
ГОРНАЯ КНИГА

ISSN 0236-1493

ГОРНЫЙ

ИНФОРМАЦИОННО-
АНАЛИТИЧЕСКИЙ
БЮЛЛЕТЕНЬ
(НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ)

MINING INFORMATIONAL
AND ANALYTICAL
BULLETIN
(SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL)

СПЕЦИАЛЬНЫЙ
ВЫПУСК 19

2015

КОМБИНИРОВАННЫЕ
ПРОЦЕССЫ ПЕРЕРАБОТКИ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ:
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

А.В. Александров, В.А. Петров

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТОВ

Приведены результаты исследований влияние крупности отходов, влажности, соотношение опилок из лиственных и хвойных пород древесины, а также добавка лигнина на прочностные свойства топливных брикетов и их теплотворную способность. Показано, что оптимальным количеством добавки лигнина является 15 % (при соотношении опилок из лиственной и хвойной пород 1:1) при соблюдении нормативов выделения диоксида углерода при сжигании топлива. Обосновано, что, варьируя технологическими параметрами брикетирования и композиционного состава, можно прогнозировать требуемые показатели готовой продукции необходимого качества.

Ключевые слова: брикетирование, отходы, гидролизный лигнин, композиционный состав, давление прессования, теплотворная способность.

Увеличение дефицита и стоимости основных сырьевых энергоносителей (нефти и газа), а также возрастающие экологические требования придают особую актуальность проблеме комплексного использования природных ресурсов. Одним из направлений комплексной переработки древесины является создание эффективных технологий для переработки отходов лесного комплекса таких как: кора, которая в значительных количествах образуются при окорке древесины на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности, гидролизный лигнин – многотоннажный отход гидролизной промышленности, а также отходы лесозаготовок и деревообработки (опилки, мелкая стружка, щепа, ветки.). В настоящее время 30 % заготовленной в Ленинградской области древесины идёт на экспорт, 50 % на предприятия ЦБП и 20 % (1,6 млн. м³) используется на лесопильных заводах области. При лесопилении образуется около 40 % отходов, которые имеют высокие энергетические показатели и могут быть использованы для получения энергии. Объём отходов лесопильного производства Ленинградской области составляет около 640 тыс. пл. м³/год, что эквивалентно 164 тыс. тонн угля или 114 тыс. тонн мазута. От-

ходы деревоперерабатывающих предприятий можно брикетировать без связующих, так как они содержат в своем составе природный лигнин, который пластифицируется при прессовании и является связующим веществом [1—3].

В данной работе исследовалось влияние крупности опилок, влажности, соотношение опилок из лиственных и хвойных пород древесины, а также добавок лигнина на прочностные свойства топливных брикетов и их теплотворную способность.

Определение механической прочности брикетов из отходов древесины проводили по ГОСТ 21289-75, которым устанавливаются методы определения механической прочности брикетов при сжатии и истирании в барабане [4].

Механическая прочность брикетов при сжатии ($\sigma_{сж}$) в кг/см² определялась по формуле:

$$\sigma_{сж} = \frac{P_{\max} \cdot d^2}{d_1^2},$$

где $P_{\max}$ – среднее арифметическое значение максимального разрушающего брикеты давления, кг/см², вычисляемое по формуле:

$$P_{\max} = \frac{\sum P_{\max}}{n},$$

где $\sum P_{\max}$ – сумма значений максимальных разрушающих брикеты давлений, кг/см²; n – количество испытаний брикетов; d – диаметр рабочего поршня пресса, мм; d_1 – диаметр торцовой поверхности цилиндрической вставки, равный 30 мм.

Физические свойства исходного сырья и брикетов определяли по методикам, регламентированных ГОСТами [4-5]. Теплотворная способность брикетов определялась с использованием калориметра ИКА С 2000 Basic (рабочие режимы: изопериболический (время измерения ~22 минут), динамический (время измерения ~7 минут) [6].

Результаты экспериментальных исследований зависимости плотности брикетов (фракция древесных отходов –5+0,1 мм) от давления прессования приведены на рис. 1.

