

ОТЗЫВ
официального оппонента

на диссертационную работу Маланичева Виктора Евгеньевича "Исследование воздействия барьерного разряда на основные компоненты природного газа при атмосферном давлении", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.13 – "Электрофизика, электрофизические установки".

Барьерный разряд – газовый разряд, реализующийся в случае, если один или оба электрода изолированы от газового разрядного промежутка при воздействии переменным или импульсным напряжением. Преимуществом данного типа разрядов является относительно высокое напряжение пробоя системы и возможность достаточно равномерного распределения плазмы по заметному объему газа. Данные преимущества делают барьерный разряд предпочтительным для создания различных плазмохимических реакторов. Однако модели многих важных для практики цепочек плазмохимических реакций с учетом разрядных явлений неполны. В связи с этим представляется актуальной теме диссертации Маланичева В.Е., в которой проведено изучение генерации синтез-газа при помощи плазмохимического разряда, получены зависимости степени конверсии метана от основных параметров системы, результаты моделирования процесса сопоставлены с экспериментов.

Диссертационная работа выполнена в объеме 113 страницы, содержит введение, 4 главы, заключение. Библиография включает 122 наименования.

В первой главе автором дан обзор работ по установкам, в которых разряды равновесной и неравновесной плазмы использовались для воздействия на газ плазмохимическими реакциями. Составлена сводная таблица, из которой следует, что самые высокие значения степени конверсии метана достигаются для воздействия дугового разряда – до 95%. Значения степени конверсии метана для барьерного разряда составляют, в соответствии с той же сравнительной таблицей, 10–20%.

Во второй главе описана экспериментальная установка для исследования воздействия барьерного разряда на компоненты природного газа. Форма воздействующего напряжения – прямоугольные импульсы длительностью от 300 нс. Использовалось четыре различных по конструкции экспериментальных плазмохимических реактора. Для анализа состава газов использовалось два разных метода – газовая хроматография и квадрупольная масс-спектрометрия.

В третьей главе описаны характеристики барьерного разряда при различных параметрах воздействия. В частности, количественно показано, что прокачка газа через промежуток с барьер-

ным разрядом существенно повышает однородность свечения барьерного разряда и дана физическая трактовка данной закономерности. Даже после прекращения ионизационных процессов в области, где происходило горение разряда, концентрация заряженных частиц и молекул производных исходных газов, падает медленно по сравнению с характерной длительностью импульсов и временем между импульсами. Поэтому даже если первая конфигурация разрядных каналов была случайна, далее возникают преимущественные направления распространения разряда. Также было отмечено влияние материала твердого диэлектрика – если при применении пластины из алюмооксидной керамики импульс тока разряда следовал почти без задержки после подъема напряжения, то при применении органического стекла имела место существенная случайная задержка разряда по сравнению с подъемом напряжения.

В четвертой главе рассмотрена возможность влияния на активацию тех или иных каналов плазмохимических реакций путем изменения режима горения барьерного разряда. Также в данной главе реализован численный расчет уравнений на концентрацию электронов в рамках осесимметричной одномерной модели. Коэффициенты реакций с участием электронов рассчитаны на основе сечений реакций функция распределения электронов по энергиям, которые, в свою очередь, найдены из кинетического уравнения Больцмана, записанного в пространстве скорости электрона.

Научная новизна результатов исследования заключается в том, что:

- впервые экспериментально исследовано двухэтапное воздействие на природный газ, которое включает в себя: предварительную обработку барьерным разрядом, а затем окисление кислородом воздуха.
- Впервые для инициации плазмохимических процессов барьерным разрядом в природном газе был использован генератор прямоугольных импульсов на основе биполярных транзисторов с изолированным затвором с регулируемыми параметрами.

Обоснованность выводов и рекомендаций вытекает из следующего:

- Для определения состава газа используется два разных метода – хроматография и массспектрометрия.
- Данные эксперимента сопоставлены с результатами численных расчетов и продемонстрировано удовлетворительное соответствие по ключевым параметрам.

Практическая значимость работы связана с получением новых потенциальных возможностей повышения конверсии синтез-газа в плазмохимических реакциях с применением барьерного разряда.

