

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента доктора технических наук, профессора, кафедры теплогазоснабжения и вентиляции НИУ МГСУ Хаванова П. А. на диссертацию Нефёдовой Марины Александровны на тему: «Энергосберегающие технологии при работе котлов малой мощности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение»

Диссертационная работа выполнена в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» и состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка использованной литературы, включающего 144 наименования и 6 приложений. Объем диссертационной работы составляет 168 страниц, в том числе 63 рисунка, 8 таблиц и 82 формулы; объем автореферата составляет 22 страницы.

Автореферат диссертации отражает содержание диссертационной работы и оформлен в соответствии с требованиями ВАК Российской Федерации.

### **Актуальность темы диссертационного исследования**

Приоритетной задачей энергетической стратегии в Российской Федерации является снижение удельных затрат энергоресурсов на производство тепловой и электрической энергии и повышения эффективности их использования за счет применения энергосберегающих технологий и мероприятий и, как следствие, повышение качества жизненного уровня населения.

На современном этапе осуществляется реформирование теплоэнергетики, внесены поправки в закон «О теплоснабжении» (редакция, действующая с 10 августа 2017 года). Теплоснабжение в РФ развивается как в направлении централизации, так и децентрализации, обеспечивающей экономическую эффективность малых отопительных котельных. Например, в течение 2014 года в РФ было введено 6460 новых котельных, из них 80% – автономные котельные малой мощности до 380 кВт для обеспечения объектов отоплением и горячим водоснабжением, что свидетельствует о развитии децентрализации теплоснабжения.

В условиях активного поиска резервов экономии топливно-энергетических ресурсов существенное значение имеют исследования,

связанные с котлами малой мощности. Котельные малой мощности, как источник тепловой энергии для систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС), находят широкое применение на промышленных предприятиях и в жилом секторе, а также при реконструкции исторически сложившихся районов городов. В качестве источника теплоты для автономных систем отопления и ГВС используются котлы малой мощности, работающие в большинстве случаев на природном газе. Большая часть выпускаемых отечественной промышленностью котлов мощностью до 30 кВт, используемых для автономного теплоснабжения, оборудованы импортными инжекционными газогорелочными устройствами, долговечность которых ниже, чем у котлоагрегатов.

Для совершенствования технологического процесса производства тепловой энергии и реализации требований импортозамещения для малых котельных, оснащенных отечественными котлами до 30 кВт, необходимо комплексное решение: разработка отечественных взаимозаменяемых газогорелочных устройств и совершенствование управления работой тепловых схем котельных. Это позволит повысить эффективность сжигания природного газа (КПД котлов), сократить выбросы вредных веществ в атмосферу.

Вместе с тем, в работе не рассмотрено перспективное и энергоэффективное направление совершенствования теплогенерирующей техники – разработка и применение конденсационных котлов, очевидное с позиций Директивы Европейского Сообщества 2009/125/ЕС от 21.10.2009 г. О внедрении конденсационной техники.

Автор в работе также концентрирует внимание на повышении эффективности работы котельных с несколькими котлами, снижении расхода газа, вопросам распределения нагрузки между котлами и увеличения ресурса работы котлов за счет рационального программного управления при использовании принципов каскадного регулирования работы тепловых схем.

Выбор темы диссертационной работы представляется актуальным и имеет хорошую перспективу практического применения в нашей стране.

### **Научная новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе**

Представленные автором результаты исследований позволяют сделать вывод о научной новизне диссертационной работы, которая заключается в:

– предложение конструкции взаимозаменяемого газогорелочного устройства, которое отличается от импортного аналога меньшим размером,

наличием сегментного отвода переменного сечения, схемой расположения огневых отверстий на коллекторе, что позволяет обеспечить равномерный выход газоздушнoй смеси и более равномерный факел горения (получен патент на изобретение № 2618137);

– обоснование влияния конструктивных элементов разработанной инжекционной газовой горелки на аэродинамические характеристики работы топчного устройства и качество сжигания газоздушнoй смеси с использованием математического моделирования и экспериментальных исследований;

– экспериментально доказано, что эффективность сжигания газа при установке разработанной инжекционной газовой горелки в отопительные котлы малой мощности, при обеспечении условий надежности и безопасности, превышает выбранную для сравнения импортную горелку на 3%, получены эмпирические зависимости, характеризующие качество сжигания газа;

– проведен анализ работы котельной с котлами отечественного производства при каскадном регулировании генерации теплоты, с установкой в котлы разработанных автором газогорелочных устройств, составлена режимная карта.

