

ФАНО РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ
им. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИТ СО РАН)**

проспект Академика Лаврентьева, 1
г. Новосибирск, 630090
Тел.: (383)330-70-50; 330-84-80; факс 330-84-80
Эл. почта: aleks@itp.nsc.ru
ИНН/КПП 5408100040/540801001
ОКПО 03534009 ОГРН 1025403648786

От 30.10.2015 № 15314 -01/6804

На _____ от _____

Г

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИТ СО РАН,
чл.-корр. РАН



Алексеев Сергей
Владимирович



"30" октября 2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию
Штыма Константина Анатольевича

на тему "Совершенствование циклонно-вихревой технологии сжигания топлива"
по специальности 05.14.04 - промышленная теплоэнергетика
на соискание учёной степени доктора технических наук

Актуальность исследований. Объект и предмет исследований.

Тема диссертации К.А. Штыма напрямую связана с проблемами модернизации находящегося в эксплуатации и разработкой вновь создаваемого теплоэнергетического оборудования, повышения его КПД и улучшения экологических показателей, что обозначено как одно из приоритетных направлений стратегии развития энергетики России до 2030 г. Внедрение инновационных технологий и прогрессивных технических решений для сжигания топлива, таких как циклонно-вихревые предтопки (ЦВП) крайне актуально для энергетической отрасли РФ и, в частности, Дальневосточного федерального округа, где достаточно высока степень износа основного оборудования. Горелочные устройства, в которых используется интенсивная закрутка потока, имеют большой потенциал в повышении эффективности сжигания топлива, снижения выбросов вредных веществ и продления ресурса эксплуатации. Вместе с тем, как показывает опыт исследований вихревых течений, включая теоретические и экспериментальные работы Института теплофизики СО РАН, интенсивно закрученные потоки имеют сложную аэродинамическую структуру, ассоциируются с неустойчивостью и нестационарными явлениями, что затрудняет проектирование, расчет и масштабирование вихревых камер сгорания. Эти обстоятельства предполагают, что для разработки и внедрения нового оборудования необходим комплексный подход, включающий различные методы физического и математического моделирования, натурные исследования. В контексте вышесказанного, актуальность работы К.А. Штыма, направленной на детальные исследования

аэродинамики и горения в циклонно-вихревых камерах, на основе которых производятся совершенствование циклонно-вихревой технологии сжигания топлива, разработка и внедрение практических топочных устройств, в том числе, применительно к промышленным котельным установкам для регионов Дальнего востока, не вызывает сомнений.

Непосредственным объектом исследования в работе К.А. Штыма являются цилиндрические вихревые камеры с воздушным охлаждением, а предметом исследования - характеристики технологических процессов в ЦВП, определяющие эффективные и экологически чистые режимы сжигания различных видов топлива применительно к котлам малой и средней мощности.

Целью диссертационной работы является теоретическое обоснование и практическая реализация технических решений для циклонно-вихревой технологии сжигания различных видов топлива применительно к проектируемым и действующим паровым и водогрейным котлам. Для достижения этой цели был решен комплекс достаточно сложных **задач**, включающий в себя разработку на основе анализа существующих технологий сжигания топлива конструкции ЦВП с использованием для охлаждения обмуровки камеры сгорания только воздуха, причем, в объеме необходимом для сжигания топлива. На основе результатов детального исследования аэродинамики вихревой камеры были найдены оптимальные условия, обеспечивающие не только воздушное охлаждение футеровки, но и интенсивное смесеобразование и горение во всем объеме предтопка, подобрано оптимальное соотношение тангенциального и осевого вводов воздуха, позволяющее уменьшение гидравлического сопротивления предтопка без снижения полноты сжигания топлива. Исследованы особенности внутритопочного теплообмена при развитии факела за предтопком и определены условия для надежного примыкания ЦВП к экранам топки. Разработаны и внедрены проекты модернизации паровых и водогрейных котлов с установкой ЦВП, содержащие обоснованные и рациональные изменения в конструкцию котельной установки. На основе обобщения результатов исследований и практики внедрения предложены методики аэродинамических и тепловых расчетов и разработаны рекомендации для модернизации котлов с установкой ЦВП.

Перечень задач исследования содержит все необходимые этапы научного исследования от формулировки общей идеи до успешного практического внедрения, что свидетельствует о достижении поставленных целей исследований и законченном характере работы. Для решения поставленных задач привлекаются различные **методы**, включающие теоретический анализ, численные методы с использованием современного расчетного пакета Ansys, лабораторные и натурные исследования, позволяющие получение эмпирической информации, необходимой для уточнения и проверки используемых математических моделей. Полученные данные обобщены в безразмерном виде и сопоставлены с известными результатами исследований различных авторов.

Достоверность результатов выполненной работы подтверждается использованием стандартных, апробированных численных и экспериментальных методов, представительным массивом полученных расчетных и измеренных данных, удовлетворительным совпадением расчетных данных с экспериментальными результатами, полученными на лабораторных моделях и действующем промышленном оборудовании. Сформулированные выводы по работе коррелируют с результатами, полученными другими исследователями, и не противоречат физическим закономерностям в смежных областях знаний.

Полученные результаты могут **использоваться** в производственных, научно-исследовательских и образовательных организациях, занимающихся разработкой, производством, модернизацией и наладкой теплоэнергетического оборудования (ОАО ВТИ, ОАО ЭНИН, МЭИ, ДВФУ, СФУ, ОАО «НПО ЦКТИ», ИТ СО РАН, и др.).

