



АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 621.3:620.9:62-83:697

ББК 31

А43

Редакционная коллегия:

А. В. Косых, ректор ОмГТУ;

Б. Д. Женишов, проректор по ИР ОмГТУ;

А. А. Тетовосян, декан ЭиИ ОмГТУ;

А. В. Бубнов, зав. каф. «Электрическая техника» ОмГТУ;

В. Н. Горюнов, зав. каф. «Электроснабжение
промышленных предприятий» ОмГТУ;

А. Г. Михайлов, зав. каф. «Теплоэнергетика» ОмГТУ;

П. А. Батраков, доц. каф. «Теплоэнергетика» ОмГТУ (отв. редактор)

Актуальные вопросы энергетики : материалы Междунар. науч.-практ.
А43 конф. (Россия, Омск, 17 мая 2017 г.) / Минобрнауки России, ОмГТУ ; [редкол.:
П. А. Батраков (отв. ред.) и др.]. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2017. – 408 с. : ил.

ISBN 978-5-8149-2453-7

Представлены результаты выполненных в вузах научно-исследовательских, опытно-конструкторских и внедренческих работ, отражающие проблемы энергоэффективности; генерации, трансформации и потребления электрической энергии; построения теплоэнергетических систем; электротехнических комплексов и систем.

Издание предназначено для научных и инженерно-технических работников, а также аспирантов и студентов технических вузов.

УДК 621.3:620.9:62-83:697

ББК 31

ISBN 978-5-8149-2453-7

© ОмГТУ, 2017



АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИКИ
ACTUAL ISSUES OF ENERGY



<u>Д. В. Шагаров, К. В. Хаценский</u> ОмГТУ, г. Омск, Россия Анализ способов улучшения технических характеристик стабилизаторов напряжения	52
<u>С. В. Козлей, К. В. Хацевский</u> ОмГТУ, г. Омск, Россия Проблемы эксплуатации кабельных линий 10/0,4 кВ	56
<u>Л. С. Нифонтова, В. Д. Галдин, П. В. Кальницкий</u> ОмГТУ, г. Омск, Россия Влияние начальных параметров продуктов сгорания топлива и геометрии проточной части турбодетандера на место расположения скачка кристаллизации диоксида углерода.....	61
<u>В. Ю. Мирошник, Д. В. Багулько</u> ОмГТУ, г. Омск, Россия Определения места повреждения линии при однофазном замыкании на землю в сетях 6 – 35 кВ по параметрам аварийного режима.....	65
<u>М. К. Шырбаева, А. К. Кинжибевова</u> ПГУ им.С.Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан Исследование теплотехнических свойств брикетов из древесных опилок.....	69
<u>А. М. Фокин, А. И. Киселева</u> Филиал «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, Россия Разработка методики определения комплексного показателя качества тепловых сетей.....	73
<u>С. С. Плотников, А. Г. Михайлов, Д. В. Скворцов</u> ОмГТУ, г. Омск, Россия Современные теплотехнические измерительные приборы.....	78
<u>А. К. Кинжибекова, А. Ж. Алеева</u> ПГУ им. С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан Исследование теплотехнических характеристик брикетов из лузги подсолнуха.....	82
<u>Е. А. Шибанов, Д. В. Рысев</u> ОмГТУ, г. Омск, Россия Модернизация системы управления ветроэнергетической установкой	87
<u>Д. С. Осипов, Д. В. Козаленко, Б. Ю. Киселев</u> ОмГТУ, г. Омск, Россия Применение дискретного и пакетного вейвлет-преобразования для частотной декомпозиции сигналов в нестационарных режимах.....	90
<u>А. С. Никифоров¹, Е. В. Приходько¹, А. Е. Карманов², А. Т. Кажибазва¹</u> ¹ ПГУ им.С.Торайгырова, г. Павлодар Казахстан ² АУЭС, г. Алматы, Казахстан Методика определения надёжности работы высокотемпературного оборудования по величине остаточного ресурса.....	100



УДК 62-662.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БРИКЕТОВ ИЗ ЛУЗГИ ПОДСОЛНУХА

А. К. Кинжибекова, А. Ж. Алеева

*Павлодарского Государственного Университета им. С. Торайгырова,
г. Павлодар, Казахстан*

