

**УДК 662.815**

ЕРЕМЕЕВ Е. А., студент гр. ТЭБ-231 (КузГТУ)

ФОМКИН А. А., студент гр. ЭП-251 (КемГУ)

Научный руководитель УШАКОВ К. Ю., к.т.н., доцент (КузГТУ)  
г. Кемерово**ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ  
НА РАЙОННОЙ КОТЕЛЬНОЙ**

Практически весь добываемый уголь проходит процедуру обогащения, целью которой является удаление высокозольных и вредных примесей из добытого сырья. Обогащение позволяет повысить калорийность и улучшить свойства угля, что делает его более ликвидным. Процессов обогащения на данный момент достаточно большое количество. Основные его виды — это гравитационный и флотационный [1,2].

По окончании процесса обогащения получается два «продукта»: обогащенный уголь и отходы обогащения. К последним относят породы, кек (шламы, «хвосты») и промпродукты. Наиболее перспективным отходом для переработки и вторичного использования является кек, т.к. он представляет собой высоковлажный мелкодисперсный уголь (его влажность может достигать 50%). Масштаб накопления данного вида отхода на углеобогащательных фабриках делает актуальной задачу поиска эффективного способа его утилизации из-за того, что кек наносит вред природным ресурсам и местам, где он хранится, т.к. он является флотационным отходом и в его составе есть химические вещества (флокулянты и коагулянты) [3, 4].

В научных работах можно встретить разные методы переработки кека: брикетирование, сжигание в составе водоугольного топлива, дообогащение, пиролиз. Наиболее простым в реализации, технологии и эффективности является брикетирование.

Реализовывать полученные брикеты можно в нескольких направлениях: продажа населению в качестве топливного продукта, применение непосредственно на предприятии производства брикетов, использование в городских и районных котельных в качестве основного топлива. В данной работе был рассмотрен последний из предложенных вариантов.

Целью работы является оценка возможности перевода районной котельной №6 г. Березовского на брикетированное топливо, изготовленное из кека обогащательной фабрики. Выбор данной котельной был сделан исходя из того, что в 5 км от данной котельной находится обогащательная фабрика «Северная» с мощностью переработки 3 млн тонн угля в год. На данной фабрике, как и на всех других, образуется кек в больших объемах.

Основным оборудованием районной котельной №6 г. Березовского являются паровые котлы Е-10-1, 4Р (КЕ-10-14СО) с топкой ТЛЗМ 2,7/3,0. В таблице 1 представлены его производственные характеристики [5].

Таблица 1. Характеристики котла

Наименование характеристики	Буквенное обозначение	Описание
Тип котла	—	Паровой
Паропроизводительность	D	10 т/ч
Вид расчетного топлива		1- Каменный уголь; 2 – Бурый уголь
Рабочее (избыточное) давление теплоносителя на выходе, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	p	1,3(13,0)
Температура пара на выходе, °С	T <sub>нас.</sub>	194
Температура питательной воды, °С	T <sub>пит.воды</sub>	100
Расчетный КПД (топливо №1), %	η	82,8
Расход расчетного топлива (топливо №1), кг/ч	G <sub>1</sub>	1140
Расход расчетного топлива (топливо №2), кг/ч	G <sub>2</sub>	2250
Диаметр нижнего и верхнего барабанов составляет	d	1000
Номер чертежа компоновки		00.8002.444

Топка ТЛЗМ 2,7/3,0 представляет собой механическое топочное устройство с ленточной цепной решеткой обратного хода и забрасывателями. Особенностью данной модели является совмещение механического и пневматического заброса топлива, что обеспечивает оптимальное горение пылевидной фракции, повышая эффективность и стабильность процесса. Ключевые характеристики топки представлены в таблице 2 [6].

Таблица 2. Характеристики топки

Наименование характеристики	Значение
Активная площадь колосникового полотна	6,4 м <sup>2</sup>
Скорость движения колосникового полотна	1,3-19,3 м/ч
Максимальный размер кусков угля	до 40 мм.
Допустимые показатели влажности топлива	до 40 %
Номинальная теплопроизводительность	6,96 МВт

Приведенные характеристики котла позволяют выполнить оценку его теплотехнической эффективности и определить, как изменяются основные эксплуатационные показатели при переходе на новое топливо.

Как писалось выше, в качестве нового топлива рассматриваются топливные брикеты из кека. Брикет представляет из себя спрессованную массу цилиндрической формы диаметром 20 мм. В его состав входит исходное вещество (кек) и опилки, которые выступают в роли материала, впитывающего в себя часть влаги и делающего кек пригодным к брикетированию. Технические характеристики брикетов представлены в таблице 3.

