

СЖИГАНИЕ БИОМАССЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Аннотация. В работе приведены характеристики древесной биомассы, описаны примеры установок и технологий сжигания древесины, указаны основные преимущества и недостатки как энергетического топлива. Рассчитаны кинетические параметры конверсии древесной шлифпыли при неизотермическом разогреве в воздушной среде.

Биотопливо используется человечеством в течение многих веков, однако и в настоящее время оно не потеряло своей актуальности. Древесина представляет собой продукт фотосинтеза и при сжигании не нарушает баланс по выбросам CO_2 , таким образом является привлекательным альтернативным источником энергии, особенно с учетом постоянного роста цен на традиционные виды топлива.

В последнее время анализ цен на основные виды топлива показывает, что биотопливо многих случаях превосходит традиционные виды топлива по себестоимости произведенной единицы энергии. В качестве топлива могут использоваться отходы деревообрабатывающих предприятий. Измельченную древесину по размерам частиц подразделяют на следующие виды: древесную пыль, образующуюся при шлифовании древесины ($< 0,5$ мм), опилки (4-7 мм), щепу (10-30 мм), крупную щепу ($> 0,5$ мм).

Разработана схема замены проектного угольного топлива на сжигание древесных отходов для котельной [1]. Котельная центрального отопления и ГВС работает на привозном высокозольном каменном угле. Стоимость тепловой энергии – 2200 руб./Гкал. Расчетная температура наружного воздуха для данного региона составляет -47 °С (Иркутская обл.). Одним из основных критериев для подбора оборудования котельной являлся вопрос утилизации древесных отходов местного лесоперерабатывающего предприятия.

Под имеющийся состав и вид древесных отходов в качестве основного оборудования автономной котельной авторами было предложено техническое решение «газогенераторная топка – теплообменник». В качестве теплообменника был применен паровой котел Е1/9, переведенный в водогрейный режим и дополнительно оборудованный золоуловителем и дымососом. В здании котельной предусмотрено помещение склада топлива, откуда щепы и опилки транспортером подаются непосредственно в приемный бункер газогенераторной топки. Автономная отопительная котельная тепловой мощностью 0,5 МВт запущена в эксплуатацию в декабре 2007 г.

В результате проведенной работы:

- на местном лесоперерабатывающем предприятии решена проблема по утилизации отходов (опил, щепа);
- предложенное техническое решение «газогенераторная топка – теплообменник» обеспечивает эффективное сжигание древесных отходов естественной влажности (КПД 75-80 %);
- улучшены условия труда – внедрена механизированная подача топлива в котельную;
- срок окупаемости составил один отопительный сезон (стоимость тепловой энергии снижена до 950 руб./Гкал);
- местное предприятие централизованного теплоснабжения получило дополнительный резерв тепловой мощности.

Анализ более чем 15-летнего опыта сжигания древесины и ее отходов в Эстонии, а также некоторых успешных проектов в Латвии, Литве и на северо-западе России показал, что наиболее подходящими для сжигания биотоплива с изменяющимся в широких пределах качеством оказались установки типа Wartsila BioGrate [2] и установки, базирующиеся на технологии кипящего слоя.

