Секция 4
Экологические проблемы энергетики

ВЛИЯНИЕ СОПЕЛ ТРЕТИЧНОГО ДУТЬЯ НА ТОПОЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ СЖИГАНИИ ПЫЛЕВИДНОГО ТОПЛИВА В КАМЕРНОЙ ТОПКЕ

К.И. Мальцев

Томский политехнический университет, ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, ассистент

Научный руководитель: А.В. Гиль, к.т.н., доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

Одним из самых дешевых и распространенным источников энергии являлся уголь, и, по всей видимости, сохранит эти свойства в ближайшем будущем. Наиболее распространенным способом сжигания твердого топлива на ТЭС является факельное сжигание. Большая часть тепловой и электрической энергии вырабатывается на ТЭС, однако при сжигании твердого топлива образуется множество вредных веществ [2, 3].

Целью работы является оценка влияния сопел третичного дутья на процессы, протекающие в топочной камере, при сжигании твердого топлива и повышение экологической эффективности.

В качестве объекта исследования выбран барабанный паровой котел с П-образной компоновкой БКЗ-210-140. Топочная камера которого имеет почти квадратную форму с размерами 7424×7808 мм по осям. Сжигание твердого топлива осуществляется путем создания вихря в центре топочной камеры прямоточными щелевыми горелками, которые располагаются в ее углах.

Для уменьшения воздействия на окружающую среду исследовано воздействия сопел третичного дутья на процессы сжигания. Четыре сопла, сечением 508×204 мм каждое расположены на отметке +11,5 м, направление сопел противоположно направлению основных горелок.

Исследование топочных процессов проведены при помощи численного моделирования с использованием ANSYS Fluent [4].

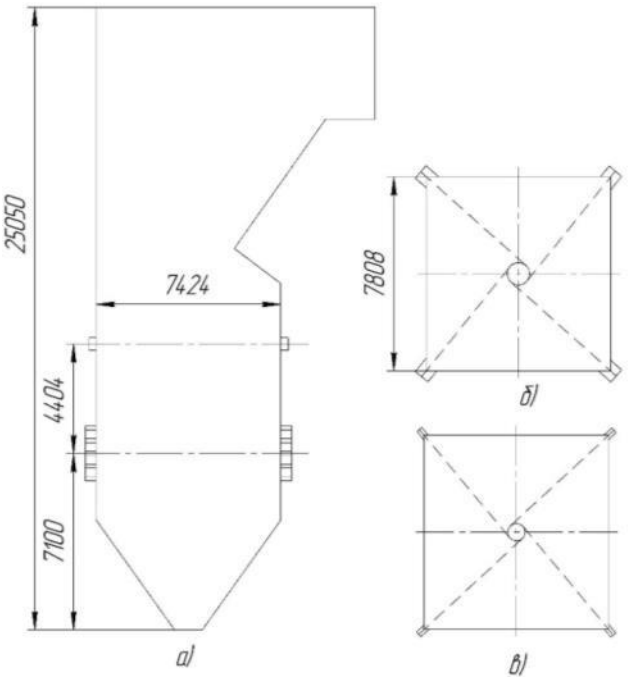

Рис. 1. Топочная камера котла БКЗ-210-140: а) продольное сечение; б) горизонтальное сечение (отметка +7,1 м); в) горизонтальное сечение (отметка +11,5 м)

В отсутствии третичного дутья локальный максимум температуры наблюдается в области горелочных устройств (рис. 1), где температура достигает 1450 °С. При значениях доли третичного дутья в пределах от 10 до 20 % изменение распределения температуры в топочном объеме незначительно. При увеличении доли воздуха на третичное дутье свыше 30 % фиксируется снижение температуры в центре горения, что связано с дефицитом окислителя в этой зоне, в результате чего топливо не выгорает полностью. При дальнейшем увеличении доли на третичное дутье (40 и 50 %) максимальные температуры составляют 1320 и 1215 °С соответственно.

