



- [Новости](#)
- [Статьи](#)
- [Фото](#)
- [Проекты](#)
- [Пресс-центр](#)



*Анатолий
Климов*

Умеем ли мы эффективно сжигать углеводороды?

o

5 июля 2019 | Время чтения 16 мин

Доклад академика РАН, профессора Национального исследовательского университета «МЭИ», доктора физико-математических наук **Анатолия Ивановича Климова** «О возможности использования углеводородов в LENR реакторах» на заседании Координационного совета по холодной трансмутации ядер РАН. Москва, 25 мая 2019 года.

* * *

В начале моего доклада хотелось бы отметить, что для реализации низкоэнергетических ядерных реакций (Low Energy Nuclear Reactions — LENR) в углеводородной плазме имеются все возможности, а именно:

— атомарный и ионизованный водород (в продуктах диссоциации углеводородов);

— нанокластеры углерода (например, фуллерены и др.);

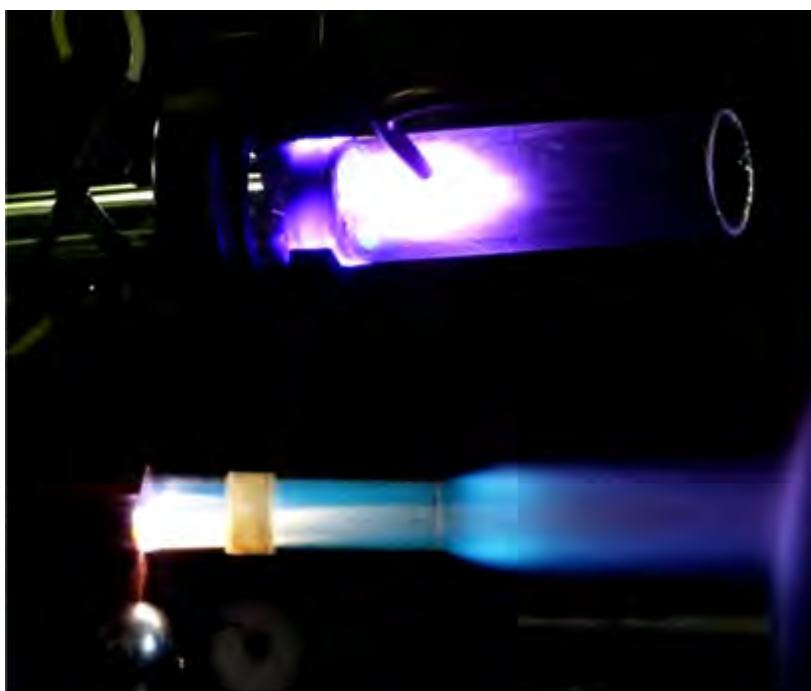
— нанокластеры металла электрода (в случае электродного разряда).

Поэтому выделение дополнительной энергии за счет LENR в реакторе с углеводородной плазмой может позволить увеличить энергетический выход углеводородного топлива при условии дальнейшего его сгорания в воздухе после выхода из плазменного реактора. Такой процесс получил название стимулированного горения и плазменного реформинга топлива [1–3]. Возможности таких аномально высоких энергетических реакций в углеводородах будет посвящен настоящий доклад.

В ходе исследований по стимулированному горению углеводородов с помощью энергоемких неравновесных плазмоидов, проведенных в Объединённом институте высоких температур (ОИВТ РАН) с 1996 по 2018 годы, была обнаружена возможность управления поджигом, горением и смешиванием углеводородного топлива в высокоскоростном воздушном потоке при параметрах, близких к параметрам сверхзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателей [1–3]. Было показано, что энергоемкие неравновесные плазмоиды способны эффективно нарабатывать активные радикалы, ионы и атомы, такие, как, например, H, OH, CH₂, O₃ и др., которые реформируют углеводородное топливо и значительно ускоряют химические реакции в камере сгорания. Достаточно сказать, что скорость поджига и горения топлива в наших экспериментах может быть увеличена от тысячи до миллиона ($10^3 \div 10^6$) раз. Расширяются и диапазоны устойчивого горения топлива как в сторону сильнообогащенных смесей, так и сильнообедненных смесей. Впервые в экспериментальных исследованиях была обнаружена и

продемонстрирована возможность реализации режимов горения углеводородного топлива, сопровождавшихся низкоэнергетическими ядерными реакциями (LENR) и «сверхвыделением» тепловой энергии.

На Рис. 1 показана экспериментальная установка HWT-1, на которой проводились исследования по стимулированному горению [1]. На верхней фотографии Рис. 1 изображена кварцевая камера сгорания, в которую сверху введен высокочастотный электрод. Плазменное образование создавалось в высокоскоростном воздушном потоке (число Маха порядка $M \sim 1,5$, статическое давление $P_{ст} \sim 1$ Бар) с помощью высокочастотного (ВЧ) разряда. Такая свеча позволяет получить объемное стримерное плазменное образование и, следовательно, реализовать объемный поджиг топлива в камере сгорания. На нижней фотографии этого же рисунка показано стимулированное горение пропана в высокоскоростном потоке воздуха.



