

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Рябова Георгия Александровича

«Научное обоснование использования технологии сжигания твердых топлив в циркулирующем кипящем слое», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты

Диссертационная работа Рябова Г.А. посвящена изучению и практическому внедрению технологии сжигания твердых топлив в циркулирующем кипящем слое (ЦКС). В работе представлены результаты экспериментальных и расчетно-аналитических исследований гидродинамических и теплообменных процессов в элементах котлов с ЦКС и разработанные на их основе оригинальные расчетные методики, которые могут быть использованы при проектировании котлов с ЦКС.

Полученные результаты проверены экспериментальными исследованиями на стендах ОАО «ВТИ» и других организаций.

Диссертация состоит из введения, десяти глав и заключения, списка литературы, включающего 276 наименований и содержит 291 страницу основного текста, 106 рисунков и 7 таблиц.

Область исследования соответствует паспорту специальности 05.14.14 - Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты.

1. Актуальность темы диссертации

Повышение экологических требований при одновременном увеличении в топливном балансе ТЭС количества низкосортных твердых топлив вызывает необходимость разработки и внедрения новых технологий их сжигания, в частности технологий слоевого сжигания. Из известных технологий сжигания твердого топлива в слое наиболее перспективным для

энергетики является сжигание в низкотемпературном циркулирующем кипящем слое (ЦКС).

В настоящее время в мире эксплуатируется большое количество котлов с ЦКС максимальной мощностью до 600 МВт. Опыт таких стран, как США, Франция, Германия, Китай и других свидетельствует о том, что технология кипящего слоя при использовании в большой энергетике может конкурировать с традиционными пылеугольными котлами. Достоинствами сжигания ЦКС по сравнению с пылеугольной технологией сжигания являются эффективное сжигание широкой гаммы низкосортных топлив от высокосернистых углей до нефтяного коксика, устойчивая экономичная работа без подсветки мазутом при снижении нагрузки котла до 30 % от номинальной, хорошие маневренные характеристики при частых остановках котла на ночь или выходные дни, отсутствие шлакования в топочной камере из-за низкотемпературного сжигания, упрощение схемы подготовки топлива и снижение удельных затрат электроэнергии на размол угля. Привлекательной стороной технологии ЦКС является также возможность обеспечения низких выбросов оксидов азота и серы.

В 2016 г. впервые в России введен блок 330 МВт на СКД со сжиганием угля в ЦКС на Новочеркасской ГРЭС.

В этой связи диссертационная работа Рябова Г.А., посвященная научному обоснованию технологии сжигания твердых топлив в циркулирующем кипящем слое, является несомненно актуальной.

2. Научная новизна основных положений диссертации

Основное достоинство работы состоит в проведении комплексных исследований процессов гидродинамики, теплообмена, улавливания и возврата частиц, условий образования и подавления вредных выбросов в котлах с ЦКС. В результате выполненных автором комплекса расчетных и экспериментальных исследований получены следующие результаты, имеющие научную новизну.

2.1. Показано, что в ЦКС существуют две зоны: зона турбулентного слоя в нижней части топки и зона надслоевого пространства, существенно отличающиеся концентрацией частиц.

2.2. Получены опытные данные по фракционному составу частиц в подъемном и опускном потоках в ЦКС, показавшие примерное равенство средних размеров частиц в опускной зоне и в центре потока.

2.3. Выполнены исследования кондуктивного теплообмена с настенными экранами топки, впервые показана взаимосвязь кондуктивного теплообмена с гидродинамикой топки и концентрацией частиц в пристенной зоне.

2.4. Проведено исследование эффективности улавливания частиц в верхней части топки, обнаружившее существенное влияние конструкции выходного окна, скорости газов, размеров частиц и концентрации потока.

2.5. Для систем возврата частиц в топку определены границы перехода от нисходящего движения частиц в плотном слое к движению в ожиженном слое, зависящие от скорости скольжения.

3. Обоснование и достоверность основных выводов и результатов диссертационной работы

Достоверность выводов и результатов работы обосновывается:

- физической непротиворечивостью предложенных в работе математических моделей и расчетных методик рабочим процессам в котлах с ЦКС, опирающихся на основные физические законы и теорию моделирования;
- проведением натурных экспериментов на холодных и огневых установках с использованием современных методик экспериментальных исследований;
- тщательным анализом и обобщением результатов расчетных и экспериментальных исследований;
- удовлетворительным качественным и количественным совпадением расчетных и экспериментальных результатов.

4. Практическая ценность полученных результатов

Практическая ценность заключается в следующем.

4.1. Предложены критерии (безразмерной порозности в верхней части топки, Рейнольдса, Архимеда и Фруда) для моделирования процессов гидродинамики топки с ЦКС и определен диапазон их значений.

