

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,
общественным связям и
международному сотрудничеству
ФГБОУ ВО «Российский
государственный аграрный заочный
университет», к.э.н., доцент



Цветков И.А.

«9 » сентября 2015 г.

О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу Петровой Елены Алексеевны на тему «Электроинтенсификация горения в газовых водогрейных котлах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 – электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

1. Актуальность темы диссертационной работы.

Рациональное использование традиционных видов топлива является важной задачей современного сельского хозяйства. Многие технологические процессы, связанные со сжиганием углеводородных энергносителей, сегодня происходят в неэкономичных режимах. В результате мы наблюдаем перерасход топлива и существенный вред, наносимый окружающей среде. Среди таких процессов значительное место занимает производство горячей воды, реализуемое в малых котельных на газовом топливе, в домах и сооружениях АПК.

Одним из путей оптимизации режимов горения может стать создание условий для тщательного выдерживания соотношения объемов топлива и окислителя. Соблюдение этого соотношения может быть достигнуто посредством принудительной и регулируемой подачи окислителя в топочную камеру. В качестве окислителя возможно применения воздуха, кислорода или его аллотропического видоизменения – озона. Последний вариант оказывается наиболее предпочтительным, поскольку окислительные свойства озона выше, чем у кислорода, а его получение технически несложно и довольно дешево.

Обзор передовых научных достижений по вопросу использования озона в технологических процессах, позволил сделать вывод о перспективности применения озона в качестве окислителя в реакциях горения в производственных условиях. Вместе с тем приходится констатировать, что газовые водогрейные котлы с озоновым наддувом в России и за рубежом пока не выпускаются. Такое положение сложилось вследствие недостаточной изученности процесса, отсутствия достоверных сведений

о его режимах и недостатке информации о возможности и принципах управления. Помимо этого, предшествующие исследования не затрагивали импульсные режимы подачи озона, о перспективности которых свидетельствуют результаты рекогносцировочных экспериментов. Кроме того, на сегодняшний день еще не созданы простые и достаточно надежные котлы с озоновым наддувом, работа которых была бы независима от внешнего источника электроэнергии.

Таким образом, работа, выполненная Петровой Е.А., направленная на изучение процесса горения газа в озонированной среде, разработку методов и режимов подачи озона в топочную камеру, конструирование простых электронезависимых водогрейных котлов является актуальной.

2. Достоверность результатов и обоснованность выводов.

Достоверность полученных научных данных подтверждается совпадением результатов теоретических и экспериментальных исследований. Обоснованность выводов подтверждается использованием апробированных методик исследования, методов математической статистики, теорией дифференциальных уравнений, теорией автоматического управления и операторных преобразований.

3. Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы.

Наиболее существенные результаты, полученные лично соискателем и отличающиеся научной новизной, заключаются в:

- разработке математической модели динамического баланса концентрации озона в топочной камере;
- обосновании целесообразности подачи озона в импульсном режиме;
- разработке принципа построения математической модели процесса импульсного озонирования среды;
- анализе процесса самораспада озона и получении аналитических зависимостей интенсивности разложения озона от режимов подачи и параметров котла;
- экспериментальном исследовании процесса горения в озоно-воздушной среде и определении параметров озонового наддува;
- разработке алгоритма управления электроозонатором;
- обосновании целесообразности подачи ионизированного озона энергией электрического поля;
- разработке конструкций электронезависимых газовых водогрейных котлов с озоновым наддувом.

4. Ценность диссертации для науки и практики.

Практическая значимость выполненной работы состоит в том, что полученные данные по методам и режимам электроинтенсификации горения в газовых водогрейных котлах позволяют снизить потребление газа и существенно уменьшить загрязнение окружающей среды. Результаты исследований использованы:

- при разработке электронезависимых газовых водогрейных котлов для горячего водоснабжения объектов АПК;
- при разработке лабораторного стенда по изучению подачи ионизированного газа энергией электрического поля.
- Техническая новизна разработанных конструкций подтверждена восьмью патентами РФ.
- Выполненные исследования позволили получить совокупность новых положений и результатов, заключающихся в разработке:
- метода электроинтенсификации горения газа в топочных камерах водогрейных котлов посредством импульсной подачи озона-воздушной смеси;
- принципа построения математической модели процесса импульсного озонирования среды;
- математической модели динамического баланса концентрации озона и аналитических зависимостей разложения озона от режимов подачи и параметров котла;
- алгоритма управления электроозонатором;
- метода подачи ионизированного озона посредством воздействия электрического поля;
- конструкций электронезависимых газовых водогрейных котлов с озоновым наддувом.

