

3. Aijun L., Zhang A., Zhou Y., Yao X. Decomposition analysis of factors affecting carbon dioxide emissions across provinces in China / *Journal Cleaner Production*, 2017, V. 141, P. 1428-1444.
4. International Energy Agency. Emissions of Air Pollutants for the World Energy Outlook 2011 Energy Scenarios, 2011, 666 p.
5. International Energy Outlook with projections to 2040. Washington: U.S. Energy Information Administration, 2013. 234 p.
6. Glushkov D.O., Strizhak P.A., Chernetskii M.Yu. Organic Coal-Water Fuel: Problems and Advances (Review) / *Thermal Engineering*, 2016. V. 63, No. 10, P. 707-717.
7. D.O. Glushkov, S.V. Syrodoy, A.V. Zakharevich, P.A. Strizhak, Ignition of promising coal-water slurry containing petrochemicals: Analysis of key aspects / *Fuel Processing Technology*, 2016, V. 148, P. 224-235.
8. Margarita A. Dmitrienko, Galina S. Nyashina, Pavel A. Strizhak. Environmental indicators of the combustion of prospective coal water slurry containing petrochemicals / *Journal of Hazardous Materials*, 2017, V. 338, P. 148-159.
9. Y. Hu, S. Naito, N. Kobayashi, M. Hasatani, CO₂, NO_x and SO₂ emissions from the combustion of coal with high oxygen concentration gases / *Fuel*, 2000, V. 79, P. 1925-1932.

Научный руководитель: П.А. Стрижак, д. ф.-м.н., профессор, зав. каф. АТП ЭНИН ТПУ.

АСР ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В ТОПКЕ КОТЛА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ БЕЗМАЗУТНОЙ РАСТОПКИ

Д.А. Чебочакова
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТП, группа 5БМ6Д

Как правило, растопка пылеугольных котлов реализуется с использованием природного газа или мазута. Стоимость этих энергоресурсов выше стоимости угля. Такая разница в силу разных причин будет возрастать. В настоящее время на тепловых электростанциях широко используются топочный мазут с высоким содержанием серы, при сжигании которого в дымовых газах образуется большое количество токсичных веществ (оксид серы, пятиокись ванадия), оказывающих негативное воздействие на окружающую среду [1]. Указанные негативные факторы и высокая стоимость мазута приводят к необходимости снижения объемов его потребления на объектах теплоэнергетики и обеспечения максимально возможного использования твердого натурального топлива.

Наиболее перспективной технологией для решения сформулированной проблемы является плазменная технология безмазутной растопки котла, которая обеспечивает повышение экономических и экологических показателей ТЭС [2]. Плазменный розжиг низкосортных углей проводят после предвари-

тельной электротермохимической (ЭТХПТ) подготовки пылеугольного топлива.

В основе такого метода воспламенения факела лежит ЭТХПТ, заключающейся в нагреве части аэросмеси электродуговой плазмой. Нагрев производится до температуры частичной газификации коксового остатка, также до температуры полного выделения летучих веществ. При смешении электродуговой плазмы с пылеугольным потоком частицы угля испытывают тепловой удар, который приводит к их дроблению и, следовательно, быстрому нагреву частиц. Напряжение на дуге плазмотрона регулируется и поддерживается в заданных пределах автоматическим варьированием расхода воздуха, образующего плазму.

Воздействие плазмы на пылеугольную смесь имеет такие преимущества, как:

1. высокая температура струи воздуха, вводимой в аэросмесь (4000 – 5000 К);
2. высокая концентрация энергии в единице объема;
3. простота управления параметрами плазмы (температурой, мощностью);
4. уменьшение тепловой мощности самой плазменной струи, необходимой для устойчивого воспламенения аэросмеси, по сравнению с мазутным факелом.

Альтернативным вариантом безмазутной растопки котла является замена мазута эквивалентным по тепловыделению пылеугольным топливом, инициирование которого происходит в муфельных горелках. Применение таких горелок на котлах позволяет сжигать уголь с разными теплотехническими характеристиками в одном котлоагрегате.

Муфельная система состоит из следующих основных элементов [3]:

1. муфельные горелки, располагающиеся на боковых стенах топочной камеры на уровне первого яруса основных горелок;
2. делители-пылеконцентраторы, установленные на пылепроводах от центральных мельниц к горелкам второго яруса;
3. пылепроводы от делителей-пылеконцентраторов до муфельных горелок;
4. воздухопроводы от коробов вторичного воздуха котла до муфельных горелок.

