

УДК 622:338

ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕЙ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Матвеев А.И., Попова К.С.

ФГБУ «Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского» СО РАН, Якутск,
e-mail: igds@ysn.ru

Статья направлена на решение вопроса сохранения потребительских свойств бурого угольной топливной продукции за счёт поиска, усовершенствования существующих методов брикетирования и разработки новых способов обеспечения устойчивости и сохранения свойств бурого угольных брикетов в цепочке «добыча – потребитель». Эффективное использование малых бурого угольных месторождений может решить проблему энергообеспечения районов Арктической зоны, вместе с тем проблема сохранения качества бурого угольной продукции при доставке до потребителей остаётся актуальной. Это усиливается естественно низким показателем как по теплотворности, так и сохранности бурых углей, по сравнению с каменным углём. Сущность предложения и исследования заключается в поиске рациональных условий подготовки угольной шихты, в непрерывном прессовании и капсулировании полученного брикета в полиэтиленовую плёнку. Предлагаемое техническое решение включает следующие операции: загрузка исходной угольной шихты с добавкой связующего в бункер питания экструдерной установки, прессование в камере уплотнения с использованием шнека и получения уплотнённой массы продольной формы. Полученный материал после экструдерного прессования подвергают капсулированию слоем упаковочного горючего и экологически не вредного материала, в частности полиэтилена, с использованием распределительной упаковочной системы, а также термообработки, позволяющей создать прочный поверхностный слой упаковки и брикета.

Ключевые слова: Арктическая зона Республики Саха (Якутия), капсулирование, брикетный комплекс, освоение, энергообеспечение, угольные месторождения, эффективность

THE PROBLEM OF INCREASING THE EFFICIENCY OF THE USE OF COAL FOR CONSUMERS IN THE CONDITIONS OF THE FAR NORTH

Matveev A.I., Popov K.S.

*The Federal State Budgetary Institute of Science The Institute of Mining of the North N.V. Chersky
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: igds@ysn.ru*

The article is aimed at solving the issue of preserving the consumer properties of lignite fuel products by searching for, improving existing briquetting methods and developing new ways to ensure sustainability and preserve the properties of lignite briquettes in the chain: mining-consumer. Efficient use of small lignite deposits can solve the problem of energy supply to the regions of the Arctic zone, however, the problem of maintaining the quality of lignite products when delivered to consumers remains relevant. This is exacerbated by the naturally low calorific value and safety of brown coal compared to hard coal. The essence of the proposal and research lies in the search for rational conditions for the preparation of coal charge, in continuous pressing and encapsulation of the resulting briquette in a polyethylene film. The proposed technical solution includes the following operations: loading the initial coal charge with the addition of a binder into the feed hopper of the extruder plant, pressing in the compaction chamber using a screw and obtaining a compacted mass of a longitudinal shape, characterized in that the resulting material after extruder pressing is subjected to encapsulation with a layer of packaging fuel and environmentally friendly harmless material, in particular polyethylene, using a distributive packaging system, as well as heat treatment to create a durable surface layer of packaging and briquettes.

Keywords: Arctic of the Republic of Sakha (Yakutia), briquette complex, development, energy supply, coal deposits, efficiency

В настоящее время труднодоступные, транспортно- и энергоизолированные районы Якутии практически повсеместно для выработки электроэнергии и тепловой энергии используют дизельные станции и привозные угли для угольных котельных [1].

Основной проблемой эффективного использования продукции малых и сверхмалых угольных разрезов является транспортировка углей до маломощных потребителей, разбросанных по огромной территории Арктики с ее суровыми резко континентальными климатическими условиями.

Имеющиеся ресурсы бурых углей используются только для частичного решения местных потребителей, находящихся в непосредственной близости от разрабатываемых месторождений. Это относится к практике использования месторождений бурых углей Ленского угольного бассейна Республики Саха (Якутия) (в частности, Кангаласского, Джебарики-Хаинского, Кепмендяйского и Кировского), которые обеспечивают топливным сырьём некоторые территории Центральной и Западной Якутии. Для Арктического пояса определён

ную перспективу представляют сверхмалые угольные разрезы, такие как Белогорское, Куларское и Краснореченское [2].