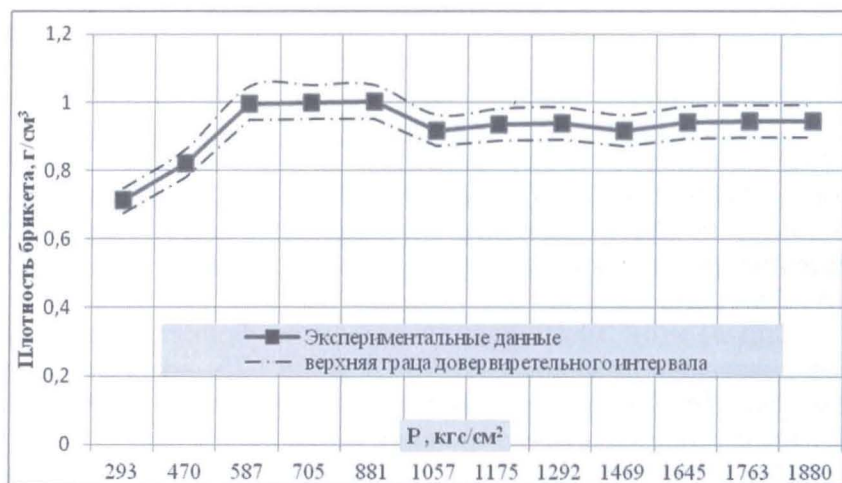


Рис. 1. Зависимость плотности брикета от давления прессования

С использованием регрессионного анализа обосновано уравнение для прогноза плотности брикета в зависимости от давления прессования, которое позволяет прогнозировать данный показатель с коэффициентом корреляции 0,998:

$$\rho = \frac{P}{244,957 + 0,737 \cdot P},$$

где ρ — плотность брикета, г/см³; P — давление прессования, кгс/см².

Анализ данных, представленных на рис. 1, свидетельствуют, что при увеличении давления прессования, плотность брикетов увеличивается, причем наблюдается локальный экстремум в области давлений 585-880 кгс/см². При повышении давления наблюдается нагрев матрицы (рис. 2).

Анализ данных, представленных на рис. 2, свидетельствуют, что при нагревании матрицы давление, приложенное к пуансону начинает снижаться. Это явление объясняется изменениями химического состава и структурных компонентов шихты при нагревании.

Влияние влажности исходной шихты и фракционного состава отходов приведено на рис. 3.

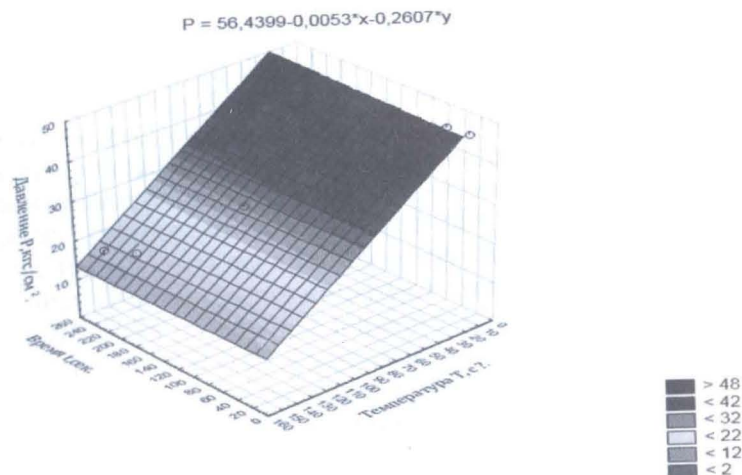


Рис. 2. Зависимость давления прессования от времени и температуры нагрева матрицы

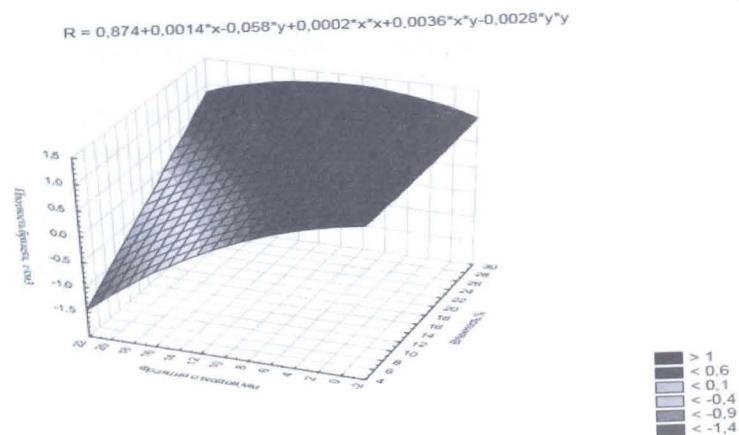


Рис. 3. Зависимость плотности брикета от влажности и фракционного состава шихты

Анализ данных, представленных на рис. 3 показывает, что при влажности отходов 5% и выше плотность брикетов увеличивается, но повышение влажности худшим образом сказывается на прочности брикетов. Выявлено, что наиболее прочные брикеты получаются при влажности отходов $W = 5\%$. При увеличении влажности от 5% до 30% прочность брикетов умень-

шается. Все исследуемые брикеты прессовались при среднем давлении прессования $P = 590 \text{ кгс/см}^2$ и температуре $t = 22^\circ\text{C}$.

