

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ГОРЮЧИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОГО ТОПЛИВА

**Докт. техн. наук БЕРЕЗОВСКИЙ Н. И.,
кандидаты техн. наук ВОРОНОВА Н. П., КОСТЮКЕВИЧ Е. К.,
аспиранты ДОБРИЯН Г. К., БЕРЕЗОВСКИЙ С. Н.**

Белорусский национальный технический университет

Энергетическая проблема, актуальная сегодня практически во всех странах мира, остро ощущается в Беларуси, лишь на 10...15 % способной удовлетворить потребности собственными топливно-энергетическими ресурсами и располагающей такими энергоемкими отраслями промышленности, как химия и нефтехимия, машиностроение и металлообработка, производство строительных материалов, горная промышленность.

Важным в обеспечении кондиционным топливом коммунально-бытовых потребителей является брикетирование местных видов топлива (торф) с отходами производства вторичных горючих энергетических ресурсов (ВГЭР).

В Республике Беларусь получило распространение производство топливных брикетов из смеси торфа с каменноугольной мелочью, где торф выступает в роли связующего. Окускование каменноугольной мелочи с торфом позволяет более рационально расходовать торфяное сырье и утилизировать некондиционные виды каменных углей, сжигание которых в существующих топках затруднено или практически невозможно. В топливном балансе используются новые виды топлив, которые получают не только из горючих материалов, но и из отходов производства (лигнин, опилки и др.).

Местное сырье для производства топливных брикетов в перспективе будет оставаться одним из основных в покрытии спроса на топливо для населения и коммунально-бытовых потребителей республики. Однако объемы добычи топливных брикетов снижаются, так как ряд заводов по их производству в настоящее время работает в режиме затухания. Все более остро встает проблема совершенствования технологических процессов обогащения сырья, внедрения новых, менее энергоемких, технологий, оптимального и экономного использования энергоресурсов и оборудования.

Уменьшение объема поставок сырья и снижение его влажности, плотности и зольности можно компенсировать изготовлением двух-, даже трехкомпонентных брикетов (торф, уголь, древесные опилки, лигнин, сланцевая мелочь). Среднее значение влажности торфа, добываемого в стране за последние 10 лет, увеличилось более чем на 4 %, а насыпная плотность по некоторым брикетным заводам уменьшилась на 5...8 %. И, как следствие, – повышение энергозатрат на изготовление торфяных брикетов.

Анализ многолетних статистических данных предприятий Беларуси показал, что на подготовку, осушение и ремонт торфяных полей расходуется

14...25 кДж/кг, на добычу фрезерного торфа – 25...36, на его транспортировку – 108...126, заводскую переработку с сушкой на брикетном заводе – 1000...1400 кДж/кг. С учетом влажности полуфабриката или готовой продукции на каждом этапе технического процесса этот показатель составляет до 1600 кДж/кг (около 10 % запаса тепловой энергии торфяного топлива). Однако следует учесть и прочие затраты на добычу и переработку торфа (живой труд, материалы и пр.), что в энергетическом эквиваленте составляет до 500 кДж/кг. Большие потери теплоты твердого топлива у потребителя. Бытовые отопители и водонагреватели имеют КПД сжигания 0,65...0,75.

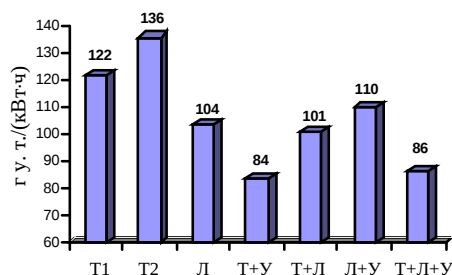


Рис.1. Гистограмма удельного расхода ТЭР

На рис. 1 приведены исходные данные и результаты определения удельных расходов ТЭР для различных бытовых топлив. Расчеты выполнены применительно к варианту сушки торфа в барабанных паротрубчатых сушилках, углей – в молотковых шахтных мельницах, лигнина – в пневматических сушилках. Для сжигания гранул предусматриваются