Техническая документация на изготовление электронезависимых газовых водогрейных котлов с озоновым наддувом передана для использования на специализированное производственное предприятие ООО «Термофор» и проектно-исследовательское предприятие ООО «ТехноПромСервис» г. Новосибирск.

5. Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы.

Результаты работы предлагается использовать при проектировании новых моделей газовых водогрейных котлов малой мощности. В диссертации сформулирован метод электроинтенсификации горения природного газа в топочных камерах и приведены его количественные характеристики. Конструкции серийных водогрейных котлов предложено оснащать озонаторами, устройствами подачи озона-воздушной смеси в зону горения, а также термоэлектрическими преобразователями и статическими преобразователями электрического напряжения. Перечисленные дополнения снижают расход газа и уменьшают вредное воздействие продуктов сгорания на окружающую среду. При этом, несмотря на некоторое увеличение стоимости котлов, экономия газа окупает капитальные затраты в течение первых двух лет эксплуатации.

Усложнение конструкций серийных котлов не приводит к существенному снижению их надежности, а также не усложняет эксплуатацию и обслуживание.

Кроме того, полученные результаты открывают возможность разработки электронезависимых водогрейных котлов на других видах топлива. При этом для уточнения количественных параметров котлов могут быть реализованы научные подходы, использованные Петровой Е.А.

6. Оценка содержания диссертации, степень ее завершенности и качество оформления.

Работа выполнена согласно требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к оформлению диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук. Она состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 107 наименований и 13 приложений. Содержание диссертации изложено на 201 странице, иллюстрировано 19 рисунками и включает 10 таблиц. Содержание автореферата диссертации дает представление о постановке проблемы, методах ее решения и полученных результатах. Текст автореферата сжат, информативен и соответствует тексту диссертации. Принципиальных замечаний по диссертации нет.

7. Полнота опубликования основных результатов диссертации в научных изданиях.

По материалам диссертации опубликовано 28 печатных работ, в том числе 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 монография и 8 патентов РФ.

В этих работах в достаточно полной степени:

- рассмотрен механизм интенсифицирующего влияния озона на горение природного газа;
- приведены сведения по энергетике процесса интенсификации горения озоно-воздушной смесью;
- обоснованы параметры электроинтенсификации горения озоновым наддувом;
- рассмотрен процесс распада озона при его перемещении от озонатора в топочную камеру;
- предложен способ подачи озона в импульсном режиме;
- доказана целесообразность перемещения ионизированных молекул озона энергией электрического поля;
- разработан алгоритм управления озонатором;
- предложен ряд конструкций электронезависимых водогрейных котлов с озоновым наддувом.

Основные положения диссертации обсуждались и получили положительную оценку на Международной научно-технической интернет-конференции «Энергосберегающие процессы и аппараты в пищевых и химических производствах» в г. Воронеж в 2011 г.; на Всероссийской конференции с международным участием «Современные методы обеспечения эффективности и надежности в энергетике» в г. Санкт-Петербург в 2012 г.; на научной конференции профессорско-

преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГАУ «Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования» в г. Санкт-Петербург в 2012 г.; на Международной научно-практической конференции «Повышение управленческого, экономического, социального и инновационно-технического потенциала предприятия, отраслей и народнохозяйственных комплексов» в г. Пенза в 2012 г.; на научно-практической конференции с международным участием «XLI неделя науки СПбГПУ» в г. Санкт-Петербург в 2012 г.; на Международной научно-практической конференции «Инновационные энергосберегающие технологии» в г. Москва в 2012 г.; на 2-й Всероссийской научно-практической конференции «Научные и технические средства обеспечения энергосбережения и эффективности в экономике РФ» в г. Санкт-Петербург в 2012 г.; на XII Международной научно-технической конференции «Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем» в г. Москва в 2012 г.; на II Международной научно-практической конференции «Перспективное развитие науки, техники и технологий» в г. Курск в 2012 г.; на Международной научно-практической конференции «Робототехника в сельскохозяйственных технологиях» в г. Мичуринск в 2014 г.

8. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований.

Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований Петровой Е.А. сформулированы следующим образом:

1. На основании анализа современных методов интенсификации горения в топочных камерах газовых водогрейных котлов, а также в результате изучения механизма воздействия озона-воздушной смеси на процесс горения и использования результатов математического моделирования сделано заключение о возможности применения озона в качестве окислителя при его концентрации 90...200 мг/м³. При этом для электроинтенсификации горения в газовых водогрейных котлах с тепловой мощностью 25 кВт и средним потреблением газа 1 м³/ч в течение суток потребуются 72 г озона, для получения которых должна быть затрачена электроэнергия в объеме 4,1 кВт·ч.
2. В результате теоретических и экспериментальных исследований установлена целесообразность подачи озона в импульсном режиме. Доказано, что эффективность импульсного озонирования зависит от параметров топочной камеры и концентрации озона-воздушной смеси. Сформирован принцип математического описания процесса импульсного озонирования среды, позволяющей определять эффективную частоту включения озонатора.
3. Доказана возможность подачи ионизированного озона энергией электрического поля. Установлено, что для обеспечения подачи

озоно-воздушной смеси $3,5 \cdot 10^{-4}$ м³/с при концентрации озона 200 мг/м³ достаточно располагать электрическим напряжением между электродами 18...23 кВ. При этом суточные затраты энергии составят 0,02 кВт·ч.

4. Разработана математическая модель динамического баланса концентрации озона в топочной камере. Проанализирован процесс самораспада озона и получены аналитические зависимости интенсивности его разложения от режимов подачи и параметров котла.
5. Разработан алгоритм управления озонатором, позволяющий устанавливать величину напряжения на первичной обмотке повышающего трансформатора в зависимости от требуемого режима горения и производительности котла.
6. Разработаны конструкции электронезависимых газовых водогрейных котлов с озоновым наддувом. В результате оценки надежности котлов было установлено, что при отсутствии регулярного технического обслуживания в течение расчетного периода эксплуатации они будут работать безотказно с вероятностью 92%. Экономический анализ показал, что внедрение разработанных конструкций позволит снизить эксплуатационные затраты на 20% при двухлетнем сроке окупаемости капитальных затрат.

9. Замечания по работе.

1. В третьей главе диссертации для математического описания процесса подачи озона в импульсном режиме соискатель использует язык дискретных операторных преобразований Теллера-Боксера. При этом получившиеся выражения оказались довольно громоздкими, что затрудняет их использование на практике. Должно быть при решении поставленной задачи было бы целесообразно воспользоваться классическим подходом, сделав соответствующие допущения и оценив погрешность.

2. В разделе 4.2 диссертации автор не приводит обоснование частотного диапазона, выбранного для экспериментального исследования при изучении подачи озоно-воздушной смеси в импульсном режиме.

3. Остается непонятным: каким образом можно распространить результаты исследований по разработке алгоритма управления озонатором, приведенных в разделе 4.3 диссертации, на другие котлы.

4. Эффективность интенсифицирующего эффекта от воздействия озона целесообразно было бы оценивать не по амплитуде пламени, а каким-нибудь более объективным (например, калориметрическим) способом.

5. Из раздела 5.4 текста диссертации не вполне ясно, какие котлы сравнивались при оценке экономической эффективности разработок соискателя.

В целом, несмотря на отмеченные замечания, диссертация Петровой Елены Алексеевны является законченной научно-исследовательской работой, содержащей решение важной научно-технической задачи, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 – электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

Отзыв на диссертацию Петровой Е.А. составлен по результатам обсуждения на расширенном заседании кафедры электрооборудования и автоматики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный заочный университет» 03 сентября 2015 г., протокол № 1.

Заведующая кафедрой
электрооборудования и автоматики
к. т. н., доцент

Липа О.А.

