

2. Пономаренко, А.И. Установка для восстановления гильз цилиндров двигателя автомобиля ГАЗ-53А способом центробежного напекания порошкового материала / А.И. Пономаренко, Х.И. Ильямов // Ремонт машин и технология металлов. – М.: МИИСП, 1979. – Вып. 7. – С. 68-70.
3. Иванов, В.П. Технология и оборудование восстановления деталей машин: учебник / В.П. Иванов. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 458 с.
4. Меркулов, Е. Пластическое деформирование гильз / Е. Меркулов, Б. Гомзяков // Автомобильный транспорт. – 1980. – № 9. – С. 46.
5. Костюков, Ю.Л. Термопластическое восстановление гильз цилиндров / Ю.Л. Костюков, А.И. Фединчик // Техника в сельском хозяйстве. – 1981. – № 12. – С. 49-51.
6. Каспарянц, А.Г. Использование электрогидравлического эффекта для восстановления поршневых пальцев / А.Г. Каспарянц, В.А. Какуевичкий // Автомобильный транспорт. – 1982. – № 8. – С. 34-37.
7. Какуевичкий, В.А. Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей автомобилей / В.А. Какуевичкий. – М.: Транспорт, 1993. – 176 с.

УДК 620.92:579.66:63

А.Л. Тимошук, В.А. Чернобай

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь);*

В.В. Чумаков

*(НП РУП «Унихимпром БГУ»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЛЛЕТ ИЗ ОТХОДОВ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Дефицит энергоносителей в целом по миру и для стран Европы в частности ускоренными темпами приводит к повышению цен на них и, как следствие, к поиску альтернативных источников энергии. Наряду с технологией экономного использования традиционных видов топлива (нефти, газа, угля) развивается новое направление – биоэнергетика, в основе которого лежит использование возобновляемого сырья растительного происхождения.

Пеллеты из отходов растениеводства, в том числе из рапсовой соломы, наряду с древесными гранулами рассматриваются в Европе как топливо будущего, и число его производителей растет с каждым годом.

Максимальное использование местных альтернативных источников энергетического сырья важно и для нашей страны.

Концепцией энергетической безопасности и повышения энергетической независимости Республики Беларусь определено внедрение технологий производства твердого биотоплива и оборудования для его изготовления [1].

В условиях Беларуси пеллеты целесообразно производить из соломы рапса, которая в настоящее время в республике не является товарным продуктом и не используется.

Пеллета из соломы – это нормированное цилиндрическое спрессованное изделие диаметром 6–10 и длиной примерно 20–50 мм. Гранулы производятся без химических закрепителей под высоким давлением.

Привлекательность использования в качестве основного компонента твердого биотоплива рапсовой соломы также обусловлена ее низкой стоимостью (порядка 15–20 долл. США за 1 тонну сырья), а также высокой возобновляемостью (примерно в 3 раза выше) по сравнению с древесиной.

Как видно из таблицы 48, элементные составы и теплота сгорания различных видов растительной биомассы достаточно близки. Поэтому при выборе источника растительного сырья для производства твердых топлив целесообразно исходить из доступности различных ресурсов, их стоимости и технологической возможности производства данного вида топлива для эффективного технологического использования в котельных установках.

Производственный процесс характеризуется небольшими затратами времени на получение готовой продукции и является экологически чистым, т.к. использует электроэнергию и экологически чистое сырье. В результате применения современного оборудования в технологии изготовления гранул из соломы никаких вредных выбросов ни в атмосферу, ни в виде промышленных стоков не производится. Производство безотходное.