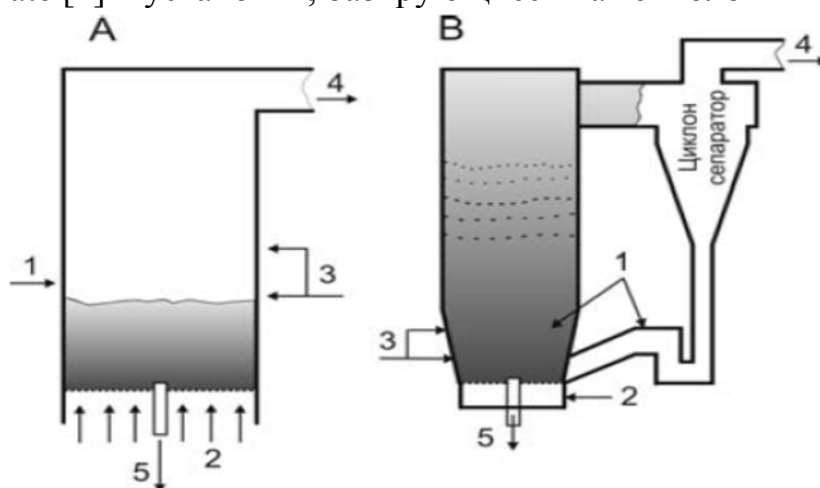


Рис. 2. Принципиальные схемы топков с пузырьковым (А) и циркулирующим (В) кипящим слоем: 1 – топливо; 2 – первичный воздух; 3 – вторичный воздух; 4 – дымовые газы; 5 – вывод золы

Одним из путей рационального использования биомассы является их прямое сжигание в специальных установках [3]. В течение длительного времени, да и в настоящий период, такой способ использования биомасс имеет место в России, Республике Беларусь, а также в ряде развитых стран (США, Финляндия, Швеция и др.). Множество таких установок разработано и внедрено в России («Бийскэнергомаш» [4], ОАО «Кировский завод» в Калужской области и др.), а также в республике Беларусь (заводы «Коммунальник», «Котломаш» и др.).

Процесс горения древесных частиц протекает в гетерогенном режиме, состоит из стадий, которые фактически частично накладываются одна на другую:

- 1) подсушивание топлива и нагревание до температуры начала выхода летучих веществ;
- 2) выделение летучих веществ, их воспламенение и выгорание;
- 3) нагревание кокса до воспламенения;
- 4) выгорание горючих веществ из кокса.

Одна из особенностей процесса горения древесины связана с ее влажностью (в рабочем состоянии до 50 %), которая создает проблемы при попытке достижения высокой эффективности сжигания, поскольку возникают большие затраты энергии на ее испарение.

Определялись кинетические параметры конверсии сухой древесной шлифпыли (влажность 10 %) в неизотермическом режиме с разной скоростью нагрева печи. Эксперименты проводились на приборе термогравиметрического анализа *NETZSCH STA 449F3*, определение параметров производилось по скорости убыли массы (рис. 2).