По работе можно сделать следующие замечания:

- Поскольку к разрядному промежутку прикладывается переменное напряжение, ток определяется как разрядными явлениями в промежутке, так и зарядкой или разрядкой емкости промежутка. Вторая составляющая (принято называть ее «ток смещения») пропорциональна емкости промежутка и производной от напряжения по времени. Представляется, что графики осциллографа тока были бы более информативны, если бы ток смещения вычитался из измеренного тока; тогда они содержали бы информацию именно о разрядном процессе. Было ли выполнено такое вычитание при анализе результатов измерений тока?
- Для концентраций некоторых веществ (а именно, четырех углеводородов – С₂Н₄, С₂Н₆, С₃Н₆, С₃Н₈) на графике зависимости от удельного энерговклада (рис. 4.18) показана заметная погрешность, которая не исключает отсутствие зависимости от удельного энерговклада. Тем не менее, и для этих случаев показана кривая тренда. На каком основании можно указывать при такой большой погрешности на наличие тенденции увеличения концентрации с ростом удельного энерговклада?
- В качестве научной новизны указан один из пунктов: «Получены экспериментальные зависимости степени конверсии метана и синтеза сложных углеводородов в природном газе от удельного энерговклада при воздействии барьерным разрядом с амплитудой прямоугольных импульсов напряжения 15 кВ, частоте 4 кГц и длительности импульсов 60 мкс.» Следует ли понимать это так, что подобных зависимостей не было получено не только при данных значениях напряжения, частоты и длительности импульсов, но и при сопоставимых параметрах импульса? Иначе говоря, в чем особенность этих параметров по сравнению с параметрами импульсов, которые использовали другие исследователи?

Отмеченные недостатки не снижают общее качество работы и не влияют на главные результаты диссертации.

Заключение

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. В ходе работы разработана и создана электрофизическая установка с твердотельной системой формирования высоковольтных прямоугольных импульсов для питания барьерного разряда при атмосферном давлении, которая позволила исследовать воздействие этого разряда на основные компоненты природного газа. Установлено влияние скорости прокачки газа на изменение степени неоднородности барьерного разряда. Впервые показана возможность увеличения количества полученного синтез газа за счет введения двухэтапной обработки: барьерным разрядом и парциального окисления смеси природного газа с воздухом. Создана математическая модель процесса преобразования газов в барьерном разряде и

проведено численное моделирование; результаты моделирования сопоставлены с экспериментальными данными.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа написана грамотно, аккуратно оформлена, базируется на достаточном числе экспериментальных данных и расчетов. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Маланичев Виктор Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.13 – "Электрофизика, электрофизические установки".

Сведения об оппоненте

| | |
|--|---|
| Фамилия имя отчество | Самусенко Андрей Викторович |
| Ученая степень | Кандидат технических наук |
| Научная специальность, по которой защищена диссертация | 01.04.13 – «Электрофизика, электрофизические установки» |
| Место работы и должность | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», физический факультет, кафедра радиофизики, доцент |
| Адрес | 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7-9 |
| Телефон | +78124284389 |
| Эл. почта | a.samusenko@spbu.ru |

Список основных публикаций оппонента, кандидата технических наук А. В. Самусенко по теме защищаемой диссертации за последние 5 лет:

1. Скляренко Р. В., Самусенко А. В., Стишков Ю. К. Стремерные и лидерные процессы в воздухе при наличии диэлектрических барьеров, расположенных перпендикулярно заземленной плоскости // Теплофизика высоких температур. 2020. Т. 58. № 1. С. 33-40.
2. Timshina M. V., Samusenko A. V., Stishkov Y. K. Simulation of Nanosecond Barrier Discharge In Air // 2018 IEEE 2nd International Conference on Dielectrics, ICD 2018. 2. 2018. C. 30DUMMY

3. Chirkov V. A., Samusenko A. V., Stishkov Y. K. Current Pulses Caused by Streamers in Sphere-Sphere Electrode System // Journal of Physics: Conference Series 2015. Т. 646. № 1. С. 012042.
4. Прилепа К.А., Самусенко А.В., Стишков Ю.К. Методы расчета пробивного напряжения воздушных промежутков в слабо- и сильнонеоднородном поле // Теплофизика высоких температур. 2016. Т. 54. № 5. С. 693-700.
5. Красильников С.Ю., Самусенко А.В., Стишков Ю.К. Встречные лидеры в системах с диэлектрическим барьером // Теплофизика высоких температур. 2015. Т. 53. № 1. С. 11.
6. Мельникова Н.В., Самусенко А.В., Сафонова Ю.Ф. Униполярная модель отрицательного коронного разряда: сравнение рассчитанных и экспериментальных вольтамперных характеристик в системе электродов сфера-плоскость // Журнал технической физики. 2017. Т. 87. № 8. С. 1123-1126.

Официальный оппонент:

кандидат технических наук

доцент кафедры радиофизики

Санкт-Петербургского государственного университета,

Самусенко Андрей Викторович

«29» 12 2020 г.

199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7-9

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет»

<https://spbu.ru>

a.samusenko@spbu.ru

телефон: +78124284389



Текст документа размещен
в открытом доступе
на сайте СПбГУ по адресу
<http://spbu.ru/science/expert.html>