Klimov A., Biturkin V., et.al.,
AIAA Paper 0670- 2006. P.10

Условия эксперимента:

- $M \leq 1,5$
- $P_{ст} \leq 1$ Бар
- $T_{ст} \leq 900K$
- расход воздуха $\leq 100G/c$
- расход пропана $\leq 10G/c$

- $F_{HF} = 0,5-1$ МГц
- $N_{HF} \leq 10$ кВт
- $F_1 \leq 10$ кГц, $T_1 \geq 50$ мкс

Рис. 1. Стимулированное горение в высокоскоростном воздушном потоке на установке HWT-1

В этих же экспериментах был реализован специальный двухстадийный режим «реформинг — горение» пропана в аргоне (абсолютно негорючая

смесь). На первой стадии этого процесса происходил реформинг топлива. При этом пропан подавался в реактор в смеси с аргоном. Затем в реакторе происходила диссоциация и ионизация пропана в аргоновой плазме. На второй стадии происходил дожиг реформированного топлива в атмосфере на выходе из сопла реактора. На Рис. 2 показана экспериментальная установка, используемая в этом эксперименте. На этой установке использовался закрученный поток аргона (3) слева направо. Подача пропана осуществлялась через заземленный электрод (2).

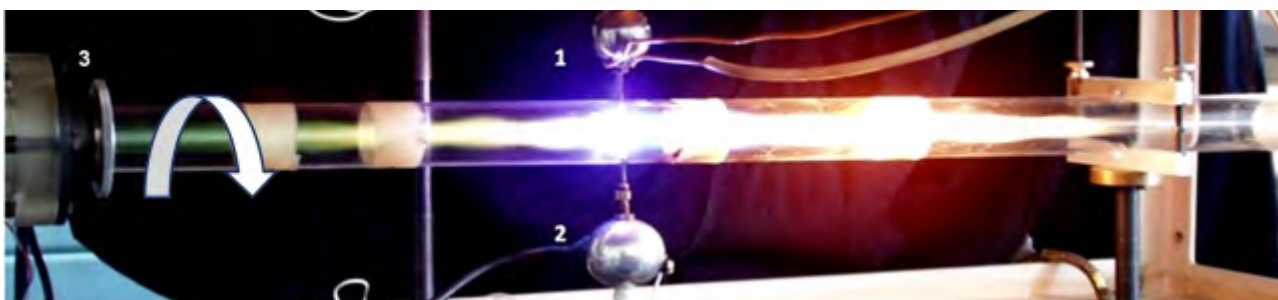


Рис. 2. Один из вариантов реализации LENR в вихревом реакторе. 1 — ВЧ-электрод, 2 — земляной электрод-инжектор пропана, 3 — завихритель-инжектор аргона

Можно видеть, что ВЧ плазмоид распространяется в обе стороны от разрядного промежутка (в отличие от Рис. 1, где зона реакции стимулированного горения выносилась потоком вниз по течению). Таким образом, сама зона реакции имела совершенно необычную форму (не характерную для обычного горения), в которой влево от электрода распространялось пламя зеленого цвета, а вправо — ослепительно яркого белого. Напомню, что никакого воздуха в газовом потоке не было. Только на выходе из сопла горелки (справа за пределами кадра) вся эта смесь смешивалась и догорала в воздухе.

Как показали результаты нашего численного моделирования, такая структура зоны энерговыделения возможна только при достижении *большой критической величины энерговыделения* в вихревом потоке, достаточной для создания возвратных течений в нём. Таким образом, сам факт наличия возвратных течений в установке качественно доказывает *наличие значительного выделения тепловой энергии* в

негорючей аргон-пропановой смеси в плазме. Отметим, что в вихревом потоке чистой аргонной плазмы такой структуры течения не наблюдалось. Именно в этих экспериментах при использовании реформированного топлива в аргонной плазме нам удалось в 4–8 раз увеличить выход тепловой энергии при заданном расходе пропана в горелке (по сравнению с не реформированным топливом). Это был первый важный результат.

Второй результат состоял в том, что при реформинге топлива в реакторе образовывалось много необычной сажи и атомарного водорода. Результаты спектрального анализа и масс-спектроскопического анализа свидетельствовали в пользу этого вывода. В этом нет ничего удивительного, так как в составе топлива (пропана) водород и углерод присутствуют. Поэтому для того, чтобы реализовать LENR, все основные условия были выполнены. Единственное, что нам не хватало — это непрерывной подачи в камеру сгорания нанокластеров металлов (например, никеля). Такая подача могла быть реализована с помощью сильной эрозии электродов в реакторе при достижении высокой температуры плазмы порядка 3000–5000°K. Таким образом, все условия LENR были выполнены в обычном углеводородном топливе в смеси с аргонном при наличии плазменных образований. Факт наличия LENR окончательно был доказан с помощью химического анализа финальных продуктов «горения» на выходе реактора (см. ниже). В саже и на стенках реактора было обнаружено много новых химических элементов, которых не было в исходных продуктах в реакторе (обнаружено наличие трансмутации химических элементов).

