

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Штыма Константина Анатольевича «Совершенствование циклонно-вихревой технологии сжигания топлива», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.04 - промышленная теплоэнергетика.

Повышение эффективности работы энергетического оборудования всегда являлось приоритетным направлением исследований в энергетике. Провал в развитии отрасли в годы перестройки особенно серьезно отразился на состоянии энергетики Дальнего Востока, в которой долгие годы не внедрялось новое энергетическое оборудование и физический износ установленного, как верно отмечено в диссертации Штыма К.А., составляет 60 - 70%. В регионе преобладают ТЭЦ с пиковыми котлами и многочисленные котельные, использующие все виды топлива.

В Дальневосточном Федеральном Университете многие годы проводились научно-исследовательские работы по повышению эффективности сжигания топлива. Диссертационная работа Штыма К.А. представляет обобщение исследований и внедрения циклонно-вихревой технологии сжигания мазута и газа, успешно реализованной в Дальневосточном Федеральном Округе при модернизации котельного парка ТЭС и промышленных котельных.

Циклонно-вихревая технология имеет давнюю и драматическую историю, так как первые успехи с внедрением циклонных предтопок впоследствии не оправдались, несмотря на участие в этой работе ведущих организаций (ВТИ, ЦКТИ, КазНИИ Энергетики и др.) и ученых (Кнорре Г.Ф., Маршака Ю.Л., Наджарова М.А., Резнякова А.Б.). В этой связи развитие циклонной тематики в работе К.А. Штыма является весьма актуальным.

В первом разделе работы дается краткая характеристика основ циклонно-вихревой технологии и попыток их реализации в отечественной и зарубежной энергетике. Сделан вывод о принципиальных недостатках водоохлаждаемых циклонных предтопок, сложной конструкции и малой надежности в работе. На основе обзора поставлена основная цель работы, заключающаяся в создании конструкции воздухоохлаждаемого циклонного предтопка для модернизации котельных установок и повышения их эколого-экономической эффективности.

Во втором и третьем разделах диссертационной работы последовательно и весьма обстоятельно излагаются особенности аэродинамики вихревой цилиндрической камеры, имеющей диафрагму (пережим) для подачи продуктов сгорания в основной объем топки. Поскольку аналитическое решение исходных уравнений не представляется возможным, то избран полуэмпирический подход к нахождению осредненных расчетных параметров закрученного потока в объеме вихревой камеры. Выбрана идеальная модель вихревой камеры (без стока). Методика аэродинамического расчета предтопок базируется на обобщении в безразмерном виде опытных данных различных авторов, которые существенно дополнены диссертантом при исследовании потока на входе в камеру и влияние на его структуру комбинированного ввода окислителя топлива.

Диссертант не ограничивается простыми эмпирическими зависимостями для оценки пристеночного течения и потери механической энергии на входе в вихревую камеру, которых вполне достаточно для инженерных расчетов предтопок. Им выявлены особенности формирования закрученного потока в пристеночной зоне, его своеобразная неустойчивость в пограничном слое и возможность расчета развития входящего в камеру потока, как полуограниченной струи. Получено и подтверждено математическим моделированием оптимальное условие ввода потока, дающее минимальные потери энергии.

В третьем разделе диссертации излагается подход к расчету осредненных параметров в турбулентном ядре вихревой камеры, приводятся полученные расчетные зависимости и их сопоставление с опытными данными. Специфика расчета сводится к градиентной зависимости касательного напряжения трения и турбулентной вязкости, как функции непрерывного изменения циркуляции скорости от границы ядра до оси камеры. Основой расчетных зависимостей является аппроксимация для циркуляции скорости, обобщающая экспериментальные данные по тангенциальной ее составляющей, достоверность которой в измерениях наибольшая. Такой подход позволил основные условия генерации вихря в циклонном предтопке свести к численному значению формпараметра.

Следует заметить, что такая методика аэродинамического расчета была успешно применена в докторских диссертациях Сабурова Э.Н., Латкина А.С., Юдакова А.А. и др. для расчета циклонно-вихревых камер с совершенно другими условиями генерации вихревого движения и технологического назначения камер.

Комбинированный ввод воздуха от одного нагнетателя и использование приосевой эжекции, позволил диссертанту решить задачу по снижению аэродинамического сопротивления предтопка.