Существующая схема поставки углей очень сложная и продолжительная. Проблема обеспечения топливом для большинства улусов решается завозом каменных углей Джебарики-Хая, что имеет высокую логистическую цену [3]. Иногда поставка углей в отдалённые наслеги длится целых два года, вследствие чего уголь подвергается воздействию годовых циклов негативного природно-климатического влияния в пределах перепада температур от -50 до $+40$ °С, что сопровождается существенным снижением потребительских свойств: склонностью к саморазрушению, потерей теплотворных свойств. Такая схема завоза угля, обычно с 4–5 перевалками, сопровождается значительными потерями физического объёма. Длительное хранение под открытым небом, а равно перегрузка и транспортировка сопровождаются образованием большого количества угольной мелочи и пыли. Пылеобразование происходит постоянно, даже несмотря на влажность W до 22%: в холодный период года – за счёт вымерзания, в тёплый период – за счёт воздействия солнца и ветра. В конечно счёте это приводит к потере массы угля до 30 и более процентов [4; 5].

Таким образом, эффективное использование малых буроугольных месторождений может решить проблему энергообеспечения труднодоступных районов Арктической зоны, где затруднен завоз нефтепродуктов, вместе с тем проблема сохранения качества буроугольной продукции при доставке до потребителей остаётся актуальной. Это усиливается естественно низким показателем как по теплотворности, так и сохранности бурых углей, по сравнению с каменным углём.

Работа посвящена решению задачи повышения качества буроугольного сырья, устойчивого для транспортировки, и дополнительного вовлечения в производство угольной мелочи, теряемой при добыче и сортировке углей до 30% с получением новой товарной продукции.

Основная цель исследования – разработка нового подхода к эффективному использованию углей за счёт снижения потерь с угольной мелочью путём применения нового автономного способа брикетирования углей.

Известно, что одним из способов обеспечения сохранности углей является брикетирование, однако опыт показывает, что

полный вариант брикетирования углей не эффективен с точки зрения затрат, даже когда требуются особые условия их сохранности, например для потребления в процессах металлургии. Наиболее рациональным представляется брикетирование части угольной мелочи и пыли класса 0,3–3 мм, выделяемых при переработке, транспортировании и перегрузке, что позволит в целом эффективно использовать угольную продукцию [6; 7].

Речь идет о брикетировании углей, допуская создание автономной и компактной технологии, которая может использоваться по всей цепочке добычи, переработки, обогащения, транспортировки, хранения, перегрузки углей и т.д.

Материалы и методы исследования

Для брикетирования используется исходная дисперсная смесь угля, с крупностью порядка 0,3–3 мм влажностью до 18–20%, которая сопровождается при переработке углей.

Угольная мелочь шихтуется со связующим, которое может представлять местный доступный материал, например торф, при этом связующее не должно ухудшать потребительские свойства угля. В этой области существует множество разных вариантов шихтовки, но при этом качество получаемых брикетов не всегда бывает удовлетворительным с точки зрения прочности, а главное, транспортабельности, поэтому потребуются дополнительная операция упрочнения брикетов [8].

Принципиальная схема производства топливных брикетов показана на рисунке 1.

Исходный рядовой уголь измельчается на щековой дробилке на два класса крупности (рис. 1). Предлагаемая схема брикетирования углей включает традиционную последовательность: процессы перемешивания, нагрева, сушки, охлаждения. Для достижения высокой степени компактности и автономности, а также непрерывности в схеме предлагается использовать для прессования шнековый экструдер при значении удельного давления до $19,6 \cdot 10^7$ Н/м², с получением уплотнённой спрессованной смеси (брикет). При этом дополнительный модуль обработки предусматривает операцию капсулирования, в результате которого достигается упрочнение поверхностного слоя угольного брикета. Испытание брикетов сжатием проводилось через 24 часа после брикетирования.

