

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук Рыжкова А. Ф., на диссертацию Рябова Г. А. «Научное обоснование использования технологии сжигания твердых топлив в циркулирующем кипящем слое», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности: 05.14.14.- «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

В диссертации Рябова Г. А. обобщены результаты многочисленных экспериментальных и расчетных исследований по различным аспектам использования технологии циркулирующего кипящего слоя (ЦКС). Наибольшее внимание уделено ключевым вопросам этой технологии: гидродинамики аппаратов с ЦКС, теплообмену к настенным экранам, сепарации и возврату частиц в топку.

Актуальность избранной темы

Тема работы является актуальной, так как технология сжигания в ЦКС обеспечивает высокую эффективность сжигания низкосортных топлив, существенное сокращение вредных выбросов оксидов азота и серы. Эта технология позволяет диверсифицировать поставки топлива на ТЭС, что является важным в сложившихся в России экономических условиях. Гидродинамики топочного контура (контур циркуляции: топка, сепаратор, система возврата), теплообмен к экранам топки и процессы улавливания и возврата частиц являются ключевыми для организации эффективного низкотемпературного сжигания различных топлив и условий образования и подавления вредных выбросов. Поэтому комплексное исследование указанных вопросов представляется безусловно актуальным. Актуальным также является направление использования этой технологии для сжигания различных видов биомассы и отходов производств, как источников возобновляемой энергии. Вопросы улавливания CO₂, а также получения тепла, электроэнергии и полезных продуктов сейчас являются крайне актуальными в мире.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность выводов и научных положений, а также достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Основные научные положения диссертационной работы базируются на экспериментальных данных и общепринятых теоретических подходах, характерных для этого направления теплотехники. Выводы и рекомендации работы являются

достаточно обоснованными. Автор работы является широко известным в этой области знаний специалистом, как в России, так и за рубежом.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием известных положений фундаментальных наук, сходимостью полученных теоретических результатов с данными экспериментов на различных установках и промышленных испытаний, результатами эксплуатации технологического оборудования, а также результатами исследований других авторов.

Работа обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью. Среди наиболее важных результатов, обладающих новизной, необходимо отметить экспериментальные данные по гидродинамике топок с ЦКС. Впервые показана взаимосвязь кондуктивного теплообмена с гидродинамикой топки и концентрацией частиц в пристенной зоне. Впервые исследованы условия движения в опускных стояках и пневмозатворах. На базе исследований гидродинамики и теплообмена с учетом данных по условиям горения различных видов топлива, генерации и подавления вредных выбросов впервые в России разработана методика конструкторского расчета топочного контура котлов с ЦКС. Впервые изучены вопросы агломерации слоя при сжигании коро-древесных отходов в котле с кипящим слоем. Впервые в России рассмотрены вопросы улавливания CO_2 с использованием передовых технологий сжигания и газификации топлива в химических циклах.

Значимость для науки и практики. Практическое использование результатов и выводов диссертации

Диссертационная работа вносит существенный вклад в развитие научных аспектов технологии кипящего слоя. Прежде всего это касается экспериментальных данных и методов расчета гидродинамических показателей топок с ЦКС, экспериментальных данных и метода расчета теплообмена к настенным экранам топки котла с ЦКС, опытных данных и расчетных рекомендаций по выбору конструктивных размеров циклонов и швеллерковых сепараторов, экспериментальных данных и методов расчета систем возврата частиц и расчета профиля давлений в системах со связанными между собой реакторами с КС и ЦКС.

Результаты работы использованы при разработке эскизных и технических проектов котельных установок с ЦКС, инвестиционных

проектов технического перевооружения нескольких ТЭС. Они использованы при расчете показателей котла блока № 9 Новочеркасской ГРЭС. Разработанные автором методы расчета котлов с ЦКС явились основой для проектирования отечественных котлов с ЦКС для блоков 225 и 330 МВт, а также котлов с ЦКС для перспективных угольных ТЭЦ.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность

Диссертация состоит из введения, 10 глав и заключения, изложенных на 288 страницах машинописного текста, содержащих 106 рисунков и 7 таблиц, а также библиографического списка из 276 наименований.

В первой главе рассматриваются особенности технологии сжигания топлив в кипящем и циркулирующем кипящем слое. Дан обзор состояния вопросов гидродинамики аппаратов с ЦКС, сепарации частиц, теплообмена к настенным экранам, движения материала в системах возврата, на основе которых сформулированы задачи исследования. Вторая глава посвящена исследованиям процессов и разработке метода расчета гидродинамики топки с ЦКС. На основе собственных опытных данных и обобщения результатов зарубежных исследований разработана методика расчета основных гидродинамических показателей топок с ЦКС.

