

Отзыв

официального оппонента Прохорова Вадима Борисовича на диссертацию Верещетина Владимира Артуровича «Совершенствование низкоэмиссионных газогорелочных устройств котлов ТЭС», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты»

Актуальность темы диссертации

Тепловые электростанции являются крупным источником загрязнения атмосферы вредными выбросами. Доля природного газа в топливном балансе энергетических предприятий России составляет около 70 %. Основным загрязнителем атмосферы при сжигании природного газа являются оксиды азота. Диссертация Верещетина В.А. посвящена совершенствованию горелочных устройств котлов ТЭС при сжигании природного газа, позволяющему значительно снизить выбросы оксидов азота без снижения эффективности сжигания топлива и при низких капитальных затратах, что безусловно является весьма актуальным.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

В диссертационной работе проведены всесторонние исследования по определению влияния различных факторов на образование оксидов азота и на эффективность сжигания природного газа:

- получены экспериментальные зависимости влияния первичного и вторичного воздуха на концентрации оксидов азота и CO ;
- получены экспериментальные зависимости содержания NO_x от доли природного газа, подаваемого в центральный канал горелки;
- получены экспериментальные и расчетные зависимости по влиянию внутренней и внешней рециркуляции дымовых газов на концентрации NO_x ;
- исследовано влияние четырех типов конфигурации амбразур горелки на образование NO_x : диффузорной, биконической, цилиндрической и конфузорной. Установлено, что с точки зрения снижения NO_x наиболее предпочтительной является амбразура диффузорного типа;

- исследование влияния угла установки лопаток завихрителя в наружном канале горелки. Установлено, что наиболее предпочтительным вариантом по таким критериям как: выбросы NO_x , аэродинамическое сопротивление горелки, ее шумовые характеристики – является установка лопаток завихрителя с углом от 40 до 45°.

Основные результаты по теме диссертационной работы опубликованы в 22 печатных работах, из них 10 работ в рецензируемых журналах рекомендованных ВАК. Кроме того они были доложены на 8 научных конференциях.

Личный вклад Верещетина В.А. заключается в постановке и проведении исследований на экспериментальном стенде и численном исследовании процесса сжигания природного газа при применении вихревых горелок с использованием программного комплекса ANSYS CFX, анализе и обобщении полученных результатов, в проведении промышленных испытаний, разработке рекомендаций по проектированию малотоксичных горелочных устройств.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений,
выводов, рекомендаций и заключений**

Достоверность результатов обеспечивается применением апробированных математических моделей и программных продуктов, проведением исследований на экспериментальной установке с использованием аттестованных измерительных приборов, сопоставлением расчетных и экспериментальных данных с результатами промышленных испытаний, а также апробацией основных результатов на конференциях, семинарах и в опубликованных работах.

**Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и
практики**

Научная значимость результатов диссертации Верещетина В.А. заключается в полученных новых данных по смесеобразованию, горению природного газа и образованию оксидов азота при использовании вихревых горелок. Получены новые данные по влиянию основных факторов на процесс сжигания природного газа и на содержание оксидов азота в продуктах сгорания при использовании вихревых горелок.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что результаты работы внедрены на ряде котлов ТЭС при реконструкции горелочных устройств, а также были использованы при разработке стандартов СО 153-34.02.304-2003 «Методические указания по расчету выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций». Результаты работы могут быть использованы при разработке новых горелочных устройств и при реконструкции действующих котлов с целью снижения выбросов оксидов азота.

Замечания по диссертационной работе

1. На 9 стр. диссертации написано: $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2 + \text{N}_2\text{O}$. На самом деле NO_x – это сумма NO и NO_2 в пересчете на NO_2 .

2. В первой главе, где приведен подробный обзор литературы по теме диссертационной работы, подробно излагаются механизмы образования и методы подавления оксидов азота. Эти вопросы широко освещены как в научной, так и в учебной литературе, поэтому не требуют столь подробного описания в диссертационной работе. Вместе с тем вопрос о применении прямооточных горелочных устройств для снижения выбросов оксидов азота даже не упоминается.

3. В диссертационной работе при представлении результатов исследований на экспериментальном стенде не приведены результаты первичных измерений параметров. Это не позволяет глубоко проанализировать результаты исследований. Например, неясно какие были скорости потоков на выходе из горелочного устройства и другие параметры.

4. На рисунок 1.1 приведена динамика образования термических оксидов азота по длине факела. Длина факела приведена в мм, а диаметр горелки не указан. Правильнее было бы привести этот график в относительных координатах l/d .

5. В диссертационной работе не рассмотрены вопрос о погрешности результатов исследований. Указывается только погрешность газоанализаторов. На экспериментальной установке диаметр горелочного устройства составляет

100 мм, а диаметр охлаждаемой камеры сгорания 200 мм. Не влияет ли малый диаметр камеры сгорания на результаты исследований?

6. На странице 22 написано: «При вводе влаги КПД котла снижается приблизительно на 0,6 %». На самом деле, снижение КПД котла при вводе влаги зависит от водотопливного отношения, и обозначать снижение КПД котла одной цифрой не совсем корректно.

7. В главе 3, в которой приводятся результаты численного моделирования на странице 69 написано: «Сходимость счёта определялась по величине невязок решаемых уравнений и стабилизации основных параметров», но численных значений невязок расчета не приводится. Это не позволяет оценить погрешность результатов расчета при проведении численного моделирования процесса горения топлива.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Заключение по диссертационной работе

В целом представленная диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, связанную с совершенствованием вихревых горелочных устройств, предназначенных для сжигания природного газа и обеспечивающих низкие выбросы оксидов азота. Представленная работа имеет высокую практическую значимость, выполнена на высоком научно-техническом уровне с применением современных методов научных исследований.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на научно-технических конференциях и опубликованы в научных трудах соискателя. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Представленная диссертационная работа соответствует специальности 05.14.14 - Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты и отвечает требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Фе-

