DOI *10.18454/PMI.2016.4.582*

УДК 662.818

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

В.Б.КУСКОВ, **В.Ю.БАЖИН**
Санкт-Петербургский горный университет, *Россия*

Многие виды углеродсодержащих органических веществ и всевозможные маловостребованные углеродсодержащие продукты или отходы можно использовать для производства тепловой энергии.

Разработана технология получения легковоспламеняющихся брикетов на основе каменного угля. Эти брикеты имеют специальный зажигательный слой. Такой слой легко воспламеняется от низкоэнергетических источников тепла (например, спички), затем горение охватывает основную часть брикета.

Использование в качестве углесодержащих компонентов угольных шламов и бумажных отходов, выступающих в качестве связующего вещества, дает возможность получить простой в изготовлении и по составу топливный брикет и одновременно утилизировать угольные и бумажные отходы. Эти брикеты также могут иметь специальный зажигательный слой.

В технологии получения топливных брикетов из древесных и сланцевых отходов брикетирование проводилось без связующих веществ, так как древесные продукты выступали в качестве связующего.

Таким образом, разработаны технологии получения топливных брикетов из различных видов маловостребованных углеродсодержащих материалов. Брикеты предназначены для бытовых котлов, каминов, различных бытовых печей, для приготовления пищи, обогрева жилых и хозяйственных помещений, для бытовок и т.п.

Ключевые слова: маловостребованное углеродсодержащее сырье, брикетирование, топливные брикеты, угольные шламы, бумажные отходы, отходы деревообработки, отходы сланцепереработки.

Как цитировать эту статью: Кусков В.Б. Использование различных видов углеродсодержащего сырья для получения тепловой энергии / В.Б.Кусков, В.Ю.Бажин // Записки Горного института. 2016. Т.220. С.582-586. DOI 10.18454/PMI.2016.4.582

Введение. Многие виды твердых углеродсодержащих органических веществ и всевозможные маловостребованные углеродсодержащие продукты или отходы можно использовать для производства тепловой энергии. Важнейшим из них является уголь, запасы которого на земле весьма велики (они существенно превышают запасы нефти и газа). При добыче, транспортировке, обогащении, складировании и переработке угля образуется большое количество всевозможных отходов или мало востребованных продуктов, обычно это достаточно мелкие фракции (отсевы, просыпи, шламы и т.п.). При использовании их для отопления большая часть топлива пропадает впустую, просыпаясь сквозь колосники. Также часть угля спекается и затрудняет доступ воздуха в топку, при этом интенсивность горения снижается. Поэтому такие продукты, как правило, не используются и существенно загрязняют окружающую среду. В настоящее время накоплены их огромные запасы. Между тем по своим качественным характеристикам они обычно не уступают добываемым углям.

Кроме того, нами рассмотрена возможность получения тепловой энергии и из таких углеродсодержащих материалов, как бумажные, древесные, сланцевые отходы. Все они обычно также представлены мелкими частицами.

Самым доступным, технически изученным методом переработки вышеупомянутых маловостребованных продуктов и отходов, является их брикетирование со связующими веществами. Брикетирование – процесс механической или термомеханической обработки мелких слабоструктурных руд, концентратов и отходов производства с целью получения из них брикетов – кусков геометрически правильной единообразной формы и постоянных размеров. От других способов окускования брикетирование отличается простотой процесса и дешевизной [1, 3, 4, 18].

По назначению топливные брикеты бывают бытовые и промышленные. Промышленные брикеты используют как сырье для полукоксования и коксования, а также как индустриальное топливо. Каменноугольные брикеты могут выполнять функцию теплоизоляционного материала и основного сырья для получения различных видов электродов.

Брикетное производство позволяет: получать высокосортное и транспортабельное топливо улучшенного качества; сокращать потери угля при хранении, перевозках и сжигании; предотвращать самовозгорание углей; привлекать для коксования дополнительные ресурсы неспекающихся марок углей; использовать низкокачественные местные виды топлива; повышать темпы добычи бурых углей с целью их использования для энергетики и технологической переработки; вовлекать в использование и соответственно сокращать количество всевозможных отходов, в частности органических.

DOI *10.18454/PMI.2016.4.582*

В статье рассмотрена возможность получения бытовых топливных брикетов из различных видов углеродсодержащего сырья. Основным потребителем бытовых брикетов является население.