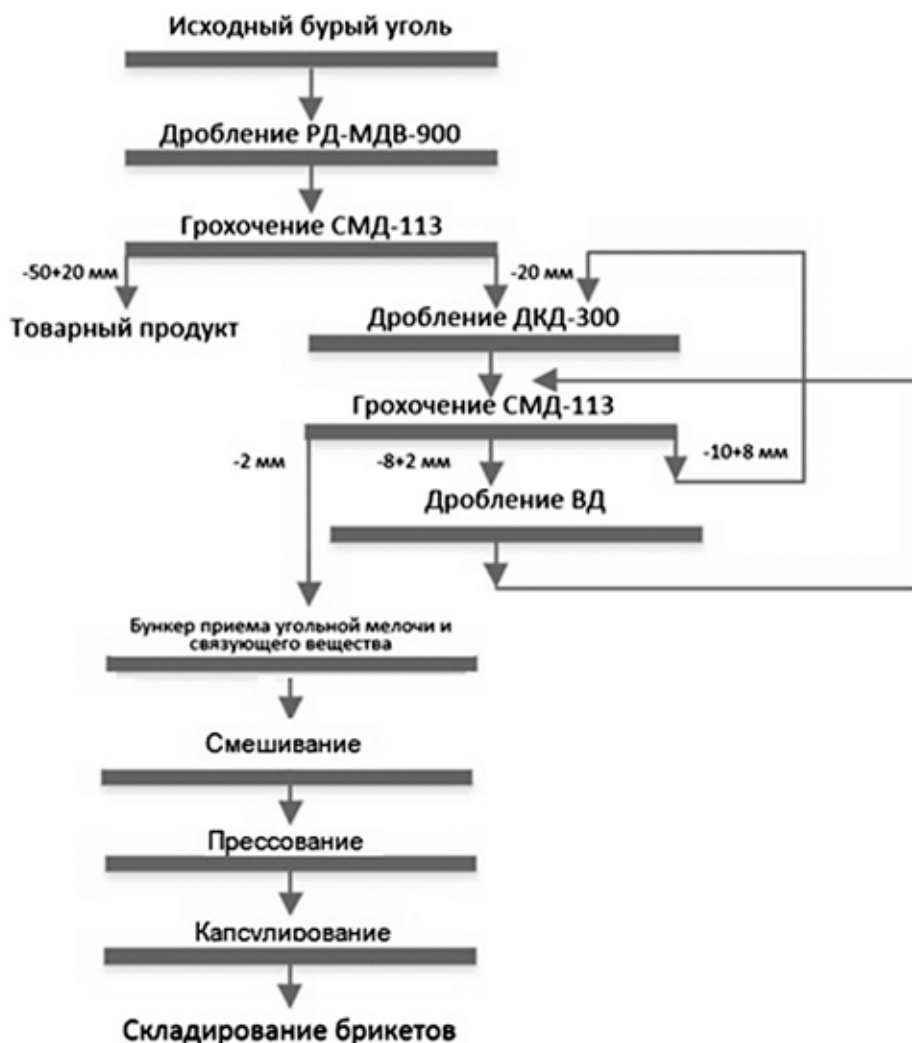


Рис. 1. Технологическая схема брикетно-сортировочного комплекса

Процесс производства стретч-пленки происходит с преимущественным применением синтетического мусора продукта вторичной переработки твердых бытовых отходов. Переработка вторичного сырья в виде отходов стретча позволяет получить гранулы с температурой плавления 103–110 °С. Благодаря сниженной цене на сырье (50 руб./кг) производство вторичной продукции является более дешевым, что позволяет снизить цену и на сам материал из вторичной гранулы, которые в данном случае используются в качестве капсулирующего материала при производстве брикетов из угля с массовой долей в конечном продукте 7%.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) по Республике

Саха (Якутия) показывает, что в структуре ТЭР, используемых для нужд жилищно-хозяйственной деятельности и энергетики, уголь занимает 50% наряду с природным газом – 45%, нефтяным топливом – 4% и прочим – 1%. При этом основную долю использования занимают каменные угли Джебарики-Хаинского месторождения, которые участвуют в северном завозе [6] (рис. 2).

Местные ресурсы топлива представлены углем (в основном бурым) и древесиной. Объемы использования древесины для арктической зоны являются весьма ограниченными.

