0, бункер-накопитель и система пневмотранспорта. Сменный объем производства топливных брикетов данной системой машин составляет 16 т.

Предлагаемый процесс производства брикетов осуществляется следующим образом (рисунок). Подлежащее переработке сырье (топливная щепка) выгружается на складе сырья 1 в зоне действия подающего механизма «подвижный пол» и транспортером 2 загружается в расходный бункер 3, откуда основная масса щепы транспортером 4 подается в бункер-дозатор аэродинамической сушилки-диспергатора 7, а далее – в сушилку-диспергатор 9, где происходит процесс измельчения щепы под ударным воздействием вращающегося ротора до требуемого гранулометрического состава и одновременно осуществляется процесс сушки древесной массы.

Часть щепы из бункера 3 винтовым конвейером 5 отбирается в качестве топлива и подается в топку теплогенератора 6, горючие газы которого через систему снабжения сушильным агентом 8 подаются в сушилку-диспергатор 9. Аэродинамическая сушилка работает при температуре осушающего агента 120–150°C, что исключает опасность возгорания древесных частиц.

Из диспергатора древесная масса вентилятором подается в циклоны 10, где освобождается от газообразных примесей и поступает в бункер-накопитель с автоматическими дозаторами 11, расположенный перед прессами 12.



Технологическая схема производства топливных брикетов из измельченных отходов лесопиления

Прессование происходит в экструдере методом жесткого формообразования в системе граненых фильер с подачей исходного сырья коническим вращающимся шнеком, создающим давление, достаточное для спекания сырья в твердую массу в виде непрерывного рукава без добавления связующих компонентов. Этот способ брикетирования применяется для условий использования относительно небольших объемов сырья, прост в эксплуатации, запускается и функционирует в простых условиях и обеспечивает получение высококачественной продукции, хорошо востребованной на внешнем рынке.

Торцевание брикета (длина брикета для потребителей 20–25 см) можно выполнять с применением ручного устройства по ходу формирования брикета. При необходимости используют автомат для резки, который без участия оператора выполняет эту операцию.

Для реализации брикеты фасуются в пачки по 12 шт. общим весом до 10 кг. Для увязки таких пачек используется полипропиленовая лента и соответствующая упаковочная машина, которая производит обвязку и спайку ленты.

**Заключение.** Предлагаемый подход к решению актуальных практических задач развития лесного комплекса, позволит:

– увеличить степень комплексности использования древесного сырья на деревообрабатывающих предприятиях на 20% за счет вовлечения в процесс переработки древесных отходов;

– повысить глубину переработки древесины путем использования щепы для производства обогороженного древесного топлива;

– создать непрерывно работающие стадии производства и доставки древесного топлива из отходов лесопиления и деревообработки;

– создать дополнительные рабочие места и улучшить социальные условия труда;

– снизить отрицательное воздействие энергетического сектора на окружающую среду и повысить энергобезопасность республики;

– создать предпосылки для поддержания углеродного баланса и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Данное исследование выполнено в рамках проекта «Создание и развитие сетей по использованию биоэнергии в Восточной Европе».

### Литература

1. Провести анализ потенциала использования отходов деревообрабатывающих производств в Республике Беларусь в качестве энергетического сырья, разработать рекомендации по их рациональному практическому использованию: отчет о НИР (заключ.) / Белорус. гос. технол. ун-т; рук. темы А. В. Ледницкий. – Минск, 2010. – 92 с. – № ГР 20080813.

2. Федоренчик, А. С. Практикум по технологии и оборудованию комплексного использования древесины / А. С. Федоренчик, С. П. Мохов, Д. В. Клоков. – Минск: БГТУ, 2004. – С. 5–7.

Поступила 15.03.2011