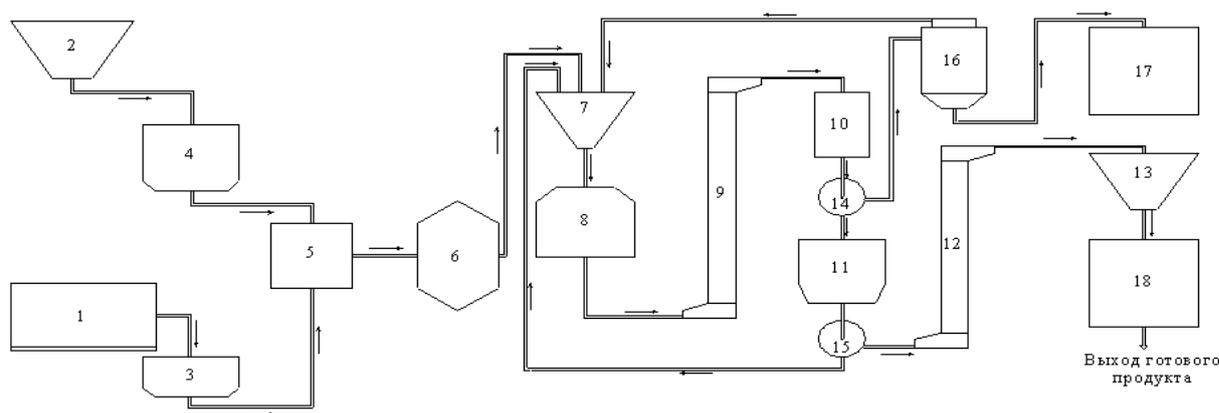
Таблица 48 – Элементный состав и энергии сгорания (высшие) различных видов растительной биомассы

Свойства биомассы	Целлюлоза	Лигнин	Древесина	Солома	Зерновые	Трава
Элементный состав:						
C, масс. %	44,5	65,9	47–51	42–47	43–60	37–47
H, масс. %	6,2	4,9	5,7–6,3	5,1–6,0	6,4–7,2	5,1–6,2
O, масс. %	49,3	23,0	39–44	39,1–43,8	24–46	33–42
N, масс. %	0	0,7	0,13–0,54	0,4–1,1	1,7–3,9	0,7–1,5
Зола, масс. %	0	5,1	0,5–4,0	3,8–12,2	2,0–4,6	3,9–23
$\Delta_c U^o$, МДж·кг ⁻¹	17,4	20,6	18,4–19,2	15,8–17,7	17,0–26,5	14,1–17,6

Одной из основных характеристик топливных гранул является теплота сгорания. Увеличение теплоты сгорания может достигаться путем добавления в солому рапса других компонентов, таких как лигнин, стеблевая масса кукурузы и т.п., что позволяет получать смешанное твердое биотопливо [2].

Производство пеллет из биомассы растительных культур включает в себя следующие технологические операции: измельчение биомассы, сушка (при необходимости), дробление измельченной фракции, прессование, охлаждение топливных гранул и упаковка [3]. Эта схема производства пеллет достаточно универсальна, но при использовании различных видов растительного сырья должны быть модифицированы некоторые технические параметры линии гранулирования.

С учетом описанного технологического процесса блок-схема технологической линии гранулирования твердого смешанного биотоплива из рапсовой соломы с добавлением различных отходов растениеводства представлена на рисунке 137.



- 1 – накопитель-транспортер рулонов соломы рапса; 2 – бункер для смешевой растительной биомассы; 3 – измельчитель рулонов рапсовой соломы; 4 – рубительная машина растительной массы; 5 – бункер-смеситель измельченной растительной массы; 6 – мельница; 7 – бункер-накопитель размолотого сырья; 8 – пресс-гранулятор; 9 – нория; 10 – охладитель гранул; 11 – просеиватель гранул; 12 – нория; 13 – бункер-накопитель гранул; 14, 15 – вентилятор; 16 – циклон; 17 – пылесборник; 18 – упаковочный узел

Рисунок 137 – Блок-схема технологической линии гранулирования

В соответствии со схемой тюкованная рапсовая солома, высушенная естественным образом, из накопителя-транспортера рулонов 1 подается в измельчитель рулонов 3, где предварительно измельчается до заданных размеров и подается в бункер-смеситель 5 измельченного сырья.

Параллельно подготовленные компоненты растительной массы из бункера смешевых добавок 2 подаются в рубительную машину растительной массы 4, а затем перегружаются в бункер-смеситель измельченного сырья 5, который при необходимости оснащается магнитным сепаратором и камнеулавливающим устройством.

Далее измельченная смешевая масса из бункера-смесителя измельченного сырья 5 подается в мельницу 6, где происходит ее тонкий помол до состояния травяной муки, которая сама по себе представляет потребительский интерес.

Затем растительная масса подается в бункер-накопитель размолотого сырья 7 и далее – в пресс-гранулятор 8 – основной модуль технологической линии производства гранул твердого биотоплива.

