

СЕКЦИЯ 2
ЭКОЛОГИЯ ЭНЕРГЕТИКИ, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ
ЭНЕРГИИ, СИСТЕМНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

УДК 621

ПОЛУЧЕНИЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ПУТЕМ
ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЫ

С.В. Василевич, М.В. Малько, А.Н. Асадчий, В.Н. Богач, Д.В. Дегтеров
Институт энергетики Национальной академии наук Беларуси

Древесный уголь представляет собой микропористый высокоуглеродистый продукт, образующийся при пиролизе древесины без доступа кислорода. Этот продукт имеет разнообразное применение. Он используется в качестве топлива в домашнем хозяйстве и производстве железа и стали, при получении ряда других металлов, а также технического кремния и материалов для электродов, для производства углеродных сорбентов, используемых для адсорбционной очистки и разделения сложных смесей, а также для решения иных задач [1, 2].

На основе выполненных ранее в Институте энергетики НАН Беларуси исследований, связанных с термохимической конверсией биомассы, авторами была разработана пиролизная установка для получения древесного угля.

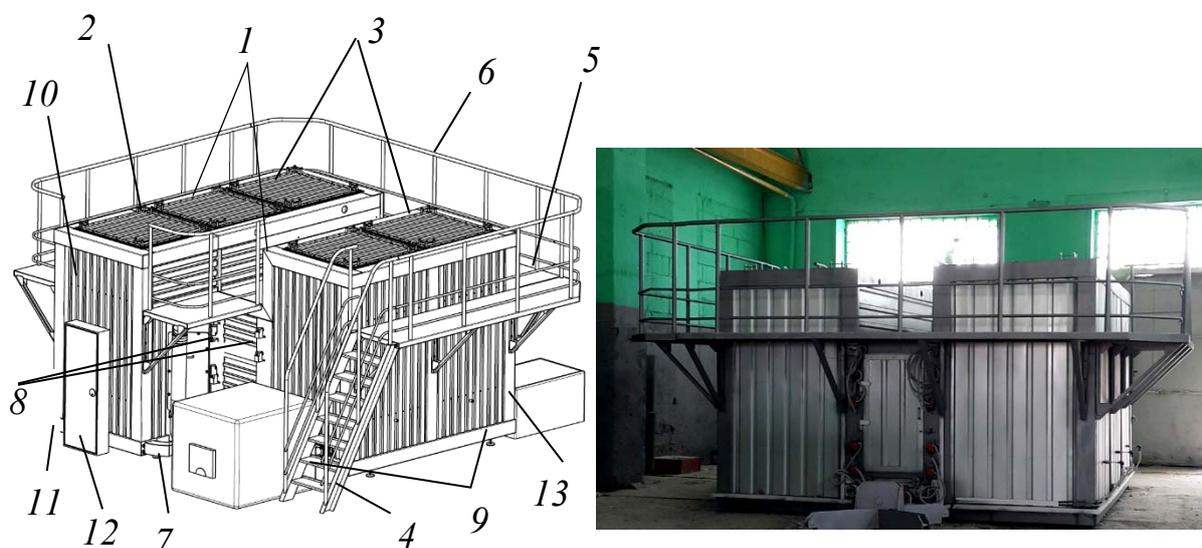


Рисунок 1 – Общий вид пиролизной установки ОП-800:

1 – рабочая камера, 2 – камера предварительной сушки, 3 – крышка, 4 – лестница,
5 – площадка, 6 – ограждение, 7 – топка, 8 – электропривод заслонки, 9 – опора,
10 – облицовка, 11 – основание, 12 – шкаф управления, 13 – система водоподготовки

Пиролизная установка ОП-800 (далее по тексту – установка) в соответствии с рис. 1 состоит из следующих основных узлов: реактора, представляющего собой моноблок из четырех теплоизолированных рабочих ка-

мер 1, и камеры предварительной сушки 2, размещенных на основании 11 с регулируемыми опорами 9. Сверху каждая камера закрывается съемными крышками 3. Реактор предназначен для размещения в камерах 1 корзин с сырьем (древесным материалом) и обеспечивает в каждой камере с установленной корзиной, соответствующего согласно технологии температурного режима (режим сушки, прокалики, пиролиза, охлаждения). Соединение камер между собой осуществляется посредством системы трубопроводов (газовых коллекторов) с заслонками, обеспечивающих распределение газовых потоков между рабочими камерами, подвод дымовых газов из топки в рабочие камеры, подачу горючих пиролизных газов в топку и сброс дымовых газов из реактора согласно заданной программе.

