

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.137.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЭЛЕКТРОФИЗИКИ
И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело N _____

решение диссертационного совета от 22.04.2021 N 4

О присуждении Маланичеву Виктору Евгеньевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование воздействия барьерного разряда на основные компоненты природного газа при атмосферном давлении» по специальности 01.04.13 – «Электрофизика, электрофизические установки» принята к защите 17.11.2020, (протокол заседания N 2) диссертационным советом Д 999.137.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института электрофизики и электроэнергетики Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 191186, г. Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, 18, приказ о создании диссертационного совета №156/НК от 01 апреля 2013 г.

Соискатель Маланичев Виктор Евгеньевич, 1991 года рождения.

В 2013 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана».

В 2017 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института электрофизики и электроэнергетики Российской академии наук.

Работает научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте электрофизики и электроэнергетики Российской

академии наук, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории прикладных электрофизических исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института электрофизики и электроэнергетики Российской академии наук, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, Малашин Максим Владимирович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики и электроэнергетики Российской академии наук, лаборатория прикладных электрофизических исследований, ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Емельянов Олег Анатольевич, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», институт энергетики, высшая школа высоковольтной энергетики, профессор;

Самусенко Андрей Викторович, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», физический факультет, кафедра радиофизики, доцент;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Семенкиным Александром Вениаминовичем, доктором технических наук, доцентом, факультет энергомашиностроение, кафедра плазменных энергетических установок, заведующим кафедрой, указала, что в рамках диссертации экспериментально исследованы электрофизические параметры барьерного разряда, для этого был разработана и создана установка включающая плазмохимические реакторы с различной конфигурацией газоразрядной ячейки. Проведено численное

моделирование процесса развития разряда в 0-мерном и 1-мерном приближении, рассчитаны основные параметры плазмы. Рассмотрено влияние скорости обновления среды на степень неоднородности плазмы барьерного разряда. Отмечено, что тема диссертационной работы является актуальной, так как в диссертации рассматривается одно из перспективных направлений развития технологии конверсии природного газа, а именно использование барьерного разряда для прямого синтеза более сложных углеводородов, а также в роли предварительного этапа в процессе парциального окисления метана. Обоснованность и достоверность полученных в диссертационной работе результатов обеспечивается грамотным использованием современного экспериментального оборудования и современных обоснованных методов исследования, корректной постановкой цели и задач диссертационной работы. Также достоверность результатов обеспечивается хорошим соответствием между экспериментальными результатами, данными, рассчитанными теоретически, и информацией, опубликованной в настоящее время по теме диссертации. Диссертация Маланичева Виктора Евгеньевича представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, которая удовлетворяет всем критериям, установленным п. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК (№ 842 от 24 сентября 2013 г.).

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 19 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ. Основные результаты, полученные диссертантом, изложены в следующих работах:

1. В. Е. Маланичев, М. В. Малашин, С. И. Мошкунов, В. Ю. Хомич Плазмохимический Реактор на Основе Диэлектрического Барьерного Разряда // Химия высоких энергий, 2016, том 50, № 4, с. 318–322. – 0,37 а.л./0,22 а.л. (авторский вклад 60%)
2. Vladislav Yurevich Khomich, Viktor Evgenyevich Malanichev, Maxim Vladimirovich Malashin, and Sergey Igorevich Moshkunov Dielectric Barrier Discharge Uniformity Enhancement by Air Flow // IEEE Transactions on Plasma Science, 2016, Vol. 44, No. 8, August. – 0,37 а.л./0,22 а.л. (авторский вклад 65%)

3. В. Е. Маланичев, М. В. Малашин, С. И. Мошкунов, С. В. Небогаткин, В. Ю. Хомич, В. М. Шмелев Исследование стимулирования барьерным разрядом плазмохимических реакций // Письма в ЖТФ, 2017, том 43, № 10, с. 12–16. – 0,24 а.л./0,14 а.л. (авторский вклад 60%)
4. В. Е. Маланичев, М. В. Малашин, А. В. Озерский, В. Ю. Хомич, В. М. Шмелев Электрофизическая установка для конверсии природного газа при атмосферном давлении // ЖТФ, 2018, том 88, № 11, с. 1648–1654. – 0,61 а.л./0,37 а.л. (авторский вклад 60%)
5. В. Е. Маланичев, М. В. Малашин, В. Е. Попов, Д. И. Субботин, А. В. Суров, В. Ю. Хомич, О. В. Шаповалова, В. М. Шмелев Термическая стимуляция как преобладающий механизм конверсии метана в барьерном разряде // Химическая физика, 2018, том 37, № 11, с. 31-35. – 0,43 а.л./0,26 а.л. (авторский вклад 55%)
6. В. Е. Маланичев, М. В. Малашин, В. Ю. Хомич Конверсия природного газа импульсным барьерным разрядом при атмосферном давлении // Теплофизика высоких температур, 2020, том 58, № 1, с. 25-32. – 0,61 а.л./0,37 а.л. (авторский вклад 60%)
7. В. Е. Маланичев, М. В. Малашин, В. Ю. Хомич Экспериментальное исследование конверсии метана в барьерном разряде плазмохимического реактора // Известия РАН. Энергетика, 2020, № 5, с. 60-65. – 0,42 а.л./0,25 а.л. (авторский вклад 60%)