специализированные отопительные котлы. Начальная влага для торфа Т, угля У и лигнина Л принята соответственно 50; 10 и 65 %, число операций по транспорту и перегрузкам бытового топлива – 5, удельный расход топлива на выработку электроэнергии – 350 г у. т./кВт·ч, потери в электрических сетях – 5 %, потери и расход теплоты на собственные нужды заводской котельной – 7 %, КПД паровых котлов – 0,78 [4].

Целесообразность производства топлива из композиций определяется энергетической эффективностью, которая оценивается расходом топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на единицу полезной теплоты и выражается в граммах условного топлива (г у. т.) на 1 кВт·ч теплоты, где учитывается также влияние ряда переменных факторов (например, влага топлива, схема топливопроводящей сети, характеристики топливных компонентов композиции и их массовая доля в брикетах) на параметры, определяющие расход ТЭР. Удельный расход ТЭР на 1 кВт·ч полезной теплоты, полученной потребителями, определяется по формуле

$$b = \frac{0,36 \cdot 10^6 (b_t + b_{эл} + b_n)}{Q_{нбт}^P (100 - \varphi_{тр}) \eta_k},$$

где b_t – удельный расход условного топлива на выработку теплоты для сушки сырья, отнесенный к 1 кг бытового топлива, г у. т./кг; $b_{эл}$ – то же электрической энергии, затраченной при производстве 1 кг бытового топлива, г у. т./кг; b_n – потери условного топлива от места добычи сырья до склада готовой продукции предприятия-изготовителя бытового топлива, отнесенные к 1 кг бытового топлива, г у. т./кг; $Q_{нбт}^P$ – удельная низшая теплота сгорания бытового топлива, кДж/кг; $\varphi_{тр}$ – потери бытового топли-

ва при транспортировке и перегрузке от склада предприятия-изготовителя до потребителя, %; η_k – КПД устройства (котла, печи) для сжигания бытового топлива.

Низкие потери ТЭР будут при производстве и использовании торфоуглелигнинных и торфоугольных гранул, затем следуют гранулы торфолигнинные, торфяные и лигнинные. Брикеты в отличие от гранул характеризуются повышенными расходами ТЭР. Наименьшие потери ТЭР соответствуют торфоуглелигнинным и торфоугольным брикетам.

В связи с тем, что в котельной предусмотрено сжигание каменного угля и других видов твердого топлива (смешанных дров), энергосберегающие мероприятия рассчитываются на вытеснение более дорогостоящего топлива, т. е. угля, закупаемого за пределами республики, дровами.

Для получения источника энергии при подогреве воды в котлах используются отходы производства (торф некондиционный, щепа, опилки, лом торфяных брикетов), которые подвергаются пиролизу. Пиролиз (термическая деструкция, сухая перегонка) – процесс химического изменения топлива под действием высоких температур без введения воздуха и других химических реактивов (кислорода, углекислоты, водяного пара). Пиролиз характеризуется распадом органической массы на более простые вещества при одновременном синтезе сравнительно высокомолекулярных соединений, что приводит к выделению газов пирогенетической воды и дегтя с образованием твердого остатка, который значительно отличается от исходного материала по составу и свойствам. Количество и качество продуктов зависят от свойств исходного угля или торфа, конечной температуры и скорости нагревания, способа отвода продуктов пиролиза и других условий процесса.

Пиролиз торфа с образованием пирогенетической воды начинается при температуре 140...150 °С. Начало выделения газа отмечается при температуре 170...190 °С и дегтя – при 200...230 °С. Наиболее интенсивное выделение пирогенетической воды наблюдается при температуре 550 °С [1, 2].