Задачей муфельных горелок является предварительная термообработка угольной пыли и подача в топочную камеру высокотемпературного пылеугольного факела. Муфельизированные предтопки, установленные на расстоянии 2 м от осей фронтальных экранных труб, обеспечивают равномерное распределение факела в топке, а также стабильность воспламенения горелок на нижнем ярусе.

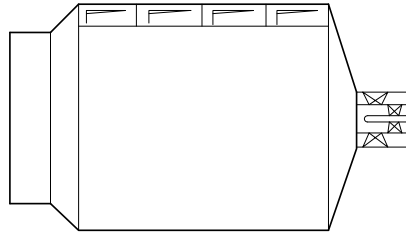


Рис. 1. Эскиз муфельной горелки

Муфельная горелка представляет собой камеру цилиндрической формы, футерованную изнутри огнеупорным материалом. По периметру предтопка 3 сопла равноудалены под углом 120 градусов друг к другу. Вторичный воздух вводится тангенциально, что позволяет обеспечить охлаждение футеровки и равномерное выжигание топлива. Улиточный завихритель разделен на 4 секции и на каждой секции установлен регулирующий клапан, который позволяет регулировать подачу воздуха по всей длине муфеля. С помощью муфельных горелок обеспечивается подача горящего факела в топку с температурой 1200–1350 °С.

Предварительная термическая подготовка топлива перед сжиганием в топке энергетического котла является частичная аллотермическая газификация пыли при температурах 600–800 °С. Поток угольной пыли (рабочее топливо 3), тангенциально поступает в установку, выполненную в виде цилиндра, внутрь которого направляется высокорекреакционное топливо 2 при условии концентрации кислорода, обеспечивающей устойчивое горение. В предтопке поток рабочего топлива прогревается с образованием двухфазного топлива [4]. На выходе газозвесь смешивается со вторичным воздухом и вместе с продуктами сгорания инициирующего топлива поступает в топку котла.

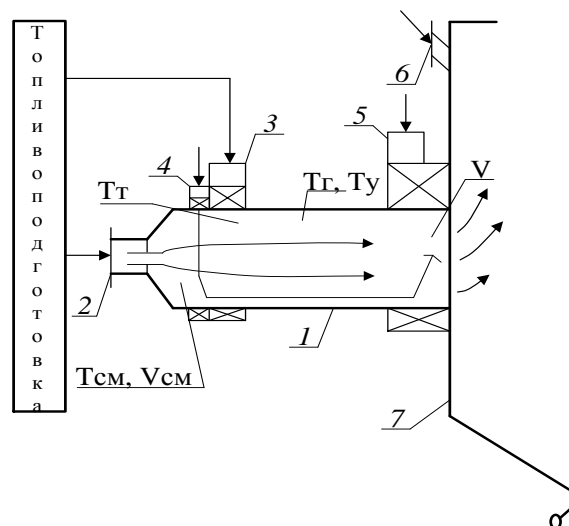


Рис. 2. Схема предварительной термодготовки топлива: 1 – пылеподогреватель; 2 – подача инициирующего топлива; 3 – подача рабочего топлива; 4 – подача пара для частичной газификации; 5 – вторичный воздух; 6 – третичное дутье; 7 – топка котла; $T_{см}$, $V_{см}$ – температура и объем газозвеси на входе в подогреватель; V – объем газозвеси на выходе из подогревателя; $T_{Г}$, $T_{Т}$, $T_{У}$ – температура горения топлива, газозвеси и частиц

Мазут перед сжиганием должен пройти цикл специальной подготовки. Это необходимо для эффективного сжигания с одновременным обеспечением

надежности топочного устройства, а также уменьшения загрязняющих выбросов в окружающую среду [5]. Подготовка заключается в первичном подогреве, который необходим при транспортировке, фильтрации, обработке присадками, обессоливании, обеспечении рабочего давления перед сжиганием топлива и подогреве до требуемой вязкости.

