

УДК 674.08

РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ БИОМАССЫ

А. Г. Трошин

Доцент

Кафедра «Интегрированные технологии, процессы и аппараты»*

Контактный тел.: 050-400-70-97

E-mail: TROSHIN@I.UA

В. Ф. Моисеев

Профессор

Кафедра «Химическая техника и промышленная экология»*

Контактный тел.: 067-695-85-14

И. А. Тельнов*

Контактный тел.: 095-808-17-40

E-mail: ITELNOV@YANOO.COM

С. И. Завинский*

Контактный тел.: 063-808-84-34

E-mail: ZOWA333@MAIL.RU

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, Харьков, 61002, Украина

У статті розглянуто отримання твердого біопалива шляхом брикетування відходів біомаси. Проводиться загальний аналіз технології виробництва брикетів, виявляються основні її проблемні стадії, а також проводиться порівняльний аналіз існуючого устаткування

Ключові слова: паливні брикети, сушарні апарати, шнекові преси

В статье рассмотрено получение твёрдого биотоплива путем брикетирования отходов биомассы. Проводится общий анализ технологии производства брикетов, выявляются основные её проблемные стадии, а также проводится сравнительный анализ существующего оборудования

Ключевые слова: топливные брикеты, сушильные аппараты, шнековые прессы

This article represents production of solid biofuel by biomass's waste briquetting. It conducts a global analysis of production techniques of fuel briquettes, exposes main problem stages and conducts comparative analysis of equipment

Keywords: fuel briquettes, drying vehicles, screw presses

В непростой экономической ситуации Украины всё более актуальным становится вопрос повышения эффективности использования энергоресурсов. Традиционно в качестве топлива в нашей стране используют газ, нефтепродукты или уголь. Такое топливо используется, как и в промышленных котельных, так и для отопления индивидуальных жилых помещений. Одним из основных недостатков углеводородных топлив является постоянный рост цен на них. В период с 2004 по 2010 гг. газ и нефть в Украине подорожали в среднем в 3-4 раза. Недостатком угля является высокое содержание в нем серы, которое для энергетических углей достигает 4,5%, а также достаточно высокая зольность (не ниже 12-15%). Всё это делает актуальным использование экологически чистых, возобновляемых источников энергии.

Биотопливо имеет значительную долю среди используемых в странах Европы возобновляемых источников энергии. В качестве биологического сырья могут быть использованы отходы деревообрабатывающей промышленности (стружка, опилки, щепы, кора, и т.п.) или отходы сельского хозяйства (солома, шрот, шелуха). Украина – страна с развитым агропромышленным комплексом. Переработка и утилизация отходов с получением экономической выгоды приобретает особую актуальность в условиях экономического кризиса.

Целью настоящей работы является определение направлений развития процессов и оборудования для получения топливных брикетов из биомассы. В статье проводится общий анализ технологии производства брикетов, выявляются основные её проблемные ста-

дии, а также проводится сравнительный анализ существующего оборудования.

Количество отходов, начиная от заготовки леса, до получения пиломатериалов огромны – до нескольких десятков процентов от исходного количества древесного сырья. На сегодняшний день эти отходы чаще всего сжигаются. Но эффективность сгорания их низка, хранение требует больших помещений, не допускающих повышения влажности, а транспортабельность вообще нецелесообразна в виду низкой насыпной плотности. Наиболее распространенным решением утилизации отходов деревообрабатывающих предприятий является их брикетирование.

В европейских странах существуют стандарты, которым должны соответствовать производимые брикеты[1]:

В общем виде технология получения топливных брикетов состоит из следующих этапов: измельчение сырья, его сушка, и прессование в брикеты. Измельчение сырья является первым подготовительным этапом перед прессованием. Для лучших условий прессования сырьё измельчают до фракции 3-8 мм. Далее измельчённая стружка и опилки подвергаются сушке.

Начальная влажность различных партий сырья из-за может сильно отличаться и часто зависит от условий хранения. Конечная влажность сырья перед брикетированием должна составлять 8 – 10%.