Проведенные исследования. Была разработана технология получения особых видов бытовых топливных брикетов – брикетов с низкой температурой воспламенения, зажигаемых от низкоэнергетических источников тепла на основе каменного угля. Получение таких брикетов возможно, например, путем формования брикетов, имеющих как основную, являющеюся источником получения тепловой энергии часть, так и специальную зажигательную. Зажигательная часть воспламеняется, например, от спички, затем воспламеняет основную часть. Брикеты изготавливались с применением различных видов органических связующих веществ. Для повышения полноты сгорания и снижения вредных выбросов в атмосферу в брикетах была сделана сквозная перфорация. Брикеты могут иметь различную форму [8, 12-15].

Также был проведен комплекс исследований, в которых в качестве углесодержащих компонентов шихты использовались угольные шламы и бумажные отходы. В результате этого можно получить простой в изготовлении и по составу топливный брикет и одновременно утилизировать угольные и бумажные отходы. Угольные шламы повышают теплотворную способность топливного брикета. Бумажные отходы одновременно являются и связующим, и горючим компонентом. Влажность исходной шихты составляет 8-10 %. Брикеты формовались методом экструзии. Брикет имеет продольное отверстие, площадь поперечного сечения которого составляет 25-40 % от площади поперечного сечения брикета. Это улучшает сгорание брикета. Отверстие площадью поперечного сечения менее 25 % от площади поперечного сечения брикета уменьшает полноту сгорания брикета из-за недостаточного притока воздуха. Отверстие площадью поперечного сечения более 40 % не увеличивает полноту сгорания, чрезмерно увеличивает объем брикета (без увеличения калорийности), понижает прочность брикета. Размеры брикетов могут меняться в достаточно широких пределах. Оптимальное количество угольных шламов в брикете 30-60 %, а бумажных отходов – 40-70 %. При содержании угольных шламов более 60 % снижается прочность брикета и они труднее загораются. При содержании угольных шламов менее 30 % и бумажных отходов более 70 % понижается теплотворная способность топливного брикета. Механическая прочность брикетов определялась количеством падений с высоты 1,5 м, которые выдерживали брикеты.

Результаты испытаний бумажно-угольных брикетов:

Шламы, %	30	35	40	45	50	55	60
Бумажные отходы, %	70	65	60	55	50	45	40
Количество падений без существенного разрушения	11	11	10	8	8	6	4

Также были изготовлены брикеты, которые имели специальный зажигательный слой (содержащий, например, нитраты), который легко воспламеняется от низкоэнергетических источников тепла (например, спички), затем горение охватывает основную часть брикета. Брикеты были сформированы экструдером, имеющим зоны перемешивания и прессования. Нитраты впрессовывались в основной слой в сухом виде, во внешнюю поверхность брикета за счет работы дополнительного шнека подпресовщика. В зоне прессования брикет упрочняется и выходит из экструдера, имеющего прочность, достаточную для его транспортировки на сушку. Брикеты после сушки легко воспламенялись, устойчиво горели и фактически не выделяли дым. Такой брикет очень удобен в использовании. Также возможно совместное использование брикетов с зажигательным слоем и без него при примерном соотношении 1:10. В этом случае легковоспламеняющийся брикет с зажигательным слоем воспламеняет брикеты без зажигательного слоя. При этом достигается существенная экономия, так как брикеты с зажигательным слоем дороже, чем без него [7, 10, 16, 17].

В том случае, когда угольные шламы имели повышенное содержание золы, они подвергались предварительному обогащению с использованием концентрационного стола [9] или обогатительного гидроциклона специальной конструкции [11].

В ходе процессов деревообработки образуется большое количество мелких продуктов (стружки, опилки, продукты пылеулавливания и т.п.). Это фактически отходы. Такие продукты практически не используются, они наносят вред окружающей среде, создают пожарную опасность. Аналогичная картина наблюдается и при переработке горючих сланцев. И древесные, и сланцевые отходы могут быть использованы для получения энергоносителей. Один из способов переработки этих отходов – брикетирование.

С каждым годом область применения топливных брикетов и гранул с использованием отходов деревообработки увеличивается. Утилизация отходов на данный момент носит не менее важный ха-

DOI *10.18454/PMI.2016.4.582*

рактер для производителя, чем производство самой продукции. С другой стороны, существует проблема утилизации отходов сланцевого производства. Однако брикеты только из отходов сланцевого производства имеют недостаточную механическую прочность. Поэтому научно-технический интерес представляет изучение возможности брикетирования сланцевой мелочи с отходами деревопереработки и использования полученных брикетов в качестве альтернативного теплоносителя.

