

Рис. 1. Принципиальная схема высокотемпературной теплофикации с промежуточным теплоносителем: 1 – компрессор; 2 – камера сгорания; 3 – газовая турбина; 4 – электрогенератор; 5 – паровой котёл-утилизатор; 6 – технологическая установка

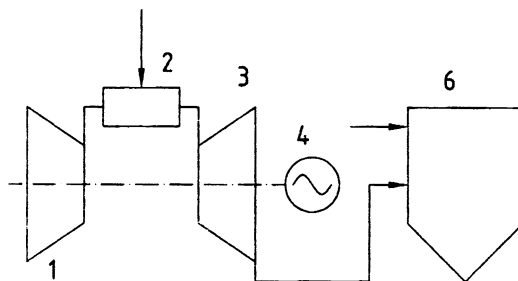


Рис. 2. Принципиальная схема высокотемпературной теплофикации с непосредственным сбросом газов в технологическую установку (обозначения – см. на рисунке 1)

– утилизировать тепло газов, уходящих из газовой турбины по сравнению с раздельной установкой ГТУ и технологической установкой;

– применение схемы 1 позволяет снизить вероятность пожара вследствие применения в качестве теплоносителя водяного пара.

Так же при выборе этих схем следует учитывать, что существует возможность работы их с отключенной ГТУ. Резервирование осуществляется за счёт возможности сжигания дополнительного топлива либо непосредственно в технологической установке, либо в котле-утилизаторе.

### Литература

1. Михайлов В.В. и др. Рациональное использование топлива и энергии в промышленности / В.В. Михайлов, Л.В. Гудков, А.В. Терещенко. – М.: Энергия, 1978. – 224 с.

УДК 621.165

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ И ТОРФА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Дмитриев А.П.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор ЖИХАР Г.И.

В условиях недостаточности обеспеченности Республики Беларусь собственными энергетическими ресурсами и роста цен на природный газ и мазут, использование местных видов топлива является важнейшей задачей энергетики страны.

Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь реализация положений Директивы Президента Республики Беларусь от 14 июля 2007 г. № 3, Республиканская программа «Энергосбережение» указывают на необходимость использования местных видов топлива в решении вопросов энергосбережения. Наиболее пер-

спективный и значимый возобновляемый источник энергетического сырья в республике является древесно-растительная масса. К ней относится древесное топливо (дрова), древесные отходы, не используемые в качестве деловой древесины или технического сырья, тонкомерная и некондиционная древесина, древесные отходы, получаемые при лесопользовании и деревообработке, химической и биологической переработке, кустарниковая растительность, которая вырубается при мелиоративных работах и очистке площадей под новое строительство, а так же новые виды древесных растений и тесно-растущих кустарниковых насаждений.

Доступный потенциал этого вида биомассы составляет около 3 млн. т у.т. в год. Доля древесины в топливном балансе на сегодняшний день составляет около 4 % однако, за счет широкомасштабного использования биомассы как энергетического топлива эту цифру можно увеличить в несколько раз.

Ценность древесного топлива с экологической и технологической точки состоит в малой зольности (до 1 % на сухую массу), отсутствии серы (за исключением хвойной коры) и большим содержанием летучих веществ (до 80 %). Зольность сосновой древесины – 0,21 %, березовой – 0,29–0,37 %. Теплота сгорания древесного топлива зависит от его рабочей влажности и колеблется в широких пределах. В среднем для смешанного древесного топлива (при влажности 40 %) теплота сгорания равна 3200 ккал/кг (13410 кДж/кг).

В настоящих условиях приоритетность дров перед углем и торфобрикетами качественно возрастает из-за существенного природоохранительного эффекта, связанного с утилизацией отходов лесодобычи, оздоровлением лесов, расчисткой пожарищ и уменьшением вредных выбросов в атмосферу.

Кроме того, древесная зола – хорошее удобрение для сельского хозяйства, пользующееся большим спросом.

В настоящее время на БелГРЭС установлен котел KE-25-25-350 MVS с кипящим слоем предназначенный для производства пара, используемого для технологических нужд промышленных предприятий, на теплоснабжение систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Котел двухбарабанный, вертикально-водотрубный с экранированной топочной камерой и развитым конвективным пучком.