Изготовленные топливные гранулы с помощью нории 9 подаются в охладитель гранул 10, откуда поступают в просеиватель гранул 11 и далее с использованием нории 12 попадают в бункер-накопитель гранул 13, из которого готовая продукция поступает в упаковочный узел 18 для расфасовки.

В блок-схеме присутствуют две возвратные линии: из охладителя 10 пылевидная составляющая вентилятором 14 подается в циклон 16, где происходит разделение на более тяжелые частицы растительной массы, которые подаются в бункер-накопитель размолотого сырья 7, а сама пыль при помощи циклона 16 удаляется в пылесборник 17. Мелкие фракции из просеивателя 11 вентилятором 15 также подаются обратно в бункер-накопитель размолотого сырья 7 для повторной переработки.

Такие особенности схемы работы технологической линии в совокупности с выбором оптимального соотношения «размер частиц биомассы» – «режим и производительность гранулирования» позволяют повысить ее технико-экономическую эффективность и снизить показатели запыленности производственного помещения при гарантированном качестве топливных гранул.

Значимым отличием представленной линии гранулирования от эксплуатирующихся с использованием в качестве исходного сырья древесных отходов является отсутствие сушильного блока.

Это определяется тем, что исходная биомасса как сырье для производства топливных гранул уже имеет достаточно низкую естественную влажность (17–25%). В процессе дробления растительной массы происходит ее нагрев со снижением влажности на 4–5%, что и позволяет обойтись без теплогенератора в технологической линии и тем самым снизить энергоемкость производственного процесса в целом. К таким материалам относятся солома зерновых, солома рапса, костра льна, подсолнечная шелуха и другие отходы продукции растениеводства.

Линии гранулирования размещаются в производственных помещениях, основными предъявляемыми требованиями к которым являются:

- температура внутри помещения не ниже $+5^{\circ}\text{C}$, площадь помещения не менее 240 м^2 , высота не менее 6 м;
- наличие коммуникаций по электропитанию мощностью не менее 200 кВт при производительности не менее 1,2 т/ч готовой продукции. Наличие бытового водопровода и средств активного пожаротушения [4].

Для обеспечения сырьем производства топливных гранул из соломы мощностью 15 тыс. тонн в год (аналогичных производству древесных пеллет в г. Столбцы и г. Житковичи) требуется 18 тыс. тонн соломы в год (с учетом 17% влажности исходной соломы и (5÷10)% потерь при измельчении и сортировке биомассы). При средней урожайности соломы $2,6\text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$ и переработке в твердое топливо только 20% урожая соломы площадь посевов зерновых культур, необходимая для обеспечения работы указанного производства, насчитывает $(18000\text{ т}/2,6\text{ т}\cdot\text{га}^{-1}) / 0,20 = 34,6\cdot 10^3\text{ га}$, что составляет примерно 1,5% от общей площади посевов зерновых в республике.

Площадь пахотных земель, необходимая для обеспечения биомассой производства мощностью 15 тыс. тонн пеллет в год, может быть сокращена в 30÷40 раз при условии создания так называемых энергетических плантаций. На этих площадях должны выращиваться с целью переработки в топливо энергоинтенсивные растительные культуры (топинамбур, мискантус и др.), обеспечивающие в условиях Республики Беларусь максимальные выходы энергии с 1 га («энергетический гектар»).

Для работы одной биотопливной котельной мощностью 1 МВт на отопительный сезон (180 суток; коэффициент загрузки 0,5; КПД установки не менее 70%) требуется ~ 670 тонн пеллет. Таким образом, одно производство по вы-

пуску пеллет (брикетов) из соломы мощностью 15 тыс. тонн в год может обеспечить работу биотопливных котельных суммарной мощностью ~ 22 МВт [5].

При этом следует также особо отметить, что соломенные пеллеты лишь незначительно уступают по качеству древесным (таблица 49), а по совокупности экологических показателей превосходят традиционные виды топлив (уголь, торф, дизельное топливо и мазут).

