

ОТЗЫВ

на диссертацию Ахметшиной Альфии Илдусовны на тему «Совершенствование тепловой схемы твёрдотопливного водогрейного котла с целью экономии энергетических ресурсов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика

Диссертация Ахметшиной А.И. посвящена актуальной теме, имеющей важное хозяйственное значение для экономии энергетических ресурсов и улучшения экологических характеристик создаваемых теплоэнергетических систем. В поле зрения диссертантки научно-техническая проблема утилизации старых деревянных шпал путём их сжигания, которая не может быть решена в штатных топках в силу того, что они не обеспечивают желаемую концентрацию выделяющихся токсичных веществ.

Анализируя в *1-ой главе* состояние вопроса исследований по оптимизации конструктивных схем топок водогрейных котлов малой мощности, автор однозначно приходит к выбору исполнения: слоевая топка с вихревым движением газовой смеси. Диссертантка справедливо полагает, что закрутка потока в топочной камере приведёт к его стабилизации, лучшему заполнению объёма камеры, интенсификации процессов тепломассопереноса за счёт усиления перемешивания и увеличения времени пребывания частиц топлива в камере горения.

Ахметшина А.И. подробно в историческом контексте рассматривает развитие конструктивных схем топок и создание расчётных методик, позволяющих оптимизировать режимные и конструктивные параметры топок. Автор отмечает, что в последние годы в связи с развитием теории турбулентности и появлением программных продуктов, позволяющих считать в связанной постановке аэродинамику камерных течений и горение, вновь вернулся интерес к созданию моделей топочных процессов. Имеется достаточное количество работ по топочным процессам, затрагивающим различные аспекты их организации, такие как «острое» дутьё, создание колеблющегося потока, организация внешней рециркуляции, топка воздуховода с вращающейся частью, аксиальные завихрители и др., а также очистка уходящих газов. Однако в целом можно констатировать, что топок малой мощности, используемых в составе котельных, как дополнительный модуль, и обеспечивающих сжигание древесных отходов различных производств с требуемыми экологическими показателями, не существует.

Методология создания водогрейных котлов малой мощности является мультифизической, связанной с большой сложностью физико-химических процессов

горения, многоцелевой в части оптимизации (полнота сгорания, различные экологические показатели, экономические показатели и др.), многовариантной в конструктивном исполнении «топочных» устройств и, очевидно, поэтому ещё далека от совершенства.

Во *2-ой главе* диссертантка рассматривает оптимизацию конструкции слоевой топки с вихревым движением газовой смеси расчётным методом. Совершенно оправдано Ахметшина А.И. выбирает для исследования сложных процессов RNG $k-\epsilon$ модель турбулентности, учитывающую, в частности, вращение на параметры турбулентности, и низкорейнольдсовы эффекты, зависящие от пристеночного алгоритма. В качестве модели горения автор использовала усовершенствованную модель ламинарных микропламён для неперемешанной смеси, процесс преобразования в которой можно свести к одной переменной - переменной перемешивания. Суть усовершенствования заключается в принятии допущения частичного химического равновесия, когда отдельные части химического процесса протекают с конечными скоростями, а все остальные бесконечно быстро. Параметры ламинарного пламени предварительно рассчитываются и сохраняются в виде таблицы, а затем ламинарное пламя внедряется в турбулентный поток с использованием статистических методов. Используя переменную смешения и скорость скалярной диссипации, определяются осреднённые параметры – концентрации компонент, температура и плотность. Автор справедливо утверждает, что выбранный подход обеспечивает прогнозирование концентраций радикалов (например, OH), вследствие чего улучшается качество прогноза эмиссии CO и NO. Для повышения достоверности численного результата автор проводит четыре разновидности расчётов (равновесный расчёт и 3 расчёта по модели ламинарных микропламён с варьированием времени интегрирования химических реакций и наличия очагов пламени) и показывает, что существенных изменений в распределении температур и компонентного состава по длине тракта не происходит.

Ахметшина А.И. выбрала 6 схем вариантов подвода воздуха, которые и были проанализированы на качество организации процесса горения. Автор показала, что комбинированием процесса истечения струй подвода воздуха в каждую секцию топки и перераспределением воздуха по секциям можно существенно влиять на горение щепы железнодорожных шпал. Отслеживая интенсивность турбулентности в расчётах, автор отдаёт предпочтение варианту № 4, хотя интенсивность турбулентности в варианте исполнения № 1 выше, чем в варианте № 4. При учёте соединений серы результаты расчётов продуктов сгорания претерпевают некоторые изменения, и схема № 4 показывает лучшие результаты по содержанию соединений серы, однако автор корректно предупреждает, что расчёты с серой могут быть не точными.

В *3-ей главе* диссертантка приводит результаты экспериментальных исследований характеристик слоевой топки с вихревым движением реагирующих газов. Предлагает для рассмотрения испытательный стенд и измерительные системы, позволяющие проводить полноценные испытания по сжиганию щепы из шпал, варьируя параметрами исполнения зон подвода вторичного воздуха в виде струй.

Результаты экспериментальных исследований доказали, что комбинацией направления истечения воздушных струй в топочное пространство можно оптимизировать процессы горения. Путем сопоставления численных и экспериментальных исследований автором доказана адекватность разработанной математической модели. Экспериментальным путем также было показано, что в топке разработанной конструкции не удаётся воздействовать на окислительную деструкцию некоторых высококипящих устойчивых органических соединений (диоксинов).