Почтовый адрес: 143907, Московская обл.,
г. Балашиха, ш. Энтузиастов, д.50
ФГБОУ ВО РГАЗУ
Телефон: (495)521-24-56
Эл. почта: mail@rgazu.ru

Подпись заверяю:
Начальник отдела административной работы:
ФГБОУ ВО РГАЗУ
Кованцева О. Н.
143907, МО, г. Балашиха,
ул. Ш. Энтузиастов, дом 50, Тел.: 521-39-46
143900, МО, г. Балашиха,
ул. Ю. Фучика, дом 1, тел.: 521-24-64
41 " 09 2015 г



[REDACTED]

[REDACTED]

10 - 04 ██████████ 100-000

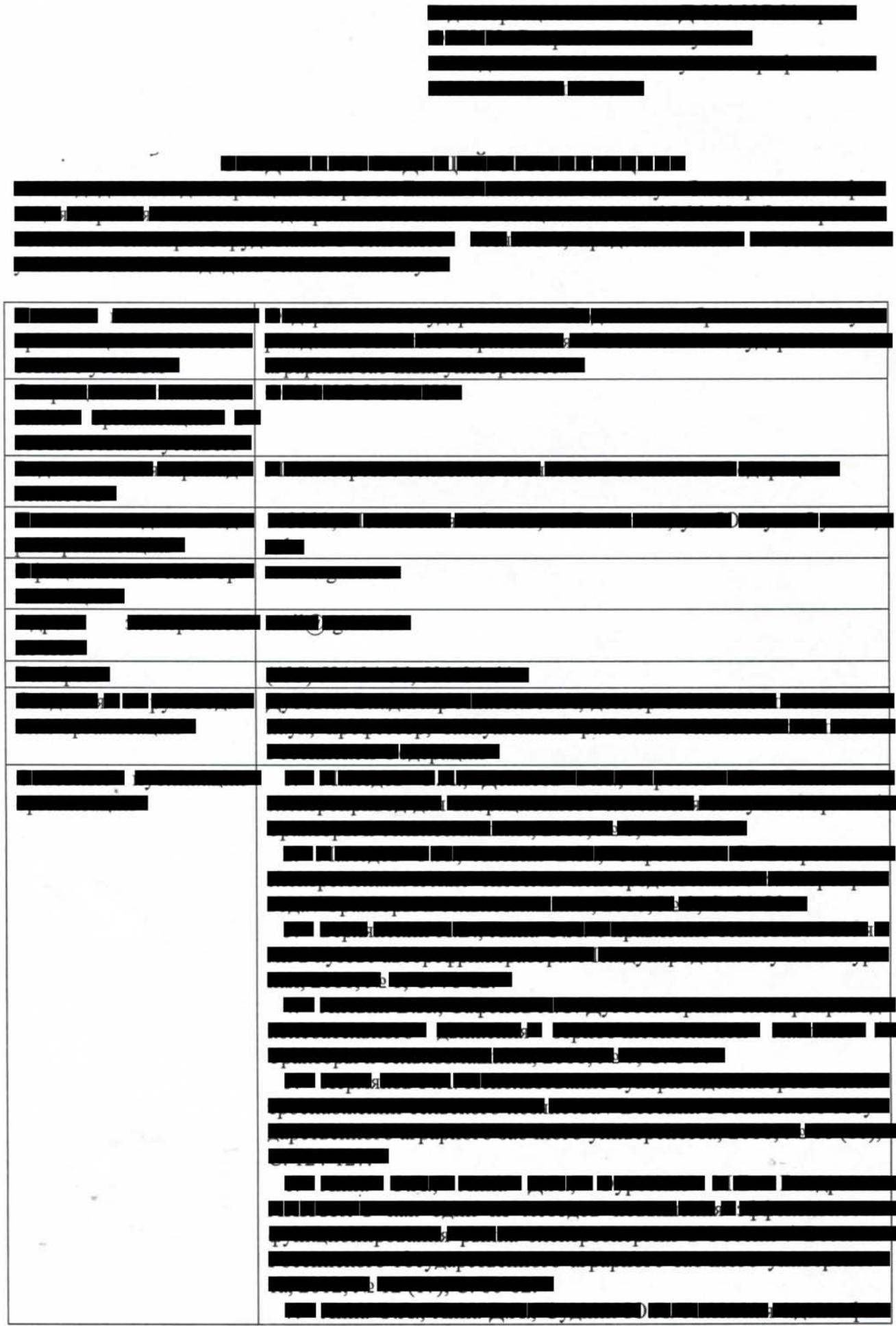
Digitized by srujanika@gmail.com

и включает в себя, предложенную на заседании

Digitized by srujanika@gmail.com

1 2 3 4 5 6

2





Проректор по научной работе,
общественным связям и международному
сотрудничеству