

В статье представлены результаты исследования твердого биотоплива. Доказано, что отходы деревопереработки, переработки сельскохозяйственной продукции, пищевой промышленности могут быть превращены в высококачественное топливо (топливные пеллеты и брикеты). Показаны экологические преимущества использования пеллет и брикетов по сравнению с углем.

The results of research of solid biofuels are presented in the article. It is proved that wastes of woodwork, agricultural product treatment, food industry can be converted into a high-quality fuel (fuel pellets and briquettes). Ecological advantages of the use of pellet and briquettes are shown as compared to coal.

Ключевые слова: биотопливо, пеллеты, брикеты, теплота сгорания.

В эпоху постоянного увеличения дефицита горючих ископаемых (уголь, нефть и газ) особенно актуальным становится вопрос о поиске и рациональном использовании возобновляемых источников энергии.

В последней четверти XX века активизировалось строительство установок по получению энергии из бытовых и промышленных отходов. Отходы деревопереработки, химических

производств, переработки сельскохозяйственной продукции, торфоразработок, пищевой промышленности могут быть превращены в высококачественное топливо (топливные гранулы).

В странах с развитой деревообрабатывающей промышленностью и сельским хозяйством активно внедряются технологии сжигания биомассы в виде облагороженного твердого биотоплива, которое может быть условно разделено на две группы.

1. **Пеллеты** – спрессованные цилиндры с максимальным диаметром 6-8 мм (в редких случаях до 25 мм), изготовленные из размельченной и высушенной древесины без добавления связующих (иногда добавляют 1 % крахмала) путем прессования с использованием большого давления. Различают два вида пеллет:

– гранулы для отопления жилых домов, которые из-за особой белизны называют «белыми»; это качественный вид гранул и продается по более высоким ценам.

– промышленные пеллеты, которые, как правило, большего диаметра, чем «белые»; из-за наличия в них высокой доли коры не имеют белого цвета, используются в производственных котельных и пр.

Соотношение потребления гранул для частного отопления и промышленными системами составляет примерно 1:10.

2. **Брикеты** – спрессованные изделия цилиндрической, шестигранной, прямоугольной или любой другой формы. Их длина как правило составляет от 100 до 300 мм, диаметр больше 25 мм и обычно составляет 50-75 мм. Брикеты, как правило, используются для бытовых систем отопления.

Шире всего на рынке представлены пеллеты и брикеты из отходов древесины, брикеты из торфа и отходов агропромышленного комплекса (подсолнечная шелуха, конопляные отходы, солома, рапсовый жмых и т.п.). Соотношение выпуска топливных брикетов и гранул в мире составляет примерно 1:20.

Преимущества пеллет и брикетов перед непрессованными отходами следующие:

пеллеты и брикеты занимают объем в 4-5 раз меньший, чем непрессованные опилки, и это дает соответствующую экономию в складских площадях. Брикеты, обладая большей насыпной плотностью, чем опилки, становятся транспортабельным топливом (1 м^3 хвойных опилок весит 150-200 кг, а брикетов 800-1100 кг).

Необходимо отметить экологические преимущества использования пеллет и брикетов, а именно:

1. При сгорании пеллет и брикетов на основе растительного сырья выделяется существенно меньше оксидов углерода и серы, чем при сжигании ископаемого топлива.

2. По сравнению с ископаемыми видами топлива исчезающее мала опасность взрывов, аварий, пролива горючего, вредных выбросов.

По мнению аналитиков, потребление биотоплива для выработки энергии вырастет в Европе с 3 до 12 миллионов тонн в год к 2010 г., а в 2020 г. будет составлять 21 миллион тонн.

Таблица 1

Производство пеллет и брикетов

Страна	Производство, млн. тонн в год
Швеция	0,65
Дания	0,5
Австрия	0,11
Канада	0,11
Германия	0,1
Финляндия	0,1
Англия	0,01
Европа	3,0
США	0,9
Япония	0,03

На сегодняшний день потребление топливных гранул как вида топлива ежегодно увеличивается. Наибольшее распространение топливные пеллеты и брикеты получили в США, Дании, Швеции, Австрии, Германии, Норвегии и Финляндии. Наиболее серьезные страны-производители (а также и потребители) пеллет и брикетов представлены в табл. 1.