Был проведен комплекс исследований по получению топливных брикетов из продуктов деревообработки и сланцепереработки [2, 5, 6].

В качестве шихты для получения брикетов использовались отходы деревообработки, а также продукты пылеулавливания процессов деревообработки и сланцепереработки в различных пропорциях. Экспериментальные исследования показали, что оптимальное соотношение отходов деревообработки, продуктов пылеулавливания процессов деревообработки и сланцепереработки колеблется от 10:40:50 до 20:60:20.

Содержание продуктов процессов деревообработки менее 10 % не позволяет утилизировать их в достаточном количестве, более 20 % снижает прочность и калорийность брикетов. Содержание продуктов пылеулавливания процессов деревообработки менее 40 % снижает прочность брикетов, более 60 % – калорийность брикетов не повышая прочности. Содержание продуктов пылеулавливания процессов сланцепереработки менее 20 % снижает калорийность брикетов, более 50 % – прочность брикетов.

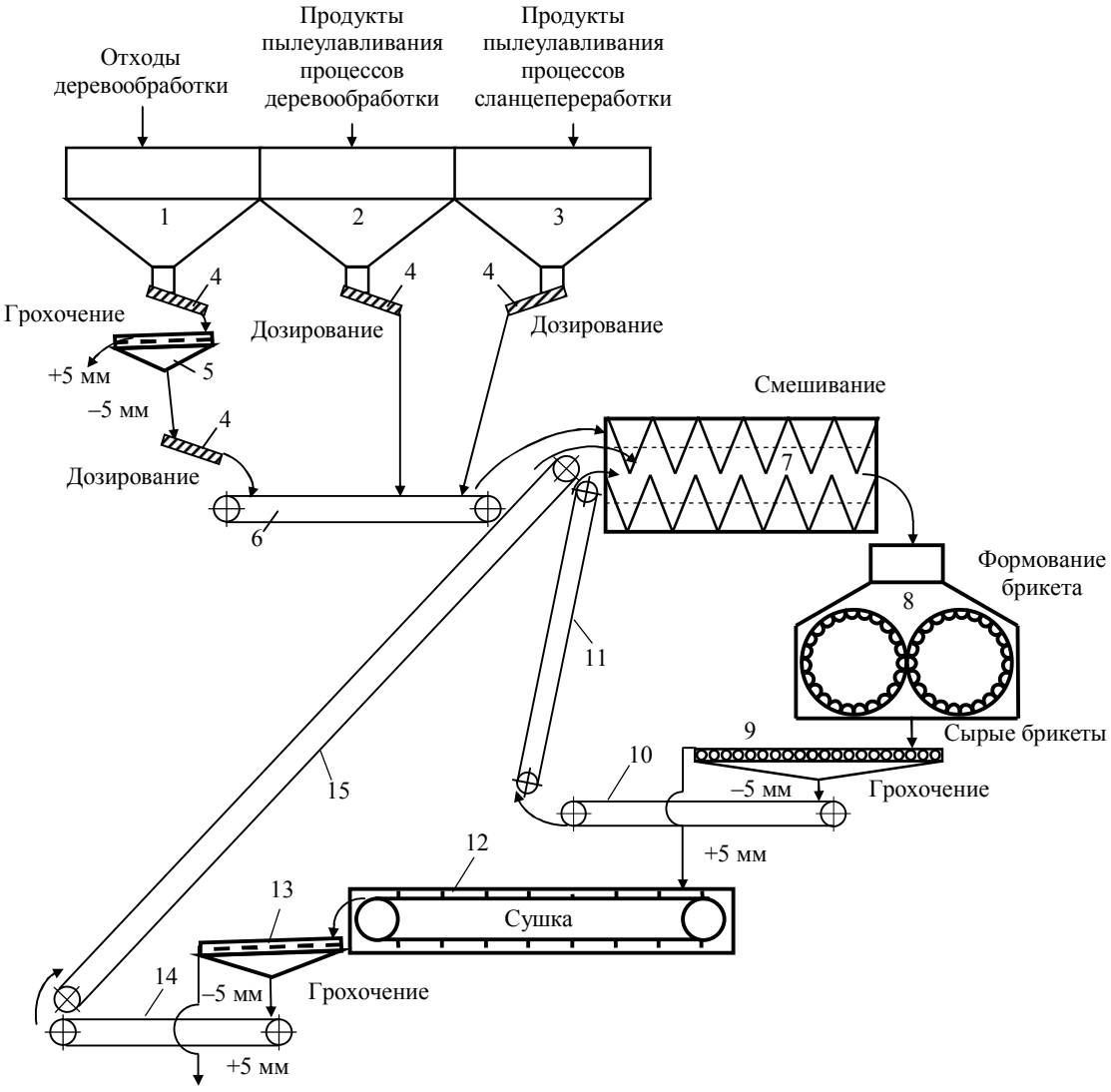


Схема цепи аппаратов процесса производства брикетов

DOI *10.18454/PMI.2016.4.582*

В качестве компонентов шихты брикетов использовались отходы деревообработки, продукты пылеулавливания деревообрабатывающего предприятия и продукты пылеулавливания ОАО «Завод «Сланцы». Брикетирование производилось без связующих веществ, так как древесные продукты выступали в качестве связующего. Это существенно упрощает и удешевляет технологию изготовления. Техническая схема цепи аппаратов процесса производства брикетов приведена на рисунке.

Исходное сырье для производства брикетов загружается в накопительные бункера 1, 2, 3. Из бункера 1 отходы деревообработки шнековым питателем 4 транспортируются на грохочение 5, где выделяется крупный (который может быть использован как бытовое топливо) и мелкий продукт, который после дозирования шнековым питателем-дозатором попадает на сборный конвейер 6. Продукты пылеулавливания процессов деревообработки шнековым питателем-дозатором подаются (с одновременным дозированием) на сборный конвейер 6, то же самое происходит и с продуктами пылеулавливания процессов сланцепереработки. На сборном конвейере 6 предварительно смешиваются компоненты шихты для производства брикетов. Далее эти компоненты поступают на окончательное смешение в смеситель 7 и из него на формующее устройство 8, на котором получают сырые брикеты. Затем сырые брикеты отправляют на грохочение 9. Кондиционные по крупности брикеты поступают на сушку 12, а некондиционные системой конвейеров транспортируются назад в смеситель 7. Высушенные брикеты на грохоте 13 разделяются на мелкие некондиционные, которые системой конвейеров возвращаются в смеситель 7, и кондиционные по крупности брикеты, которые транспортируются на склад.