В итоге мы получаем высоко эффективную горелку, обеспечивающую намного более высокую энергетическую эффективность «сжигания» углеводородного топлива. Важный практический вывод, полученный в этих экспериментальных исследованиях — при реализации таких режимов «горения» в горелках (например, в кухонной газовой плите) потребуется сжигать пропана или природного газа в восемь раз меньше, чем в

настоящее время. Кроме того, химический анализ показал (см. ниже), что в продуктах «сгорания» реформированного топлива не содержится CO_2 . При этом нарабатывается сажа с большой концентрацией фуллеренов, графенов, новых трасмутитрованных химических элементов, и водяной пар. Таким образом, новый способ сгорания углеводородов с помощью LENR является экологически чистым (зеленым), свободным от выбросов CO_2 . При этом, в продуктах «сгорания» углеводородного топлива нарабатывается много ценнейших продуктов для электроники, типа фуллеренов и графенов.

Итак, для реализации данного режима стимулированного горения углеводородного топлива при наличии LENR необходимо выполнить следующие условия:

Стадия №1. Реформинг углеводородного топлива с помощью плазмы в потоке аргона (азота, водяного пара).

Стадия №2. Получение потока атомарного водорода по оси реактора (горелки) в закрученном потоке аргона.

Стадия №3. Последующее получение потока ионов водорода в плазме.

Стадия №4. Нарботка металлических нанокластеров в горелке (продуктов эрозии ВЧ электрода).

Стадия №5. Реализация LENR на встречных пучках протонов (КэВ энергий) и металлических нанокластеров по оси разряда в вихревом потоке. ВЧ поля высокие. При этом, энергия протонов в импульсно-периодическом ВЧ разряде может достигать несколько киловольт.

Стадия №6. Для того, чтобы это эффективно происходила LENR использовался закрученный газовый рабочий поток. В таком потоке встреча водорода и металлических кластеров происходит очень эффективно.

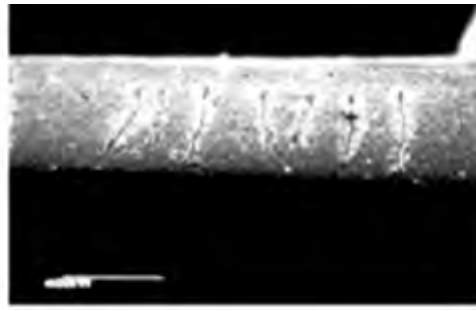
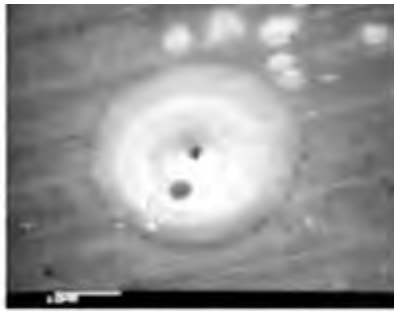
Стадия №7. Догорание продуктов реакции происходит на выходе сопла реактора или коаксиальном воздушном потоке.

* * *

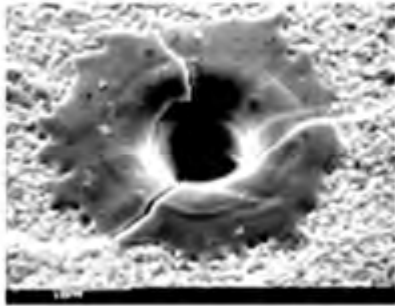
Это была предыстория, краткое введение. А теперь сама основная тема доклада. Начну эту часть с рассмотрения известной работы Кена Шаулдерса [4], посвященной холодной трансмутации химических элементов в его реакторе при использовании EV (аналогов эктонов в работе Г.А. Месяца [5]). В этой работе было показано, что EV при контакте с металлическими мишенями-пластинами оставляют глубокие каналы (фото на Рис. 3). Анализ этих каналов показал, что на их создание затрачена энергия, в 100÷400 раз превышающая электрическую энергию, затраченную на создание EV. Таким образом, величина коэффициента преобразования энергии (COP) достигала в его эксперименте 400, при этом наблюдалась трансмутация химических элементов именно в этих каналах (см. график на Рис.3).

Таким образом, гигантское выделение энергии в каналах на мишени могло объясняться процессом трансмутации химических элементов и LENR.

При анализе этой работы я всегда ловил себя на мысли, что смогу повторить и использовать у себя в лаборатории эту простую и надежную калориметрическую методику.



Cross section of EV boreholes through 1/2 millimeter thick aluminum oxide plate.