Для арктических территорий основным фактором, удорожающим стоимость теплоснабжения, является высокая стоимость топлива со сложной логистической схемой доставки.

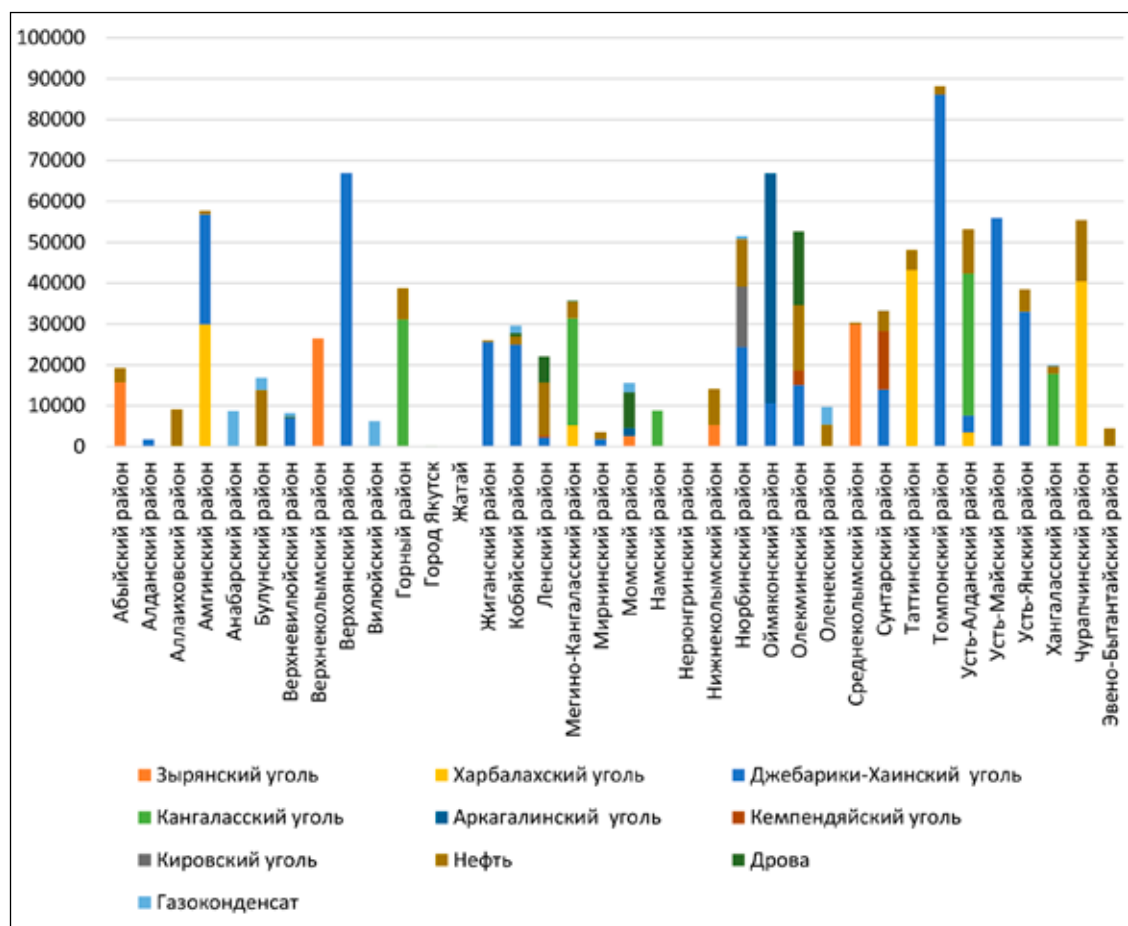


Рис. 2. Анализ потребления основных энергоресурсов РС(Я) для нужд ЖКХ

Источник: данные ГКЦ РС(Я) от 01.01.2022 г.

*для г. Якутск и п. Жатай используется природный газ

При этом разведанные запасы бурых углей в арктической зоне (к примеру, Куларское месторождение) в рядовом виде по качественным характеристикам не соответствуют требованиям бытовых автоматизированных котлов и могут сжигаться только в централизованных котельных [3].

