

теплообмен между газом и теплоносителем, возможный в жидкопоршневой установке, позволяет существенно повысить КПД двигателя.

Литература:

1. Ридер, Г. Двигатели Стирлинга: Пер. с англ. / Ридер Г., Хупер Ч. – М., Мир, 1986.
2. Славин, В.С., Финников, К.А. Автономная энергоустановка на основе гидронасосной тепловой машины, работающей по циклу двигателя Стирлинга / тез. XXVII Сибирского теплофизического семинара, ДВГУ, Владивосток, сентябрь 2005.
3. Sainsbury G.M. “Reciprocating free liquid metal piston Stirling cycle linear synchronous generator”. European patent WO 88/ 05223, 1988.
4. Van de Ven, J. D., and Li, P. Y., 2009, “Liquid Piston Gas Compression”, Applied Energy, v. 86, n. 10, p. 2183-2191.
5. Gedeon, D., “Sage Stirling Cycle Model Class Reference Guide,” 3rd Edition, Gedeon Associates, Athens, OH, 1999.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРОДУКТАМИ СГОРАНИЯ НАТУРАЛЬНЫХ ТОПЛИВ ТЭС

В.Е. Губин, С.А. Янковский, Д.В. Гвоздяков

Научный руководитель: Кузнецов Г.В., д.ф.-м.н., профессор

Томский Политехнический Университет, г. Томск

E-mail: gdv424@mail.ru

Проблема загрязнения окружающей среды продуктами сгорания натуральных топлив ТЭС остается актуальной для энергетиков всех стран с развитой экономикой. В последние годы эта проблема приобрела важное значение не только для проектировщиков, связанных с сооружением новых или расширением действующих ТЭС, но и для руководителей энергосистем, которым приходится выполнять все более жесткие требования экологических органов [1].

Очистка дымовых газов от твердых частиц исследована отечественными специалистами достаточно хорошо и возможность повышения эффективности золоуловителей до 99,0...99,5 % [2] сдерживается дороговизной реализуемых проектов и отсутствием финансирования. Что же касается выбросов газообразных загрязнителей, которые являются причиной «кислотных дождей», то в этой области еще идет интенсивный поиск наиболее эффективных технологий, рассчитанных на максималь-

ное снижение выбросов NO_x и SO₂ при минимальных капитальных затратах и умеренных эксплуатационных расходах [2].

Следует отметить, что при разработке технических нормативов выбросов твердых частиц для действующего оборудования необходим дифференцированный подход: требования должны учитывать специфику установленного на ТЭС пылеулавливающего оборудования, а именно – широкое применение оборудования на основе мокрого скруббера.

С наиболее высокими технико-экономическими показателями обеспечить требуемую эффективность золоулавливания (массовые концентрации золы в дымовых газах после очистки – 50 мг/м³) как на действующих, так и на вновь строящихся ТЭС можно с помощью многопольных горизонтальных электрофильтров. Поскольку только сухие золоуловители позволяют широко использовать в качестве вторичного продукта уловленную летучую золу без загрязнения грунтовых вод и почвы, предпочтительно применение сухих золоуловителей как при техническом перевооружении действующих ТЭС, оснащенных мокрыми золоуловителями, так и при строительстве новых ТЭС [3].

В то же время ужесточение нормативных требований по степени очистки дымовых газов при ограниченности площадей для размещения электрофильтров, особенно при реконструкции действующих ТЭС, требует максимальной интенсификации процессов электроочистки и полного использования объема аппаратов, что является сложной задачей, особенно при неблагоприятных электрофизических свойствах продуктов сгорания и золы [3].

Одним из наиболее эффективных способов по снижению выбросов NO_x метод трехступенчатого сжигания топлива.

При проектировании котлов с трехступенчатым сжиганием топлива возникают практически важные вопросы, правильное решение которых позволит получить требуемое снижение выбросов NO_x. Необходимо выбрать оптимальное соотношение расходов первичного и вторичного топлива, а также определить длительность нахождения газов в восстановительной зоне топки, условия ввода и активного смешения вторичного топлива и третичного воздуха с основным газовым потоком в топке; длину зоны дожигания, необходимую для достижения допустимых потерь тепла с химическим и механическим недожогом топлива на выходе из топки и содержание горючих в уносе [4]. Следует рассчитать изменение температуры на выходе из топки после реконструкции на трехступенчатое сжигание. Вид вторичного топлива (в качестве которого может использоваться как основное топливо, подаваемое в зону горения, так и вспомогательное, например, природный газ) также может влиять на эффективность разложения оксидов азота.

Следует отметить то, что при сжигании углей средней сернистости применимы мокросухая технология с циркулирующей инертной массой и двойная щелочная технология с использованием скрубберов, с помощью которых можно уловить до 65 – 75 % SO₂.

Из высокоэффективных технологий для отечественных ТЭС целесообразны мокрая известняковая (известковая), аммиачно–сульфатная и сульфатно-марганцевая технологии, обеспечивающие очистку газов на 95–98 % и более. Последние две технологии дают отходы в виде качественных удобрений [5].

Утилизация золошлаковых материалов (ЗШО) – одна из основных экологических проблем угольных ТЭС. Золоотвалы занимают большие площади (более 22 тыс. га), и ежегодные расходы только на хранение золошлаковых материалов (плата за размещение и аренду) в целом составляют более 14 млрд. руб. (в ценах 2000 г.). В то же время уровень утилизации золошлаковых материалов ТЭС в России невысок по сравнению с другими странами табл. 1 и колеблется от 5 до 13 % их годового выхода.

