

ОТЗЫВ

Официального оппонента, доктора технических наук

Тупоногова Владимира Геннадьевича на диссертационную работу

Мостовенко Любови Владимировны «Расчетно-экспериментальное моделирование течения запыленного потока для оценки влияния геометрических характеристик инерционно-вакуумного золоуловителя на степень улавливания золы» по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук

На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, списка сокращений и условных обозначений, двух приложений.

1. Актуальность темы

В диссертационной работе рассмотрены вопросы совершенствования конструкций и повышения эффективности работы золоулавливающего оборудования для угольных ТЭЦ. Снижение вредных выбросов угольной энергетики в природную среду является общемировой проблемой, на решение которой направляются значительные средства в большинстве промышленно развитых стран.

2. Анализ содержания диссертационной работы

В первой главе автор рассматривает ранее известные конструкции золоуловителей инерционного типа с эффективностью улавливания >50%. Представлено описание конструкции и испытание полупромышленного образца ИВЗ «первого поколения».

Во второй главе приведено описание вычислительных модулей ANSYS CFX для расчета динамики дисперсного потока.

Третья глава посвящена верификации промышленного образца ИВЗ относительно полупромышленного варианта, рассмотрена постановка граничных условий. Выполнены расчеты характеристик потока.

В Четвертой главе выполнено моделирование течения запыленного потока с изменением размеров канала золоуловителя.

В пятой главе излагается проведение промышленного испытания ИВЗ с описанием используемого оборудования и анализом полученных результатов.

В заключении представлены выводы о работе.

3. Соответствие диссертации паспорту специальности

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика, а именно пунктам:

П. 6 Разработка и совершенствование аппаратов, использующих тепло, и создание оптимальных тепловых систем для защиты окружающей среды.

4. Методы исследования

В работе применялось компьютерное моделирование в программной среде ANSYS CFX и в программном комплексе Solid Works. Проверка работоспособности аппарата выполнялась методом промышленных испытаний

5. Научная новизна исследований

В качестве элементов научной новизны диссертационной работы следует отметить:

- в тепловой схеме «котел – золоуловитель – дымосос – дымовая труба» проведены промышленные испытания модернизированной конструкции ИВЗ, разработанной методом компьютерного моделирования

- по результатам испытаний выбранная расчетная модель ИВЗ адаптирована для работы с большими расходами дымовых газов в 110-150 тыс.м³/ч;

- получены расчетные и экспериментальные данные о зависимости эффективности золоулавливания от регулируемых параметров ИВЗ (высот рассекателя, конфузторного участка, поворотной камеры и сменных колец);

- предложена гипотеза о возникновении эффекта реламинаризации потока при установке рассекателя, который может приводить к снижению гидродинамических потерь и повышению эффективности золоулавливания.

6. Практическая значимость работы

Практическая ценность диссертационной работы состоит в том, что использование модели инерционно-вакуумного золоуловителя позволило ТЭЦ-4 г. Омска существенно увеличить эффективность очистки уходящих газов, а также полностью заменить первую ступень очистки с циклонов на аппараты ИВЗ. Использованная автором расчетная модель обладает свойствами универсальности и позволяет проводить численные исследования аппаратов с нестандартной внутренней проточной частью. Разработанная и испытанная конструкция ИВЗ может найти применение в промышленной теплоэнергетике на котлах, работающих на угле Экибастузского месторождения. По результатам диссертационной работы получен Акт внедрения и в учебно-образовательной сфере.

7. Апробация работы и публикации

Опубликованные автором работы соответствуют содержанию диссертации. По результатам исследований опубликовано 15 работ в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК, из них 2 статьи индексируются базами Scopus и Web of Science; получен патент РФ на полезную модель «Инерционно-вакуумный золоотделитель для очистки дымовых газов» № 175570. В опубликованных совместных работах постановка и исследование задач осуществлялось совместными усилиями соавторов при непосредственном активном участии соискателя.

Материалы работы докладывались на семинарах, университетских, всероссийских и международных конференциях.

Автореферат диссертации соответствует диссертационной работе квалификационным признакам: по цели, задачам и основным положениям, определениям актуальности, новизны и достоверности, научной и практической значимости.

