

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Ахмед Ашраф Абдулла Ахмед на тему «Повышение эффективности сжигания твердого топлива и отходов в котлах малой мощности с колосниковой решеткой», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6.

Теоретическая и прикладная теплотехника.

Актуальность темы диссертации

В условиях увеличения объемов образования отходов актуальной задачей становится разработка методов их рациональной и экологически безопасной утилизации с обязательной рекуперацией энергетической составляющей.

Преобладающим методом получения энергии из горючих отходов и биотоплива является их прямое сжигание. Для этой цели применяются котельные установки, преимущественно оснащенные слоевыми топками с колосниковыми решетками различных конструкций. Эта технология является универсальной для твердых топлив различного гранулометрического состава, влажности и теплотворной способности, но на эффективность процесса, полноту сгорания и величину выбросов существенное влияние оказывают эксплуатационные режимы и газодинамические условия в топочной камере.

Вопросы сжигания отходов в крупнотоннажных установках в научной и технической литературе исследованы в достаточной мере, а децентрализованное сжигание отходов в установках малой мощности, расположенных на полигонах ТКО или вблизи локальных потребителей тепловой энергии, недостаточно формализовано, так как стохастический характер физико-химических свойств топлива делает процесс горения трудно прогнозируемым и сложным для управления.

Одной из ключевых проблем, присущих как традиционной угольной генерации, так и технологиям термической утилизации ТКО, является образование и выброс в атмосферу загрязняющих веществ, включая оксиды азота (NO_x), оксиды серы (SO_x), диоксины, фураны и твердые взвешенные частицы. Решение проблемы минимизации выбросов вредных веществ достигается не только использованием систем очистки дымовых газов, но и путем обеспечения рациональных термических и аэродинамических режимов сжигания в топочном объеме, исследуемых методами вычислительной гидродинамики с верификацией на основе экспериментальных данных. Это позволяет проводить численный анализ и рационализацию режимов горения с целью повышения полноты сгорания топлива и минимизации образования загрязняющих веществ, что является перспективным направлением для создания экологически чистых и экономически эффективных технологий малой энергетики на основе ТКО.

В связи с вышеизложенным поставленная в диссертационной работе Ахмед Ашраф Абдулла Ахмед «Повышение эффективности сжигания твердого топлива и отходов в котлах малой мощности с колосниковой решеткой» научно-техническая задача, заключающаяся в повышении эффективности горения, обеспечении полного сгорания горючих веществ в газовой фазе и

снижении объема вредных выбросов при сжигании неоднородного твердого топлива в топках печей и котлов малой мощности за счет организации рациональной структуры газового потока в топке и дожига несгоревших соединений и загрязняющих веществ после нее, является актуальной. Решение указанной задачи имеет важное значение в контексте эффективной и экологически безопасной утилизации твердых коммунальных отходов, устранения экологических проблем, развития местной автономной генерации. В диссертационной работе Ахмед Ашраф Абдулла Ахмед решил поставленные задачи, используя эмпирические и численные методы проведения исследования.

Работа соответствует научному направлению «Энергетическое использование биогаза и отходов» места выполнения исследования, БГТУ им. В.Г. Шухова, и выполнена в рамках проекта 77/20 БГТУ им. В.Г. Шухова «Разработка технологии энергетического использования твердых коммунальных отходов».

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Автором проанализирована современная литература по существующим способам термической утилизации твердых коммунальных отходов и методов моделирования горения твердого топлива и сделан вывод о том, что основными факторами неэффективного горения и образования выбросов в установках малой мощности по сжиганию отходов является вид топлива и метод сжигания, а решение этих проблем достигается необходимой конструкцией установки для сжигания и организацией требуемого режима ее работы. В списке литературных источников имеется 222 наименования.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации подтверждается корректным использованием теоретических положений аппарата явлений переноса, математического моделирования, апробированных численных методов, проведением теплотехнического эксперимента на промышленно эксплуатируемом котле по общепринятым методикам с использованием поверенной контрольно-измерительной аппаратуры и согласованностью полученных результатов с вычислительным экспериментом и данными других авторов.

Оценка новизны основных научных положений, выводов и рекомендаций

В качестве основных новых научных результатов, полученных в ходе проведенных исследований, автором выдвинуты следующие положения.