В *4-ой главе* предложено совершенствование промышленного твёрдотопливного водогрейного котла КВУ-1000 путём использования топки-сателлита, функционирующего на древесных отходах. В силу невыполнения экологических требований по выбросу диоксинов в продуктах сгорания в предложенной конструкции топки и существующих постулатов о том, что огневое обезвреживание диоксинов и фуранов реализуется при времени пребывания 2 с в топке с температурой не менее 1000 °С, автор предлагает использовать достаточно совершенную по коэффициенту потерь и экологическим характеристикам топку в качестве топки сателлита к топке водогрейного котла КВУ-1000. Управляя соотношением товарного топлива, сжигаемого в КВУ-1000, к объёму утилизируемых шпал, сжигаемых в топке сателлита, в соотношении 1:4, можно получить приемлемые показатели по диоксину в продуктах сгорания. При этом коэффициент полезного действия усовершенствованного котла КВУ-1000 с работой с котлом-сателлитом составит 83 %, что на 3 % превышает коэффициент полезного действия котла КВУ-1000. Причём использование топки сателлита при утилизации старых шпал снижает содержание оксидов азота до 7 %.

Ахметшина А.И. предлагает внедрение данной идеи на одном из узлов Западно-Сибирской железной дороги и показывает эколого-экономическую эффективность данного проекта.

Достоверность результатов численного исследования подтверждается данными экспериментальных исследований, проведённых автором. Расхождение расчётных и измеренных температур в топочном пространстве при тангенциальной подаче воздуха составляет от 20 до 35 %.

Диссертация Ахметшиной А.И. является полноценным научным исследованием, выполненным с использованием современных научных вычислительных технологий,

результаты которого подтверждаются экспериментальными данными, полученными автором. Постановка задачи, результаты численного и экспериментального исследования процессов горения в вихревом потоке в топке слоевого сжигания водогрейного котла малой мощности обладают новизной и практической значимостью для совершенствования теплоэнергетических систем. Реализованный Ахметшиной А.И. экспериментально-теоретический подход характеризуют высокий уровень компетентности исследователя.

Диссертация Ахметшиной А.И. соответствует паспорту специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика по всему комплексу решаемых в диссертации вопросов.

Диссертация написана хорошим инженерным языком и легко читается. Текст автореферата, не смотря на сжатость, полноценно отражает содержание диссертации.

В качестве замечаний к диссертации можно назвать следующее:

1. На основании какой информации были определены геометрические параметры предлагаемой топки?

2. Каковы окончательные рекомендации по коэффициенту избытка окислителя α ? По тексту диссертации встречаются разные значения: $\alpha = 1,2$ (стр. 93); коэффициент избытка воздуха от 1,9 до 2,1 (стр. 121); $\alpha = 1,3$ (стр. 134). Контролировался ли α при расчёте процесса горения в топке и как он менялся по рабочему тракту (по длине, от центра к периферии) топки?

3. При анализе влияния вариантов исполнения рабочего тракта на параметры процесса целесообразно было бы использовать аппарат теории планирования эксперимента. И тогда идентифицированная феноменологическая модель могла бы помочь найти оптимальный вариант исполнения конструкции.

4. В разделе 2.1.2 не приведены уравнения химической кинетики. Учитывается ли процесс сажеобразования?

5. Непонятно, в какой форме заданы граничные условия по температуре на боковой стенке топки?

6. Автор не приводит информацию по скоростям вдува вторичного воздуха в секции. Очевидно, что не только расход, но скорость вдува определяют газодинамику процессов в топке.

7. Замечания по изложению:

стр. 11 (3 строка снизу) – 36 страниц, а не 36 страницы;

стр. 97 (нижняя строка таблицы 3.1) – неверно указано значение скорости V ; очевидно должно быть значение 10009,17;

стр. 102 (формула 3.2) – в знаменателе дроби должно быть выражение $n - 1$, а не $1 - n$;

стр. 124 – по тексту рассматриваются режимы №1, №4 и №6, а в таблице 3.4 указаны режимы №1, №2 и №3.

Отмеченные недостатки не ухудшают восприятие диссертации и не снижают научную и практическую ценность работы.

Диссертация Ахметшиной А.И. «Совершенствование тепловой схемы твёрдотопливного водогрейного котла с целью экономии энергетических ресурсов», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, имеющая теоретическую и практическую значимость для разработки и совершенствования твёрдотопливных водогрейных котлов малой мощности, создающих условия для создания экологически безопасных и ресурсосберегающих теплоэнергетических систем, соответствует критериям, установленным в п. 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней ВАК Минобрнауки России, а её автор Ахметшина Альфия Илдусовна, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Профессор кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»
аэрокосмического факультета
ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», доктор технических наук,
действительный член академий АИН И АНУД

Бульбович Роман Васильевич



Россия, 614990, Пермский край, г. Пермь - ГСП,
Комсомольский проспект, д. 29
тел. +7(342)2-391-233 (раб.), +79028012072 (сот.)
e-mail: bulbovich@pstu.ru

Подпись Бульбовича Р.В. удостоверяю.

Ученый секретарь Учёного совета
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
канд. ист. наук, доцент

« 5 » ноября 2018




Макаревич В.И.