

«Сейфуллин окулары – 12: Ғылым жолындағы жастар-болашақтың инновациялық әлеуеті» атты Республикалық ғылыми-теориялық конференция материалдары = Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения-12: Молодежь в науке - инновационный потенциал будущего" . – 2016. – Т.1, ч.3 – С.164-166

ВНУТРИТОПОЧНЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ БЕНЗАПИРЕНА В ГАЗОМАЗУТНЫХ КОТЛАХ

Сапарғалиева А.Н.

Основными источниками промышленных загрязнений воздуха являются тепловые электростанции (ТЭС) и котельные, работающие на угле, газе и мазуте и выбрасывающие в атмосферу сажу, золу, диоксид серы, оксиды азота, бенз(а)пирен (БП). Наиболее токсичным и канцерогенно опасным среди из них является бенз(а)пирен.

Автором рассмотрен перечень мероприятий режимного и технологического характера с анализом воздействия на процесс образования бенз(а)пирен на котлах.

Основными из таких мероприятий являются:

1. Оптимизация подачи воздуха на горение. Применительно к котлам малой мощности существенным является время и место подачи окислителя. Например, при сжигании каменного угля на колосниковой решетке в режиме загрузки потребность в воздухе мала так же, как и при догорании топлива. В то же время максимальная подача воздуха должна быть обеспечена в период горения топлива для предотвращения образования сажи, СО и БП [1, 2]. При сжигании жидкого топлива необходимо подать окислитель к корню факела и обеспечить качественное смешение топлива с воздухом при $\alpha = 1,1—1,15$. При сжигании газа в случае двухступенчатого подвода воздуха исключить образование СО можно при избытке первичного воздуха ($\alpha = 0,3$) и хорошей гомогенизации. Отсутствие сажи и СО, в горелках полного предварительного смешения достигается при $\alpha = 1,03—1,05$. Перевод с подовых диффузионных горелок на инжекционные, снижает эмиссию БП в 10—15 раз. Основной вывод заключается в том, что главным фактором в оптимизации подачи воздуха является качественное смешение его с топливом. Для твердого топлива это сжигание мелкофракционного (< 25—50 мм) угля, но не пыли, правильная эксплуатация и исправное оборудование, дробление топлива перед сжиганием. В целом указанные мероприятия могут дать снижение выбросов БП в 7—10 раз при сжигании угля и в 5—10 раз — природного газа.

2. Оборудование котельных КИП и автоматикой. Существенный фактор в работе отопительных котельных - устаревшее оборудование и многочисленные нарушения в технологии сжигания топлива. При сжигании угля почти не используется механизация и автоматизация. Часто отсутствуют элементарные приборы для контроля горения топлива (датчики разрежения в топке, температуры, приборы контроля химического недожога и т.п.). Один

только факт отсутствия соответствующих приборов приводит, как считается, к снижению КПД котла на 3—5 %. При этом повышенное разрежение в топке котла влечет за собой резкое увеличение содержания твердых частиц, которые, как указывалось, активно абсорбируют БП. По оценке оборудование котельных системами КИП может дать снижение выбросов БП более чем в 7 раз, а автоматизация и механизация топочных процессов — в 14 раз.

3. Конструкция топочно-горелочных устройств. При эксплуатации котлов малой мощности часто возникают обстоятельства, когда установленные на них горелки не соответствуют ни типу, ни теплопроизводительности котла. При установке более мощных горелок они работают с пониженной нагрузкой, в результате чего ухудшается перемешивание топлива с окислителем, повышается содержание в уходящих газах сажи, СО и БП. При работе на твердом топливе улучшение конструкции означает перевод котла на механизированные топочные устройства непрерывного горения. При этом КПД котла повышается на 17%, достигая 78—81 %, исключается цикличность работы топки, что ликвидирует пик выброса вредных веществ, характерный для периода разогрева.

4. Очистка продуктов сгорания. Очистка дымовых газов, обязательная при эксплуатации мощных котлов, далеко не всегда применяется в отопительных котельных. В соответствии со СНиП блок циклонов конструкции ЦКТИ или НИИОГАЗ устанавливают при объеме газов $(6—20) \cdot 10^3$ м³/ч, что типично для котельных, оборудованных двумя—шестью чугунными котлами. При объеме уходящих газов $(15—150) \cdot 10^3$ м³/ч должны использоваться батарейные циклоны. Данные золоуловители обеспечивают эффективность улавливания золы до 86 % [3, 4]. Вместе с тем они не улавливают частицы размером менее 3 мкм, которые наиболее опасны для здоровья человека в связи с наличием сажи и БП. Хотя принципиально высокоэффективные технологии газоочистного оборудования для мелких котельных разработаны, на практике они применяются крайне редко из-за высокой стоимости оборудования. Основное направление в этой области — создание оборудования, сочетающего высокую эффективность очистки и малые капитальные затраты. Целесообразно также более широкое обследование выбросов БП от малых котлов с менее эффективным сжиганием топлива, чем на ТЭС, и при необходимости проведение работ по совершенствованию топочных режимов для данных котлов [5].