1. В работе на основании исследований горения твердого топлива в неподвижном слое котла малой мощности (1 МВт) методами вычислительной гидродинамики установлено, что ключевыми факторами, влияющими на эффективность сгорания и образование загрязняющих веществ, являются коэффициент избытка воздуха и равномерность газового потока в топке. Предложен способ достижения полного сгорания топлива и термического

разложения загрязняющих веществ путем обеспечения равномерного поля скоростей газового потока.

2. Для оценки эффективности горения предложены включающие параметры потока на выходе из топки критерии: доля несгоревших горючих компонентов и КПД топки, учитывающий полноту сгорания и тепловые потери. Данные критерии применимы для проектирования и эксплуатационной оптимизации котлов малой мощности.

3. Разработана методика расчета времени пребывания газов в зоне дожигания по данным линий тока, полученных при численном моделировании. Методика позволяет определять границы зоны горения, оценивать полноту разложения загрязняющих веществ и выявлять режимы сжигания с минимальными выбросами.

4. Предложен обобщенный критерий выбросов, включающий сумму массовых выбросов, нормируемых с учетом коэффициентов, определяемых по ПДК соединений, который отличается от имеющихся тем, что масса выбросов отнесена к единице теплоты сгорания топлива, что обеспечивает корректность сопоставления данных при анализе сжигания топлив, значительно различающихся теплотворной способностью.

Результаты, полученные в диссертационном исследовании, являются новыми, достоверными и прошли апробацию на различного уровня научно-практических конференциях и семинарах.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Основные научные результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в 14 научных работах, в том числе три – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ по научной специальности 2.4.6, три – в изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных Scopus.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов по работе, библиографического списка и четырех приложений. Объем диссертационной работы с приложениями – 196 страниц.

Теоретическая значимость диссертации состоит в разработанном методе численного моделирования горения твердого топлива в неподвижном слое на колосниковой решетке с использованием CFD-пакета ANSYS Fluent. Подход дает возможность получать локальные параметры процесса горения, недоступные для прямых измерений, а также проводить экологическую оценку сжигания различных топлив. Предложенная методика определения времени пребывания продуктов горения в расчетной области после завершения горения позволяет рассчитывать выбросы и снижать их при проектировании и анализе работы котлов, предназначенных для сжигания твердого топлива или отходов.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

– показано, что по величине вредных выбросов ТКО сопоставимы с природными твердыми топливами и их можно использовать как топливо при предложенных режимах горения;

– предложено обеспечивать равномерный газовый поток без резких поворотов до конвективной части котла, что позволяет подобрать размеры

топки и газохода, повысить КПД топки на 5,7% и снизить выбросы на 0,021 г/МВт;

– установлено, что полное сгорание и пребывание продуктов при температуре 850°C более двух секунд, требующееся для полного разложения вредных выбросов, достигаются при коэффициенте избытка воздуха 1,4–1,8 и влажности сжигаемых отходов 10–30%.

Результаты диссертационного исследования рекомендованы для утилизации отходов в границах полигонов ТКО и внедрены в практику ООО «ТК «Экотранс», г. Белгород, и учебный процесс БГТУ им. В.Г. Шухова.

Соответствие диссертации и автореферата паспорту научной специальности

Диссертационная работа и автореферат соответствуют паспорту специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника, а именно пунктам:

п. 9. Системы обеспечения теплового режима теплоэнергетических ... объектов, ... методы их совершенствования

п. 10. ...Теоретические основы создания малоотходных ... тепловых технологических установок, способствующих защите окружающей среды.

Замечания по диссертационной работе

1. В диссертации достаточно много грамматических неточностей и описок. Кроме того, имеется ряд неточностей оформительского характера:

– неточности при использовании формул:

(1.6) – неверно указана размерность полной удельной энергии и коэффициента теплопроводности; отсутствует размерность диффузионного потока J_j ;

(1.34) и (1.35) – некорректно обозначены числа Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля и Шервуда;

(1.36) и (1.38) – не согласуются между собой по зольности топлива; в (1.38) при определении выхода летучих вместо M_n следует использовать M_p ;

(2.5) – неверно указана размерность полной удельной энергии, не указана размерность источника выделения теплоты;

(2.7) – реакцию $CO + 0,5O_2 \Rightarrow CO_2$ следует записать отдельной строкой;

(2.24) и (2.25) – не указана размерность рассчитываемой величины;

(2.28) – пояснения к формуле не соответствуют ее содержанию;

(2.30) – в расшифровке величины g_i не удалено слово концентрация;

– неточности при использовании рисунков:

с. 56 3-я строка сверху – номер рисунка 2.10 не соответствует тексту;