В данной статье впервые введено понятие «сверхмалый угольный разрез» для заполярных районов. Это, как правило, небольшое по запасам месторождение угля, но пригодное для потребления в качестве топлива для местных потребителей, а еще в это понятие вложена специфика труднодоступности, энергоизолированности и транспортной удаленности вместе с суровыми климатическими условиями.

Кроме этого, при использовании данных углей проблема утилизации угольной мелочи остается, актуальность иногда, в зависимости от добычи и транспортировки, даже возрастает.

В наиболее известных способах брикетирования углей и антрацитов, включающих обезвоживание и сушку исходного угля до влажности 2-3%, смешивание его с жидкими или твердыми связующими (нефтебитумы, каменноугольный пек, твердые глины и цемент), прессование давлением 20-50 Мпа и последующее охлаждение с использованием штемпельного, вальцового и кольцевого прессов [7-9], недостатком является периодичность прессования, что является менее производительным и энергоемким. Не менее важной проблемой является необходимость предварительной сушки и прокалывания после брикетирования. При этом получаемые брикеты вследствие недостаточной прочности склонны к выкрашиванию и частичному разрушению, что требует возврата части материала обратно на брикетирование.

Предлагаемая для решения данной проблемы принципиальная схема брикетирования с дополнительным упрочнением бри-

кетов методом капсулирования основана на следующем.

На пути создания компактной и автономной установки брикетирования предлагается использовать, например, винтовые смесители непрерывного действия с последующим прессованием на шнековом экструдере при удельном давлении до $19,6 \cdot 10^7$ Н/м². При этом на выходе имеем брикет удлиненно-продольной формы, далее брикеты подвергаются упрочнению поверхности методом капсулирования при сохранении температуры шихты порядка 95-98 °С.

При этом температура исходной шихты после прохождения через экструдерный пресс является достаточной для термоусадки капсулирующего материала при температуре 103-110 °С. Готовые взаимосвязанные капсулированные продукты подвергаются складированию, наиболее технологическим из них является обмотка в специальные катушки. Естественное охлаждение и твердение идет при температуре окружающего воздуха в воздушной среде, завершается через несколько часов. В результате получается уплотненный и поверхностно упрочненный брикет.

В качестве добавок для более прочного сцепления дисперсных частиц могут использоваться водный раствор клея ПВА, полиэтилен и другие виды связующих. Наибольшее лучшее взаимодействие достигается применением водного раствора клея ПВА. Продолжительность кондиционирования составляет до 10 минут и зависит от количества воды и применяемых добавок.

Предлагаемое техническое решение включает следующие операции: шихтовка угольной продукции со связующим, прессование и покрытие защитным слоем, отличающееся тем, что исходный материал (шихта) подвергается прессованию и термообработке в непрерывном режиме на экструдерных прессах, а полученный продукт (брикеты) продолговатой формы подвергают капсулированию слоем упаковочного горючего и экологически невредного материала, в частности полиэтилена (вторичной стрейч-пленки), с использованием распределительной упаковочной системы, позволяющей создать прочный поверхностный слой упаковки и брикета.

Полученные брикеты имеют следующие характеристики:

- механическая прочность брикетов при сжатии 14,92 Мпа, или 152,1 кгс/см²;
- механическая прочность брикетов при истирании 95%;

- механическая прочность брикетов при сбрасывании 92%.

Процесс капсулирования после прессования в экструдерном прессе исключает выведение частично разрушенного и выкрашиваемого материалов с поверхностного слоя брикета, что исключает их возврат в основной процесс брикетирования, чем достигается полнота использования исходного брикетируемого материала. При этом процесс брикетирования в целом становится более технологичным, непрерывным.

Одна катушка с полезным радиусом 48 см и высотой 72 см, при параметрах продукта 20 х 6 см за единицу, может вмещать в себя до 168 ед. продукта с максимальным весом 1,8 т. Оценка себестоимости готового продукта, представляющего собой катушку, составляет 4,13 руб./кг, с предварительными капитальными вложениями на 50 млн руб. Это является конкурентоспособной стоимостью при средней цене каменного угля по республике в рядовом виде 3,5 руб./кг (без учета транспортировки).