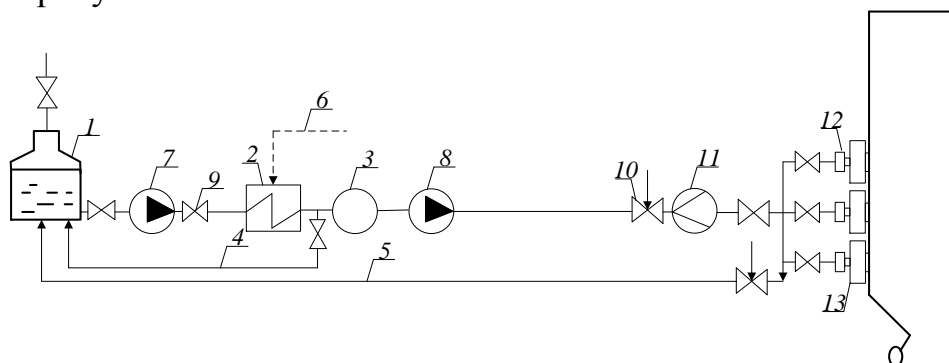


Рис. 3. Схема подготовки к сжиганию мазута: 1 – мазутохранилище; 2 – паровой теплообменник; 3 – фильтр; 4, 5 – линии рециркуляции мазута; 6 – подвод пара к теплообменнику; 7, 8 – насосы первой и второй ступеней давления; 9 – обратный клапан; 10 – регулятор расхода; 11 – измеритель расхода; 12 – ствол мазутной форсунки; 13 – горелка

Температура хранения мазута не должна превышать 90 °С. При его охлаждении до 40 °С включается разогрев с помощью подогревателя. Насосы обеспечивают прием мазута, перекачку в хранилище, подогрев резервуаров паром и подачу мазута к форсункам котлов. После подогревателей, на линии подачи мазута к форсункам устанавливаются фильтры тонкой очистки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стимулом развития новых технологий безмазутной растопки котлов послужило резкое ужесточение требований к повышению эффективности использования топлива и защите окружающей среды от выбросов.

Разработка безмазутного воспламенения углей является актуальной задачей современной теплоэнергетики. Как топливо пылеугольных ТЭС, мазут имеет ряд серьезных недостатков:

1. повышенные требования к технике безопасности (например, при хранении и транспортировке);
2. нестабильный состав каждой партии топлива;
3. высокая стоимость, особенно в последнее время;
4. высокое содержание серы в составе топлива.
5. многоступенчатая подготовка мазута к использованию: разогрев, слив, организация хранения без расслоения на воду и мазут и т.д.;
6. большие затраты на электрическую энергию.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вальцев Н.В., Рыжков А.Ф. Возможность применения углей ультратонкого помола для растопки пылеугольных котлов // Теплофизические основы энергетических технологий. – 2011. – С. 195–198.

2. Жуков М.Ф., Перегудов В.С. О плазменной технологии растопки котлов, работающих на пылеугольном топливе // Теплоэнергетика. –1996. – № 12. – С. 61–64.
3. Цепенюк А.И., Серант Ф.А. и др. Разработка и внедрение муфелизированных предтопок для снижения технического минимума пылеугольных котлов // Энергетик. – 2015. – № 12. – С. 45–51.
4. Делягин Г.Н., Лебедев В.И., Пермяков Б.А. Теплогенерирующие установки: Учеб. для вузов. М.: Стройиздат, 1986.
5. Кормилицын В. И., Лысков М. Г., Румынский А. А. Комплексная эко-совместимая технология сжигания водомазутной эмульсии и природного газа с добавкой сбросных вод. // Теплоэнергетика.–1996.– № 9.–С. 13 - 17.

Научный руководитель: Д.О. Глушков, к.ф.-м.н., доцент каф. АТП ЭНИН ТПУ.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ СЖИГАНИЕ СУСПЕНЗИОННЫХ УГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ С ПРИМЕСЬЮ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Г.С. Няшина, Н.Е. Шлегель
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТП, группа А6-13

1. Введение

Энергетические проблемы являются определяющими во многих экономических, социальных и экологических сферах. Именно от эффективной работы энергетического комплекса в значительной мере зависит экономический потенциал государств и благосостояние населения. Основными источниками энергии на сегодня являются геологические топливно-энергетические ресурсы: нефть, уголь, газ, горючие сланцы, торф, уран и др. По оценкам экспертов [1,2], доля угля в структуре мирового топливно-энергетического баланса составляет около 25–35%. С использованием угля производится 40–45% мировой электроэнергии [1,2].

Одной из основных проблем, связанных с использованием угля, является наносимый природе вред при его добыче, переработке и сжигании. Самые актуальные экологические проблемы (изменение климата, кислотные дожди, общее загрязнение среды) прямо или косвенно связаны с использованием данного энергоресурса [3]. Значительные экологические проблемы связаны с твердыми отходами ТЭС – золой и шлаками.

Рациональное использование собственных энергоресурсов, благоприятный климат и экологически чистая окружающая среда являются ключевыми факторами устойчивого развития любого государства [3,4]. На первый план выступают программы, которые способны без ущерба для быстрого экономического роста, реализовать целый ряд мер по повышению энергоэффективности и