

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 501.001.45 НА БАЗЕ
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова
Минобрнауки РФ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 07 октября № 5

О присуждении Чукаловскому Александру Александровичу, гражданину РФ, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование кинетических процессов с участием возбуждённого в плазме синглетного кислорода в кислород-йодных и водород-кислородных газовых потоках»

по специальности 01.04.08 – "физика плазмы"

принята к защите 30 июня 2015 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 501.001.45 на базе Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова Минобрнауки РФ, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2, приказ Рособнадзора № 2249-1562 от 09.11.2007.

Соискатель Чукаловский Александр Александрович 1985 года рождения.

В 2008 году соискатель окончил физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, в 2011 году – аспирантуру физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, работает в должности научного сотрудника в Научно-исследовательском институте ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена в отделе микроэлектроники НИИ ядерной физики МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Рахимова Татьяна Викторовна, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

- Аязов Валерий Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва» (национальный исследовательский университет), г. Самара, главный научный сотрудник,

- Кочетов Игорь Валерианович, кандидат физико-математических наук, Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, г. Троицк, ведущий научный сотрудник,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, в своём положительном отзыве, подписанном ведущим научным сотрудником Курчатовского комплекса физико-химических технологий НИЦ "Курчатовский институт", кандидатом физико-математических наук Деминским М.А., указала, что:

- "Диссертация Чукаловского А.А. представляет собой серьезную завершённую научно-исследовательскую работу. Полученные новые научные результаты имеют существенное значение для науки и практики. Выводы полностью обоснованы. Автореферат диссертации правильно и полно отражает её содержание. Личный вклад и высокая квалификация автора не вызывает сомнений. Результаты диссертации в достаточном объеме опубликованы в научных журналах и представлены на научных конференциях. Диссертация представлена и обсуждена на заседании семинара Курчатовского комплекса физико-химических технологий НИЦ "Курчатовский институт". Диссертация Чукаловского А.А. полностью соответствует специальности 01.04.08 - "физика плазмы" и удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а Чукаловский А.А. заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 - физика плазмы."

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации - 8 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях. Из них наиболее значимыми являются:

1. А.А. Чукаловский, Т.В. Рахимова, К.С. Клоповский, Ю.А. Манкелевич и О.В. Прошина, "Исследование кинетики кислород-йодного лазера с электроразрядной генерацией синглетного кислорода при использовании двумерной газодинамической модели," *Физика Плазмы*, Т. 37, № 3, С. 277 – 289, 2011 г., 0.81 усл. печ. л. В работе проведен детальный анализ кинетических процессов в электроразрядном кислород-йодном лазере (ЭР КИЛ) на основе двумерной (в (r, z) -геометрии) газодинамической модели. Все результаты были получены лично соискателем на основе проведенных им численных расчетов с использованием самостоятельно разработанной модели.

2.A.A.Chukalovsky, K.S.Klopovsky, M.A.Liberman, Y.A.Mankelevich, N.A.Popov, O.V. Proshina, and T.V.Rakhimova, “Study of Singlet Delta Oxygen $O_2(^1\Delta_g)$ Impact on H_2-O_2 Mixture Ignition in Flow Reactor: 2D Modeling,” *Combustion Science and Technology*, V. 184, N. 10–11, PP. 1768–1786, 2012, 1.19 усл. печ. л. В работе проведен детальный анализ эксперимента по воздействию наработанных в плазме тлеющего разряда молекул синглетного кислорода на длину индукции водород-кислородной смеси на основе численного моделирования с использованием разработанной соискателем модели с учётом детальной схемы кинетических процессов в смеси $H_2-O_2-O_2(^1\Delta_g)$.

3.А.А.Чукаловский, Т.В.Рахимова, К.С.Клоповский, Н.А.Попов, Ю.А.Манкелевич и О.В. Прошина, “Особенности кинетики $H_2-O_2-O_2(^1\Delta_g)$ смесей. Часть I. Образование и тушение электронно-колебательно возбужденных молекул $HO_2^*(^2A')$ в $H_2-O_2-O_2(^1\Delta_g)$ смесях при температуре 300 К,” *Физика Плазмы*, Т. 40, № 1, С. 44–62, 2014 г., 1.19 усл. печ. л. В работе проведен теоретический анализ данных и модификация схемы кинетических процессов в смеси $H_2-O_2-O_2(^1\Delta_g)$, которая была верифицирована на экспериментальных данных. Все результаты данной работы были получены лично соискателем.

4.A.A.Chukalovsky, K.S.Klopovsky, A.P.Palov, and T.V.Rakhimova, “Peculiarities of $O_2(^1\Delta_g)$ kinetics in reactions with H atoms,” in *The proceedings of 22nd International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC 22)*, PP. 1 – 4, 2015, 0.25 усл. печ. л. В работе проведен детальный анализ данных по константам и каналам реакции $H+O_2(^1\Delta_g)\rightarrow products$ и предложен новый механизм протекания данной реакции. Все результаты моделирования и детального анализа данных получены лично соискателем.