Собственно прессование – последний этап производства топливных брикетов. Сама технология прессования (далее брикетирование) известна давно. Суть её состоит в том, что брикет формируется при одновременном воздействии высокого давления и темпе-

Характеристика	ONORM7135 (Австрия)		SS18 71 21 (Швеция)			DIN 51731 / DIN plus(Германия)				
	Древесные брикеты	Брикеты (кора)	Группа 1	Группа 2	Группа 3	HP1	HP2	HP3	HP4	HP5
Диаметр, мм.	20-120	20-120	min 25	min 25	min 25	>100	60-100	30-70	10-40	4-10
Длинна, мм.	max 400	max 400	max 300	min 10 max 100	нет	>300	150-300	100-150	<100	<50
Насыпная плотность, кг/м ³			> 550	> 450	> 450					
Плотность, кг/дм ³	> 1,0	> 1,0	нет	нет	нет	1-1,4				
Содержание влаги, %	<12	<18	< 12	< 12	< 15	<12				
Зольность, %	< 0,5*)	< 6,0*)	< 1.5	< 1.5		<1,5				
Теплота сгорания низш, МДж/кг	> 18,0 *)	> 18,0	>16.2	>16.2		17,5 -19,5 ***)				
Сера, %	<0,04*)	< 0,08*)	< 0.08	< 0.08		< 0,08				
Азот, %	< 0,3 %*)	< 0,6%*)				<0,3				
Хлор, %	< 0,02*)	< 0,04*)	< 0.03	< 0.03		<0,03				
Арсениум, мг/кг						<0,8				
Кадмий, мг/кг						<0,5				
Хром, мг/кг						<8				
Медь, мг/кг						<5				
Ртуть, мг/кг						<0,05				
Цинк, мг/кг						<100				
Примеси, мг/кг	max 2% только натуральные									

Обращает внимание высокая плотность, низкие зольность и содержание вредных примесей.

Основными преимуществами производства брикетов из биомассы, отходов обработки древесины и с/х промышленности являются:

- получение высококачественного (высококалорийного, низкзолного, экологически безопасного, удобного в транспортировке и применении) органического топлива;

- утилизации огромного количества отходов;

- уменьшение зависимости от традиционных источников энергии как на государственном уровне так и на уровне частного хозяйства;

- развитие малого и среднего бизнеса, обеспечения занятости.

ратуры, при этом в сырьё не добавляется никаких связующих веществ, а связывание обеспечивается за счёт лигнина, который активизируется при экстремальных условиях прессования.

Для реализации технологии при рентабельности производства, к оборудованию предъявляется ряд требований, такие как низкая металлоемкость, простота в обслуживании, устойчивость качественных показателей производимых брикетов при колебаниях качества перерабатываемого сырья.

Анализ развития производства брикетов показал, что в последнее время целесообразно разрабатывать мобильные установки, которые бы могли осуществлять переработку сырья разного качества на месте образования или складирования отходов. Причиной

этому является низкая насыпная плотность необработанных отходов биомассы (соломы, шелухи, веток, коры и др.), а значит затраты на транспортировку и хранение сырья становятся весомыми даже для крупных стационарных установок. При помощи мобильных установок, целесообразно перерабатывать отходы прямо на месте образования. К оборудованию мобильных установок в дополнение к указанным выше требованиям добавляются требования компактности, высокой гибкости, возможности быстрой переналадки под различные виды сырья, повышенной надежности.

Самым энергозатратным этапом при производстве брикетов является сушка.

На данный момент распространённым оборудованием, являются сушильные барабаны. Это связано не с их технологическими и эксплуатационными свойствами, а с тем, что их много осталось со времён СССР. Однако вследствие больших габаритов и низкой удельной напряженности по испаряемой влаге (при производительности 1 т/час 4000×10000×2000 мм. [2-4]), они не подходят для использования в мобильных установках.

На рынке представлены сушильные аппараты HGJ-I, HGJ-II, HGJ-III (производство Китай) (рис. 1), производительностью по высушенному материалу 1-1.4 т/час [5].