EVO Parameters

$E=20 \cdot 10^{-6}$ Дж $t=50$ нс $N=400$ ВТ

$V=20 \mu \times 20 \mu \times 100 \mu$ $M \sim 4 \cdot 10^{-7}$ Г

$$\text{COP} = E_{cb} / E_e \sim 100$$

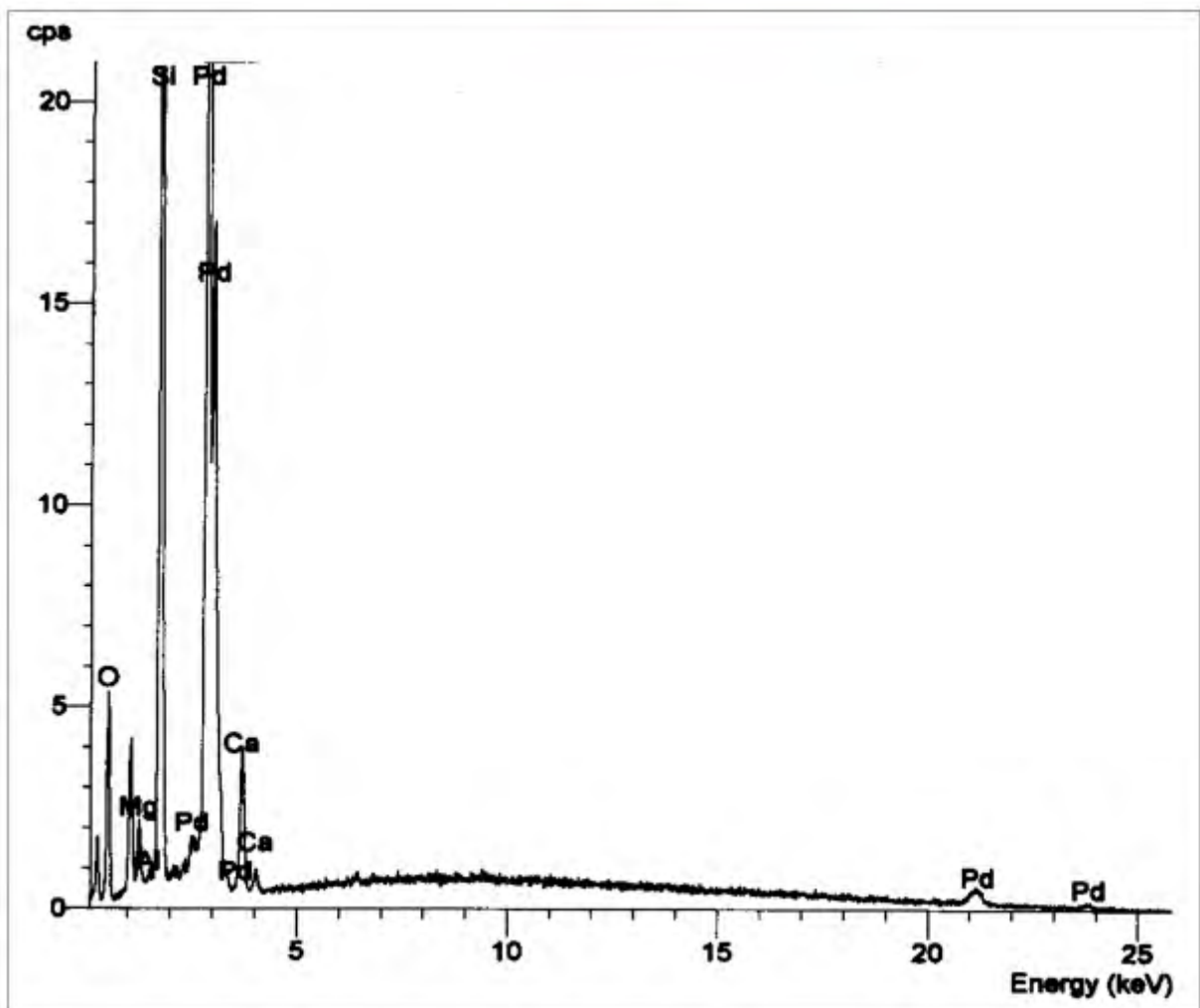


Рис. 3. Основные результаты работы К. Шаулдера по трансмутации химических элементов: вверху — фото отверстий и борозд от EV на пластинах оксида алюминия толщиной 0,5 мм; внизу — рентгеноструктурная спектрограмма деформированного EV участка дейтерированной палладиевой фольги с новыми изотопами

Теперь хотелось напомнить, что имеется ещё одна незаслуженно забытая очень важная работа [6, 7], выполненная **Рамилем Фёдоровичем Авраменко** по созданию долгоживущего энергоемкого плазмоида (ДПО) — лабораторного аналога шаровой молнии. И сегодня эта работа является актуальной и поучительной, несмотря на то, что она издана ещё при жизни Р. Ф. Авраменко более 20 лет назад. К большому огорчению, многие ученые её не знают. Важно, что упомянутая работа Р. Ф. Авраменко является важным дополнением к работе К. Шаулдерса [4].