Таблица 3. Технические характеристики брикета

Влажность; $W^a$ , %	Выход летучих веществ, $V^a$ , %	Зольность; $A^a$ , %	Удельная теплота сгорания, $Q_v^p$ , %
2,25	18,27	42,59	17,8

Исходя из представленных данных, можно сделать вывод о том, что данные брикеты могут быть использованы в качестве топлива на котельной. Это связано с тем, что низкая влажность способствует эффективному горению и снижению тепловых потерь на испарение влаги. Значение теплоты сгорания свидетельствует о достаточной энергетической ценности топлива для поддержания нужного теплового режима котла, а выход летучих веществ соответствует среднему значению для каменного угля, что обеспечивает хорошую воспламеняемость и стабильное горение. К единственному недостатку данного топлива можно отнести его высокую зольность.

Далее приведен расчет расхода топлива при работе котельной для двух видов топлива: каменного угля и брикетов из кека.

Энтальпия насыщенного пара [7] составляет 2791,8 кДж/кг. Энтальпия питательной воды равняется 419 кДж/кг.

$$\Delta i = i_{\pi} - i_{\text{п.в.}} = 2791,8 - 419,0 = 2372,8 \text{ кДж/кг}$$

Количество теплоты, необходимое для образования пара при номинальной нагрузке, определяется выражением:

$$Q_{\text{пол.}} = \Delta i * G_{\pi} = 2372,8 * 10000 = 23\,728\,000 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{\text{пол.}} = \frac{23\,728\,000}{3600} = 6591,11 \text{ кВт} \sim 6,59 \text{ МВт}$$

При расходе  $m_1 = 1140 \text{ кг/ч}$  и КПД = 0,82 рассчитываем количество теплоты, которое можно получить при сжигании топлива:

$$Q_{\text{топ.}} = \frac{Q_{\text{пол.}}}{\eta} = \frac{23728000}{0,82} = 28\,951\,219 \text{ кДж/ч}$$

Требуемый расход нового топлива:

$$B_p = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{н}} \cdot \eta} = \frac{23\,728\,000}{17\,800 \cdot 0,82} = 1\,702,6 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Измерения КПД реального:

$$\eta = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{т}}} = \frac{Q_{\text{п}}}{B_p \cdot Q_{\text{н}}} = \frac{23\,728\,000}{1702,6 \cdot 17000} = 0,8198 = 81,98 \%$$

Таким образом, при поддержании установленного КПД необходимо 1703 кг/ч или в 40 т/сут брикетированного топлива. При максимальной загрузке обогатительной фабрики чистого кека получается порядка 90-300 тыс. тонн. Исходя из того, что на данной фабрике обогащается уголь, добытый на шахте «Березовской» (которой принадлежит ОФ), можно сделать средний расчет. В этом году шахтой было добыто 415,8 тыс. тонн угля. Таким образом, средний показатель образования кека составляет 20-40 тыс. тонн. То есть можно сделать вывод о том, что объемы образования кека на обогатительных фабриках полностью покрывают нужды всей котельной, состоящей из четырех котлов.

При переходе одного котла на топливные брикеты процент используемого кека будет составлять от 36,5 до 73 % в зависимости от загруженности фабрики. При переводе всей котельной на топливные брикеты процент использования кека может достигнуть и 100%.

#### Список литературы:

1. Антипенко, Л. А. Современное состояние и перспективы развития водно-шламовых систем углеобогатительных фабрик / Л. А. Антипенко, А. Е. Кравченко // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – С. 156–165. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28961918>
2. Прокопьев С. А. Процесс развития технологий обогащения угля в России и за рубежом / С. А. Прокопьев, О. Л. Алексеева, Д. Ю. Савон и др. // Уголь. – 2023. – № 11. – С. 96-101. – DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-96-101.
3. Пономарева, Г. А. Основы технологии переработки руд / Г. А. Пономарева // Учебное пособие. – Оренбург : ОГУ. – 2017. – 35 с.
4. Харионовский, А. А. Проблемы использования отходов угледобычи / А. А. Харионовский, В. Ю. Гришин, К. С. Коликов, Н. П. Удалова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021. – 12 с. DOI : 10.25018/0236\_1493\_2021\_101\_0\_45
5. Котёл паровой KE-10-14С-О [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://bikz.ru/KE-10-14C-O\(ПТЛ-РПК\)%20\(E-10-1,4P\).pdf?ysclid=mhkklgp0gh218650768](https://bikz.ru/KE-10-14C-O(ПТЛ-РПК)%20(E-10-1,4P).pdf?ysclid=mhkklgp0gh218650768) (дата обращения 03.11.2025).
6. Топка ТЛЗМ-2-2,7/3,0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://altps.ru/topka-tlzm-2-2-7-3-0.html> (дата обращения 03.11.2025).

---

7. IS (HS)-диаграмма состояния воды и водяного пара [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://energoworld.ru/theory/is-diagramma-sostoyaniya-vody-i-vodyanogo-para/> (дата обращения 03.11.2025).