Заключение

Имеющиеся ресурсы бурых углей используются только для частичного решения местных потребителей, находящихся вблизи имеющихся месторождений. Это касается Кангаласского, Кировского и Кемпендяйского буроугольных месторождений, которые обеспечивают топливным сырьем Западную и Центральную часть Якутии. Также перспективными буроугольными месторождениями являются Белогорское, Куларское и Краснореченское, которые могут обеспечить Арктическую часть Республики.

Проблема заключается в низком качестве сырья, неустойчивости сырья для транспортировки и больших потерях при добыче углей вместе с угольной мелочью. Существующая сложная схема завоза угля с 4-5 перевалками и с 2-годовичным циклом приводит не только к значительным потерям физического объема, но и к существенному снижению потребительских свойств угля. Продолжительный многосезонный период завоза угля существенно воздействует на его качественные характеристики, приводит к смерзанию штабелей, образованию негабаритов, самовозгоранию и т.д.

В предлагаемом способе брикетирования с капсулированием достигается дополнительное упрочнение получаемых брикетов за счет создания прочного и надежного поверхностного слоя и изоляции,

тем и достигается существенное снижение негативного воздействия природных факторов (окисление, воздействию солнечной радиации и т.д.). Кроме этого, капсулирование горючими материалами даёт дополнительные теплотворные способности и отличается от применяемой техники и технологии брикетирования (уплотнения) сыпучих материалов по прототипу, а именно введением нового способа их капсулирования. Вследствие предложенного способа устраняются известные недостатки получаемых угольных брикетов, достигаются высокие потребительские качества брикетов по негативному воздействию окружающей среды, транспортабельности, сохранности теплотворных свойств.

Список литературы

1. Захаров В.Е., Козлов А.Н., Донской И.Г. Моделирование изменения теплоты сгорания угля при транспортировке до районов Крайнего Севера, на примере Республики Саха (Якутия) // Изв. Акад. наук. Энергетика. 2018. № 6. С. 132-141. DOI: 10.31857/S000233100003526-2.
2. Биев А.А. Формирование территориальной инфраструктуры обеспечения топливно-энергетическими ресурсами в Арктической зоне России // Север и рынок: формирование экон. порядка. 2019. № 3 (65). С. 43-51. DOI: 10.25702/KSC.2220-802X.2019.65.3.43-51.
3. Батугина Н.С., Гаврилов В.Л., Баракаева И.Д., Тарский Н.Д. Повышение энергобезопасности арктических районов Республики Саха (Якутия) на основе освоения местных топливно-энергетических ресурсов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2014. № 6. С. 79-85.
4. Ткач С.М., Гаврилов В.Л., Батугина Н.С. и др. Гео-технологические требования к созданию угольных разрезов в заполярной зоне Якутии // Горный информ.-аналит. бюл. 2015. № 7 (спец. выпуск № 30). С. 152-162.
5. Логвинов М.И. Стратегические приоритеты освоения угольного ресурсного потенциала Арктической зоны России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2019. № 3. С. 29-33.
6. Матвеев А.И., Осипов Д.А., Попова К.С. О необходимости «облагораживания» углей Ленского угольного бассейна Республики Саха (Якутия) // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № 11. С. 161-170. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-11-0-161-170.
7. Злобина Е.С., Папин А.В., Игнатова А.Ю. Экологические и технологические аспекты утилизации твердых углеводородных отходов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 91-101.
8. Method of manufacturing briquette from low quality raw material. [Электронный ресурс]: pat. 1019820001103 Korea, МПК C10L 5. № 1019810000354. Режим доступа: <http://patentscope.wipo.int>.
9. Method of manufacturing modified briquette. [Электронный ресурс]: pat. 1019930011929 Russian Federation, МПК C01L 5 / Lee, Kong-Seok; Lee, Kong-Seok, Seon Ju-Hong. – № 101019910011928. Режим доступа: <http://patentscope.wipo.int>.