ШАРОВАЯ МОЛНИЯ В ЛАБОРАТОРИИ

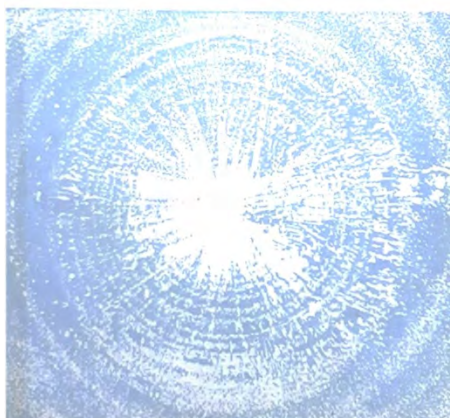


Рис. 4. Книга «Шаровая молния в лаборатории». Ред. Р.Ф. Авраменко. М «Химия», 1994

Схема плазмогенератора Р.Ф. Авраменко показана на Рис. 5. ДПО создавались с помощью импульсного капиллярного разряда. Рабочим телом в его плазмотроне является **органическое вещество**, из которого был сделан капиллярный разрядник (1). В частности, может быть использовано дешевое оргстекло. Формула этого органического вещества известна, мономером является $C_5H_8O_2$. Водорода в этом веществе содержится почти 8% от общей его массы, много углерода.

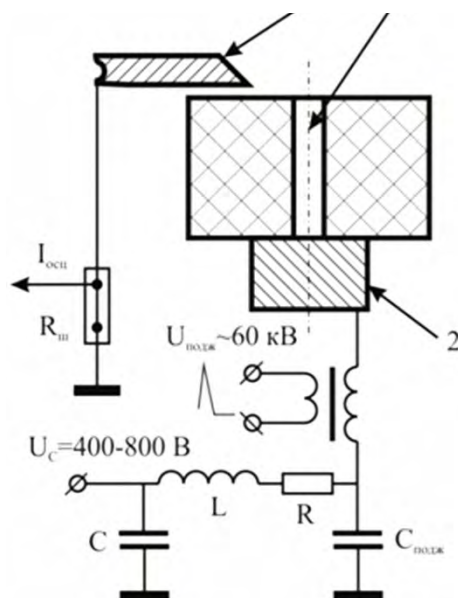


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема плазмогенератора Р.Ф. Авраменко: 1 — капилляр; 2 — внутренний электрод; 3 — наружный электрод

В плазмотроне имеется разрядник (2, 3) и капилляр из оргстекла (1). Важно, что этот капилляр позволяет концентрировать электрический ток и электрическую мощность до больших значений. При этом происходит абляция (эрозия) стенок. Эта органика в разрядной плазменной зоне разлагается и активируется (происходит диссоциация, возбуждение и ионизация продуктов эрозии разрядного канала). На выходе сопла плазмотрона происходит обратный процесс — закалка и кластеризация продуктов эрозии. Именно в этой зоне происходит окончательное формирование ДПО. По оценкам, удельная энергия в ДПО достигает больших величин порядка 100 эВ/атом. Отметим, что внутри ДПО имеются продукты эрозии электродов. Поэтому для реализации LENR имеются все необходимые компоненты: металлические и углеродные кластеры плюс атомарный и ионизованный водород.

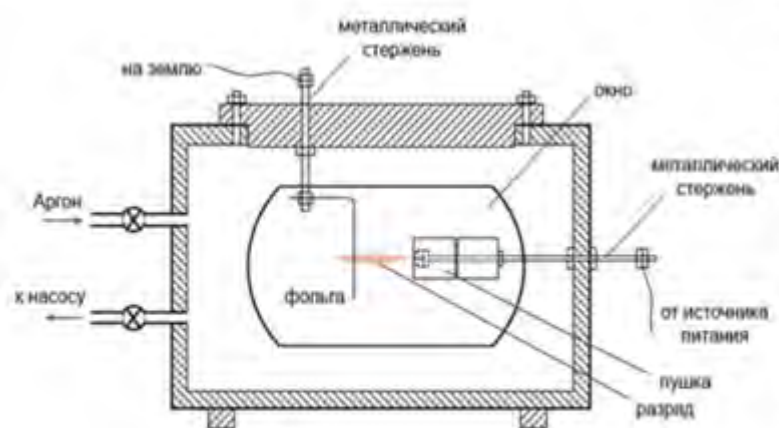


Рис. 6. Р.Ф. Авраменко (в центре) рядом с экспериментальной установкой (1994 г.)

Одной из задач, которые изучал Р.Ф. Авраменко, была задача о воздействии ДПО на разные материалы. На выходе плазмотрона получалась гетерогенная плазменная струя. На её пути размещались мишени из диэлектрических материалов и металлов. Результат воздействия ДПО на эти мишени был удивительным. Лист обычной бумаги ДПО не прожигался, а только слабо обугливался. Металлический образец (например, монета) легко прожигался и оплавлялся. Практически во всех металлах получались дырки, отверстия. При этом легко можно было показать, что удельное энерговыделение в этом процессе достигало больших величин порядка 100 эВ/атом. Таким образом, в этой работе был использован калориметрический метод, основанный на измерении геометрии отверстия и взвешивании мишени, как и в работах [4, 6].