4.2. Разработаны методики расчета гидродинамики и теплообмена в топке, основных элементов котлов ЦКС (циклоны, зольные теплообменники, системы возврата) для условий сжигания различных топлив, которые положены в основу программ расчета топочного контура котла с ЦКС и математической модели топки с ЦКС, включающей также оценку экологических показателей.

4.3. Разработанные расчетные методики и программы расчетов, позволяют при конструкторском расчете котлов с ЦКС учесть основные процессы, протекающие в топочном контуре таких котлов.

4.4. Разработаны рекомендации для оценки фракционного КПД циклонов и швелерковых сепараторов для котлов с ЦКС.

4.5. Разработана модель расчета параметров ожижения при опускном движении материала в системах рециркуляции котлов с ЦКС и даны рекомендации по расчету систем возврата частиц.

4.6. На основании проведенных исследований даны рекомендации по выбору основных параметров топок с ЦКС в зависимости от характеристик сжигаемого топлива.

5. Оценка содержания диссертации, замечания по оформлению диссертации и автореферата

В целом содержание и оформление диссертации и автореферата соответствует существующим требованиям. Основные результаты работы в полной мере отражены в публикациях автора (статьи в научно-технических журналах, труды научно-технических конференций, авторские

свидетельства) и в автореферате. Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации.

В то же время по их оформлению имеется ряд замечаний. В тексте диссертации имеются опечатки, в ряде случаев отсутствуют знаки препинания, не всегда указаны размерности, в некоторых формулах и рисунках отсутствуют условные обозначения, несколько рисунков (5.6, 6.10) приведены на английском языке. Формулы (1.95) - (1.98), на которые ссылается автор на стр.158, в тексте диссертации отсутствуют.

6. Замечания по работе

6.1. В диссертации отсутствует описание ряда экспериментальных методик исследований и вывод расчетных зависимостей (с.92; с. 95; с. 130 и др.), а вместо них даются ссылки на работы автора, что затрудняет анализ результатов диссертационной работы.

6.2. Одинаковые логарифмические зависимости «аксиального профиля концентраций частиц» по высоте установки на рис. 2.15 и 2.16 диссертации графически представлены по-разному: ломанными прямыми и гиперболой, что требует пояснений.

6.3. По рис. 2.31 на стр. 125 диссертации, на котором приведены изолинии избыточных температур в сносящем потоке, требуются пояснения, т.к. на нем отсутствуют условные обозначения и координаты. Что понимается в работе под «эффективным динамическим параметром $q_{эф}$ » и как определялась величина поправки на запыленность потока K (рис. 2.32 на стр. 126).

6.4. Не ясно, какой физический смысл вкладывался и каким образом определялись аппроксимирующие степенные (до третьего знака после запятой) зависимости (2.2), (2.13), (2.16), (3.4), (4.6) и др.

6.5. Для оценки улавливания частиц на выходе из топки в диссертации предлагается использовать зависимость (2.14) на стр. 122 и опытные данные на рис. 2.30 на стр. 123. Однако разброс приведенных опытных данных на

этом рисунке настолько велик, что не позволяет обеспечить достоверность расчета.

6.6. В тексте диссертации довольно много утверждений, которые в самой диссертации никак не подтверждены опытными данными. Например, «величина удельного градиента давления является функцией критерия Fr в степени 0,5 и критерия Ar » (стр. 86); «на границе опускной зоны концентрация потока соответствует средней по сечению» (стр. 113); «анализ режимов работы датчика и потерь в нем свидетельствуют о том, что погрешность определения коэффициента теплоотдачи не превышает 10%» (стр.129).

6.7. Графики на рис. 7.1 (стр. 207) требуют прояснений: почему выход оксидов азота при сжигании в ЦКС АШ больше чем при сжигании кузнецкого угля, хотя содержание материнского азота в кузнецком угле и выход летучих существенно выше?

6.8. Не ясно, каким образом известняк, подаваемый в слой, может служить «катализатором процесса образования топливного оксида азота», как утверждает автор на стр.209.

6.9. Главы 8 и 9 в основном носят описательный характер, в них практически отсутствуют результаты собственных исследований автора. Поэтому эти главы не стоило включать в диссертацию, которая в этом случае выглядела более цельной работой.

7. Заключение по диссертации

Указанные замечания не снижают общего благоприятного впечатления о работе как о целостном, комплексном (теоретическом и экспериментальном) исследовании процессов в топочном контуре котлов с ЦКС.

Считаю, что работа Рябова Георгия Александровича «Научное обоснование использования технологии сжигания твердых топлив в циркулирующем кипящем слое», в которой решена научная проблема, имеющая важное народно-хозяйственное значение, является завершённой

