

Н.В. ТОРОПОВА, студент гр. ХТб-131 (КузГТУ)  
Научные руководители: А.Ю. ИГНАТОВА, к.б.н., доцент,  
А.В. ПАПИН, к.т.н., доцент (КузГТУ)  
г. Кемерово

## **ТВЕРДОТОПЛИВНЫЕ БРИКЕТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ**

Вопросы энергоснабжения и энергосбережения волнуют все мировые сообщества. Во всем мире идет повсеместная экономия сырьевых ресурсов. Ученые многих стран пытаются решить эту проблему различными методами, в том числе путем внедрения инновационных технологий, рационального и эффективного использования вторичных энергоресурсов предприятий, с помощью применения альтернативных источников энергии.

Поэтому становится все более актуальным создание новых энергосберегающих технологий, использующих в качестве сырья всевозможные отходы производств. К тому же, такие технологии положительно сказываются на состоянии окружающей природной среды.

В настоящее время для Кузбасса характерна проблема образования углеродсодержащих тонкодисперсных отходов на коксохимических и угледобывающих предприятиях. Одними из таких отходов размером до 1 мм являются коксовая и угольная пыль. Данные отходы оказывают отрицательное воздействие на атмосферу, водоемы, недра земли, флору и фауну, образуя техногенные месторождения. Наличие огромного количества углеродсодержащих отходов толкает ученых Кузбасса к поиску направлений их переработки.

Объемы образования коксовой пыли весьма велики, в среднем на одном коксохимическом предприятии в год образуется около 18-20 тыс. тонн коксовой пыли [1]. Улавливается коксовая пыль в аспирационных системах бункеров и станции перегрузки кокса на коксосортировках, содержит 12-15 % воды [2]; как топливо не используется из-за низкой тепловой отдачи [3].

Угледобывающее производство технологически сопровождается образованием значительного количества различных отходов, достигающих до 30% от добычи угля. После добычи уголь подвергается обогащению и сортировке. Перед разделением угля на фракции из угольного объема вымывается пыль и фракция менее 0,5 мм. Образование угольной пыли происходит при следующих производственных операциях: отбойке угля комбайнами и взрывных работах; погрузке угля погрузочными машинами, транспортировке угля конвейерами; при обогащении угля [4].

В настоящее время существуют различные методы и способы переработки коксовой и угольной пыли.

Известен метод «горячего» брикетирования угольной мелочи и пыли с использованием связующих компонентов. Процесс происходит при температуре 400-520 °С и давлении 20-80 МПа. В качестве связующих веществ используется патока, портландцемент, глина, гипс. Угольная мелочь попадает в дробилку, после достаточного измельчения она проходит по шнековому транспортеру в смеситель, где при добавлении связующих образуется однородная масса. После этого готовая смесь проходит по конвейеру под электромагнитом. Затем смесь попадает в бункер и из него ее везут в станок – пресс, после чего готовая продукция сушится и отправляется на склад, либо транспортируется потребителю [5].

Угольные брикеты обладают рядом преимуществ: не токсичны; являются удобным, эргономичным в употреблении экологически безопасным видом топлива; бездымны.

В Европе уже оценили достоинства брикетированного топлива. В Англии, США, Германии, Чехии, Польше, Турции, Австралии и других странах по разнообразным технологиям производят брикеты на базе угольной мелочи в огромных объемах. Это определено тем, что при сжигании угольных брикетов, по сравнению со сжиганием рядового угля, повышается на 25-35% КПД топочных устройств, снижаются на 15-20% выбросы сернистого газа, более чем вдвое уменьшаются выбросы твердых веществ с бытовыми газами, а также на 15-20% снижается недожег горючих компонентов [6].

Основной недостаток брикетирования – затраты на осуществление процесса и стоимость реагентов - связующих.

Предлагаемое решение проблемы - обогащение углеродсодержащих тонкодисперсных отходов методом масляной агломерации.

На базе лаборатории термодинамики многофазных систем ведутся исследования по получению низкозольного концентрата на основе тонкодисперсных отходов - коксовой и угольной пыли.