Дальнейшее развитие работ [4, 6] было проведено в наших исследованиях. Основная идея проведения усовершенствованного эксперимента заключалась в следующем. В плазмогенераторе Р.Ф. Авраменко мы использовали выносной катод-мишень из никелевой фольги (Рис. 7). Таким

образом, мишень-катод находилась на некотором расстоянии от капиллярного разрядника. Ток разряда замыкается на эту фольгу. При этом гетерогенная плазменная струя (ДПО), вылетающая из капиллярного разрядника, взаимодействовала с этой мишенью.



Экспериментальные условия

Пластина-катод: - фольга никеля, фольга меди и др.
 Толщина пластины-катада - 0,1 мм.
 Расстояние между мишенью и импульсным плазмотроном - 5+10 мм.
 Капилляр: - таблетки из ПММА и фторопласта.
 ПММА – $C_5H_8O_2$ (водород- 8%)
 Диаметр капилляра - 1мм
 Емкостной накопитель $C = 470$ мкФ,
 Балластным индуктивное сопротивление - $L_1 = 17$ мГн ($L_2 = 225$ мкГн).
 Напряжение $< U_c = 800$ В.
 Рабочий газ – аргон
 Статическое давление - 0,25+1,2 атм.

Рис. 7. Схема экспериментальной установки «Пушка»

В эксперименте в рабочей камере установки «Пушка» использовался аргон для устранения возможности реакции горения нанокластеров металла и органики в воздушной среде. Давление аргона могло изменяться от низкого (0,25 атм) до избыточного (1,2 атм). Основная цель этих экспериментов заключалась в проведении калориметрических измерений при воздействии ДПО с известной энергией с металлической мишенью. Напомню, что эта схема эксперимента аналогична схеме Шаулберга-Авраменко [4,6].

Отличием является наличие ионов водорода в продуктах эрозии органики в плазмотроне и выносной мишени-катада. Таким образом, был создан специальный калориметр для изучения взаимодействия ДПО с металлической мишенью.

В плазмотроне использовался емкостной накопитель $C = 470$ мкФ, заряженный до напряжения до 800 В. Мы контролировали подведенную электрическую энергию к разрядному промежутку генератора. Скоростная

видеосъемка позволила фиксировать момент прожига мишени (Рис. 8). По анализу геометрии прожженных дырок в мишени и по изменению веса мишени делалась оценка энергии, которая выделялась на этой мишени в виде тепла.

В наших экспериментах мы использовали следующие диэлектрические вставки с капиллярами:

- 1) вкладыши с содержанием водорода ($C_5H_8O_2$);
- 2) вкладыши без водорода, такие как фторопласт (CF_4), в котором нет водорода;
- 3) вкладыши из корунда (Al_2O_3), также без водорода.

Типичные электрические параметры в эксперименте:

- типичная скорость плазмоида — 170 м/с (дозвуковой режим истечения плазмы);
- напряжение накопителя $U_c = 600$ В;
- максимальный ток разряда $I_{p, \max} = 140$ А;
- максимальное напряжение разряда $U_{p, \max} = 120 \div 140$ В;
- период силового импульса $T_i \sim 10$ мс,

На верхнем кадре скоростной съемки (Рис. 8) показано, как гетерогенная плазменная струя, сформированная в капиллярном плазматроне, ударяет мишень. Через 3 мс на среднем кадре видно, как струя начинает прожигать отверстие в мишени, проходит через неё (нижний кадр).