Таблица 2

Основные требования иностранных стандартов к качеству топливных гранул

Показатель качества	Австрия, O-NORM M 7135		Швеция, SS 187120			Германия, DIN 5173/DIN plus				
	группа 1 (без добавок коры)	группа 2 (с добавками и коры)	группа 1	группа 2	группа 3	HP1	HP2	HP3	HP4	HP5
Диаметр, мм	пеллеты: 4-20 брикеты: 20-120		до 25 мм	до 25 мм	до 25 мм	>100	60-100	30-70	10-40	4-10
Длина, мм	пеллеты: до 100 брикеты: до 400		до $4 \times d^{**}$	до $5 \times d$	до $6 \times d$	>300	150-300	100-150	<100	<50
Насыпная плотность, кг/м ³	-	-	≥600	≥500	≥500		≥650		≥650	
Содержание класса менее 3 мм после испытания, %	≤2,3	-	≤0,8	≤1,5	≤1,5	-			≤2,3	
Удельная плотность, кг/дм ³	≥1,12	≥1,0	-	-	-	1,0-1,4			≥1,12	
Содержание влаги, %	≤12,0	≤18,0	≤10,0	≤10,0	≤12,0		<12,0		<10,0	
Вольность, %	≤0,5	≤6,0	≤0,7	≤1,5	<1,5		<1,5		<0,5	
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	≥18,0*	≥18,0*	≥16,9	≥16,9	≥15,1	17,5-19,5***			≥18,0***	
Содержание серы, %	≤0,04	≤0,08	≤0,08	≤0,08	указывается		<0,08		<0,04	
Содержание азота, %	≤0,3*	≤0,6*	указывается	указывается	указывается		<0,3		<0,3	
Содержание хлора, %	≤0,02*	≤0,04*	≤0,03	≤0,03	указывается		<0,03		<0,02	
Мышьяк, мг/кг	-	-	-	-	-		<0,8		<0,8	
Свинец, мг/кг	-	-	-	-	-		<10		<10	
Кадмий, мг/кг	-	-	-	-	-		<0,5		<0,5	
Хром, мг/кг	-	-	-	-	-		<8		<8	
Медь, мг/кг	-	-	-	-	-		<5		<5	
Ртуть, мг/кг	-	-	-	-	-		<0,05		<0,05	
Цинк, мг/кг	-	-	-	-	-		<100		<100	
Содержание органических галогенов, мг/кг	-	-	-	-	-	-			<3	
Закрепитель, %	до 2		указывается			-			до 2	
Температура плавления золы, °C	-	-	указывается			-			-	

* сухое состояние ** на месте производства *** сухое беззолевое состояние

По итогам 2008 г. из Украины импортировано около 48 тыс. тонн топливных пеллет и около 25 тыс. тонн брикетов. Вместе с тем, производство твердого биотоплива в Украине в 2008 г. по оценкам экспертов составило около 77 тыс. тонн. Таким образом, новая для экономики Украины отрасль является на сегодняшний день экспортно-ориентированной. Основными рынками сбыта отечественных топливных пеллет и брикетов на сегодняшний день являются Польша, Чехия и Германия.

В различных странах приняты различные стандарты производства твердого биотоплива. В США действует *Standard Regulations & Standards for Pellets in the US: The PFI (pellet)*. Этим стандартом разрешено производство пеллет двух сортов: «Премиум» и «Стандарт». Зольность пеллет сорта «Премиум» должны быть не более 1 %, а сорта «Стандарт» – не более 3 %. Пеллеты сорта «Премиум» рассчитаны на отопление любых зданий. На сорт «Премиум» приходится около 95 % производства пеллет в США. Сорт «Стандарт»

содержит больший объём коры или сельскохозяйственных отходов и предназначен в основном для отопления промышленных сооружений.

В Германии на топливные гранулы принят стандарт DIN 51731 [1], в Австрии – стандарт O-Norm M-7135 [2], в Великобритании – *The British BioGen Code of Practice for biofuel pellets*, в Швейцарии – SN 166000 [3], в Швеции – SS 187120 [4].

В Европе до недавнего времени пользовались немецким и австрийским стандартами. В связи с появлением на рынке низкосортного твердого биотоплива, изготовленного в основном за границей, с весны 2002 г. гранулы в Германии получили новый стандарт DIN plus [5], который объединил немецкий и австрийский стандарты. В стандарте основное внимание определению механической прочности (в лигнотестере) пеллет и брикетов.

В табл. 2 приведены указанные в стандартах Австрии, Швеции и Германии требования к качеству топливных гранул.