### **Степень обоснованности и достоверности научных результатов и выводов, сформулированных в диссертационной работе**

Обоснованность проведенных автором исследований подтверждается использованием в работе научных и методологических положений теории аэродинамики и математического моделирования газоздушных потоков, а также теории численного моделирования и методов математической статистики; сопоставлением полученных результатов экспериментального исследования с существующими в научной и справочной литературе по тематике исследования.

### **Значимость для науки и практики выводов и результатов диссертации**

Заключается в разработке конструкции газогорелочного устройства (ГГУ) и обосновании конструктивных особенностей разработанного ГГУ на базе методов численного моделирования; в совершенствовании технологического процесса производства теплоты в котлах малой мощности, работающих на газе низкого давления, за счет установки в них разработанной

инжекционной газовой горелки.

### **Оценка содержания диссертационной работы**

*Во введении* обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы основные цели и задачи исследования, представлена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту, приведена общая характеристика и структура работы.

*В первой главе* автором выполнен обзор существующих газогорелочных устройств инжекционного типа, а также традиционных тепловых схем компоновки котельного оборудования котельных малой мощности. Приведена методика расчёта теплового баланса каскадных котельных установок. Сделаны выводы о достоинствах и недостатках рассмотренных вариантов.

*Во второй главе* приведены основные концепции конструкции разрабатываемого газогорелочного устройства инжекционного типа, работающего на природном газе низкого давления. Методологические основы ее расчета.

*В третьей главе* представлены: физико-математическая модель процессов; результаты математического моделирования аэродинамического режима разработанного газогорелочного устройства для обоснования предложенных конструктивных элементов; математическая модель, численная реализация и визуальная интерпретация процесса горения газовоздушной смеси в топке котла. На основании полученных результатов скорректированы геометрические размеры, профиль огневых отверстий и их расположение на коллекторе разработанного ГГУ. По результатам моделирования процесса горения доказана эффективность сжигания газа при разных мощностях работы котлоагрегата, получены зависимости концентраций вредных веществ в уходящих газах от мощности и от коэффициента избытка воздуха.

*В четвертой главе* приведено описание тепловой схемы котельной, оборудованной отечественными котлами «NEVALUX» с установкой в котлоагрегаты разработанного ГГУ, сделаны выводы о преимуществах тепловой схемы каскадного регулирования.

*В пятой главе* приведены методики проведения экспериментальных исследований и результаты натурных измерений энерго-экологических показателей работы котла малой мощности, с установкой разработанного

ГГУ, обоснована корректность применения математического моделирования для изучения процесса горения газа в топке котла малой мощности.

**Личный вклад автора** заключается в проведении теоретических изысканий, выполнении экспериментальных и натурных исследований, обосновании применения разработанной математической модели на базе натурных измерений, обобщении их результатов, разработке практических методик и выдаче практических рекомендаций.

**Полнота опубликования результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 12 научных статей, из них 3 в периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ; получен 1 патент на изобретение «Инжекционная горелка низкого давления» № 2618137, Рос. Федерация; МПК F23D 14/10 (2006.01).

### **Замечания по диссертации**

1. Используемые в тексте работы понятия и терминология часто неверны и ошибочны:

- газовые горелки делятся на «диффузионные и инжекционные» - гл. 1;
- «медленно горящий газ» - гл. 1;
- «КПД горелки «POLIDORO» - чуть выше 90%» - это значит, что химический недожег – 10%,  
чего быть не может – гл.1;
- «каскадная схема компоновки котельной» - используется повсеместно в заголовках и по тексту – принципиально неверно и ошибочно, так как каскадной является система управления работой котлов в тепловой схеме (при их количестве больше двух);
- на рис.3.16 подрисуночные сноски не соответствуют позициям, а некоторые неверны -17- «датчик подпитки ГВС»;
- «тепловая схема помещения котельной» -???- стр.91;
- используется обозначение «СОх»-не имеющее смысла в приложении к данной работе - Рис.5.4, табл.5-1, стр. 110-111;
- и др.