При увеличении скорости нагревания выход твердых продуктов пиролиза падает, а летучих продуктов, особенно дегтя, – возрастает. Переход от малой скорости нагревания торфа (несколько градусов в минуту) к высокоскоростному нагреву (тысячи градусов в секунду) удваивает выход смолы.

Летучие продукты, образовавшиеся в центральных частях куска или засыпки торфа, проходят через периферийные, более нагретые зоны. Поэтому наименее устойчивый из продуктов пиролиза – деготь – подвергается дальнейшей деструкции на газ, воду и смоляной кокс. Дополнительный пиролиз имеет также место с повышением давления, при котором протекает процесс, а также при нижнем отводе летучих продуктов пиролиза, т. е. усилении взаимодействия парогазовой смеси с нагретыми твердыми продуктами пиролиза. Производство торфяного полукокса и кокса из кускового торфа развивалось по пути непрерывно действующих печей при сжигании другого топлива с подводом теплоты через стенку печи (внешний обогрев) вводом горячих газов в слой торфа (внутренний обогрев) и смешением с нагретым твердым теплоносителем. Установлена возможность использования для коксования хорошо высушенного кускового и мелкокускового торфа непрерывно действующих камерных печей с пиролизом парогазовой смеси в слое раскаленного кокса. Опытные установки

для пиролиза фрезерного торфа основаны на нагреве в потоке газа-теплоносителя, в смеси с твердым теплоносителем и при внешнем обогреве в падающем слое [1...3].

Разработан процесс полукоксования фрезерного торфа во взвешенном состоянии с подогревом газового теплоносителя в рекуператоре и использованием теплоты уходящих газов на сушку торфа. Пиролизер и сушилка имеют вид диффузоров (конусов) с вводом материала снизу в горло диффузоров и выводом из верхней расширенной части [1].

Существующие паровые котлы КЕ-4-12С, работающие на каменном угле, оборудованы механизированной топливоподачей и шлакозолоудалением. Водогрейный котел КВ-ТС-1М работает на древесных отходах. Для хранения запаса топлива используется открытый склад. Доставка топлива к водогрейным котлам производится с помощью конвейера. Временное хранение золы до ее вывоза предусматривается на открытой площадке, расположенной вне здания котельной. Зола, полученная при сжигании дров и древесных отходов, используется в качестве удобрения.

При переводе котла на сжигание местных видов топлива (МВТ) происходит замещение ими импортируемых видов топлива, экономический эффект достигается за счет разности в их стоимости. Срок окупаемости при переводе котла на сжигание местных видов топлива рассчитывается следующим образом:

1. Определение укрупненных капиталовложений:

1.1. Стоимость оборудования $C_{об}$ определяется согласно договорным ценам (на основании тендера);

1.2. Стоимость проектных работ составляет до 10 % стоимости строительно-монтажных работ;

1.3. Стоимость строительно-монтажных работ – 25...30 % стоимости оборудования $C_{об}$;

1.4. Стоимость пусконаладочных работ – 3...5 % стоимости оборудования;

1.5. Капиталовложения в мероприятие

$$K_{МВТ} = C_{об} + 0,1C_{смп} + (0,25...0,3)C_{об} + (0,03...0,05)C_{об}, \text{ тыс. руб.}$$

2. Определение сроков окупаемости мероприятия за счет разности в стоимости сжигаемого топлива:

2.1. Расчет количества сжигаемого топлива (брикет торфяной, печное бытовое топливо, мазут и т. д.)

$$B_{м} = Q_{н} T_{г} b_{тэ} / (K_{м} \cdot 10^3), \text{ т,}$$

где $Q_{н}$ – среднечасовая нагрузка котельной, Гкал/ч.; $T_{г}$ – число часов работы в год, ч; $b_{тэ}$ – удельный расход топлива при работе на мазуте (печном бытовом топливе (ПБТ)) на производство тепловой энергии, кг у. т./Гкал; $K_{м}$ – топливный эквивалент мазута (ПБТ) для перевода в натуральное топливо $K_{м} = 1,37$ (1,45);