Одним из важных энергетических показателей биотоплива является его калорийность. В основном этот параметр зависит от элементного состава топлива, показывающего массовое содержание отдельных элементов в соответствующей массе топлива и влажности. По данной величине можно сопоставлять максимально возможную теплотворную способность древесины в сравнении с другими горючими веществами. В качестве примера, высшая теплота сгорания для угля — 7900 Ккал /кг, для торфа — 5600 Ккал /кг, для коры — 4700 Ккал /кг.

Исследовалось влияние композиционного состава брикетов на их теплотворную способность. Решение программы оптимизации при заданных параметрах с изменением композиционного состава брикета оптимизации $Y1 \rightarrow \max$, выявило, что оптимальным значением добавки лигнина является 15 % (при соотношении опилок из лиственной и хвойной пород 1:1) Но так как строение лигнинов имеет существенные отличия, зависящие от способа получения, то для соблюдения нормативов охраны окружающей среды по диоксиду углерода при сжигании, следует добавлять не более 15% гидролизного лигнина. Таким образом, варьируя технологическими параметрами брикетирования и композиционным составом, можно прогнозировать требуемые показатели готовой продукции необходимого качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. M. J. Groom, E. M. Gray, P. A. Townsend. Biofuels and biodiversity: Principles for creating better policies for biofuel production // Conservation Biology. 2008. doi:10.1111/j.1523-1739.2007.00879.x..
2. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: учебное пособие / А. да Роза; пер. с англ. под редакцией С.П. Малышенко, О.С. Попеля. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект»; М.: Издательский дом МЭИ; 2010. – 704 с.: ил.
3. Web-сайт Unikc [электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://www.unikc.ru/wood.htm>
4. ГОСТ 21289-75. Брикеты угольные. Методы определения механической прочности. [текст]. – Мн.: Изд-во стандартов, 1986. – 5 с.: ил.
5. ГОСТ Р 54185-2010 Биотопливо твердое. Определение зольности. [текст]. – СТИ.: Москва стандартинформ, 2012. – 5 с.: ил.
6. Web-сайт [электронный ресурс]/ Режим доступа <http://www.euro-test.ru/cgi-bin/catalog.cgi>. **ТИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Александров Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, IGDALEX@rambler.ru,
Петров Виктор Александрович – студент, vpk850@mail.ru,
Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров.

UDC 676:661.728

OPTIMIZATION OF COMPOSITE FUEL BRIQUETTES FROM CARBON COMPONENTS

Alexandrov A.V., Professor of machines automated systems, St. Petersburg State Technological University of Plant polymers, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia,
Petrov V.A., student, Saint-Petersburg State Technological University of Plant Polymers, Russia.

The results of the impact studies of waste size, humidity, ratio of sawdust from hardwood and softwood, and the addition of lignin on the strength properties of fuel briquettes and their calorific value. It is shown that the optimal value of the additive lignin is 10% (in the ratio of sawdust from hardwood and softwood 1: 1) in compliance with standards for sulfur recovery from fuel combustion. It is proved that by varying the process parameters of briquetting and composite structure, we can predict the necessary parameters required quality of the finished product.

Key words: briquetting of waste, lignin, composite structure, pressing, the calorific value.

REFERENCES

1. M.J. Groom, E.M. Gray, P.A. Townsend. Biofuels and biodiversity: Principles for creating better policies for biofuel production // Conservation Biology. 2008. doi:10.1111/j.1523-1739.2007.00879.x.
2. *Vozobnovljajemye istochniki jenergii* (Renewable sources of energy). Fiziko-tehnicheskie osnovy: uchebnoe posobie / A. da Roza; per. s angl. pod redakciej S.P. Malyshenko, O.S. Popelja. Dolgoprudnyj: Izdatel'skij dom «Intellect»; Moscow: Izdatel'skij dom MJel; 2010. 704 p.
3. Web-sajt Unikc [jelektronnyj resurs]/ Rezhim dostupa: <http://www.unikc.ru/wood.htm>
4. GOST 21289-75. Brikety ugol'nye. Metody opredelenija mehanicheskoj prochnosti. [tekst]. Mn.: lzd-vo standartov, 1986. 5 p.
5. GOST R 54185-2010 Biotoplivo tverdoe. Opredelenie zol'nosti. [tekst]. – SТИ.: Moskva standartinform, 2012. – 5 s.: il.
6. Web-sajt [jelektronnyj resurs]/ Rezhim dostupa <http://www.euro-test.ru/cgi-bin/catalog.cgi>.