2. Раздел 2.1 не содержит разработок автора, его следует включить в Главу 1.

3. Важной целью моделирования процессов в ГГУ является разработка узлов горелки: инжекционного узла; смесительного участка; внутреннего профиля головки горелки; схемы расположения и конструкции выходных отверстий. В работе нигде не приведен внутренний профиль и описание конструкции полученных в результате моделирования перечисленных элементов ГГУ, кроме выходных отверстий и внешнего вида горелки.

4. Тепловая схема Рис. 4.1 представляемая и анализируемая как разработка автора сконструирована с применением двухконтурного котельного оборудования. В данной схеме отсутствует рассмотрение возможности применения одноконтурного оборудования. Поэтому исследование эффективности схемы проведены однобоко без учета различных вариантов. Поэтому вывод 8 по диссертации не отображает всю полноту необходимых исследований.

5. В таблице 4-2 приведены : - номинальная теплопроизводительность котла -30кВт; - номинальная тепловая мощность – 33кВт, - следовательно КПД=30/33 = 90,9%, а в таблице – КПД = 92% - непонятно это ошибка или небрежность котла?

6. Содержание и название таблицы 5.1 не согласуются, так как к характеристикам ГГУ последние 7 параметров отношения не имеют, и в тоже время приведенные данные вызывают ряд вопросов:

- если рассчитать и сравнить значения коэффициента избытка воздуха «за котлом» по приводимым данным содержания CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> (используя методику [73]) получается соответственно:- при 30%  $\alpha(\text{CO}_2) = 1,75$ ,  $\alpha(\text{O}_2) = 2,2$ ; - при 50%  $\alpha(\text{CO}_2) = 1,69$ , а  $\alpha(\text{O}_2) = 1,45$ ; -при 100%  $\alpha(\text{CO}_2) = 1,66$ , а  $\alpha(\text{O}_2) = 1,22$ .

- в описании главы 5 указано «КПД котла в пределах исследуемых нагрузок» «(от 10 до 30 кВт)» «составил 93,5–95%»; а в таблице числится

Таблица 5.1 – Результаты испытаний разработанной инжекционной горелки, работающей на газе низкого давления

Наименование параметров	Единица измерения	Режимы работы котла NEVALUX 8230							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Тепловая мощность	кВт	10,0	12,86	15,71	18,57	21,43	24,29	27,14	30,0
КПД котла	%	94,87	94,91	94,93	94,94	94,97	95,01	95,03	95,05

- содержат данные по «оксидам углерода» - «CO<sub>x</sub>». При анализе работы газогорелочных устройств принято называть оксидом угарный газ – CO. CO<sub>2</sub> принято называть диоксидом. При настройке горелок анализируется содержание в дымовых газах за котлом прежде всего оксида углерода CO как показателя химического недожога.

Хотелось бы отметить, что указанные замечания и недостатки не снижают новизну и значимость проведенных автором экспериментальных и теоретических исследований, а также общего положительного впечатления от рецензируемой работы. Диссертация написана грамотным техническим языком, имеет четкую логичную структуру; автореферат полно отражает содержание диссертационной работы.

### Заключение

Представленная диссертационная работа Нефёдовой Марины Александровны на тему «Энергосберегающие технологии при работе котлов малой мощности» соответствуют критериям, изложенным в п. 9. «Положения о присуждении ученой степени», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Нефёдова М. А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

Официальный оппонент

Доктор технических наук, профессор,  
научная специальность 05.23.03 –

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование  
воздуха, газоснабжение и освещение,

профессор кафедры теплогазоснабжения и  
вентиляции, ФГБОУ ВО

«Национальный исследовательский

Московский государственный строительный  
университет» (НИУ МГСУ)

Хаванов Павел Александрович

Адрес: 129337, Центральный федеральный округ,  
г. Москва, Ярославское шоссе, д.26 «НИУ МГСУ»

кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

тел: +7-916-686-61-20

email: [havanov49@bk.ru](mailto:havanov49@bk.ru)



05.12.2017

Подпись д-ра техн. наук П. А. Хаванова заверяю

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА  
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ  
С ПЕРСОНАЛОМ  
М.А. КОВАЛЬ