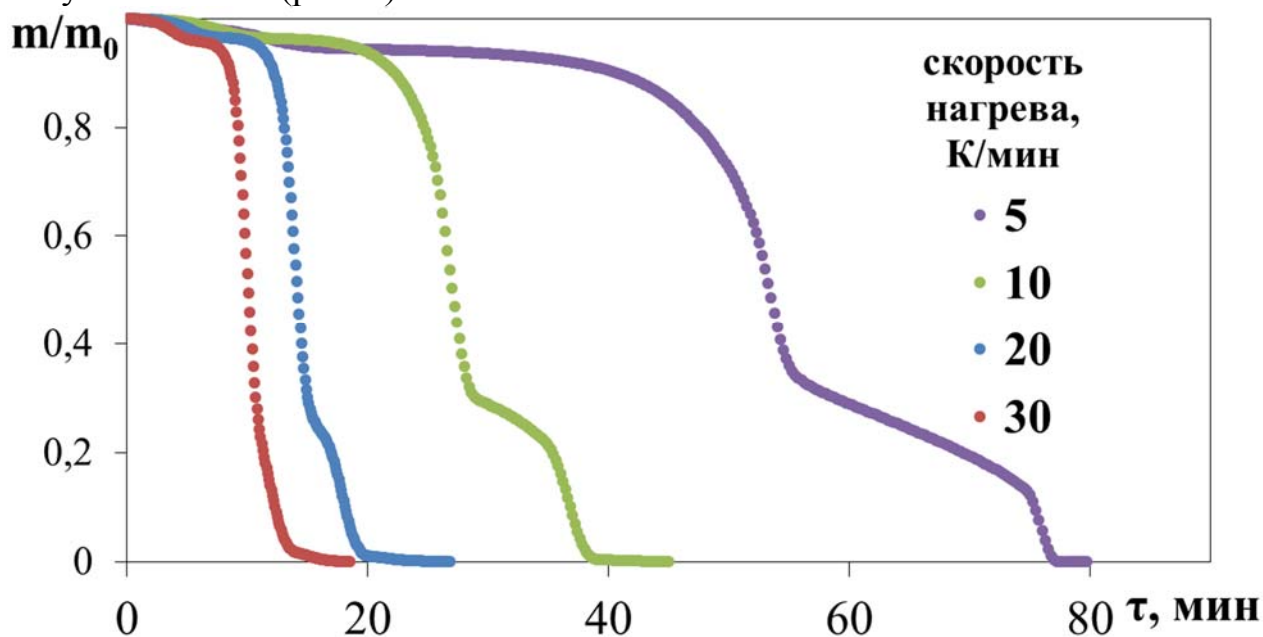


Рис. 2. Скорость убыли массы древесной шлифпыли в зависимости от времени

Каждая из стадий имеет свои характерные диапазоны по температурам, однако они смещаются в область более высоких значений температуры с ростом скорости разогрева. По методу Фридмана определение энергии активации происходит для разных скоростей разогрева при равных степенях конверсии (X), которая определяется как убыль массы в текущий момент времени к начальной массе навески.

Полученные значения энергии активации для каждой стадии показывают реакционную способность топлива, таким образом начальная стадия испарения влаги при $X = 0,1$ имеет наименьшее $E_a = 15$ кДж/моль при температуре до 130 °С. После первой стадии начинается выделение и горение летучих веществ, которое проходит с $E_a = 112$ кДж/моль при $X = 0,5$, конверсия коксового остатка при $X = 0,7$ имеет значение $E_a = 85$ кДж/моль.

Характерной особенностью древесины как топлива является незначительное содержание внутренней золы (< 1 %). Важной особенностью древесной биомассы как топлива является отсутствие в ней серы и фосфора. Как известно, основной потерей тепла в любом котлоагрегате является потеря тепловой энергии с уходящими газами, ее величина зависит от температуры газов. При сжигании топлив, содержащих серу, во избежание серно-кислотной коррозии хвостовых поверхностей нагрева ее значение поддерживается не ниже 200...250 °С. При

сжигании же древесных отходов, температура может быть понижена до 100...120 °С, что позволит существенно повысить КПД котлоагрегатов. Выход летучих при сжигании древесного топлива достигает 85 %, что является также одной из особенностей древесной биомассы и требует иметь большую протяженность факела, в котором осуществляется сгорание выходящих из слоя горючих компонентов. Продукт коксования древесной биомассы – древесный уголь отличается высокой реакционной способностью по сравнению с ископаемыми углями, что обеспечивает возможность работы топочных устройств при малых избытках воздуха, что повышает эффективность работы котельных установок при сжигании в них древесины.

Список использованных источников

1. Пузаков В. С. Современные энергоэффективные технологии [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gosbook.ru/node/47236> (дата обращения: 14.11.2015).
2. Справочник потребителя биотоплива / под ред. Виллу Вареса. Таллинн: Издательство Таллиннского техн. ун-та, 2005. 183 с.
3. Конструкции котлов и технологии ТЭС зарубежных изготовителей. Энергоустановка Алхомене с многотопливным котлом [Электронный ресурс]. URL: http://www.gigavat.com/netradicionnaya_energetika_biomassa_16.php (дата обращения: 14.11.2015).
4. Котлы Бийского котельного завода и НИИ ПО «Бийскэнергомаш» [Электронный ресурс]. URL: http://www.gigavat.com/netradicionnaya_energetika_biomassa_14.php (дата обращения: 14.11.2015).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-31449 мол_а.

УДК 621: 662.997

Холов Н. Б.^{1,2}, Щеклеин С. Е.², Велькин В. И.²

¹Таджикский технический университет

²Уральский федеральный университет

v.i.velkin@urfu.ru

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МАЛОЙ ГЭС ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Аннотация. В работе проанализировано состояние гидроэнергетики в Республике Таджикистан. Рассмотрена необходимость и значение малой гидроэнергетики для удаленных потребителей. Представлены варианты микро ГЭС и предложена конструкция бесплотинной мини-ГЭС (мГЭС) шнекового типа. Особенностью предложенной конструкции мГЭС является использование генератора на редкоземельных магнитах с применением широтно-импульсной схемы стабилизации.