При отсутствии третичного дутья температура перед высокотемпературными поверхностями нагрева составляет 1087 °С, при увеличении воздуха, подаваемого на третичное дутье, в диапазоне от 0 до 20 % изменение значений температур незначительно. Отмечается снижение температур (980–1020 °С) при увеличении доли третичного дутья от 40 % и выше.

Тангенциальная компоновка горелочных устройств обеспечивает создание вихря в центре топочной камеры. При увеличении доли третичного воздуха свыше 30 % отмечено снижение температур в ядре горения.

В базовом варианте максимальное значение O_2 по центральной оси топки наблюдается в зоне активного горения. В целом по всей высоте топочной камеры содержание кислорода в центральной оси составляет от 0 до 3 %, что обуславливается сосредоточением ядра факела в центре топочной камеры. Во всех рассматриваемых вариантах, содержание кислорода в нижней части топки составляет минимальные значения, близкие к нулю. Содержание кислорода в топочном объёме возрастает на высотных отметках от 7 до 9 м из-за подачи воздуха для горения через основные горелочные устройства. Также отмечено повышенное содержание кислорода O_2 после аэродинамического выступа (8 %) при доле третичного воздуха свыше 30 %.

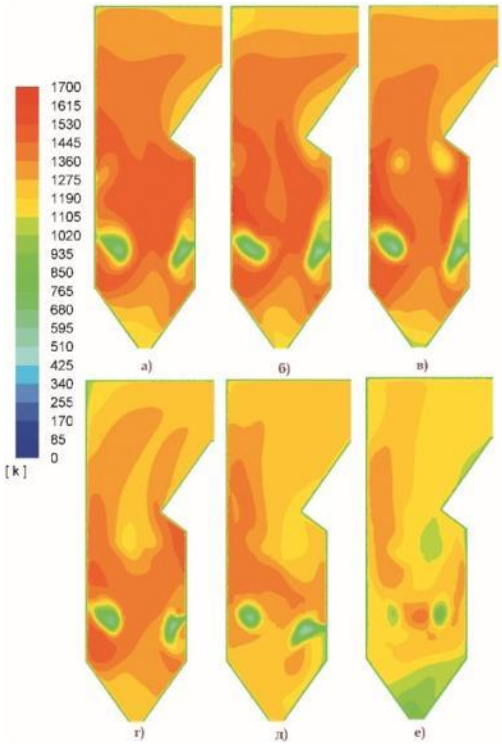

Рис. 2. Поле температур в продольном сечении топки. Доля третичного воздуха, %: а) 0; б) 10; в) 20; г) 30; д) 40; е) 50