с. 60 – при описании алгоритма расчета в п. 4 неверно указанный номер рисунка 2.16 следует исправить на рис. 2.18;

на рис. 3.1 не указана позиция 7, описание которой дано в подрисуночной надписи;

на рис. 3.5 в подрисуночной надписи отсутствует пояснение к позиции 7;

с. 97 – в первом абзаце после рис. 4.10 в тексте «На рис. 3.6 и 4.8 зеленой линией показана....» следует заменить номер рис. 3.6 на 4.10;

на рисунках 4.13, 4.17, 4.21, 4.24 и 4.27 не указано, что отложено по горизонтальной оси;

– неточности при использовании таблиц:

в табл. 4.6 содержание столбцов 2-4 не соответствует их заголовкам;

– неточности перевода из цитируемых литературных источников:

с. 37 первый абзац – написано «...в модели исходных членов для упакованных матрасов...»;

с. 44 3-я строка сверху – «Сжижение и гомогенная реакция пылевидного угля...»;

с. 46 – используется термин «вязкость турбулентности» вместо общепринятого словосочетания «турбулентная вязкость»;

с. 98 – 4-я строка сверху – вместо слов «... в присутствии окисленного воздуха...» следует использовать «... в присутствии кислорода воздуха...».

2. Из представленных в табл. 2.1 данных не вполне понятно, почему для влажности ТКО 30% при относительной влажности воздуха 100% и 0% результаты расчета горения топлива различаются между собой существенным образом, а для влажности ТКО 10% и 50% имеются лишь небольшие отличия?

3. В параграфе 3.1 приведены результаты промышленного испытания котла КВМ-1,0, а в параграфе 3.2 выполнен расчет выбросов для котла КВ-1,2. Целесообразно было бы все исследования выполнять на базе одного котла.

4. В табл. 4.2 при исследовании влияния увеличения коэффициента избытка воздуха α на параметры процесса горения отмечено их монотонное изменение кроме температуры горения, которая при $\alpha=3,0$ после непрерывного уменьшения резко возрастает. С чем это связано?

5. В табл. 4.7-4.10 приведены температура и состав газов в выходном окне топки, а также показатели эффективности горения и величины выбросов в зависимости от геометрии топки. Чем объяснить, что по результатам расчетов при различных температуре газов в выходном окне и КПД топки для вариантов геометрии базового и D состав газов, доля несгоревших горючих веществ топлива и критерии выбросов полностью совпадают?

6. На рис. «Схема измерений», приведенном на с. 164 диссертации, обозначенная позицией 2 термопара располагается в начале трубного пучка, где газы уже начинают охлаждаться. В связи с этим утверждение, что в этом случае происходит измерение температуры потока на выходе из топки, некорректно.

В целом, отмеченные замечания не снижают качество полученных теоретических и практических результатов диссертационного исследования.

Заключение

Диссертация Ахмед Ашраф Абдулла Ахмед представляет собой законченную научно-квалификационную работу, написанную автором самостоятельно, обладающую внутренним единством, выполненную на высоком научном и методическом уровне, содержащую новое решение важной научно-технической задачи по направлению теплотехники и теплоэнергетики – сжигания твердых коммунальных отходов (ТКО) в установках малой мощности, заключающейся в повышении эффективности горения при сжигании

неоднородного твердого топлива в топках печей и котлов малой мощности за счет организации рациональной структуры газового потока в топке и дожигания несгоревших соединений и вредных соединений. Полученные автором научные результаты представляются достоверными, а сформулированные выводы обоснованными. В диссертационной работе отсутствуют заимствованные материалы без ссылок на автора или источник заимствования, результаты совместных работ, выполненных в соавторстве, подтверждаются ссылками на авторов. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа отвечает критериям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а соискатель, Ахмед Ашраф Абдулла Ахмед, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника.

Официальный оппонент:

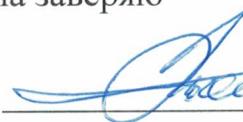
профессор 24 кафедры криогенных машин,
установок и электрогазовой техники ФГКВОУ ВО
«Военный учебно-научный центр
Военно-воздушных сил «Военно-воздушная
академия имени профессора Н.Е. Жуковского и
Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), доктор технических наук
(специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ» и 01.04.14 –
«Теплофизика и теоретическая теплотехника»), доцент



Слюсарев
Михаил
Иванович

Дата: 8.12.2025

Михаила Ивановича заверяю
ченого совета



А.А. Томилов

394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54А
-47-52

Е-тап: vaika@mi.ru