2.2. Определение количества местного топлива, сжигаемого за год:

$$B_{г} = Q_{г} T_{г} b_{МВТ} / (K_{МВТ} \cdot 10^3), \text{ т,}$$

где $Q_{\text{ч}}$ – среднечасовая нагрузка котельной, Гкал/ч; $b_{\text{МВТ}}$ – удельный расход топлива при работе на местном виде топлива на производство тепловой энергии, кг у. т./Гкал, $b_{\text{МВТ}} = 142,76 / (\eta_{\text{МВТ}} \cdot 10^{-2})$; $\eta_{\text{МВТ}}$ – коэффициент полезного действия котла на местных видах топлива, %; $K_{\text{МВТ}}$ – топливный эквивалент местных видов топлива для перевода в натуральное топливо;

2.3. Определение разности в стоимости сжигаемого топлива

$$\Delta C_{\text{топл}} = B_{\text{м}} C_{\text{м}} - B_{\text{МВТ}} C_{\text{МВТ}}, \text{ тыс. руб.},$$

где $C_{\text{м}}$ – стоимость 1 т мазута (ПБТ), тыс. руб/т; $C_{\text{МВТ}}$ – стоимость 1 т МВТ (м^3 и т. д.), тыс. руб/т;

2.4. Определение срока окупаемости мероприятия за счет разности сжигаемого топлива

$$Cp_{\text{ок}} = K_{\text{пп}} / \Delta C_{\text{топл}}, \text{ лет},$$

где $K_{\text{пп}}$ – капиталовложения в мероприятие, тыс. руб; $\Delta C_{\text{топл}}$ – разность в стоимости сжигаемого топлива за год, тыс. руб/год.

В связи с тем, что в котельной предусмотрено сжигание каменного угля и других видов твердого топлива (смешанных дров), энергосберегающие мероприятия рассчитываются на вытеснение более дорогостоящего топлива, т. е. угля, закупаемого за пределами республики, дровами.

Характеристика и стоимость топлива.

1. Каменный уголь. Удельная низшая теплота сгорания $Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 4,55$ Гкал/т. Стоимость угля с учетом транспортных расходов (10 %) $C_{\text{ку}} = 55$ дол. США $\times 1,1 = 60,5$ дол. США за 1 т.

2. Дрова. $Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 3,6$ Гкал/т = $1,86$ Гкал/ м^3 при $\rho = 0,517$ т/ м^3 . Стоимость дров с учетом транспортных расходов (10 %) $C_{\text{д}} = 20000$ бел. руб $\times 1,1 = 22000$ бел. руб за 1 м^3 , или 10,11 дол. США за 1 м^3 .

3. Снижение затрат на топливо на производство 1 Гкал теплоты при замене каменного угля дровами при условии сохранения равенства КПД котла на обоих видах топлива составляет $60,5/4,55 - 10,11/1,86 = 7,86$ дол. США/Гкал.

Использование 1 м^3 дров дает экономию 14,62 дол. США.

ВЫВОД

Таким образом, сравнительный анализ результатов эффективности сжигания в паровых котлах древесины и импортируемого твердого топлива показывает существенное преимущество использования местных видов топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Раковский В. Е., Каганович Ф. Л., Новичкова Е. А. Химия пирогенных процессов. – Мн.: Изд-во АН БССР, 1958.
2. Справочник по торфу / Под ред. А. В. Лазерева. – М.: Недра, 1982. – 760 с.
3. E g m a n E. Peat as raw material for metallurgical coke and activated carbon // International Peat Society, 1975. – Bull. 7. – P. 39–49.
4. Березовский Н. И., Богатов Б. А. Обезвоживание торфа: Идеи и практика энергосбережения. – Мн.: Технопринт, 2000. – 170 с.

Представлена кафедрой