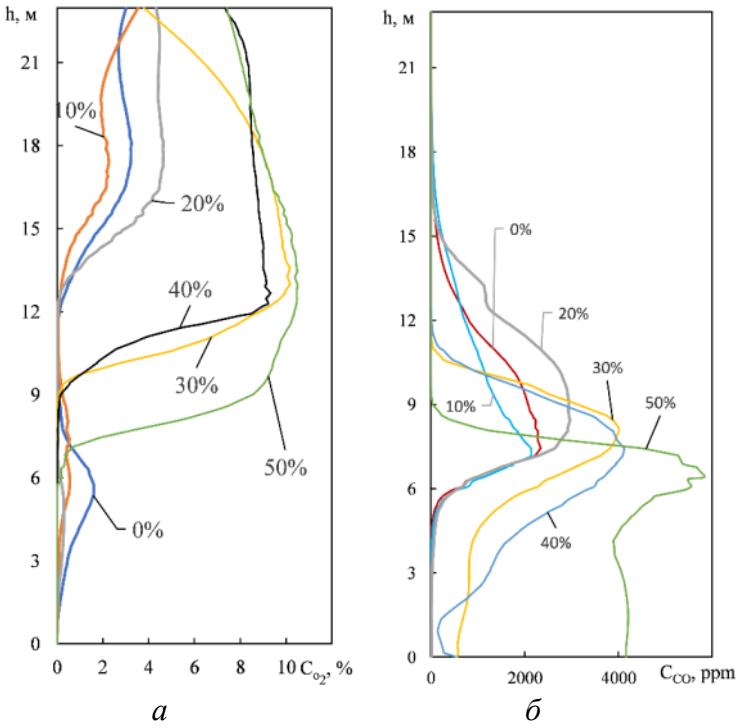

Рис. 3. Изменение концентрации кислорода (а) и монооксида углерода (б) по высоте топки в ее центральной оси

Во всех исследуемых случаях содержание CO на выходе из топочной камеры приближается к нулю. В базовом варианте локальный максимум концентрации CO находится в нижней части топочной камеры и достигает значения не более 2000 ppm. При доле третичного воздуха 40 % содержание угарного газа в нижней части топки достигает 3750 ppm. При доли третичного воздуха 50 % содержание угарного газа в нижней части топочной камеры и в области горелок составляет 6000 ppm, что указывает на неполную реакцию горения топлива и возможный механический недожог твердого топлива, который впоследствии удаляется через холодную воронку, с повышенным содержание горючих компонентов в шлаке.

С увеличением доли третичного дутья также отмечается снижение концентрации оксидов азота. В базовом варианте концентрация NO_x на выходе из топочной камеры составляет 598 мг/м³, тогда как при доле третичного дутья 30 % уровень их образования снижается на 25 %, достигнув значения 448 мг/м³.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №23-29-00274, https://rscf.ru/project/23-29-00274/

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тумановский А.Г. Перспективы развития угольных ТЭС России // Теплоэнергетика. – 2017. – № 6. – С. 3–13.
2. Хзмалян Д.М., Каган А.Я. Теория горения и топочные устройства. – М.: Энергия, 1976. – 488 с.
3. Померанцев В.В., Арефьев К.М., Ахмедов Д.Б. и др. Основы практической теории горения: учеб. пособие для вузов. – Л: Энергоатомиздат, 1986. – 312 с.
4. Численное исследование топочных процессов при сжигании непроектных углей в котле паропроизводительностью 220 т/ч / К.И. Мальцев, А.В. Гиль, А.С. Заворин, Д.В. Лебедь // Теплоэнергетика. – 2022. – Т. 12. – № 12. – С. 73–83.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАЖИГАНИЯ И ГОРЕНИЯ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПИРОЛИЗА ПЛАСТИКА

М.Е. Макарейкин

Томский политехнический университет, ИШЭ, НОЦ им. Бутакова, группа 5Б21

Научный руководитель: К.Б. Ларионов, к.т.н., доцент НОЦ им. Бутакова ИШЭ ТПУ

Пластики стали незаменимым материалом в жизни человека: за счёт своей малой плотности, высокой механической прочности, химической стабильности и других свойств, они покорили все сферы жизни человека: люди используют полимеры в машиностроении, строительстве обычных домов и даже в сельском хозяйстве, кроме того вся бытовая техника, цифровые гаджеты и украшения – это предметы из пластика. Однако отрицательная сторона данного материала – негативное влияние на окружающую среду. С 1950 года было произведено более 8 миллиардов тонн пластика, более половины из которых были складированы на свалках, и лишь около 9 % было переработано [1]. Разрушение окружающей среды от пластика связано с процессом его распада, из-за чего химические вещества, используемые для его производства, начинают выделяться в почву и грунтовые воды. Стоит отметить, что зачастую в процессе разложения пластика происходит выделение его составляющих (таких как фенол, бисфенол А, стирол, диоксины, хлоропрен, ртуть, формальдегиды и прочие вещества) в окружающую среду, что оказывает на неё губительное влияние. Так, деградация биоразлагаемых пластиков может привести к выбросу метана – одного из самых сильных парниковых газов, играющих ключевую роль в усилении глобального потепления. [2].