Брикеты формовались как «обычным» прессованием, так и экструзией. Конкретные размеры и форма брикетов могут изменяться в весьма широких пределах в соответствии с требованиями потребителя.

Механическая прочность брикетов определялась количеством падений с высоты 1,5 м, которые выдерживали брикеты. Результаты испытаний приведены в таблице.

Результаты испытаний древесно-сланцевых брикетов, полученных прессованием и экструзией

Содержание в брикетах			Количество падений без существенного разрушения
Отходы деревообработки, %	Продукты пылеулавливания процессов деревообработки, %	Продукты пылеулавливания процессов сланцепереработки, %	
Прессование			
100	0	0	8
0	100	0	9
0	0	100	1
5	15	80	3
10	40	50	9
15	40	45	11
20	50	30	> 12
20	60	20	> 12
100	0	0	9
Экструзия			
0	100	0	9
0	0	100	1
5	15	80	4
10	40	50	10
15	40	45	12
20	50	30	> 12
20	60	20	> 12

Кроме этого, была проведена серия опытов, в которых из продуктов пылеулавливания процессов сланцепереработки предварительно удалялась зернистая фракция первой стадии пылеулавливания. При этом происходило дополнительное обогащение, так как в крупных (зернистых) продуктах существенно выше содержание неорганических компонентов.

Полученные брикеты разжигаются как обычные дрова, при горении выделяют мало дыма. Они намного компактнее, чем обычные дрова, имеют большую удельную калорийность, горят дольше. Это значит, что из продуктов деревообработки, продуктов пылеулавливания процессов деревообработки и сланцепереработки можно получать полноценные энергоносители при одновременной их утилизации, что частично решает и экологическую проблему.

Заключение. Таким образом, разработаны технологии получения бытовых топливных брикетов из различных видов маловостребованных углеродсодержащих материалов и отходов. В частности, были разработаны технологии получения бытовых топливных брикетов с низкой температурой вос-

DOI *10.18454/PMI.2016.4.582*

пламенения, зажигаемые от низкоэнергетических источников тепла (например, спички). Брикеты предназначены для бытовых котлов, каминов, различных бытовых печей, для приготовления пищи, обогрева жилых и хозяйственных помещений, для бытовок и т.п. Производство таких брикетов позволяет получать дополнительное количество тепловой энергии и одновременно частично решает экологическую проблему, так как происходит утилизация маловостребованных углеродсодержащих материалов и отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабанин В.И.* Изменение физико-механических свойств смесей мелкозернистых материалов со связующими на стадиях подготовки и прессования в процессе брикетирования / В.И.Бабанин, А.Я.Еремин // Кокс и химия. 2003. № 4. С.17-26.