Публикации посвящены разработке и созданию экспериментальных электрофизических установок, а также исследованию процесса воздействия барьерного разряда на основные компоненты природного газа при атмосферном давлении. В рассмотренных материалах отсутствуют недостоверные сведения.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Школина А. В., к. х. н., ведущего научного сотрудника лаборатории сорбционных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина Российской академии наук (ИФХЭ РАН). Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- В тексте не отмечено, почему к электродам плазмохимического реактора

прикладывается не высоковольтное синусоидальное напряжение, как в классическом случае, рассмотренном, например, в книге В. Г. Самойловича «Физическая химия барьерного разряда», а импульсно-периодическое с импульсами прямоугольной формы;

- В разделе «методы исследований» на 6 странице в предложении «метод газовой хроматографии, с помощью которой анализировался химический состав газа.» не хватает запятой после слова «хроматографии», а также, вероятно, опечатка в слове «помощью».

2. Кузнецова Д. Л., к. ф.-м. н., доцента, старшего научного сотрудника группы низкотемпературной плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института электрофизики Уральского отделения Российской академии наук (ИЭФ УрО РАН). Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- Из таблицы 1 на стр. 16 автореферата следует, что наиболее интенсивная наработка синтез-газа происходит в режиме 2 (парциальное окисление метана с предварительной обработкой барьерным разрядом). Однако на стр. 17 в первом абзаце сказано: «...эксперименты, в которых происходило взаимодействие разряда с природным газом без воздуха показали наибольшее количество синтез-газа на выходе...», а это больше соответствует режиму 3 (парциальное окисление метана барьерным разрядом без процесса горения). Нет ли здесь противоречия?;
- На рисунке 9 (стр. 21 автореферата), по моему мнению, множители на осях ординат « $\times 10^{19}$ » следует заменить на « $\times 10^{17}$ », а множитель « $\times 10^{21}$ » – на « $\times 10^{19}$ ». Иначе давление смеси будет многократно превышать атмосферное.

3. Капустина Ю. В., к. ф.-м. н., ученого секретаря Института информационных технологий Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- Автор обнаружил зависимость степени неоднородности барьерного разряда в коаксиальной геометрии от скорости протока газа через область разряда и

связал наблюдаемое явление со смещением областей остаточного пространственного заряда, однако, по мнению рецензента, более полезной информацией была бы зависимость степени неоднородности от числа Рейнольдса, соответствующего данному режиму течения, которая бы учла снижение скорости смещения областей остаточного заряда в пограничном слое;

- Указано, что время экспозиции при исследовании разряда при помощи камеры выбиралось так, чтобы запечатлеть свечение плазмы от одного импульса высокого напряжения, но не показано, каким образом осуществлялась синхронизация работы камеры и источника питания с учётом запаздывания пробоя газоразрядного промежутка от момента подачи напряжения;
- При рассмотрении установки, содержащей пространственно изолированные области барьерного разряда и парциального окисления, не проведено сравнение времени жизни радикалов и молекулярных ионов в рассматриваемых условиях со временем транспортировки газа из одной области в другую;
- Представленные на Рис. 9 зависимости концентрации молекул углеводородов от средней величины удельного энерговклада позволяют сделать однозначный вывод о наличии такой зависимости только для метана и водорода; для остальных рассмотренных газов точность использованных методик измерения недостаточна, и включение данных графиков в работу считаю необоснованным;
- Также необходимо отметить обилие в автореферате пунктуационных и стилистических ошибок, использование жаргонной терминологии (плотность электронов и др.), что затрудняет восприятие излагаемого материала.

4. Михайлина С. В. к. т. н, генерального директора ООО «НПО «Магнитные Материалы». Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- В работе явно не указано, какой режим горения разряда наблюдался в случае экспериментов, результаты которых представлены на рисунке 9 в тексте

автореферата;

- В тексте автореферата не приведены величины эквивалентных электрических емкостей разработанных плазмохимических реакторов, схемы которых изображены на рисунках 2, 4 и 8.