В четвертом разделе диссертации приводятся результаты стендовых огневых испытаний циклонного предтопка, сконструированного на основе аэродинамических исследований. Предложен оригинальный многосопловой центробежный распыл жидкого топлива. Измерениями температуры по сечениям предтопка показана эффективность пристенной воздушной завесы, что упрощает обмуровку вихревой камеры. Исследованиями и математическим моделированием подтверждено главное достоинство в предложенном усовершенствовании циклонно-вихревой технологии, что принципиально дополняет известную схему Кнорре, в которой для смесеобразования и сжигания топлива активно используется только выходная часть предтопка.

Опыт внедрения совершенно логично начинается сравнением «горелочного» и «вихревого» сжигания мазута в сопоставимых промышленных условиях. Достоинства предвключенного предтопка очевидны и подтверждаются результатами испытаний.

Пятый - восьмой разделы представляют наибольший интерес для промышленной энергетики. Опыт внедрения циклонных предтопков на паровых и водогрейных котлах рассмотрен отдельно, с учетом специфики котельных установок.

Диссертант обстоятельно излагает модернизацию парового котла ДЕ-25 и делает вывод о нецелесообразности установки предтопков к котлам малой теплопроизводительности. Воздушное охлаждение предтопков позволяет заменить в котельных установках воздухоподогреватели на дополнительные экономайзеры и даже сделать котел паро-водогрейным (БКЗ-75). Замена горелочных устройств на меньшее число предтопков дает возможность более рационально использовать объем топки, разместив дополнительные поверхности нагрева.

Исследованы различные варианты компоновки предтопков и отдано предпочтение их встречному расположению на боковых поверхностях топки с разводкой экранов под амбразуру вихревой камеры. Из опыта наладки уделено внимание очистке поверхностей нагрева, запальным устройствам, сопряжению вихревой камеры с экранами и другим вопросам, имеющим практическую ценность при наладке и эксплуатации циклонных предтопков.

В диссертации рассматриваются особенности теплообмена в топке котла с одним или несколькими предтопками. Показаны особенности развития факела, приводящие к изменению его эмиссионных свойств, увеличению конвективного теплообмена и даны численные поправки в известную критериальную зависимость для теплового расчета топки, взятого за основу из «Нормативного метода». Правомочность поправок подтверждена испытаниями модернизированного котла ПТВМ-30 со значительным увеличением его теплопроизводительности.

Обобщен опыт внедрения всех котлов, реконструированных с установкой к ним циклонных предтопок. Даны рекомендации общего характера и конкретная последовательность выбора числа и конструктивных характеристик предтопок. Приводится расчет осредненных параметров закрученного потока в объеме вихревой камеры. Диссертантом также уделено внимание снижению вредных выбросов (оксидов азота) при сжигании мазута и газа. Наряду с двухступенчатым сжиганием топлива, организация смесеобразования и горения топлива в вихревой камере с двумя зонами эжекции, дает существенное снижение  $NO_x$ , что подтверждено опытными данными на эксплуатируемых котельных установках с циклонными предтопками.

Основные результаты диссертационной работы компактно изложены в девяти пунктах, два последних из которых подтверждены сертификатами на изготовление котельными заводами циклонно-вихревых предтопок мощностью 25, 35 и 65 МВт и Актами внедрения, подтверждающими длительную эксплуатацию модернизированных котлов.

По работе можно сделать следующие замечания и вопросы:

1. В последних публикациях по вихревым камерам уделяется особое внимание явлению прецессии вихревого ядра (ПВЯ), но в диссертационной работе не анализируется это явление. Наблюдается ли ПВЯ в циклонных предтопках?

2. В работе не отражены перспективы вихревых камер с воздушным охлаждением при реализации пылеугольного сжигания.

Сделанные замечания не умаляют высокой научно-практической ценности диссертационной работы К.А. Штыма «Совершенствование циклонно-вихревой технологии сжигания топлива», которая соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.14.04 - промышленная теплоэнергетика, а ее автор несомненно заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Мессерле Владимир Ефремович

Заместитель Председателя Национального научного совета Республики Казахстан «Энергетика и машиностроение»

Доктор технических наук, профессор

В.Е. Мессерле

Устименко Александр Бориславович

Заведующий отделом теплофизики НИИ экспериментальной и теоретической физики Казахского Национального Университета им. аль-Фараби

Доктор технических наук

А.Б. Устименко

Подписи В.Е.Мессерле и А.Б.Устименко заверяю:  
Ученый секретарь НИИЭТФ, к.ф. -м.н., доцент

А.К. Иманбаева

02.11.2015

НИИЭТФ КазНУ им.аль-Фараби  
Казахстан, 050040, Алматы, ул. Аль-Фараби, 71  
(727)-292-70-75, [ust@physics.kz](mailto:ust@physics.kz)  
<http://www.kaznu.kz/ru/9371>