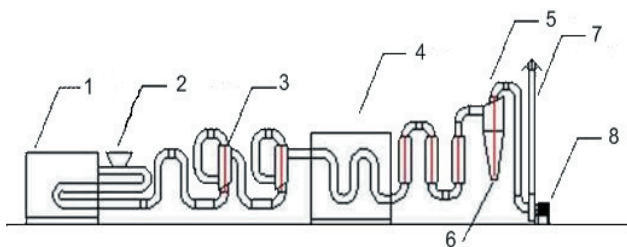


Рис. 1.: 1 - печь с горячим воздухом; 2 — отверстие для загрузки сырья; 3 -буфер; 4 - печь с горячим воздухом; 5 - циклон; 6 - отверстие для выгрузки; 7 - вытяжка для пара; 8 — аспиратор

Корпус сушилки состоит из двух частей: труб большего и меньшего диаметра. Под влиянием сужения скорость движения материала увеличивается, и благодаря этому подсушенный материал попадает в следующую зону сушки. В следующей зоне цикл повторяется до тех пор, пока транспортный вентилятор не отправит сухой материал в сборный бак (бункер). К достоинствам можно отнести простоту конструкции. Однако аппарат имеет большие габариты (21000×1200×2500 мм).

К относительно новым аппаратам, можно отнести аэродинамическую сушилку, типа АС-3 [3]. Это энергоэффективный агрегат для одновременной сушки и доизмельчения сыпучих дисперсных материалов активаторно-вихревого типа (рис. 2). Конструктивно АС представляет собой стальной параллелепипед, внутри которого расположен высокоскоростной активатор на базе дисков с молотками и направляющие. Движение сырья внутри агрегата организовано таким образом, что частицы обрабатываемого материала испытывают удары активатора и множественные взаимные встречные соударения. Для удерживания сырья в рабочей камере до момента достижения необходимой влажности или размера частиц служит специально разработанная

система динамической классификации сырья. Отделение системы от внешней среды осуществлено двумя шлюзовыми затворами. Производительность зависит от влажности и размера частиц сырья на входе, необходимой конечной влажности и степени измельчения материала. Габариты АС-3 составляют 4020×1310×850 мм при производительности 1 т/ч высушенных опилок из сырья влажностью 50%.

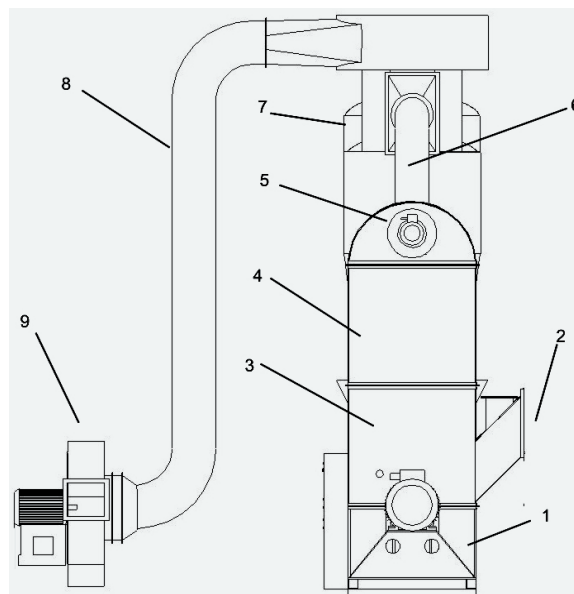


Рис. 2.: 1- основание; 2 — патрубок входной; 3 — промежуточная секция; 4 — вспомогательная секция; 5- секция с классификатором; 6 —воздуховод Ду350; 7 — циклон; 8 — воздуховод Ду 450; 9 — вентилятор циклона

Ещё одним аппаратом такого класса является так называемый «диспергатор», производящий одновременно измельчение и сушку материалов для брикетирования (рис.3) [6]. Вращающийся ротор с радиальными лопатками создает в аппарате вихревое движение воздуха. Сепарация готового продукта из аппарата осуществляется таким образом, что выносятся мелкие и сухие частицы, а крупные и влажные находятся в диспергаторе до завершения процессов сушки и измельчения. Габариты установки при производительности 1 т/час составляют 1550×1640×850 мм.

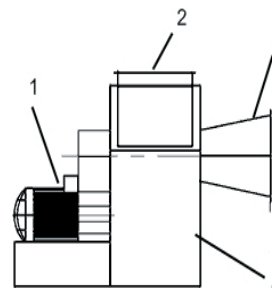


Рис. 3.: 1 — двигатель для измельчителя; 2 —загрузочный отсек; 3 — воздуховод; 4 — корпус диспергатор

Сравнительный анализ сушилок различных типов показывает (табл. 1), что сушилки с механической

активацией материала имеют в 2 – 3 раза большую удельную напряжённость по испаряемой влаге, чем сушилки других типов. Платой за это является увеличение затрат электроэнергии. Однако это может быть допустимо, учитывая, что в этих сушилках происходит также и доизмельчение сырья. Поэтому такими комбинированными аппаратами целесообразно комплектовать мобильные установки.