Аннотация – Необходимость утилизации органической массы (отходы сельскохозяйственной продукции) и использование ее для получения тепловой энергии требует применения методов брикетирования. Целью работы является исследование теплотехнических характеристик брикетов из лузги подсолнуха. Задачи исследования: 1. Получение брикетов из лузги подсолнуха с нагревом органической массы; 2. Экспериментальное определение теплофизических характеристик, а именно: плотности, зольности, влажности, выхода летучих и длительности горения. Методы исследования: экспериментальное исследование. Объектом исследования служили брикеты из лузги подсолнуха, изготовленные горячим брикетированием. Определены теплофизические характеристики брикетов из лузги подсолнуха: средняя плотность брикетов – $1038,05 \text{ кг/м}^3$, средняя влажность $W_{\text{ср}} = 3,86 \%$, имеют низкую зольность $A_{\text{ср}} = 3,86 \%$ и выход летучих составляет $15,84 \%$.

Ключевые слова – Лузга из подсолнуха, брикетирование, утилизация, топливные брикеты.

I. ВВЕДЕНИЕ

Ограниченность углеродного сырья и его невозобновляемые запасы ведут к необходимости вовлечения в переработку новых технологий для создания брикетированных топлив, получаемых из отходов производства и потребления. В связи с этим использование отходов сельскохозяйственной продукции при производстве брикетов получает все большее распространение. Опилки, солома, лузга из подсолнуха, гречиха и прочие отходы сельского хозяйства являются отличным сырьем для изготовления данного вида топлива.

Потребление топливных брикетов во всем мире растет очень быстрыми темпами (около 30 – 50 % в год) это связано с долгосрочной тенденцией роста цен на углеводородное топливо, истощением его мировых запасов. В 2005 году потребление брикетов в Европе составило 2,5 млн. тонн, в 2007 году – 5 млн. тонн, к 2010 году прогнозируется рост потребления до 12 млн. тонн. Европейский рынок топливных брикетов ежегодно растет более чем на 20 %, а в отдельных странах на 35 % [1].

Топливные брикеты из лузги подсолнуха имеют ряд преимуществ: имеют высокую энергетическую ценность, которая генерирует большое количество тепла в течение длительного времени, невысокая себестоимость готовой продукции, упаковывают в удобную упаковку во время транспортировки, а также их удобно хранить, малая зольность [2].

II. Постановка задачи

В данной статье в качестве исходного материала для брикетирования выбраны сельскохозяйственные отходы в виде лузги подсолнуха. Ставится задача исследовать теплофизические свойства брикетов с предварительным нагревом органической массы при температуре $150 \text{ }^\circ\text{C}$, а именно: 1) определение плотности; 2) определение



влажности; 3) определение зольности; 4) определение выхода летучих; 5) определение длительности горения [3].

III. ТЕОРИЯ

В технологии производства топливных брикетов лежит процесс прессования лузги подсолнуха на гидравлическом прессе под высоким давлением и температуре.

Технологический процесс изготовления топливных брикетов состоит из следующих стадий:

- измельчение лузги подсолнуха до размера не более трёх миллиметров;
- нагрев сырья в муфельной печи до 150 °С, выдержка в печи не менее 5 минут;
- загрузка в пресс и прессование топливных брикетов из органических отходов при давлении не менее 25 МПа;
- сушка полученных топливных брикетов из органических отходов в помещении до воздушно-сухого состояния.

Для определения средней плотности, брикеты взвешиваются на весах с погрешностью взвешивания не более 5 г по ГОСТ 29329-92, измеряется диаметр и высота штангенциркулем ШП-1 по ГОСТ 166-73 и линейкой длиной 1 м по ГОСТ 427-75. Определяем объем (V) каждого брикета по следующей формуле:

$$V = \pi r^2 h.$$

Определяем среднюю плотность ($\rho_{\text{ср}}$) каждого брикета по следующей формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m}{V}.$$

Определение влажности проводится с помощью сушильного шкафа с электрическим обогревом и терморегулятором, с отверстиями для естественной вентиляции, с устойчивой температурой нагрева 103 ± 2 °С, термопара хром-никель типа ТХА по ГОСТ 6616-94 с вторичным измерительным прибором ТРМ-1А по ТУ 4211-002-46526536-00, тигли фарфоровые низкой формы по ГОСТ 9147-80, № 5 или № 6, лабораторные весы и эксикатор по ГОСТ 6371-73 с гранулированным хлористым кальцием по ГОСТ 450-77.