На автореферат поступил отзыв от доктора физико-математических наук, профессора, заведующего лабораторией импульсных плазменных систем Московского физико-технического института, Александрова Н.Л. Отзыв положительный, замечаний не содержит.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что В. Н. Аязов и И. В. Кочетов являются высококвалифицированными экспертами в области, которой посвящена диссертация; наличием в ведущей организации отдела, в котором проводятся исследования по аналогичной тематике.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны:

- математические модели, описывающие транспорт и смешение реагирующих газовых потоков с учётом детальной химической кинетики, в том числе самосогласованная двумерная (в (r,z) -геометрии) газодинамическая модель, которые позволяют проводить анализ, прогностические оценки и оптимизацию параметров рассматриваемых в работе систем;

- оригинальная детальная кинетическая модель для описания процессов в смесях $\text{H}_2\text{-O}_2\text{-O}_2(^1\Delta_g)$ с учётом электронно-возбуждённых молекул HO_2^* , которая была верифицирована на имеющихся в литературе экспериментальных данных по кинетике синглетного кислорода (СК) в смеси $\text{H}_2\text{-O}_2$;

установлены:

- значение константы скорости реакции тушения возбуждённого состояния йода атомами O в реакции $\text{I}^*(^2\text{P}_{1/2}) + \text{O} \rightarrow \text{I}(^2\text{P}_{3/2}) + \text{O}$, при температуре 500 К на основе численного анализа процессов в зоне смешения электроразрядного кислород-йодного лазера (ЭР КИЛ);

- параметры оптимальных режимов работы непрерывного дозвукового ЭР КИЛ с генератором СК на основе поперечного высокочастотного (ВЧ) разряда по расходу потока йода при давлении кислорода до 10 Тор;

- значения констант скоростей процессов с участием молекул $\text{O}_2(^1\Delta_g)$ и радикалов HO_2 в основном и электронно-возбуждённом состояниях на основе моделирования данных экспериментов в проточных реакторах и ударных трубах в смесях $\text{H/H}_2\text{-O}_2/\text{O}_2(^1\Delta_g)/\text{O}$;

- значение константы скорости реакции $\text{H} + \text{O}_2(a^1\Delta_g) \rightarrow \text{O} + \text{OH}$ при температуре 780 К на основе численного анализа эксперимента по воздействию наработанных в разряде постоянного тока молекул $\text{O}_2(^1\Delta_g)$ на длину воспламенения в смеси $\text{H}_2\text{-O}_2\text{-O}_2(^1\Delta_g)$.

доказана:

- необходимость учёта возбуждённых радикалов HO_2^* в кинетической схеме $\text{H}_2\text{-O}_2\text{-O}_2(^1\Delta_g)$ процессов в области низких температур до 600 К;

предложены:

- новый механизм реакции $\text{H} + \text{O}_2(a^1\Delta_g) \rightarrow \text{products}$ и её каналов с учётом электронно-колебательного взаимодействия нижних дублетных состояний радикала HO_2 : основного - $^2\text{A}''$ и первого электронно-возбуждённого $^2\text{A}'$ за счёт эффекта Реннера-Теллера, который позволяет дать объяснение высокой вероятности спин-запрещённой реакции тушения $\text{H} + \text{O}_2(^1\Delta_g) \rightarrow \text{H} + \text{O}_2(^3\Sigma)$;

- зависимости констант скоростей каналов реакции $\text{H} + \text{O}_2(a^1\Delta_g) \rightarrow \text{products}$ от давления и температуры, которые рекомендованы к использованию в кинетических моделях $\text{H}_2\text{-O}_2\text{-O}_2(a^1\Delta_g)$ смесей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- с использованием разработанных моделей получены новые данные по кинетическим процессам с участием возбуждённого в плазме синглетного кислорода применительно к задаче о детализации плазмохимических реакций для моделирования процессов в рабочей среде электроразрядного кислород-йодного лазера и в условиях горения и воспламенения топливо-содержащих смесей, стимулированного плазмой газовых разрядов;

- с учётом предложенного механизма реакции $\text{H} + \text{O}_2(a^1\Delta_g) \rightarrow \text{products}$ дано объяснение имеющимся противоречиям теоретических расчётов и экспериментальных данных по выходным каналам данной реакции, а также показана необходимость учёта электронно-колебательного взаимодействия нижних дублетных состояний $^2A'$ и $^2A''$ радикала HO_2 при анализе динамики реакции $\text{H} + \text{O}_2(a^1\Delta_g) \rightarrow \text{products}$;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- определены параметры оптимальных режимов работы непрерывного дозвукового ЭР КИЛ с генератором синглетного кислорода на основе поперечного ВЧ-разряда, которые представляют ценность для проведения дальнейших работ по оптимизации и масштабированию ЭР КИЛ по давлению кислорода и увеличению его КПД;

- создана детальная модель кинетических процессов в смесях $\text{H}_2\text{-O}_2\text{-O}_2(a^1\Delta_g)$ с учётом электронно-возбуждённых молекул HO_2^* , позволяющая проводить прогностические расчёты эволюции концентрации компонентов смеси в широком диапазоне температур, давлений и составов смеси. Данная модель может учитываться в системах плазмохимических реакций при описании разрядов в смесях $\text{H}_2\text{-O}_2\text{-O}_2(a^1\Delta_g)$, а также при моделировании фото- и плазменно-стимулированного горения и процессов, протекающих в верхней атмосфере Земли.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- корректность применяемых теоретических методов и математических моделей при анализе рассматриваемых в диссертации задач,

- согласие полученных с использованием разработанных моделей результатов с экспериментальными данными, а также с результатами, полученными другими научными группами.

Личный вклад автора является определяющим и состоит в:

- разработке газодинамических моделей, описывающих транспорт и смешение реагирующих газовых потоков с учётом детальной химической кинетики,
- построении численных алгоритмов решения уравнений, используемых в разработанных математических моделях,
- разработке кинетической модели процессов в смеси $H_2-O_2-O_2(a^1\Delta_g)$, и её верификации на литературных экспериментальных данных,
- получении и интерпретации численных и аналитических результатов,
- подготовке основных публикаций по выполненной работе
- представлении полученных результатов на семинарах, международных и российских конференциях.

На заседании 7 октября 2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Чукаловскому А.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 11 докторов наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 21, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета Д 501.001.45
д.ф.-м.н.


А.Н. Васильев

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 501.001.45
к.ф.-м.н.


О.М. Вохник