2. *Бажин В.Ю.* Применение калориметрии теплового потока для разработки математических моделей процессов коксования каменного угля / В.Ю.Бажин, О.В.Титов // Там же. 2015. № 7. С.25-29.

3. Брикетирование мелкозернистых и тонкодисперсных материалов со связующим / В.И.Бабанин, И.Ю.Рывкин, А.Я.Еремин, Е.М.Литвин // Там же. 2000. № 10. С. 36-43.

4. *Елишевич А.Т.* Брикетирование полезных ископаемых. Одесса: Лидыбь. 1990. 296 с.

5. Изучение физико-химических свойств горючих сланцев / В.Ю.Бажин, М.Ю.Назаренко, С.Н.Салтыкова, Г.В.Коновалов // Кокс и химия. 2014. № 3. С.44-50.

6. Изменение химического состава и свойств горючих сланцев во время термической обработки / В.Ю.Бажин, М.Ю.Назаренко, С.Н.Салтыкова, Ф.Ю.Шариков // Там же. 2014. № 10. С.46-50.

7. *Калашникова В.Ю.* Разработка технологии получения топливных брикетов из маловостребованного углеродсодержащего сырья / В.Ю.Калашникова, В.Б.Кусков, Е.В.Скрипченко // Записки Горного института. 2012. Т.196. С.147-149.

8. *Кусков В.Б.* Окускование углеродсодержащих материалов / В.Б.Кусков, Я.В.Кускова, Н.В.Николаева // Молодой ученый. 2011. № 5. Т.1. С.92-95.

9. *Кусков В.Б.* Интенсификация сепарации полезных ископаемых с использованием вибрационной сегрегации / В.Б.Кусков, А.О.Ромашев, В.В.Львов // Записки Горного института. 2013. Т.202. С.118-121.

10. *Кусков В.Б.* Легковоспламеняющийся топливный брикет / В.Б.Кусков, Я.В.Кускова Д.В.Сухомлинов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 5. С.9-13.

11. *Кусков В.Б.* Обогащение углей в гидроциклоне с автоматическим управлением / В.Б.Кусков, В.В.Львов // Записки Горного института. 2011. Т.192. С.24-27.

12. *Кусков В.Б.* Использование маловостребованных углеродсодержащих продуктов с целью получения тепловой энергии / В.Б.Кусков, Я.В.Кускова // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. Специальный выпуск 7. С.651-658.

13. *Кусков В.Б.* Технология изготовления топливных брикетов с низкой температурой воспламенения из отходов угольной промышленности / В.Б.Кусков, Д.В.Сухомлинов // Там же. Отдельные статьи. 2013. № 5. С.14-17.

14. Патент 2441904 РФ. Слоистый топливный брикет / В.Б.Кусков Я.В.Кускова. Опубл. 10.02.2012. Бюл. № 4.

15. Патент 2445347 РФ. Слоистый топливный брикет / В.Б.Кусков, Я.В.Кускова. Опубл. 20.03.12. Бюл. № 8.

16. Патент 2463337 РФ. Легковоспламеняющийся топливный брикет / В.Б.Кусков, Я.В.Кускова, Н.В.Николаева, Д.В.Сухомлинов. Опубл 10.10.2012. Бюл. № 28.

17. Патент на полезную модель № 112196 РФ. Легковоспламеняющийся топливный брикет / В.Б.Кусков, Я.В.Кускова, Н.В.Николаева, Д.В.Сухомлинов. Опубл.10.01.2012. Бюл.№ 1.

18. *Grigorova I.* Briquetting of brown coals with a binding agent modified amylum with soluble colophony / I.Grigorova, L.Kyzev // Mining and mineral processing. Sofia, 2003. Vol.46. Part II. P.127-129.

Авторы: **В.Б.Кусков**, *канд. техн. наук, доцент, opikvb@mail.ru*, **В.Ю.Бажин**, *д-р техн. наук, заведующий кафедрой, bazhin-alfoil@mail.ru* (*Санкт-Петербургский горный университет*, *Россия*).

Статья принята к публикации 25.05.2016.