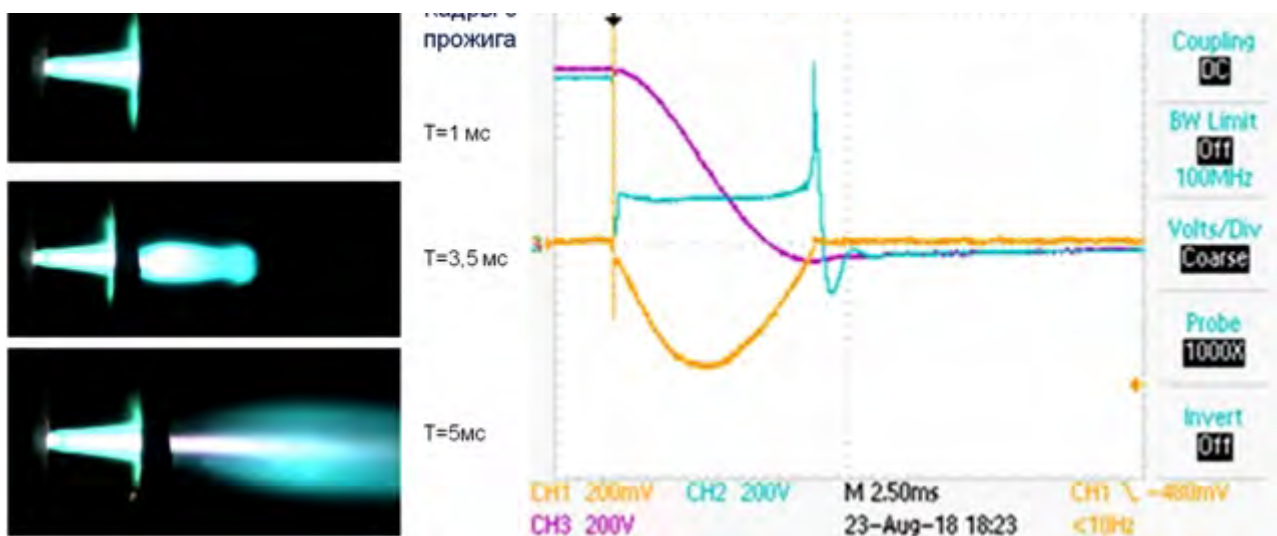


Рис. 8. Слева — кадры скоростного видеofilьма процесса прожига тонкой фольги-мишени из никеля. Справа — сигналы напряжений (синий) и тока (жёлтый) на разрядном промежутке. Для тока коэффициент перевода 10 A/75 мВ

На Рис. 9 показаны типичные фотографии отверстий, которые были получены на мишени — никелевой фольге. Видно, что при использовании рабочей вставки из органического стекла, содержащей водород, на мишени получается отверстие с оплавленными краями. Кроме того, вокруг отверстия имеется зона прогрева металла — кольца побежалости (Рис. 9, слева и в центре). При использовании рабочей вставки из фторопласта, в составе которого нет атомов водорода, отверстие в никелевой мишени отсутствует (Рис. 9, справа).



Рис. 9. Прожиг никелевой фольги гетерогенной плазменной струей в дозвуковом режиме при $P_{ст} = 0,5$ Бар в аргоне

Итак, в настоящей работе было проведено экспериментальное исследование по прожигу металлической мишени-катода (никелевой фольги толщиной 0,1 мм) гетерогенной плазменной струей, содержащей атомы водорода и кластеры углерода, полученной капиллярным разрядом, в атмосфере аргона. Получены экспериментальные данные по измерению диаметра отверстия в металлической мишени, изменению веса мишени и динамике образования отверстия в мишени при различном давлении аргона в рабочей камере установки. Обнаружено, что отверстие в никелевой фольге образуется только при использовании в плазмотроне диэлектрической рабочей вставки из ПММА, содержащей атомы водорода. Наоборот, отверстие в мишени никогда не образуется при использовании в плазмотроне диэлектрической рабочей вставки из фторопласта (или керамики), не содержащей атомов водорода в своем составе.

Ниже на Рис. 10 приводятся полученные экспериментальные данные и оценки выделения энергии прожига (энергетического баланса), сделанные на основе измерений отверстий и весовых измерений мишени.

- Энергия ёмкостного накопителя плазмогенератора $E_c = 85$ Дж.
- $T_r \sim 10$ мс, $T_{пр} \sim 3+5$ мс
- Из ВАХ разряда $E_p \sim 40$ Дж. $E_{p1} \cong 15$ Дж, $E_{p1} = 0,3 E_p$ (~30 %)
- $\delta M_{1,ср} = 6$ мГ, $\delta M_r \cong 11$ мГ
- $\delta M_n \cong 4$ мГ- испарение
- При оценке энергии E_x учитывалось:
 - нагрев никеля массой δM_1 до $T_{пл} = 1450$ °С, энергия плавления, нагрев мишени по кольцам побежалости
- $E_x \cong 27$ Дж, **COP = 1,8**
- $Q_{исп.} = 29$ Дж, **COP = 3,7**
- $E_{св} = 1,6$ Дж, $E_{абл} = 6,4$ Дж, $E_{ион H2} = 21,7$ Дж $E_{p\Sigma} = 30$ Дж **COP = 5-6**

Рис. 10. Оценки энергетического баланса из экспериментальных данных

Несколько слов об этих оценках. Как я уже говорил, время работы плазмотрона составляет порядка $T_r \sim 10$ мс. Прожиг мишени происходит через $T_{пр} = 3-5$ мс. Отсюда легко показать, что при полной электрической

энергии $E_p = 40$ Дж, подведенной к разряду, на прожиг затрачивается приблизительно $E_{p1} = 15$ Дж, то есть приблизительно 30% от вложенной энергии.

Теперь о весовых измерениях. В среднем в результате образования отверстия мишень становилась легче на $dM_{1,cp} \sim 6$ мг. Если оценить убыль массы мишени по геометрии отверстия, то получается $dM_r \sim 8-11$ мг. То есть существует нестыковка, которая очень легко объясняется наплывом расплавленного материала на краях отверстия. В дополнительных экспериментах было измерено, что масса мишени до $dM_n \sim 2-4$ мг может испариться. При оценке энергии, которая идет на образование отверстия на мишени, учитывались нагрев мишени из никеля до температуры его плавления, энергия плавления материала мишени и разогрев мишени в зоне колец побежалости.