Измельченный брикет массой 6 г помещается в тигель, затем перемещается в сушильный шкаф нагретый до 103 ± 2 °С и выдерживается в течении 4-х часов. Тигель вынимается и охлаждается в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивается [4].

Содержание влаги определяется по формуле:

$$W_{\text{отн}} = \frac{m_{\text{тигель+брикет}} - m_{\text{после сушки}}}{m_{\text{тигель+брикет}} - m_{\text{тигель}}} \cdot 100\%.$$

Средняя влажность брикета определяется по результатам трех опытов.

Для определения зольности используются печь муфельная с электрическим обогревом и терморегулятором, термопара хром-никель типа ТХА по ГОСТ 6616-94 с вторичным измерительным прибором ТРМ-1А по ТУ 4211-002-46526536-00, тигли фарфоровые низкой формы по ГОСТ 9147-80, весы лабораторные, эксикатор по ГОСТ 6371-73 с гранулированным хлористым кальцием по ГОСТ 450-77 и щипцы.



Измельченный брикет массой 6 – 8 г помещают предварительно взвешенный тигель и перемещают в муфельный шкаф, нагретый до 800 ± 25 °С. Образовавшийся зольный остаток вынимают, охлаждают 5 минут на воздухе, затем в эксикаторе в течение 30 минут и взвешивают [5]. Зольность брикета высчитывается по формуле:

$$A_{\text{отн}} = \frac{m_{\text{тигель+зола}} - m_{\text{тигель}}}{m_{\text{тигель+брикет}} - m_{\text{тигель}}} \cdot 100.$$

Средняя зольность брикета определяется по результатам трех опытов.

Для определения выхода летучих веществ используются муфельная печь с терморегулятором, термопара, тигель с крышкой, эксикатор по ГОСТ 6371-73 с гранулированным хлористым кальцием по ГОСТ 450-77, весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,1 мг и секундомер.

Для определения выхода летучих веществ тигель с измельченной пробой помещают в муфельную печь предварительно нагретую до 900 °С и выдерживают в течение 7 минут. После тигель вынимают, охлаждают на воздухе 5 минут и перемещают в эксикатор на 30 минут. После охлаждения до комнатной температуры тигель с нелетучим остатком взвешивают на лабораторных весах [6].

Выход летучих веществ вычисляют по формуле:

$$V_a = \frac{m_{\text{тигель+остаток}} - m_{\text{тигель}}}{m_{\text{тигель+брикет}} - m_{\text{тигель}}} \cdot 100\% - W_{\text{отн}}$$

Для проведения опыта на длительность горения брикет помещается в муфельную печь, предварительно разогретую до 900 °С. Секундомером засекается время начала и время конца горения брикетов, пока в золе не останутся тлеющие элементы.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В данной статье были получены брикеты из лузги подсолнуха без дополнительного связующего вещества. Для улучшения выхода лигнина и увеличения прочности брикета процесс брикетирования вели при температуре не менее 150 °С (Рис.1).



Рис. 1. Брикет из лузги подсолнуха при $p=250$ кг·с/см²

Для определения плотности были исследованы десять брикетов разной массы. По результатам экспериментов средняя плотность топливных брикетов из лузги составила величину $1038,05$ кг/м³ при давлении 25 МПа.

Средняя влажность измельченных брикетов оказалась равна $W_{\text{ср}} = 3,86$ %. Средняя зольность брикетов из лузги подсолнуха составила $A_{\text{ср}} = 2,05$ % (Рис.2).

