

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 13.06.01 Электро- и теплотехника/05.14.04
Промышленная теплоэнергетика; 05.14.14 Тепловые электрические станции, их
энергетические системы и агрегаты
Школа Инженерная школа энергетики
Отделение Научно-образовательный центр И.Н.Бутакова

Научно-квалификационная работа

Тема научно-квалификационной работы
Численное моделирование теплофизических условий реализации режима циркулирующего кипящего слоя применительно к топкам котлов

УДК 66.096.5:519.876:621.18.016

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А7-46	Кокшарев Олег Максимович		

Руководителя профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор ИШЭ	Матвеев Александр Сергеевич	к.т.н.		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры	Заворин Александр Сергеевич	д.т.н. профессор		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры	Заворин Александр Сергеевич	д.т.н. профессор		

Актуальность и степень разработанности темы исследования.

Начиная с последней трети прошлого века, развитие новых технологий сжигания твердого топлива оказалось сопряжено с тенденцией повышения экологических параметров и обеспечения маневренности топливосжигающих агрегатов при постоянном ухудшении качества твердых топлив.

Именно поэтому в 1970–1980 гг. усилиями нескольких инжиниринговых компаний США и стран Западной Европы получила практическое применение перспективная технология циркулирующего кипящего слоя (ЦКС), которая и по настоящее время играет важную роль в развитии технологий для генерации энергии с минимальными выбросами вредных веществ.

Данный способ представляется перспективным поскольку успешно позволяет решать задачи повышения эффективности выгорания низкокачественного, высокозольного и влажного топлива, снижения выбросов золовых частиц, окислов азота и серы, а также повышения возможности последующего использования золошлаковых отходов.

На современном этапе мировой опыт эксплуатации котлов с ЦКС очень богат и постоянно совершенствуется. За годы использования ЦКС в энергетике удалось существенно уменьшить металлоемкость, усовершенствовать различные конструктивные решения, повысить уровень надежности и экономичности. Для достижения этих целей, особенно при создании технически нового оборудования, часто пользуются методами численного моделирования, так как проведение натуральных экспериментов затруднено рядом причин, а выполнение исследований на лабораторных установках позволяет изучить и оценить влияние лишь одного или нескольких параметров, а не совокупность процессов в целом.

Благодаря этому в технических науках вычислительный эксперимент является одним из наиболее продуктивных средств изучения комплекса задач, в которых результат зависит от одновременного представления аэродинамики, теплообмена и горения. Численные расчеты при этом позволяют не только правильно интерпретировать физические явления, фиксируемые на

экспериментальных установках, но нередко и дополнить существенно более дорогостоящий и трудоемкий физический или натурный эксперимент компьютерной симуляцией.

Однако, в данный момент как в России, так и в зарубежных странах возможности численного прогнозирования процессов в слое и образования тех или иных веществ в результате сжигания в ЦКС все еще далеки от завершения. Например, в России представлен только единственный образец котла с ЦКС (Новочеркасская ГРЭС-9), а газодинамические процессы в топочных камерах с ЦКС остаются недостаточно глубоко изученными, что отчасти обусловлено и отсутствием единой нормативной методики инженерных расчетов. В совокупности это сдерживает развитие отечественного котлостроения с внедрением технологий ЦКС и теплоэнергетики в целом. Поэтому одно из направлений Энергетической стратегии России до 2030 года сконцентрировано на создании отечественных котлов с ЦКС, которые обладают преимуществами перед наиболее распространенным факельным сжиганием в пылеугольных котлах, конструкции которых спроектированы в то время, когда не было «жестких» экологических ограничений.

Обозначенные выше тенденции непосредственно связаны с численным моделированием статических и динамических процессов на модульно-структурированной основе, которые отражают эффективность работы проектируемого котельного агрегата. Такие модели должны основываться на детальном механизмах реакций и помимо гомогенных и гетерогенных реакций включать в себя также и каталитические реакции, затрагивая многообразие других явлений, в реальности протекающих и описывающих котельную установку. В настоящее время многие ученые уже подтвердили тот факт, что развитие микроскопических подходов в CFD моделировании (Computational Fluid Dynamics – вычислительная гидрогазодинамика) страдает от нехватки и трудности получения соответствующих экспериментальных данных от объектов промышленной эксплуатации ЦКС, а также от длительного времени расчета. Поэтому одно из направлений, которое сложилось из-за больших

габаритных размеров установок ЦКС в совокупности со сложной системой уравнений, требует моделей, которые будут позволять разрешать данное явление как можно более ресурсоэффективней и с достаточной точностью на грубой расчетной сетке с применением эмпирических или полуэмпирических выражений для анализа процесса, увеличенным временным шагом или в стационарных условиях (макроскопическое моделирование). Как видно, сочетание моделей CFD с полным описанием химических процессов является слишком сложной задачей с точки зрения вычислений, и поэтому ведется разработка упрощенных подходов с полным набором уравнений, описывающих химические процессы, тепломассоперенос и гранулометрический состав частиц.

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать вывод, что **актуальность проведения исследований**, направленных на совершенствование методов численного анализа аэротермохимических процессов в топках с циркулирующим кипящим слоем на основе компьютерного математического моделирования, является весьма высокой для обоснования основных проектно-конструкторских и режимно-эксплуатационных параметров при создании котлов с ЦКС. С помощью наработанных численных расчетов возможно не только правильно осмыслять и понимать физические явления, наблюдаемые, например, на экспериментальных установках, но и в некоторых случаях заменить физический или натуральный эксперимент компьютерным как более дешевым и менее трудоемким