Котел спроектирован для работы со следующими параметрами:

- номинальная производительность – 20 т/ч;
- давление в барабане – 2,5 МПа;
- давление пара за котлом – 2,4 МПа;
- температура пара за котлом – 300 °С;
- температура питательной воды – 104 °С.

Сгорание топлива происходит в топочном блоке, оборудованном устройством для сжигания древесного топлива и торфа в кипящем слое.

Устройство состоит из колпачковой воздухораспределительной топливной решетки, двух воздушных коробов, выполненных из продленных экранных труб, боковых поверхностей, поверх решетки засыпается слой песка 250–450 мм, растопочного устройства, узлов подачи топлива и удаления золо-шлаковых отходов. Фракционный состав топлива: частицы размером куска не более 35 мм. Содержанием мелких пылевых фракций (менее 0,5 мм) ограничено 20 % по массе.

Движение газов в котле напрямую без поворотов. Окно для выхода газов расположено по задней стенке. Трубы топочных экранов верхними и нижними концами приварены к коллекторам. В нижней части боковых экранов часть их продлена и в виде змеевок образуют два объемных пространства, верхняя поверхность которых представляет собой воздух-распределительную колпачковую решетку (кипящего слоя). Объем топочной камеры составляет 82 м<sup>2</sup>.

Верхний и нижний барабаны соединены развальцованными в них трубами, образующими конвективный пучок. Площадь поверхности нагрева конвективного пучка составляет 378 м<sup>2</sup>. Внутренний диаметр верхнего и нижнего барабанов 1000 мм. Барабаны изготовлены из стали 16 ГС толщиной 32 мм. В водяном пространстве верхнего барабана установлено парораспределительное устройство с двухступенчатой схемой испарения. Для подогрева питательной воды установлен двухпоточный экономайзер. Труы первой ступени экономайзера изготовлены из чугуна, второй ступени из стали 20. Площадь поверхности нагрева первой и второй ступеней экономайзера составляет соответственно 183 и 808 м<sup>2</sup>.

В рассечку между ступенями экономайзера установлен воздухоподогреватель, который разделен по потокам первичного и вторичного воздуха. Площадь поверхности нагрева воздухоподогревателя составляет 228 м<sup>2</sup>.

На котле имеется устройства возврата уноса, которое возвращает в топку для дожигания оседающий в газоходе унос, а струи острого дутья образуют в топочных камерах газовые вихри в вертикальной плоскости, способствующие сепарации и многократной циркуляции уноса, что ведет к уменьшению химического недожога и улучшению выгорания мелочи во взвешенном состоянии. Унос, оседающий в зольниках котла, возвращается в топку для дожигания с помощью эжекторов и вводится в топочную камеру на высоте 400 мм от решетки.

Для очистки наружной поверхности труб конвективного пучка от отложений котел комплектуется ГУВ (генератор ударных волн). Очистку поверхностей нагрева производят через лючки установленные на обшивке топочной камеры и отведения на боковой стене конвективного блока.

Тяго-дутьевая установка котла состоит из следующих механизмов:

- вентилятор первичного воздуха  $Q = 26640 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 16 \text{ кПа}$ ,  $N = 132 \text{ кВт}$ ;
- вентилятор вторичного воздуха  $Q = 19000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 3,5 \text{ кПа}$ ,  $N = 30 \text{ кВт}$ ;
- вентилятор возврата уноса  $Q = 1200 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 3,5 \text{ кПа}$ ,  $N = 7,5 \text{ кВт}$ ;
- вентилятор стабилизационной горелки  $Q = 6000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 1,5 \text{ кПа}$ ,  $N = 4 \text{ кВт}$ ;
- дымосос  $Q = 85000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 3,5 \text{ кПа}$ ,  $N = 132 \text{ кВт}$ ;
- вентилятор подачи воздуха в топливные короба  $N = 3,5 \text{ кВт}$ .

Удельный расход электроэнергии на тягу и дутье суммарный составляет 2,87 кВт·ч/ГДж.

Расход древесного топлива на котле при нагрузке 20 т/ч при отдельном сжигании составляет 7,49 т/ч, а торфа 7,93 т/ч. Оптимальное соотношение сжигаемого топлива 40 % щепы и 60 % торфа.