5. Ввод присадок. Широко исследуемым методом снижения выбросов вредных веществ является ввод воды или пара в зону активного горения, а также сжигание водотопливных эмульсий. В работах [6] установлено, что вне зависимости от способа ввода в топку пара или воды в количестве 7 % от массы топлива наблюдается снижение выхода БП в дымовых газах (см. рис. 1).

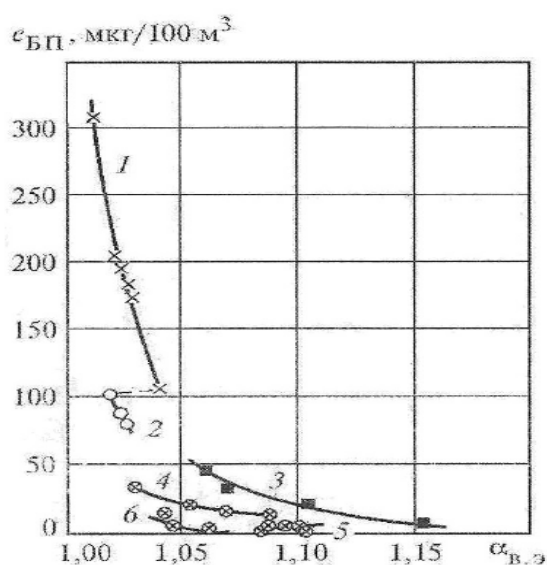


Рисунок 1 - Влияние ввода добавочной влаги в зону горения на содержание бенз(а)пирена в дымовых газах при сжигании природного газа и мазута в паровых котлах: 1 – природный газ без ввода влаги, котел ТГМП-204ХЛ; 2 – то же, что и 1, но с впрыском 0,64 т/ч воды в зону горения; 3, 4 – мазут, паровой распыл, котлы ТГМ-84 и ТГМ-84Б; 5 – то же, что и 4, но сжигание водомазутной эмульсии, $W = 7\%$; 6 – то же, что и 3, но с впрыском 10 % воды (от расхода топлива).

Сжигание водомазутных эмульсий является эффективным способом снижения выбросов канцерогенных углеводородов. В результате проведенных опытов на котле ТГМ-84 получены данные по снижению концентрации БП в продуктах сгорания при номинальной нагрузке и $\alpha = 1,08 - 1,1$ с $0,2 \text{ мкг/м}^3$ до $0,08 \text{ мкг/м}^3$ при переходе с мазута на водомазутную эмульсию с водотопливным соотношением 7 %. Ввод воды в зону горения позволяет снизить температуру факела. При вводе воды в водотопливном соотношении (5–10) % температура снижается на 20–50 К, при вводе пара на 10–20 К. Кроме понижения температуры происходит перестройка температурного поля факела: максимальная температура горения смещается к корню факела. Это вызвано интенсификацией реакции горения на начальном участке факела, в основном за счет дожигания СО, в связи с появлением дополнительных радикалов ОН, образующихся в результате диссоциации водяных паров [7, 8]. После обработки водомазутной эмульсии в кавитационном поле непосредственно перед форсунками и при последующем сжигании такой эмульсии снижаются выбросы сажи, бензапирена и оксидов азота.

Таким образом, на данный момент существует 5 основных мероприятий по снижению поступления БП в атмосферу, которые необходимо усовершенствовать:

1. оптимизация подачи воздуха на горение;
2. оборудование котельных КИП и автоматикой;

3. конструкция топочно-горелочных устройств;
4. очистка продуктов сгорания.
5. ввод присадок.

Список литературы

- 1 Reducing the emission of nitrogen-oxides by employing 3-stage combustion of gas and oil in the TGM-94 boiler. Tsirulnikov, L.M; Vasiiev, V.P.; Sokolova, Y.I; и др. Thermal Engineering, Том: 35 выпуск: 8 стр.: 428-432 опубликовано: aug 1988.
2. John F. Moxnes, Tomas L. Jensen, EimundSmestad, Erik Unneberg, and Ove Dullum. Lead Free Ammunition without Toxic Propellant Gases. DOI: 10.1002/prep.201200021.
3. V. G. Thomas, M. J. Roberts, P. T. C. Harrison, Assessment of the Environmental Toxicity and Carcinogenicity of Tungsten-Based Shots, Ecotoxicology Environ. Safety 2009, 72, 1031–1037.
4. Аничков С.Н., Глебов В.П. Снижение выбросов ванадия и бенз(а)пирена: Информационный сборник. – М.: Издательский дом МЭИ. – 2007. – С. 230–238.
5. Росляков П.В. Методы защиты окружающей среды: Учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 336 с.
6. Григ А.Д., Иваницкий М.С. Снижение выбросов бензапирена впрыскиванием влаги в зону активного горения. – Волжский: Национальный исследовательский университет «МЭИ». - 2007.
7. Сжигание водотопливных эмульсий и снижение вредных выбросов: Монография / В.А. Корягин. – СПб.: Недра, 1995. – 304 с.
8. Кормилицын В.И., Лысков М.Г., Румынский А.А. Комплексная экосовместимая технология сжигания водомазутной эмульсии и природного газа // Теплоэнергетика. – 1996. – № 9. – С. 13–17.

*Научный руководитель: зав. кафедрой теплоэнергетики, д.т.н.
Баубеков К.Т.*