В качестве исходного сырья были взяты образцы коксовой и угольной пыли, являющихся производственными отходами ОАО «Кокс» (г. Кемерово). Далее был проведен технический анализ образцов. Выход летучих веществ определяли по ГОСТ 6382-2001 [7], зольность – по ГОСТ 11022-95 [8], влажность – по ГОСТ 11014-1981 [9], содержание серы – по ГОСТ 2059-95 [10].

В экспериментах в ёмкость наливали воду объемом 500 мл, загружали смесь коксовой и угольной пыли в соотношении 1:1 (250 г угольной пыли + 250 г коксовой пыли). Такая смесь коксовой и угольной пыли позволяет достичь приемлемой теплоты сгорания готового концентрата, так как коксовая пыль – высококалорийный отход и поэтому введение отощающей добавки – угольной пыли – позволяет использовать углекоксовый

концентрат для прямого сжигания в бытовых топках без прогорания колосниковых решеток.

До визуального перемешивания в течение 1-2 мин. проводили интенсивное смешивание смеси коксовой и угольной пыли и воды при помощи лопастной мешалки, соединенной с двигателем. Перемешивание более 3 мин. нецелесообразно. Во избежание образования «воронки», снижающей интенсивность перемешивания, в ёмкость устанавливали специальные преградители. Затем добавляли углеводородный реагент – отработанное экстрактерное масло, являющееся отходом коксохимического производства, в количестве 4,0-6,0 % к массе воды, используемой для обогащения, и перемешивают еще в течение 5-8 мин. Перемешивание менее 5 мин. не приводит к образованию масляных агломератов, так как углеводородный реагент не успевает полностью смочить поверхность пылевых частиц. Увеличение времени перемешивания свыше 8 мин. нецелесообразно, так как расходуется дополнительная энергия [11].

В результате турбулизации пульпы (смеси воды, коксовой и угольной пыли и углеводородного реагента) происходит селективное образование масляных агрегатов, которые уплотняются, структурно преобразуясь в прочные гранулы сферической формы, при этом топливо избавляется от балласта – минеральных примесей. Полученный концентрат с гранулами 2-3 мм отделяли на сите с ячейками 0,5 мм от воды и минеральных примесей.

На выходе с установки получили новый продукт – углекоксовый концентрат.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты технического анализа коксовой и угольной пыли, а в таблице 3 – углекоксового концентрата.

Таблица 1

Лабораторные исследования коксовой пыли

$A^d$ , % (зольность)	$W^a$ , % (влажность)	$V^{daf}$ , % (выход летучих веществ)	$Q_s^r$ , ккал/кг, (теплота сгорания)	$S_t^d$ , % мас. (сернистость)
14,6	1,7	2,2	7500	0,4

Таблица 2

Лабораторные исследования угольной пыли

$A^d$ , % (зольность)	$W^a$ , % (влажность)	$V^{daf}$ , % (выход летучих веществ)	$Q_s^r$ , ккал/кг (теплота сгорания)	$S_t^d$ , % мас. (сернистость)
23,4	1,8	20,9	6350	0,4

Таблица 3

Характеристики углекоксового концентрата

$A^d$ , % (зольность)	$W^a$ , % (влажность)	$V^{daf}$ , % (выход летучих ве- ществ)	$Q_s^r$ , ккал/кг (теплота сгорания)	$S_t^d$ , мас. % (сернистость)
5,0	9,5	18,3	8550	0,2

На основе концентрата были изготовлены образцы топливных брикетов следующим образом: углекоксый концентрат смешивали со связующим до однородной массы. В качестве связующего использовали карбамид в количестве 6-10 % к массе исходного сырья. Карбамид перед введением в исходный концентрат разогревают до 100-133 °С, а брикетирование смеси под давлением производят ступенчато, для чего сначала устанавливали нагрузку 5-6 атм., с выдержкой 3-5 мин и далее до 15 атм. с выдержкой при максимальной нагрузке 3-5 мин.

Выбор в качестве связующего карбамида обусловлен его доступностью и невысокой стоимостью. Карбамид легко доступен вследствие больших его производств в промышленности и низкой стоимости на рынке. Расход связующего (карбамида) определяют потребностью для формирования прочного топливного брикета [12,13].