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 8 глав, основных выводов и рекомендаций, списка использованных источников из 136 наименований и приложения. Объем диссертации составляет 304 страницы, включая 241 рисунок и 18 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. В первой главе рассмотрен опыт освоения вихревого сжигания топлива. Результаты анализа литературных источников подтверждают актуальность работы, целесообразность поставленных в диссертации задач и их поэтапного решения теоретическими и экспериментальными методами. Вторая и третья главы посвящены особенностям аэродинамики циклонно-вихревых камер и предтопок. Здесь также рассмотрены расчетные распределения параметров закрученного потока на основе представления закрученного потока в виде двух зон – пристенной области и турбулентного ядра потока, которые сопрягаются на границе устойчивого вращения. Последующие главы посвящены вопросам модернизации промышленных котельных устройств с установленными циклонными предтопками, включая исследования на огневом стенде, размещенном в производственной котельной и предвключенном к котлу Шухова- Берлина паропроизводительностью 20 т/ч (глава 4), модернизацию паровых (глава 5) и водогрейных (глава 6) котлов. В главе 7 изучены особенности теплообмена в топках котельных установок с ЦВП, а в главе 8 рассмотрены условия выбора и расчет конструктивных параметров и элементов циклонного предтопка. В заключении представлены основные результаты и выводы по работе. В приложении приведены документы, подтверждающие практическое внедрение результатов работы диссертации.

Значимость работы для науки состоит в обоснованиях и доказательствах научных основ принятия технических и технологических решений для внедрения циклонно-вихревого сжигания топлива. Разработана унифицированная методика расчета вихревой камеры, в которой конструктивные и аэродинамические условия генерации вихря сведены к вычислению значения только одного параметра - формпараметра m . На основании обобщения результатов промышленных испытаний предложена корректировка теплового расчета топки через параметр температурного поля M , который учитывает уменьшение степени неизотермичности среды в пристенной области. Была показана принципиальная возможность достижения минимального аэродинамического сопротивления предтопка с заданной круткой потока регулированием соотношения тангенциального и аксиального вводов воздуха. Научная новизна результатов состоит также в выявлении особенностей аэродинамической структуры концентрированного вихревого движения в цилиндрической камере, которые заключаются в формировании в пристенной зоне кольцевой области потенциального течения за счет многосоплового ввода, в совпадении области наиболее интенсивного смещения потоков с радиальным положением максимума центробежной напряженности, находящейся между зонами избыточного давления и разрежения.

Значимость для производства результатов работы состоит в разработке методики расчета конструктивных элементов ЦВП с учетом особенностей объекта модернизации, что в свою очередь позволило реализовать конструкцию ЦВП повышенной надежности и большой единичной мощности, предложить конструкцию многосопловой центробежной форсунки с изменением диаграммы распыла топлива по сечению вихревой камеры, выполнить и внедрить проекты модернизации паровых газо-мазутных котлов, разработать пуско- и режимно-наладочные мероприятия для котлов с ЦВП, определить пределы устойчивости горения и безопасные условия запуска ЦВП на газе.

По тексту диссертации имеются следующие **замечания**:

1. В диссертации не приводится описание методики проведения экспериментов на лабораторных моделях и используемых измерительных систем, не представлен анализ погрешностей измерений.
2. В продолжение предыдущего замечания: на этапе лабораторного моделирования в работе использовались контактные пневматические зонды для измерения распределений скоростей. Известно, что в случае вихревых течений контактные датчики могут вносить существенные возмущения в поле течения. В представленной к защите диссертации данный аспект не отражен. В этой связи следует заметить, что на современном этапе общепризнанным трендом является использование для исследования вихревых течений бесконтактных оптических систем, таких как лазерно-Допплеровский анемометр или полевой измеритель скорости (PIV), которые, например, разрабатываются и активно используются в Институте теплофизики СО РАН.
3. В исследованиях холодных и горячих продувок отсутствует информация о прецессии вихря в объеме циклонного предтопка. Опыт наших исследований показывает, что данный вид сильной неустойчивости, появляющейся при сильной закрутке, может существенно влиять на параметры течения в вихревом устройстве.
4. В диссертации дан развернутый обзор состояния исследуемой проблемы и представлен достаточно представительный список публикаций, главным образом, отечественных авторов. Вместе с тем, имеются лишь единичные ссылки на публикации зарубежных авторов, и практически отсутствуют ссылки на зарубежные работы, относящиеся к настоящему периоду времени. Возникает вопрос, как соотносятся полученные автором результаты, их новизна с современным мировым уровнем.
5. В тексте диссертации имеются опечатки (например, в списке литературы в инициалах Б.П. Устименко, стр. 297).

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления о работе, ее научной и практической значимости. Работа прошла хорошую апробацию на большом количестве конференций, включая всероссийские и международные конференции. Результаты работы опубликованы в ведущих рецензируемых журналах (15 статей в периодических изданиях из перечня ВАК), новизна результатов подтверждается большим количеством патентов (6 патентов на изобретения, 2 патента на полезную модель; один Государственный сертификат соответствия на продукцию). Отработанные технические решения широко используются на практике, что подтверждено весьма внушительным списком актов внедрения.

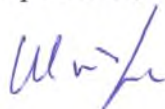
Выводы.

Диссертация Штыма Константина Анатольевича имеет внутреннее единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные технические, технологические решения для циклонно-вихревого сжигания топлива, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Диссертация соответствует критериям, установленным п.9 "Положения о порядке присуждения учёных степеней" постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор Штым Константин Анатольевич достоин присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.14.04 - промышленная теплоэнергетика.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и одобрен на заседании Ученого совета Отдела теплоэнергетики 27 октября 2015 г., протокол № 7 / 1 - 2015.

Заведующий Лабораторией экологических
проблем теплоэнергетики Отдела теплоэнергетики,
к.ф.-м.н., с.н.с.



Шторк Сергей Иванович

Заместитель директора, заведующий
Отделом теплоэнергетики
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор



Маркович Дмитрий Маркович