

## ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРУБЕЙ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Гайдабрус М.А., Вальтер К.А., Зайцев А.И., студенты гр. 5В51, II курс  
Научный руководитель: Табакаев Р.Б., к.т.н., научный сотрудник  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
г. Томск

Отруби представляют собой побочный продукт мукомольного производства в виде твердой оболочки зерна и, по сути, являются отходом пищевой промышленности. В настоящее время отруби нашли свое применение в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственных животных и птицы. Однако согласно [1] доля отрубей в кормовом рационе не должна превышать 30% при условии добавления витаминизированных добавок. Сложившаяся ситуация приводит к появлению избыточного количества отрубей на рынке, заставляя искать альтернативные пути их использования.

Целью работы ставится изучение теплотехнических свойств отрубей и исследование возможности брикетирования применительно к энергетическому использованию в слоевых топочных устройствах.

Рассмотрены отруби (рис. 1), полученные при переработке пшеницы одним из предприятий Томской области. Отруби имели различный фракционный состав: доля отрубей размерами более 1 мм составила 14,1%; 0,5-1,0 мм – 38,6%; 0,2-0,5 мм – 35,9%; менее 0,2 мм – 11,4%. Перед анализом отруби предварительно высушены при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния.



Рис. 1. Исследуемые отруби

Теплотехнические характеристики отрубей, определенные согласно ГОСТ Р 52911-2013, 55661-2013, 55660-2013, приведены в табл. 1. Значение низшей теплоты сгорания и элементный анализ установлены на высокоточном аналитическом оборудовании – калориметре АБК-1 (Россия) и анализаторе Vario Micro Cube (Германия) соответственно.

Табл. 1 – Теплотехнические характеристики рассматриваемых отрубей

Наименование сырья	Влажность $W^a$ , %	Зольность на сухую массу $A^d$ , %	Выход летучих веществ $V^{daf}$ , %	Низшая теплота сгорания $Q_i^r$ , МДж/кг	Элементный состав, %				
					$C^{daf}$	$H^{daf}$	$N^{daf}$	$S^{daf}$	$O^{daf}$
отруби	11,5	5,9	81,0	16,6	48,44	6,92	3,05	–	41,59

Отруби имеют довольно высокую для биомассы зольность ( $A^d=5,9\%$ ). Значение теплоты сгорания ( $Q_i^r=16,6$  МДж), сопоставимое с теплотой сгорания ряда бурых углей [2], позволяет рассматривать отруби в качестве топлива для котельных установок. Нелетучий остаток, полученный после определения выхода летучих веществ, имел сплавленный, вспученный характер (рис. 2). Это говорит о том, что сжигание отрубей будет сопровождаться шлакованием поверхностей нагрева.



Рис. 2. Нелетучий остаток, полученный после определения выхода летучих из отрубей

Учитывая объемы образования отрубей (несколько тонн в сутки в пределах одного предприятия), как отходов, возможной сферой их энергетического использования видится коммунально-бытовое хозяйство,

объекты малой энергетики или покрытие собственных энергетических затрат предприятия. В этом случае топливосжигающим оборудованием, применительно к которому стоит рассматривать отруби, являются водогрейные котлы с топочными устройствами слоевого типа. По аналогии с торфом перевозка отрубей на расстояние более 25-30 км значительно повысит их стоимость [3] и, скорее всего, сделает неконкурентоспособными по сравнению с другими видами топлива.

Применительно к данному типу оборудования отруби, обладая приведенным фракционным составом, будут иметь высокое значение величины провала через колосниковую решетку. Более того, в процессе сжигания будет наблюдаться спекание зольного остатка, затрудняя работу дутьевых вентиляторов и снижая эффективность горения, что в совокупности приведет к низкому КПД установки и высоким эксплуатационным затратам.

В связи с вышеперечисленным одним из перспективных направлений переработки отрубей для последующего энергетического использования является брикетирование.

Рассмотрена возможность холодного брикетирования (при комнатной температуре) отрубей цилиндрической формы (диаметр брикета – 50 мм) при давлении 50-150 кгс/см<sup>2</sup>. Однако сформировать прочные брикеты данным образом не удалось: брикеты разрушались в процессе извлечения из пресс-формы.

Было исследовано термическое брикетирование отрубей при давлении 100 кгс/см<sup>2</sup> (среднем значении из рассмотренного диапазона при холодном брикетировании). Температура брикетирования составила 100-180°C. На рис. 3 показаны полученные при этом брикеты.

Прессование при 100°C позволило получить брикет устойчивой формы. Однако поверхность брикета имела шероховатость, истиралась при внешнем воздействии.

В результате прессования при 125°C на поверхности брикета появился слегка заметный защитный слой. Однако брикет также был подвержен истиранию при внешнем воздействии.

Более высокие температуры прессования (150 и 180°C) позволили получить прочный защитный слой темного цвета (рис. 3, в, г): поверхность брикета гладкая, твердая, не разрушается при падении с высоты 1,8 м (ГОСТ 21289-75). Однако защитное покрытие брикета, полученного при 180°C, имело неравномерный цвет по высоте. Верхняя часть, соприкасающаяся с пуансоном, имела светлый цвет и шероховатость. В связи с этим за оптимальную температуру прессования отрубей принята температура 150°C.

Полученные результаты позволили прийти к выводу о возможности использования отрубей в качестве связующего или изготовления смесевых брикетов (из отрубей и других органических веществ). В качестве добавки к брикетам исследована измельченная (фракции менее 0,2 мм) скорлупа кедровых орехов, также являющаяся отходом. Соотношение отрубей и

скорлупы составило 2:1. Результат прессования полученной смеси топлив при 150°C показан на рис. 4.

а)



б)



в)



г)



Рис. 3. Брикеты, полученные термическим прессованием отрубей:  
а) – 100°C, б) – 125°C, в) – 150°C, г) – 180°C



Рис. 4. Брикет из отрубей и скорлупы кедровых орехов, полученный  
прессованием при 150°C

0201023-4

Брикет (рис. 4) также имел прочный защитный слой, устойчивость к истиранию и разрушению.

Заключение.

1. Отруби по теплоте сгорания сопоставимы с бурыми углями, но имеют значительно меньшую зольность. Однако мелкий фракционный состав отрубей и спекание золы приведут к высоким эксплуатационным затратам при их сжигании в естественном виде.

2. Показана возможность энергетического использования отрубей в качестве брикетов, полученных термическим прессованием. При этом оптимальной температурой прессования является 150°C.

3. Отруби возможно использовать в качестве связующего при изготовлении смесевых брикетов.

#### Список литературы:

1. Бевзюк В. Отруби в рационах молодняка мясных кур // Комбикорма. – 2007. (электронный доступ: <http://webpticeprom.ru/ru/articles-birdseed.html?pageID=1189494936>).
2. Тепловой расчет котлов: нормативный метод. – СПб.: 1998. – 256 с.: ил.
3. Марков В.И., Волкова Н.И. Торф – возобновляемый ресурс у нас под ногами // Экология и промышленность России. – 2014. – № 1. – С. 58-60.