8. Замечания и вопросы

1. Обзор литературы заключается в основном в последовательном переборе конструкций инерционных золоуловителей различных типов. Для более глубокой подготовки к рассмотрению вопросов непосредственно по теме диссертации было бы целесообразно ограничиться кратким перечислением типов аппаратов, изложить причины выбора ИВЗ-типа и основной объем обзора посвятить рассмотрению вопросов гидромеханики двухфазных потоков при истечении из сопел и течений в каналах сложной формы на базе хотя бы нескольких десятков статей из современной научной периодики.
2. k -epsilon модели имеют ограничения для применения к сложным турбулентным течениям, в этом отношении, выбрав такую модель автор противоречит сама себе, поскольку на стр. 85 перечисляются «задачи, для которых эти модели не могут пригодны. Среди них:
 - потоки, движущиеся на изогнутых поверхностях»

Для данной задачи, скорее всего, подошла бы Reynolds Stress Model в сочетании с пристеночными функциями, которые в вычислениях, по-видимому, также не использовались, так как не строились пограничные слои Inflation (стр. 76: Use Automatic Inflation – None).

3. Для построения сетки с минимальной погрешностью (стр. 76) кроме попадания трех ее параметров (стр.7 автореферата) в определенные диапазоны значений требуется выполнение теста на сеточную независимость, информации о котором не приводится.

4. В тексте встречается ошибочное использование понятий и терминов, например: дисперсная система – это сочетание нескольких фаз, «которые практически не смешиваются и не реагируют друг с другом химически» (стр.12); диссипация, вместо энергии диссипации (стр.66); итерационное уравнение пересчета скорости частицы (2.9) называется «уравнением импульса частицы» (стр.64); в уравнении движения твердой частицы (2.25) сила тяжести определена как выталкивающая, а пренебрегают выталкивающей силой «из-за отсутствия двухфазности газового потока»; газовая фаза (смесь продуктов сгорания) называется гетерогенной смесью (стр.80), используется термин «ламиниризация» (везде в тексте) которого не существует, есть ламинаризация.
5. Насколько можно понять из представленного материала и названия работы, основное научное содержание ее заключается в реализации идеи сепарации твердых частиц от несущего газового потока при поворотном истечении после ускорения в сужающем канале и в этих целях подбираются проходные сечения каналов и выходного сечения из кольцевого зазора после сужения. Однако, работа не содержит лабораторных исследований гидродинамических параметров потока, например профиля давления газа по длине потока, причем он не представлен и как результат моделирования тоже. Хотя в обзоре литературы есть данные о разряжении в поворотной камере аппарата «первого поколения».
6. Верификация выбранной CFX модели на образце ИВЗ «второго поколения», раздел 3.3, является условной, поскольку по нему нет в какой-либо степени достоверных данных для сравнения.
7. В разделе 4.2 моделируется работа «ИВЗ второго поколения без направляющего аппарата и поворотной камеры», т.е. пустой трубы, заведомо неработоспособной и не ИВЗ. Какой в этом смысл, если уже в «первом поколении» золоуловитель имел направляющий аппарат и камеру, а заявленной целью работы является их доработка?
8. Предположение о ламинаризации потока в работе на стр. 134 объясняется выявлением в промышленном эксперименте низкого относительно расчетных значений гидравлического сопротивления ИВЗ. Но в табл. 5.2 разница расчетных и экспериментальных значений сопротивлений не превышает 7 Па (само сопротивление в опытах изменялось от 187 до 368 Па). Причем экспериментальные величины сопротивлений, определенные по разнице давлений на входе и выходе ИВЗ (табл. 5.1) в двух опытах из четырех, наоборот, были

больше расчетных на 14 и 252 Па. Данные таблицы 5.1 по замеренному сопротивлению ИВЗ приведены и в табл.1 автореферата, где для четвертого опыта (в котором выходное сечение конфузора минимально) оно почему-то уменьшилось в 2 с лишним раза – с 368 до 152 Па, – до минимального значения из всех опытов, хотя в тексте перед таблицей (стр. 132) автор пишет, что должно быть наоборот. При таком изложении материала достаточно сложно анализировать содержание работы.