Камера предварительной сушки 2 предназначена для предварительного нагрева древесины до температуры 50-70 °С за счет остаточного тепла, сбрасываемого реактором, и состоящей из теплоизолированного стакана с крышкой.

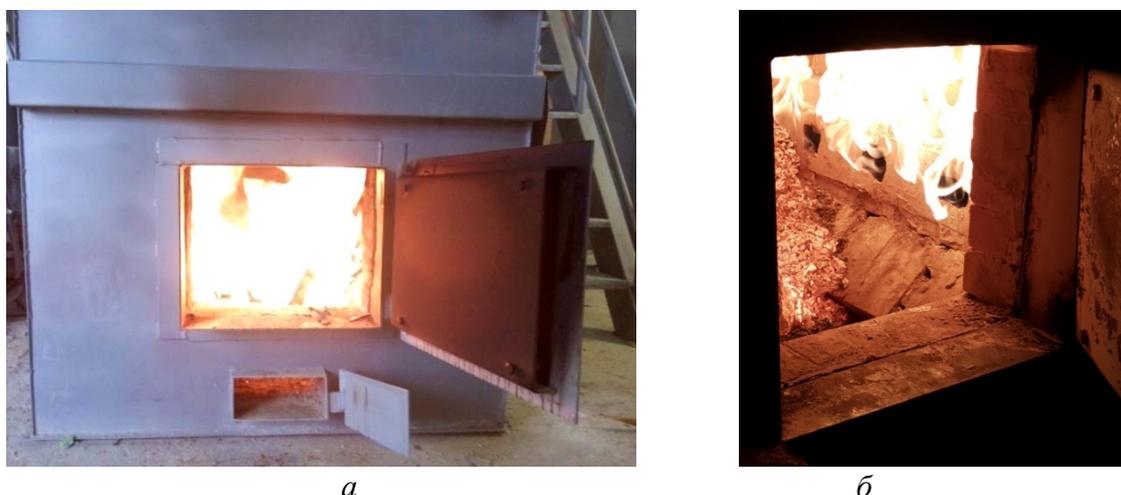


Рисунок 2 – Общий вид топочного устройства в момент розжига (а) и работы (б)

Камера соединена с дымососом и выпускным коллектором реактора. Топочное устройство 7, представляющее собой топку для сжигания твердого древесного топлива (при запуске реактора) (рис. 2а) и пиролизных газов, образующихся при работе реактора (рис. 2б). Система выброса дымовых газов, включает в себя дымосос и дымовую трубу, соединенную через камеру предварительной сушки 2 с выпускным коллектором реактора.

Система управления, состоит из шкафа 12 с блоком управления, заслонки с электроприводами 8, датчиков контроля температуры (термоэлектрические преобразователи, установленные на выходе из топки и во всех камерах реактора).

В процессе работы пиролизной установки ОП-800 в каждой камере последовательно проходят следующие этапы:

1. Загрузка. Предварительно загруженные сырьем корзины (рис. 3а) помещаются в камеры реактора, камеры закрываются крышками.

2. Сушка. В ходе процесса сушки осуществляется нагрев древесины до температуры 100-120 °С и испарение воды. Температура газов на выходе не превышает 200-220 °С. Сушка разделяется на два этапа. На первом этапе (нагрев и собственно сушка) относительная влажность доводится до 5%. Второй этап – досушивание осуществляется уже в процессе эндотермического пиролиза.

3. Эндотермический пиролиз. Эндотермический пиролиз осуществляется при температурах от 180 до 275 °С и требует подвода теплоты. Основными продуктами такого разложения являются низкомолекулярные соединения (вода, оксиды углерода, метанол, уксусная кислота и др.).

Сжигание парогазовой смеси продуктов данной стадии нерационально, поэтому они выбрасываются в атмосферу.