В третьей главе рассмотрены вопросы теплообмена к настенным экранам и взаимосвязи гидродинамики пристенной зоны и теплообмена. На базе газокINETической модели предложена методика расчета теплообмена к настенным экранам топки котла с ЦКС. Глава 4 посвящена исследованиям сепарации частиц в циклонах и швеллерковых сепараторах. В главе 5 изложены результаты исследования систем возврата частиц в топку. Определены режимы перехода от нисходящего движения частиц в плотном слое к движению в оживленном слое. Предложены зависимости для определения условий начала движения и перехода к поршневому режиму движения. В шестой главе приведены результаты исследований гидродинамики связанных между собой реакторов.

В седьмой главе дана разработанная автором методика конструкторского расчета топочного контура котла с ЦКС. Эта методика легла в основу первых в России компьютерных программ расчета топочного контура котла с ЦКС и математической модели топки с ЦКС. В главе 8 рассмотрены вопросы сжигания биомассы в кипящем слое. Наибольшее внимание уделено вопросам надежности таких котлов, которая во многом определяется процессами агломерации слоя. Глава 9 посвящена вопросам использования технологии ЦКС в системах улавливания углекислого газа и в полигенерирующих системах. Под руководством автора разработан общий

алгоритм расчета установок с химическими циклами. Показано, что применение полигенерирующих систем с получением электроэнергии, тепла и полезных продуктов может быть очень перспективным.

В главе 10 рассмотрены проектные решения по котлам с ЦКС для технического перевооружения ТЭС России и дан технико-экономический анализ условий наиболее эффективного использования этой технологии. Показано, что важным условием оптимального использования технологии ЦКС является достижение не только существующих в РФ норм на вредные выбросы, но и перспективных норм без использования установок сероочистки и азотоочистки. Существенным преимуществом является диверсификация поставок топлива.

В результате можно заключить, что в диссертации изложен комплекс знаний, описывающих закономерности процессов, протекающих в топочном контуре котлов с ЦКС и разработанные на их основе методы и программы расчетов, обеспечивающие в совокупности возможность достоверных расчетов при проектировании, освоении и эксплуатации таких котлов.

Основное содержание выполненных исследований, научных и методических разработок изложено в 37 журнальных статьях (из них 34 в изданиях ВАК), 53 докладах в сборниках международных конференций (из них 27 на английском языке), 4 статьях в сборниках научных статей, 4 информационных сборниках и учебных пособиях и 5 описаниях к авторским свидетельствам. В опубликованных материалах достаточно полно отражены основные результаты диссертационной работы.

Автореферат полностью соответствует содержанию работы. Текст диссертации аккуратно оформлен, приведенный графический материал достаточно полно иллюстрирует изложение.

Представленная на защиту диссертация является самостоятельной, завершённой работой, которая отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук

Основные замечания по работе

1) Как следует из диссертационной работы, важным показателем для определения расхода циркулирующих частиц является эффективность улавливания частиц на входе в циклон. Автор приводит зависимость этой величины от критерия Стокса и условий входа в циклон через коэффициент «В». Однако в формуле 2.14 значение этого коэффициента не определено, что затрудняет расчет эффективности улавливания частиц на входе в циклон.

2) В главе 7 даются рекомендации по определению потерь с механическим недожогом. По-видимому, они получены по результатам

опытного сжигания. Эти данные следовало бы привести в диссертационной работе.

3) В главе 4 указывается на снижение сопротивления циклонов при росте запыленности потока (до определенного значения). Необходимо было бы дать пояснения к этому экспериментальному факту.

4) При исследованиях гидродинамики связанных между собой реакторов (глава 6) показано, что сумма давлений в местах подвода воздуха для ожижения в пневмозатворах оказалось постоянной при различных режимах и постоянной массе материала в системе. Этот интересный факт никак не объясняется. Вместе с тем, он крайне важен для расчета реальных систем со связанными реакторами.

Заключение

Приведенные замечания не затрагивают существа основных положений, выводов и рекомендаций диссертации. Диссертация Рябова Г. А. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решается научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение. Самостоятельно полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (п.9), а ее автор, Рябов Георгий Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.14.- «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор кафедры ТЭС,
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
им. первого президента России Б. Н. Ельцина»;
620002, г Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д. 5
e-mail: af.ryzhkov@mail.ru
тел. +7 9097025977

Рыжков Александр
Филиппович

Подпись А. Ф. Рыжкова заверяю

УЧЁНЫЙ СЕКТОР
УРФУ
МОРОЗОВА В.

