

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Филимоновой Елены Александровны «Кинетика процессов горения, конверсии оксидов азота и углеводородов, стимулированных наносекундными разрядами», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.08 - физика плазмы

**Актуальность диссертационной работы** Елены Александровны Филимоновой обусловлена чрезвычайно большим вкладом выбросов промышленных установок и двигателей внутреннего сгорания в загрязнение атмосферы и связанной с этим обстоятельством необходимостью разработки подходов к снижению вредных выбросов. Автором предложены и подробно проработаны подходы, опирающиеся на использование неравновесной плазмы наносекундных разрядов для стимулирования процессов горения топлив и снижения выбросов оксидов азота и некоторых других загрязнителей в продуктах сгорания. Решение подобных задач с опорой только на эксперименты требует исключительно больших материальных и временных затрат, да и не всегда в полной мере возможно. Это обусловлено многостадийностью и многоканальностью плазмохимических процессов и необходимостью привлечения большого набора методик для их изучения. Поэтому разработка математических моделей инициированных плазмой процессов горения и численных методов их анализа является очень актуальной задачей. Актуальность и значимость выполненных исследований подтверждается поддержкой работы грантами РФФИ, в том числе, и для исследований с участием зарубежных групп.

**Теоретическая значимость и практическая ценность** результатов работы не вызывают сомнений. Действительно, разработанные в диссертации методы, подходы и численные модели позволяют не только детально описывать особенности кинетики и анализировать механизмы процессов окисления, горения и конверсии ряда соединений при газоразрядном инициировании, но и составляют основу для оптимизации процессов. Это должно обеспечить значительное сокращение затрат на экспериментальные исследования, а в итоге – и повышение эффективности работы двигателей и топливных установок. Разработанные в диссертации модели могут быть адаптированы для решения широкого круга задач.

**Новизна полученных в работе результатов и выводов** ясно отражена в автореферате. Можно выделить следующие новые результаты.

Впервые автором показано, что наносекундный разряд стимулирует развитие и увеличивает интенсивность холодного пламени, а кроме того, уменьшает немонокотное окисление смеси с ростом начальной температуры, вплоть до подавления отрицательного температурного коэффициента скорости окисления.

Разработана модель химического реактора сжатия с инициированием воспламенения неравновесной плазмой.

Предложен способ организации горения в компрессионном двигателе за счет воздействия неравновесной плазмы на бедную смесь с учетом стадий низкотемпературного выделения тепла или выделения тепла при промежуточных температурах.

Предложены рекомендации по организации процессов горения в бедной смеси с использованием разряда для сокращения выхлопов СО и несгоревших углеводородов.

Впервые дано объяснение значительного влияния высокочастотного коронного разряда на воспламенение и режим распространения волны горения в компрессионном двигателе.

Разработан метод учета дискретного по времени и пространству образования активных реагентов, обусловленного многоканальной структурой наносекундного разряда.

Построена кинетическая модель конверсии оксидов азота в продуктах сгорания дизельного двигателя в присутствии  $C_2H_4$  и  $C_3H_6$  при газоразрядном инициировании процесса.

Показана важная роль возбужденных молекул азота в разложении нафталина в биогазе при использовании наносекундных разрядов, а также доказана необходимость учета ион-молекулярных, электрон-ионных процессов и диссоциативной рекомбинации.



**Достоверность результатов работы и выводов** подкреплена тем, что предложенные автором кинетические схемы и расчетные процедуры тестировались на надежных экспериментальных данных, взятых из литературных источников. Результаты численных расчетов для процессов очистки и конверсии загрязненных газов, а также горения в закрытых объемах показали хорошее согласие с данными экспериментов.

**Результаты диссертационной работы прошли серьезную апробацию.** Они докладывались и обсуждались на ряде российских и международных конференций, а также на семинарах в России, Южной Корее, Германии, Франции и Нидерландах (опубликованы тезисы 80 докладов). По материалам диссертации автором лично или совместно с соавторами опубликована 21 статья в журналах, которые индексируются в Web of Science, Scopus и рекомендованы ВАК для публикации результатов кандидатских и докторских диссертаций. Кроме того, основные положения и результаты работы отражены в главах 7 книг, включая Энциклопедию низкотемпературной плазмы.

**Личный вклад автора** в работу был определяющим на всех этапах работы: от постановки задач до представления результатов и выводов диссертации в публикациях и докладах на конференциях.

**Замечание.** При описании в автореферате модели многостадийного воспламенения (Глава 2) автором не указано, учитывался ли теплообмен со стенками и потери радикалов на стенках сосуда. Эти процессы могут быть важны, особенно при низких давлениях, и они могут влиять на время задержки воспламенения.

Сделанное замечание ни в коей мере не ставит под сомнение справедливость выводов и не снижает значимости результатов диссертационной работы.

Диссертационная работа Е.А. Филимоновой представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой разработаны теоретические положения, детально отражающие и объясняющие особенности кинетики и механизмы процессов конверсии токсичных примесей в топливных смесях и продуктах сгорания, воспламенения и горения смесей при активировании плазмой наносекундных разрядов. Работа соответствует всем критериям для докторской диссертации, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., ред. 01.10.2018 г., а ее автор Филимонова Елена Александровна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Отзыв составил главный научный сотрудник лаборатории 3-6 – химии гибридных наноматериалов и супрамолекулярных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук (ИХР РАН)

д.ф.-м.н., доцент

Титов Валерий Александрович

08.09.2021г.

153045, г. Иваново, ул. Академическая, д. 1, тел.: +7 (4932) 351859, tva@isc-ras.ru

Подпись Титова В.А. удостоверяю:  
Ученый секретарь ИХР РАН, к.х.н.

Иванов Константин Викторович

153045, г. Иваново, ул. Академическая, д. 1, тел.: +7 (4932) 336991, e-mail: adm@isc-ras.ru