Таблица 1

Аппарат	Напряжённость процесса сушки по влаге кг/ч х м ³	Механическая энергия (кВт) на (т/ч) высушиваемой влаги
АС-3	130	234,5
Диспергатор	122,5	370
барабанные сушилки	37,5	111
сушильные аппараты НГJ-III	40-50	100

Брикетирование измельченного и высушенного сырья осуществляют при помощи штемпельных или шнековых прессов.

Штемпельные прессы (табл. 2) имеют большое конструктивное разнообразие. Наиболее распространёнными являются прессы одно- и двухштемпельные с открытой матрицей (непрерывного действия), с кривошипно-шатунным, эксцентриковым или гидравлическим приводом [7].

Таблица 2

Тип привода пресса	Фирма, завод-изготовитель и марка пресса	сечение брикета, мм.	Мощность эл.дв., кВт	Макс. усилие прессования	Производ., кг/ч
эксцентриковый	C.F.Nielsen, ВР 5000	диам. 75	37	-	1300
Кривошипно-шатунный механизм	Россия, Б-9027	100x47	37	460 кН.	до 700
Гидравлический	ПБ-160, гидропривод фирмы DUPLO-MATIK (Италия)	диам 70	7,5	120 бар	до 60

Процесс прессования происходит непрерывно при циклической подаче сырья поршнем в конусообразную камеру. На производительность оборудования влияет диаметр прессующего поршня и число его ходов.

Следует отметить, что давление прессования в этих прессах обычно не превышает 100 МПа, а как правило гораздо ниже. Поэтому в них формируются брикеты плотностью до 850 кг/м³. Такие брикеты представляют собой по сути уплотнённую стружку

и не выдерживают длительного хранения и поэтому производство их не выгодно. В литературе их иногда называют технологическими.

Шнековые прессы наиболее распространены на сегодняшний день. Принцип работы этих прессов основан на процессе экструдирования перерабатываемого материала коническим шнеком через формирующее устройство. На сегодняшний день на рынке представлено большое количество прессов этого типа, в т.ч. отечественного производителя (табл. 3)[8].

Таблица 3

Показатель	«Жаско» УБО-2	ПКТИ – Лес-пром УБТ-300	ЕВ-350 г. Черкасы	Пресс ЕД-350, г. Запорожье
Производительность, кг/ч	400-700	350 - 450	350	350 – 450
Установленная мощность, кВт	52	46	46,4	50
Число оборотов	800	600	-	-
Сечение брикета, мм	35***	50x50	53x53	50x50
Плотность брикета, кг/м ³	1100-1300	1100-1300	1000-1200	1200
Габариты, м	2.32x1.42x x 1.7	4.1x1.4x x3.2	3.8x1.2x x2.25**	2.5x1.5x x2.3

** В размеры включена рубильная машина.
*** Правильный шестигранник с указанной длиной стороны

Основным достоинством прессования шнеком является давление, развиваемое при брикетировании – порядка 150 – 200 МПа. Это даёт возможность получать материал плотностью 1150 – 1200 кг/м³. Такие брикеты можно отнести уже к «топливным». В условиях интенсивного трения шнека и материала происходит разогрев последнего, что, в совокупности с давлением, развиваемым прессом, активизирует природный клей – лигнин. Это вещество выступает в качестве связующего. Также шнековые экструдеры оснащены дополнительным подводом тепла к формирующему каналу. При этом поверхность брикета обжигается с образованием гидрофобного слоя. В процессе обжига и предшествующего ему прессования, выделяется определённое количество остаточной влаги, происходит частичный пиролиз материала. Эти процессы приводят к выделению влаги и дыма, которые отводятся через отверстие в брикете, образованное хвостовиком шнека. В итоге брикеты обладают значительными механическими свойствами по сравнению с произведёнными в штемпельных прессах, что весьма облегчает их транспортировку и хранение, а также имеют повышенную влагостойкость.