На выходе получали твердотопливные брикеты со следующими техническими характеристиками (таблица 4). Механическую прочность при истирании в барабане, сжатии и сбрасывании определяли руководствуясь ГОСТами 18132-72 [14] и 21289-75 [15].

Таблица 4

Технические характеристики полученных топливных брикетов

Физические испытания			Топливные характеристики		
сжатие, кг/см <sup>2</sup>	истирание, % содержание кусков разме- ром >25 мм	Сбрасывание, % содержание кусков разме- ром >25 мм	$A^d$ , мас. % (золь- ность)	$Q_s^r$ , ккал/кг (теплота сгорания)	$S_t^d$ , мас. % (серни- стость)
70	94	94	5,0	8600	0,2

Прочность брикетов на истирание была оптимальна при добавлении связующего также от 8,0 до 10,0 % мас.

Рекомендуемый состав позволяют формировать прочные брикеты с низкой себестоимостью, низкой зольностью и сернистостью из тонкодисперсных отходов (коксовой пыли и угольной пыли). Полученные топливные брикеты могут использоваться в качестве горючего вещества для бытовых и производственных целей.

## Список литературы:

1. Химическая технология горючих ископаемых / Макаров Г. Н., Харлампович Г. Д., Королев Ю. Г. И др.; под ред. Макарова Г. Н. и Харламповича Г.Д. – М.: Химия, 1986 – 496 с.
2. Лотош В.Е. Л 804 Переработка отходов природопользования. Екатеринбург: Полиграфист, 2007. – С. 265.
3. Брикетирование угля: технология, особенности и устройства для домашнего изготовления [Электронный ресурс]. <http://teplowood.ru/briketirovanie-uglya.html>
4. Головин Г. С. Переработка углей – стратегическое направление повышения качества и расширения сфер их использования / Г. С. Головин, С. С. Крапчин. – М.: НТК «Трек», 2006. – 396 с.
5. Оборудование для брикетирования бурого и каменного угля [Электронный ресурс]. <http://topbrik.ru>.
6. Технология брикетирования мелкодисперсных отходов. Переработка отходов в сырье [Электронный ресурс]. [http://www.acanmachine.com/BROCHURE/ACAN\\_Pererabotka\\_Ugolnih\\_Othdov.pdf](http://www.acanmachine.com/BROCHURE/ACAN_Pererabotka_Ugolnih_Othdov.pdf).
7. ГОСТ 6382-2001 Топливо твердое минеральное. Методы определения выхода летучих веществ. – М.: Изд-во стандартов, 2001
8. ГОСТ 11022-95 Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности. – М.: Изд-во стандартов, 1995.
9. ГОСТ 11014-1981 Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Ускоренный метод определения влаги. – М.: Изд-во стандартов, 1981.
10. ГОСТ 2059-95 Топливо твердое минеральное. Метод определения общей серы сжиганием при высокой температуре. – М. : Изд-во стандартов, 1995.
11. Разработка технологии утилизации коксовой пыли коксохимических производств в виде брикетов повышенной прочности / В.С. Солодов, А.В. Папин А.В., А.Ю. Игнатова, Т. Г. Черкасова / Ползуновский вестник. – № 4-2. – 2011. – 159-164.
12. Пат. РФ № 2468071 Способ брикетирования коксовой пыли / А.В. Папин, В.С. Солодов, А.Ю. Игнатова А.Ю. // КузГТУ. Заявл. 26.10.2011, опубл. 27.11.2012.
13. Злобина Е.С. Экологические и технологические аспекты утилизации твердых углеводородных отходов / Е.С. Злобина, А.В. Папин, Игнатова // Вестник КузГТУ. - 2015. - №3. - С. 92-101.
14. ГОСТ 18132-72 Брикетты и полубрикетты торфяные. Метод определения механической прочности. – М. : Изд-во стандартов, 1972.
15. ГОСТ 21289-75 Брикетты угольные. Методы определения механической прочности. – М.: Изд-во стандартов, 1975.