Таблица 49 – Сравнительные характеристики различных видов топлива

Вид топлива	Теплота сгорания, МДж·кг ⁻¹	Содержание серы, масс. %	Содержание золы, масс. %	Дополнительное количество углекислого газа, кг·ГДж ⁻¹
Каменный уголь	15–25	1–3	10–35	60
Дизельное топливо	42,5	0,2	1	78
Мазут	37–39	1,2	1,5	78
Торф (брикеты)	17–18	0,2–0,3	5–15	70
Древесные пеллеты	16,9	0,1	1	0
Соломенные пеллеты	16,5	0,1–0,2	3–5	0
Природный газ	34 МДж·м ⁻³	0	0	57

Топливные пеллеты и брикеты могут быть крайне привлекательны для небольших производств, ферм, загородных домов и т.п. [6]. Котельные установки на пеллетах (котел, оборудованный автоматической горелкой, и бункер) являются наиболее современными и экологически чистыми по сравнению с установками, работающими на традиционных видах топлива, при этом отопление на пеллетах полностью автоматизировано, гарантируется полная взрывобезопасность и исключается опасность разлива дизтоплива. Из сравнения затрат на эксплуатацию различных котельных мощностью 25 кВт (таблица 50), достаточных для отопления помещений площадью до 200 м², следует, что отопление на пеллетах почти в 3 раза дешевле по сравнению с отоплением на дизельном топливе, а затраты на приобретение биотопливной котельной окупаются в течение двух отопительных сезонов.

Таблица 50 – Сравнение отопительных установок на различных видах топлива мощностью 25 кВт

Сравнительные характеристики	Дизельное топливо	Пеллеты из соломы
Ориентировочная стоимость котельной	2500 \$	7000 \$
Условный КПД установки	70	70
Расход топлива при полной мощности	3,56 л/ч	7,79 кг/ч
Потребность в топливе за сезон	7690 л	16,8 т
Стоимость единицы топлива	0,751 \$/л	(0,12 \$/кг)*
Затраты на отопление за сезон (180 суток, коэффициент загрузки 0,5)	5780 \$	2020 \$

* Цена, вдвое превышающая себестоимость производства пеллет из соломы.

Конкурентом соломенных и древесных пеллет является в настоящее время природный газ, однако его стоимость постоянно увеличивается. Особо следует отметить то, что при сгорании твердого биотоплива не выделяется в атмосферу дополнительное количество углекислого газа, т.е. при горении выделяется CO_2 , накопленный растением в вегетативный период. Соломенные пеллеты (брикеты) обладают невысокой зольностью (до 5%), причем зола может использоваться в качестве удобрения (например, при сжигании угля шлака образуется примерно в 7 раз больше, и его нельзя использовать в качестве удобрения). При сжигании пеллет из соломы образуются безвредные продукты сгорания. В настоящее время это один из самых комфортных и экологически чистых видов топлива.

15.07.11

Литература

1. Российский и Европейский рынок топливных гранул (пеллет) // *Топливо и энергетика*. – 2010. – № 6.
2. Энергетическая эффективность производства топлив из растительной массы / В.В. Симицкий [и др.]: тезисы докладов 2-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 26–28 мая 2009 г. – Минск, 2009. – С. 33.
3. Кукушкин, Е.Б. / Брикетирование – дело тонкое // *Новости деревообработки*. – 2000. – № 5.
4. Современное развитие рынка энергетического использования древесных гранул / Информационный центр биомасс. – Штуттгарт, 2002.
5. Цедик, В.А. К вопросу об энергетическом рециклинге древесных гранул / В.А. Цедик, В.С. Ефремцев // *Woodworking News*. – 2003. – № 11.
6. Анализ характеристик твердого биотоплива Беларуси / Ю.В. Максимук [и др.]: тезисы докладов 2-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 26–28 мая 2009 г. – Минск, 2009. – С. 70.

УДК 664.8

**Н.Г. Бакач, В.В. Азаренко,
Ю.Л. Минич, Ю.В. Гатчина**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»),
г. Минск, Республика Беларусь)*

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ПЕРЕДВИЖНОГО ГРИБОВАРОЧНОГО ПУНКТА

Введение

В Республике Беларусь, как и во всем мире, использование дикоросов, выращенных самой природой в естественных условиях, приобретает все большую популярность. Это обусловлено, прежде всего, тем, что дикорастущие грибы содержат легкоусвояемые сахара, органические кислоты, пектиновые и дубильные вещества, много микроэлементов, витаминов, минеральных, биологически активных и тонизирующих веществ, повышающих иммунную систему человека и обладающих иммуностимулирующими и лечебно-функциональными свойствами.