Расчетная теплота сгорания древесного топлива составляет  $Q_H^P = 9002 \text{ кДж/кг}$  при  $W^P = 45 \%$  и  $A^P = 1,0 \%$ , а для торфа  $Q_H^P = 8793 \text{ кДж/кг}$  при  $W^P = 47 \%$  и  $A^P = 1,5 \%$ . При нагрузке котла 20 т/ч при совместном сжигании расход древесных отходов составляет 3,289 т/ч, а торфа 3,367 т/ч.

Топка котла состоит из зажигательного топочного устройства низкотемпературного кипящего слоя, распределительной воздушной решетки (колосниковой решетки) и камеры охлаждения и равномерного распределения продуктов сгорания зажигательной горелки и первичного воздуха. Воздушные сопла изготовлены из легированной стали и сварены в патрубки с шагом 1000 мм. В задней части топки вдоль оси установлено зажигательное устройство – газовая горелка 4MW. С обеих сторон газовой камеры оборудованы воздушные клапаны с заслонками. Кипящий слой формируется под решеткой. Рабочая высота инертных веществ составляет 250–400 мм. Инертное вещество – песок с размерами фракций 0,5–1,5 мм. Первичный объем засыпки песка – 3,0 м<sup>3</sup>. Песок

грузится в мешок с помощью ручной тали, поднимается и высыпается в емкость для песка, рядом с топливным бункером. Оттуда шнековым транспортером песок передается в правый шнековый топливоподачик котла и по топливному желобу поступает в инертный топливный слой.

На передней стенке котла установлены два шнековых устройства подачи топлива. Топливо с топливных складских платформ подается на скребковый транспортер склада, дальше – на скребковый транспортер в узел сортировки топлива затем на ленточный, где оборудован металлоуловитель. Под ленточным транспортером установлен сортировщик топлива для удаления крупных фракций. С ленточного топливного транспортера топливо подается в сортировщик топлива. С него крупная фракция удаляется в контейнер, а мелкая в промежуточный поднимающий топливный транспортер, с него – на скребковый транспортер и оттуда в бункер топливоподачи котла, а из него двумя шнековыми транспортерами в топку котла.

На фронтальной стенке котла установлена газовая горелка ГМ-4,5 MW.

УДК 621.165

## **ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ НАКИПИ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ**

*Гумашевский В.П.*

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ТАРАСЕВИЧ Л.А.

Основной теплоноситель, применяемый в теплоэнергетике – вода. Однако при всех её преимуществах существует и свойство, затрудняющее долговременную и эффективную эксплуатацию теплообменного оборудования. Это содержание солей кальция и магния, что приводит к образованию накипи. В результате на поверхности теплообмена образуется слой с большим термическим сопротивлением, резко снижающий коэффициент теплопередачи. Например, при изменении толщины загрязнений с 0 до 1,5 мм снижение коэффициента теплопередачи составляет 45 % [1]. А это приводит не только к снижению экономичности, но и может привести к повреждениям оборудования. Таким образом, борьба с отложениями – важный вопрос энергосбережения и повышения надёжности работы теплообменного оборудования.

Для борьбы с отложениями применяют физические и химические методы. При применении химических методов возникают проблемы, связанные с утилизацией сточных вод регенерации ионообменных фильтров, невозможность использования комплексонов в открытых системах теплоснабжения, а также необходимость защиты металлоконструкций от химических реактивов.

Применение магнитной обработки воды показало, что результаты её непостоянны и невозможно гарантировать достаточную работоспособность этого способа [2].

Ультразвуковой метод основан на прохождении слабых ультразвуковых колебаний через воду, происходит образование множества постоянно смещающихся центров кристаллизации, что затрудняет рост и осаждение кристаллов накипи на теплообменных поверхностях оборудования. Так же эти колебания приводят образованию новых центров кристаллизации в объёме воды, происходит образование шлама в массе воды. В результате наблюдается либо прекращение образования отложений за счёт нарушения условий кристаллизации, либо разрыхление образующейся накипи. Кроме того колебания воздействуют и на уже образовавшийся (до установки генераторов УЗ колебаний) отложений, образуя микротрещины, которые, накапливаясь, приводят к разруше-