Таблица 3

Характеристика качества отечественных пеллет и брикетов

№ п/п	Назначение пробы	Влажность, W_t^r , %	Зольность, A^d , %	Содержание серы, S_t^d , %	Низшая теплота сгорания, Q_i^r , МДж/кг
1	Пеллеты из шелухи подсолнечника	6,6-10,6	2,3-4,1	следы	16,79-18,69
2	Пеллеты из древесных опилок	6,7-11,1	1,0-4,3	следы	15,90-18,30
3	Пеллеты из отрубей пшеничных	14,0	6,9	следы	15,94
4	Брикеты из древесных опилок	4,2-9,9	1,1-3,6	следы	17,85-18,38
5	Брикеты из шелухи подсолнечника	2,8-11,5	3,1-5,0	следы	16,60-18,94
6	Брикеты из шелухи гречихи	8,1	1,9	следы	17,33
7	Брикеты из промышленной конопли	9,0	1,6	следы	16,87

Анализируя данные, приведенные в табл. 2, можно констатировать, что австрийский стандарт O-Norm M-7135 классифицирует топливные гранулы по типу исходного сырья: произведенные без коры и с ее добавлением. Согласно шведскому стандарту SS 187120, топливные гранулы делятся на 3 группы, начиная с 1-ой (наивысшее качество) и заканчивая 3-ей (для промышленного использования). Немецкие стандарты DIN 51731/ DIN plus делят топливные гранулы на 5 классов, согласно их типоразмерам.

Представляет определенный интерес сопоставить качество исследованных в УХИНе пеллет и брикетов отечественного производства с требованиями иностранных стандартов. В табл. 3 приведена характеристика качества пеллет и брикетов отечественных производителей.

Анализируя данные, приведенные в таблицах 2 и 3 можно сделать вывод о том, что в продукции отечественных производителей встречаются образцы продукции, не соответствующие нормам европейских потребителей, а именно: в некоторых пробах рабочая влага превышает величину 10 %, которая является браковочным пределом и может являться фактором разрушения пеллет и брикетов в процессе их транспортировки к месту потребления. Что касается зольности, то нормируемая некоторыми европейским стандартами величина, равная 0,5 % практически недостижима для отечественных производителей, лишь некоторые пробы выдерживают требования германского стандарта DIN 51731 и шведского SS 187120 (зольность менее 1,5 %). С другой стороны, по величине содержания общей серы в товарной продукции все украинские производители выдерживают довольно жесткие требования (менее 0,04 %). Величина теплоты сгорания отечественных топливных гранул, в основном, превышает нормативные значения европейских стандартов, однако встречается ряд некондиционных образцов.

Необходимо отметить, что заданные в европейских стандартах значения размеров (длина и диаметр) пеллет, их удельной и

насыпной плотности, содержания пыли, некоторых элементов (азот, хлор, мышьяк), тяжелых металлов (свинец, кадмий, хром, медь, ртуть, цинк), органических галогенов и закрепителя пока не востребованы у отечественных производителей пеллет и брикетов.

Кроме того, можно констатировать отсутствие государственной нормативной базы (ДСТУ), регламентирующей качество пеллет и брикетов в Украине, что существенно затрудняет их квалифицированную оценку.

В целом по итогам статьи можно сделать следующие основные выводы

1. Мировой рынок пеллет и брикетов является перспективной отраслью производства, с быстро растущим рынком сбыта.

2. Отечественное производство пеллет и брикетов находится в зарождающейся стадии, как по объемам производства, так и по качеству продукции.

3. Учитывая наличие большого количества отходов сельхозпродукции и деревообрабатывающей промышленности в Украине, производство данных видов топлива может существенно пополнить энергетический баланс страны и улучшить экологическую обстановку.

Библиографический список

1. DIN 51731 *Testing of solid fuels – compressed untreated wood, requirements and testing*. Berlin, Germany, Deutsches Institut für Normung, 1996.

2. O-Norm M 7135 *Compressed wood or compressed bark in natural state – Pellets and briquettes, Requirements and specifications*. Wien, Austria, Österreichisches Normungsinstitut, 2000.

3. SN 166000 *Testing of solid fuels – compressed untreated wood, requirements and testing*. Winterthur, Switzerland: Schweizerische Normen – Vereinigung, 2001.

- 4.** SS 187120 *Biofuels and peat. Fuel pellets – Classification.* Stockholm, Sweden, Swedish Standard institution, 1998.
- 5.** DIN plus *Wood pellets used in small heating systems.* Berlin, Germany, Deutsches Institut für Normung, 2002.

Рукопись поступила в редакцию 13.04.2009