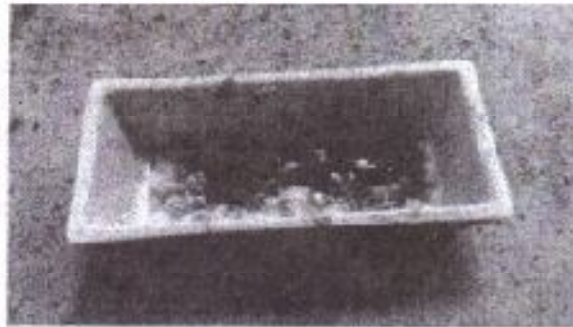


Рис. 2. Образовавшаяся зола после сжигания брикета из лузги подсолнуха

Выход летучих веществ топливных брикетов из лузги подсолнуха – 15,84 % (Рис.3).



Рис.3. Остаток после выхода летучих брикета из лузги подсолнуха

По результатам исследования средняя длительность горения брикета массой 10 г оказалась равной 31 минуте (Рис.4).

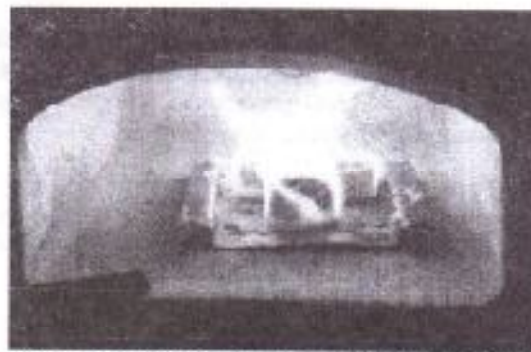


Рис. 4. Процесс горения топливных брикетов из лузги подсолнуха

V. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Плотность у полученных брикетов оказалась выше в 2 раза, чем у древесины, что безусловно положительно скажется на качестве и длительность горения. Влажность брикета равная 3,86 % удовлетворяет требованиям по влажности, которое не должно превышать 8 %. Средняя зольность брикетов из лузги подсолнуха составляет 2,05 %. Это является основным экологическим преимуществом.

Выход летучих является одной из важнейших характеристик твердого топлива: от него зависят условия воспламенения и характер горения топлива. Выход летучих веществ у брикетов из лузги подсолнуха равен 15,84 %. При массе 5 – 10 г средняя длительность горения брикетов равна 31 минутам. При горении топливные брикеты не искрятся и не выделяют угарный газ.



АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИКИ ACTUAL ISSUES OF ENERGY



VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Брикетирование с нагревом лузги увеличивает прочность брикетов.
2. Брикеты из лузги подсолнуха отличаются высокой плотностью, что способствует длительному горению топливных брикетов.
3. Благодаря низкой влажности, брикеты из лузги подсолнуха имеют высокую теплоту сгорания.
4. Брикеты из лузги подсолнуха имеют низкую зольность, что повышает теплоту сгорания и является основным экологическим преимуществом.
5. Выход летучих брикетов говорит о хорошей реакционной способности.
6. Брикеты способны давать устойчивое пламя от закладки до полного сгорания в течение 2,5 – 3 часов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Альтернативное топливо. переработка отходов сельского хозяйства:[Электронный ресурс].2005. URL: <http://www.ipa-don.ru/offers/projects/alt/> (дата обращения:19.04.2017)
- [2] Справочник. Наилучшие доступные технологии и решения для производства топливных гранул и брикетов из древесной биомассы и отходов деревообработки. Федеральное агентство лесного хозяйства. М., 2013. – 36 с.
- [3] Методы испытаний брикетов:[Электронный ресурс]. URL: <http://bricet.com.ua/733nm/>.(дата обращения: 19.04.2017)
- [4] ГОСТ Р 54186-2010. Биотопливо твердое. Определение содержания влаги высушиванием. М.: 2010. – 8 с.
- [5] ГОСТ 54186-2010. Биотопливо твердое. Определение зольности. М.: 2010. – 8 с.
- [6] ГОСТ Р 55660-2013.Топливо твердое минеральное. Определение выхода летучих веществ. М.:2014. – 14 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- А. К. Книжибекова, к.т.е., и.о. доцента кафедры «Теплоэнергетика» Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова, г.Павлодар, Казахстан, e-mail: akmaral70@mail.ru.
- А. Ж.Алеева, магистрант кафедры «Теплоэнергетика» государственного университета им. С. Торайгырова, г.Павлодар, Казахстан, e-mail: aleeva_aigul_94@mail.ru .