В целом аппараты удовлетворяют идее создания мобильных установок, поскольку имеют достаточно простую, надёжную, компактную конструкцию и относительно небольшие габариты.

Однако шнековые прессы обладают и рядом недостатков. Главным из них является абразивный износ шнека. Из опыта эксплуатации шнековых прессов установлено, что последний, максимально нагруженный виток приходит в негодное состояние после одной

смены работы, максимум двух-трёх [8]. Значительному абразивному износу подвергается и втулка матрицы. Обычно она изготавливается из инструментальной износостойкой стали марки Х12М или Р6М5 и требует замены после 5-6 месяцев работы [8]. Решения данной проблемы достаточно разнообразны, хотя и следует отметить, что зачастую она перекладывается производителями оборудования на плечи потребителей. Наиболее популярное решение – это изготовление сборных шнеков, что позволяет менять только изношенную часть шнека, а также наплавлять изношенные витки (электродами марки Т-590, ОЗШ-1 или наплавкой порошка марки 10Р6М5 и др.) [8].

Ещё одним недостатком прессов такого типа является большая зависимость производительности от качества прессуемого сырья, что приводит к необходимости установки дополнительных узлов. К ним можно отнести подпрессовующий загрузочный шнек или другое устройство равномерной подачи сырья и механизм изменения зазора между прессующим шнеком и втулкой. Исполнение и принцип действия этих узлов разнообразны, хотя имеют и одну общую черту – все они повышают цену на оборудование.

Выводы

1. Топливные брикеты являются высококачественным и экологически чистым топливом, производство которого выгодно в условиях малого и среднего бизнеса.

2. Современной тенденцией технологии производства топливных брикетов является создание мобильных комплексов, осуществляющих переработку древесных отходов на месте их образования.

3. Для использования в составе мобильных установок необходимо использовать сушилки с механической активацией материала, которые обеспечивают удельную напряжённость по влаге не ниже 120 кг влаги на м³ сушилки в час.

4. Основными целями развития конструкций шнековых прессов является обеспечение автоматического регулирования работы пресса в зависимости от качества перерабатываемого сырья, обеспечение длительной работы пресса в условиях абразивного воздействия сырья.

Литература

1. Стандарты качества на топливные брикеты в странах Европы [Электронный ресурс] / ЗАТ Агротонпром.— Режим доступа : \www/ URL: http://agrotonprom.at.ua/blog/standarty_kachestva_na_toplivnye_brikety_v_stranakh_evropy/2010-03-15-1/ — 15.03.2010 г. — Загл. с экрана.
2. Сушилка роторная барабанная [Электронный ресурс] / Промышленная группа "Компания Восток".— Режим доступа : \www/ URL: <http://www.pgvyk.ru/srb/index.htm/> — Загл. с экрана.
3. Сушка биомассы [Электронный ресурс] / ООО "Портал-Инжиниринг".— Режим доступа : \www/ URL: <http://www.wood-pellets.com/cgi-bin/cms/index.cgi?ext=content&pid=990&lang=1/> — 2005 г. — Загл. с экрана.
4. Барабанная сушилка для опилок (производства Польши) [Электронный ресурс] / Центр Технологий Деревообработки.— Режим доступа : \www/ URL: <http://www.woodmach.com/site/index.php?go=Pages&in=view&id=35/> — Загл. с экрана.
5. Сушильные машины [Электронный ресурс] / ПП «Фора-Захід».— Режим доступа : \www/ URL: <http://old.forazakhid.com.ua/ru/obladnannya/sushilni-mashini/> — Загл. с экрана.
6. Диспергатор. Оборудование для сушки и измельчения древесных отходов, торфа, гидролизного лигнина и других материалов [Электронный ресурс] / ООО "Полимер+".— Режим доступа: \www/ URL <http://www.dispergator.com/> — Загл. с экрана.
7. Линии брикетирования биомассы [Электронный ресурс] / ООО "Портал-Инжиниринг".— Режим доступа : \www/ URL: <http://www.wood-pellets.com/cgi-bin/cms/index.cgi?ext=content&lang=1&pid=989/> — 2005 г. — Загл. с экрана.
8. Гомонай, В. М. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы [Текст] : учеб. / В. М. Гомонай. — М. : ГОУ МИО МГУЛ, 2006. — 68 с.