5. Арутюнова В. С., д. х. н., главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН). Отзыв положительный, критических замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетенцией в области электрофизики, наличием публикаций по данной тематике.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана экспериментальная электрофизическая установка на основе барьерного разряда для исследования процесса воздействия барьерного разряда на основные компоненты природного газа при атмосферном давлении,

предложена оригинальная установка, включающая этап обработки барьерным разрядом и этап парциального окисления смеси природного газа с воздухом,

доказана перспективность использования установки, включающую этап обработки барьерным разрядом и этап парциального окисления смеси природного газа с воздухом для получения синтез-газа,

введены (новые понятия не вводились).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны применимость 0-мерной и 1-мерной математической модели воздействия барьерного разряда на основные компоненты природного газа для расчета выходного состава газа, а также для расчета электрофизических параметров разряда,

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих базовых методов математического анализа, метод оценки степени неоднородности разряда, метод исследования электрофизических параметров, а

также метод исследования с помощью масс-спектрометрии и газовой хроматографии, **изложены** условия и факторы, оказывающие влияние на степень неоднородности барьерного разряда,

раскрыты особенности формирования барьерного разряда при атмосферном давлении в случае миллиметровых разрядных промежутков и покрытия диэлектриком одного из электродов, при амплитуде импульсов напряжений от 0 до 16 кВ и частотах от 30 Гц до 4 кГц, скорости нарастания напряжения до 250 кВ/мкс, **изучены** влияние скорости обновления газовой среды в разрядном промежутке на степень неоднородности разряда, удельного энергозатрата на степень конверсии метана в природном газе, а также механизм воздействия барьерного разряда на основные компоненты природного газа, при атмосферном давлении, **проведена модернизация** (модернизация не проводилась).

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

разработаны и внедрены экспериментальные образцы плазмохимических реакторов, а также метод двухэтапного воздействия в установке для конверсии природного газа в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук,

определены параметры электрофизической установки, которая позволяет проводить исследования процесса воздействия барьерного разряда на основные компоненты природного газа при атмосферном давлении как с воздухом, так и без воздуха,

создана система практических рекомендаций по режимам работы установки для конверсии природного газа, которая включает в себя необходимые электрофизические параметры для увеличения выхода синтез-газа,

представлены методические рекомендации по реализации процесса воздействия барьерного разряда на основные компоненты природного газа при атмосферном давлении.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном

оборудовании, накоплен большой объем экспериментальных данных, а также показана воспроизводимость результатов исследования для различных режимов работы экспериментальной установки,

теория построена на проверенных аналитических и численных методах, согласуется с результатами экспериментов и не противоречит ранее опубликованным экспериментальным данным по теме диссертации,

идея базируется на анализе экспериментальных данных, полученных автором, и данных из других опубликованных работ,

использованы сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике,

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по теме воздействия барьерного разряда на основные компоненты природного газа при атмосферном давлении,

использованы современные методики анализа внешних электрических характеристик разряда с помощью высоковольтного пробника, резистивного датчика тока и измерительного трансформатора тока, а также анализа химического состава газа с помощью газовой хроматографии и масс-спектрометрии.

Личный вклад соискателя состоит в:

непосредственном участии в разработке и создании плазмохимических реакторов и экспериментальной установки, состоящей из газоразрядной ячейки, высоковольтной системы питания установки, системы газообеспечения, а также системы регистрации выходных параметров и сбора экспериментальных данных.

Соискатель самостоятельно проводил эксперименты по исследованию характеристик барьерного разряда в зависимости от напряжения, токоограничивающего сопротивления, частоты питания разряда, состава исходного газа, и скорости прокачки разрядного промежутка, а также обработку и анализ полученных результатов.

Автор диссертации непосредственно участвовал в проведении математического моделирования, создания 0-мерной и 1-мерной математической модели и численного

расчета плазмохимических процессов и их сравнение с данными экспериментов.

На заседании 22 апреля 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Маланичеву В. Е. ученую степень кандидата технических наук.

В соответствии с п. 2 и 10 Приказа Минобрнауки России № 734 от 22 июня 2020 «Об особенностях организации работы советов по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» было проведено открытое голосование.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 12 докторов наук по специальности 01.04.13 – Электрофизика, электрофизические установки, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против 0, не участвовавших в голосовании – нет.

Председатель

диссертационного совета

Хомич В. Ю

Ученый секретарь

диссертационного совета

Киселев А. А.