9. В табл.2 автореферата прогнозируется получение в промышленных испытаниях приемлемой эффективности ИВЗ при расходе в 150 тыс. м³/час (в проведенных испытаниях максимальный расход составлял 45 м³/час), которые также, по мнению автора, должны показать наличие перехода в ламинарный режим течения. Не совсем понятно, на чем основаны такие предположения, поскольку, например, профиль канала рассматриваемого ИВЗ явно не сильно конфузурный, что по литературным данным необходимо для проявления эффекта ламинаризации. Также нужно объяснить, почему расчетные параметры выбранной турбулентной подмодели ANSYS (турбулентная кинетическая энергия и энергия диссипация - k и ϵ) не отразили «полное исчезновение турбулентности». Промышленному испытанию аппарата обычно предшествуют стадии лабораторных исследований и пилотных установок. «Натурные эксперименты» на ТЭЦ фактически являются выполнением заказчиком «ВТИ» опытно- промышленных испытаний образца ИВЗ (стр.165, приложение №2 к договору) с регулированием его производительности подвижным рассекателем и сменными кольцами золоуловителя. В то время как для получения достоверных научных данных о распределении гидродинамических параметров истечения двухфазного потока по длине сужающегося кольцевого зазора, в том числе и об эффекте ламинаризации, необходимо проведение первого этапа - лабораторных физических исследований, которые в законченном научном исследовании выполняются также и для подтверждения результатов компьютерного моделирования. Без выполнения таких исследований приводимая в главе 5 оценка относительной потери импульса выглядит отрывочной, не подготовленной по сведениям из литературных источников и не содержит пояснений по принимаемым значениям исходных параметров, например высоты участка в 2 м или использованию скорости потока на конце участка для вычисления начального значения числа Рейнольдса.

10. Замечания по оформлению диссертации.

В обзоре литературы встречаются неверные ссылки на источники, например: [42], стр. 41; [49,50], [45,47,48], стр. 42; [55], стр. 43 и заимствованные рисунки без ссылок: рис. 1.3 и 1.8. На рисунках 1.19-1.22 нет обозначения осей. Некоторые абзацы вставлены без

редактирования, например на стр. 28 написано, что эффект Ранка был открыт 35 лет назад, либо не имеют отношения к данному разделу – об образовании воронки в воде при описании сухого золоуловителя, стр.33. Рис.2 автореферата построен по данным таблицы 1.7 диссертации, но в ней величина разряжения на порядок больше – от 3,7 до 3,9 кПа.

Глава 2 по выбору модели и подмоделей ANSYS содержит разделы инструкций пользователя в машинном переводе без должного редактирования, что приводит, к появлению абзацев, лишенных смысла, например, последнее предложение на стр.64 или курьезным описаниям членов уравнений: « F_{BA} - сила Бассе- исторический термин, который объясняет...». В одних записях используются фазовые индексы: для твердых частиц –р, для жидкости –f, в других – заменяются на α и β .

В главах 3 и 4 приводятся около тридцати серых и цветных ANSYS изображений, большая часть которых не читается из-за низкого качества.

В таблице 5.1 испытаний котла БКЗ-320 некоторые параметры имеют разносистемные единицы измерений, например, для давления используются: Па, кгс/м², кг/м², кг/см².

В списке обозначений нет размерностей и приведены далеко не все параметры, но при этом добавлены не встречающиеся в тексте диссертации: E – напряженность электрического поля, K - коэффициент напряженности, n –концентрация ионов, а параметр μ расшифровывается трижды - как кинематическая вязкость, динамическая вязкость и заданная физическая вязкость.

9. Соответствие диссертации критериям Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ

Диссертация обладает структурным единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, свидетельствует о личном вкладе автора в исследования. Таим образом, диссертационная работа Л.В. Мостовенко соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ.

10. Общее заключение по диссертации

Диссертация Л. В. Мостовенко является завершенной научно-исследовательской работой, в которой выполнено решение актуальной научно-технической задачи – численное исследование аэродинамики запыленного потока в инерционно-вакуумном золоуловителе и разработка его конструкции. Диссертационное исследование выполнено с применением современных средств компьютерного моделирования.

На основании анализа содержания рукописи и автореферата диссертации можно сделать вывод о том, что диссертационная работа соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ», а автор, Мостовенко Любовь Владимировна, заслуживает присуждения ей искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Официальный оппонент,

Доктор технических наук, доцент,

Тупоногов Владимир Геннадьевич

1 - 20.09.2020
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника»

Сведения:

Полное наименование организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина».

Юридический адрес организации: Главный учебный корпус УрФУ: 620002, Уральский федеральный округ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Мира, 19.

Телефон: 375-45-67

E-mail: v.g.tuponogov@urfu.ru

ПОДПИСЬ
ЗАВЕРЯЮ.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ УрФУ
МОРОЗОВА П.А.

Тупоногов