Существенным для обеспечения экологической безопасности ТЭС является также сокращение негативного воздействия сбросов загрязненных сточных вод. И хотя их объем составляет примерно 4 % от общего объема сточных вод, сбрасываемых в водные объекты общего пользования, их влияние на качество природных вод очевидно.

Таблица 1 – Утилизация золошлаковых материалов

Страна	Выход ЗШО, млн. т год	Использование ЗШО	
		млн. т в год	% выхода
Россия	22,5	1,0 – 3,0	5 – 13
Китай	41,0	9,5	25
США	45,5	10,0	22

Для выполнения экологического законодательства и сдерживания техногенного влияния ТЭС на окружающую среду при увеличении выработки энергии необходимо поставить задачи по внедрению высокотехнологичных установок по сжиганию органического топлива и сточных вод ТЭС [4].

В настоящее время оценка загрязнения окружающей среды продуктами сгорания натуральных топлив ТЭС производится преимущественно экспериментальным способом. А именно, на прилегающих к ТЭС территориях определяются концентрации вредных примесей в атмосферном воздухе. Такой способ не дает возможности определения концентрации вредных примесей на больших территориях и на различных высотах, так как измерения производятся в отдельных точках. Для

оценки картины загрязнения важным является расчет поля среднегодовых приземных концентраций оксидов азота от выбросов предприятий теплоэнергетики. Стоит отметить, что экспериментальный метод позволяет дать оценку уже произведенным выбросам и прогнозирование возможно только в частных случаях [5].

В последнее время для определения приземных среднегодовых концентрации все чаще находят широкое применение математическое моделирование, которое на основе геометрических характеристик источников выбросов, среднегодовых данных температуры, влажности и объема выбрасываемой смеси, массовых выбросов загрязняющих веществ – оксидов азота, коэффициента среднегодовой нагрузки оборудования каждого источника, плотности атмосферного воздуха, розы ветров, степени трансформации оксидов азота и других факторов, характеризующих метеоусловия, выбрасываемые вещества и тип местности, на которой производятся, позволяет производить расчет поля среднегодовых приземных концентраций от выбросов точечных источников, таких как ТЭС [5].

Можно предположить, что поле приземных концентраций, рассчитанное при помощи математического моделирования, будет наиболее точно, соответствуют результатам, полученным экспериментальным путем. В некоторых случаях

значения приземных концентраций вредных примесей могут быть определены со значительной погрешностью, так как не учитывают реальной трансформации оксидов азота и других сопутствующих газообразных выбросов.

Использование математической модели позволяет учесть множество факторов влияющих на распространение выбросов в атмосфере, такими факторами могут быть: шероховатость подстилающей поверхности, обусловленную застройкой к прилегающей ТЭС территории, ствольность труб, а также особенности распределения концентраций вдоль оси факела и вдоль поперечной оси.

По результатам обзора литературы можно сделать предварительное заключение о том, что в настоящее время применение математического моделирования для оценки степени загрязнения окружающей среды продуктами сгорания натуральных топлив ТЭС ограничивается лишь исследованиями загрязнения воздушного бассейна прилегающей к станции территории. Имеющиеся модели позволяют определить концентрацию NO_x , SO_2 , CO_2 и золы. Однако, полученные данные не могут в полной мере описать последствия функционирования предприятий энергетики, в том числе прогнозировать распространения и вероятность выпадения NO_x , SO_2 с осадками.

Наиболее актуальным в настоящее время остается вопрос моделирования и прогнозирования распространения выбросов в атмосфере. Причем в качестве объекта исследования должен рассматриваться комплекс, включающий не только концентрации веществ в атмосфере, но и внешние условия (влажность, ветер, давление, температура и т.п.), а также теплофизические свойства самих частиц и соединений.

Решение задачи создания динамической модели влияния вредных выбросов на процессы, протекающие в атмосфере, позволит с достаточной степенью точности прогнозировать масштабы антропогенного воздействия на окружающую среду.

Литература:

1. Котлер В.Р., Енякин Ю.П. Реализация и эффективность технологических методов подавления оксидов азота на ТЭС. // Теплоэнергетика. 1994. – №6.

2. Котлер В.Р. Технологии одновременного снижения выбросов NO_x и SO₂ на пылеугольных котлах // Теплоэнергетика. – 2002. – №1.

3. Тумановский А.Г., Глебов В.П., Чугаева А.Н. Анализ природоохранной деятельности и основные направления сокращения негативного воздействия ТЭС на окружающую природную среду // Энергетик. 2006. – №12.

4. Буланов Д.В., Бабий В.И., Артемьев Ю.П. Экспериментальное исследование скорости разложения NO в восстановительной зоне топки при использовании в качестве вторичного топлива угольной пыли // Теплоэнергетика. – 2000. – №12.

5. Рогалев Н.Д., Прохоров В.Б., Курдюкова Г.Н., Хатунцева Н.В. Исследование загрязнения воздушного бассейна Москвы выбросами предприятий теплоэнергетики и автотранспорта // Теплоэнергетика. 2003. – №12.

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ НАЛИЧИИ ОТЛОЖЕНИЙ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБ

Д.К. Кравченко, В.Ю. Половников

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: dimidrol.tomsk@sibmail.com

Введение

Величина тепловых потерь теплотрубопроводов является особо важным показателем, отражающим реальные режимы работы тепловых сетей. Анализу тепловых потерь в сетях теплоснабжения посвящено