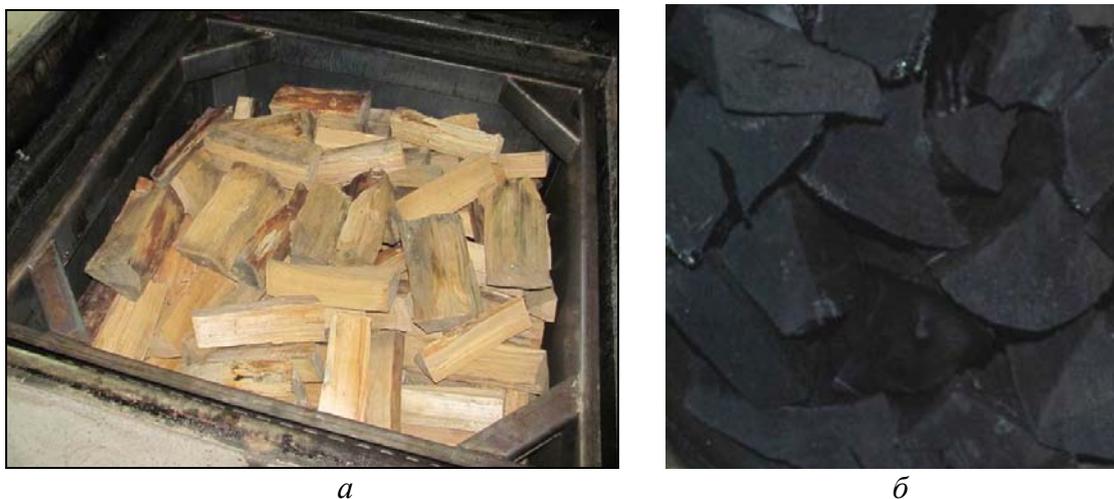


Рисунок 3 – Общий вид загруженного в корзину сырья (а) и полученного продукта (б)

4. Экзотермический пиролиз. Экзотермический пиролиз происходит в температурном диапазоне от 275 до 400 °С. На данной стадии обеспечивается интенсивный отвод тепла, а газы, образуемые в результате пиролиза, используются для сжигания в топочной камере.

5. Прокалка. Прокалка необходима для удаления остатков летучих веществ. Температура прокалки до 600 °С.

6. Охлаждение. Охлаждение до 150 °С осуществляется с использованием пара (водяными форсунками, установленными в каждой камере).

7. Выгрузка. Оператор снимает крышку камеры, достает корзину с продукцией (рис. 3, б). После выгрузки корзины из реактора происходит его полное остывание без доступа кислорода (накрывается стеклотканью). Процесс выгрузки совмещён с процессом загрузки.

Согласно проведенным испытаниям, получаемый древесный уголь имеет следующие характеристики: зольность – 0,7%; выход летучих веществ – 24,3%; низшая теплота сгорания – 28880 кДж/кг. Эти характеристики соответствуют требованиям для древесного угля марки А.

Выводы. На основе результатов выполненных ранее исследований разработана и изготовлена действующая пиролизная установка ОП-800 с вертикальными шахтами и выемными металлическими ретортами, осуществляющая полный цикл производства древесного угля от сушки сырья до охлаждения продукции. При этом тепловой режим в установке поддерживается благодаря сгоранию образующихся в процессе пиролиза газов и жидких продуктов. Производительность установки – 200 тонн древесного угля марки А.

Список использованных источников

1. Felicano-Bruzual C. Charcoal injection in blast furnaces (Bio-PCI): CO₂ reduction potential and economic prospects//J. Mater. Res. Technol, 2014. – Vol.3, No 3. – Pp. 233-243.
2. Alburquerque J.A., Calero J.M., Barron V. et al. Effects of biochars produced from different feedstoks on soil properties and sunflower growth. J. Plant Nutr. Soil.Sci // 2014. – V. 177. – Pp. 16-25.

УДК 621.311.6:621.311.001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГЕНЕРАТОР–НАКОПИТЕЛЬ–ПОТРЕБИТЕЛЬ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ВИЭ

*К.В. Добрего, Г.Б. Ковтун, А.Д. Дубатовка
Белорусский национальный технический университет*

Одним из трендов развития энергетики во всем мире является увеличение доли генерации за счет возобновляемых источников энергии. Снижение рыночной стоимости фотоэлектрических панелей, происходящее в последние десятилетия [1] приводит к тому, что солнечная электрогенерация становится экономически привлекательной, в том числе в странах с умеренным потенциалом солнечной энергии. При этом стоимость накопителей энергии не имеет тенденции к снижению. Поскольку ВИЭ развиваются в рамках систем «генератор – накопитель – потребитель» (ГНП), вопрос экономической эффективности использования ВИЭ должен решаться путем оптимизации системы в целом.

Ввиду того, что прямые испытания и оптимизация систем ГНП требуют больших затрат, приобретает актуальность адекватное компьютерное моделирование таких систем. Для моделирования системы «генератор-накопитель- потребитель» требуются модели работы всех элементов этой системы, причем согласованные по детальности и методическим подходам. В коммерческих программах для расчета параметров автономных гибридных энергетических систем таких как HOMER, Hybrid2, HOGA [2], используются достаточно грубые статистические модели, что уменьшает их ценность как исследовательского инструмента и отсутствует доступ к кодам.