Из результатов этих оценок (Рис. 10) следует, что имеется значительный энергетический дисбаланс между энергией E_x , затраченной на создание отверстия в фольге-мишени, и электрической энергией E_e , затраченной на создание эрозионной струи, вызывающей прожиг этой мишени. Значение E_x может превышать значение E_e в 3–6 раз. Для энергии, требующейся для плавления отверстия, коэффициент $COP_1 = 1,8$. С учётом испарения мишени $COP_2 = 3,7$. А при дополнительном учете излучения плазмы, абляции капилляра и ионизации водорода $COP_3 = 5-6$. Предполагается, что полученный энергетический дисбаланс может объясняться реализацией LENR между ионизованным водородом и металлическими атомами мишени.

На Рис. 11 представлены результаты расхода массы капилляра за один выстрел пушки — $dM_r \sim 0.35$ мг/выстрел и оценки удельной энергии LENR на один атом водорода — $q \sim 160$ эВ/ атом.

- Расход ПММА ($C_5H_8O_2$) в плазмотроне $\delta M_T \cong 0,35$ мг /импульс
- $N_H \sim 10^{19}$ атомов
- На прожиг никелевой фольги достигает также $N_H/3$
- Удельный энергетический выход реакции q взаимодействия атомов водорода с атомами металла мишени составит:

$$q = 86 \text{ Дж} \cdot 3 / N_H \sim 161 \text{ eV/ атом}$$

Рис. 11. Оценки энергетического баланса из экспериментальных данных (продолжение)

Видно, что величина q находится за возможными пределами традиционной химии, в которой q для водорода не превышает $q_i \sim 13,6$ эВ.

Наличие LENR в этих экспериментах подтверждается химическим анализом мишени и электродов в этом эксперименте На Рис. 12 приведены результаты анализа образцов экспонированных электродов, полученных с помощью метода энерго-дисперсионной рентгено-флуоресцентной спектроскопии.

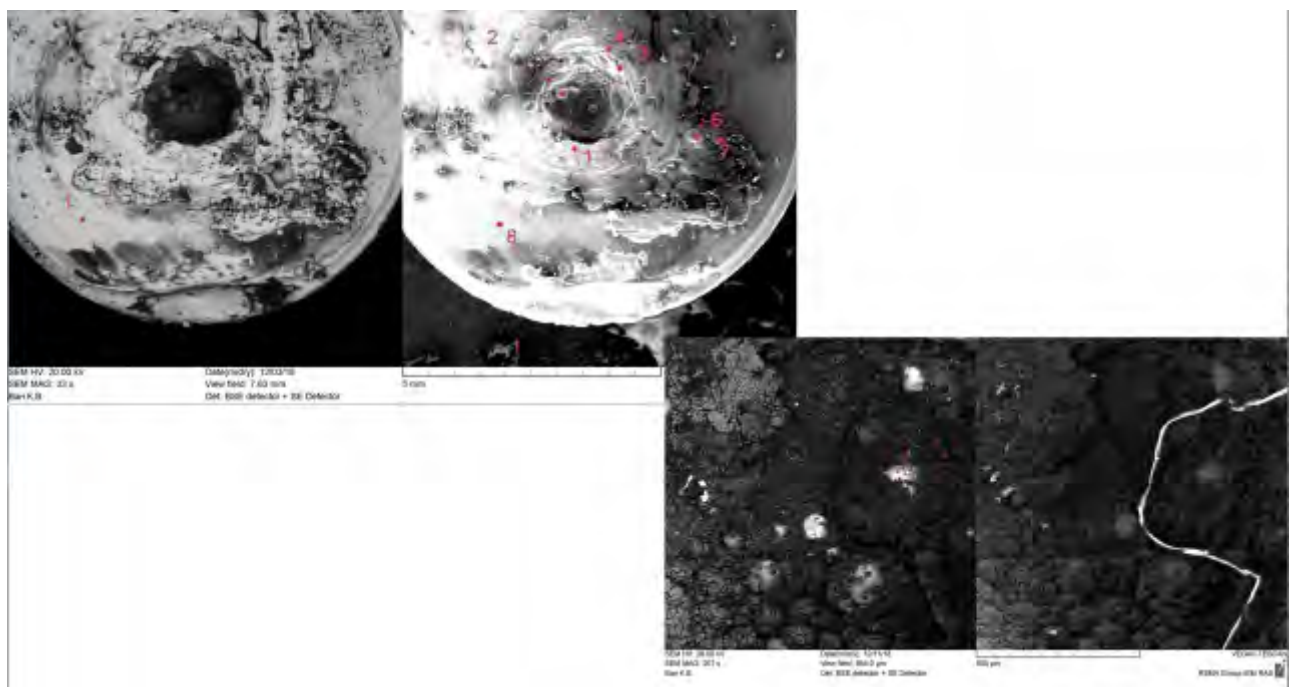


Рис. 12. Анализ химических элементов. Метод энерго-дисперсионной рентгено-флуоресцентной спектроскопии

Из анализа таблицы на Рис. 13 следует, что в образцах происходит наработка новых элементов, таких как *алюминий, сера, калий, титан, хром и железо*.

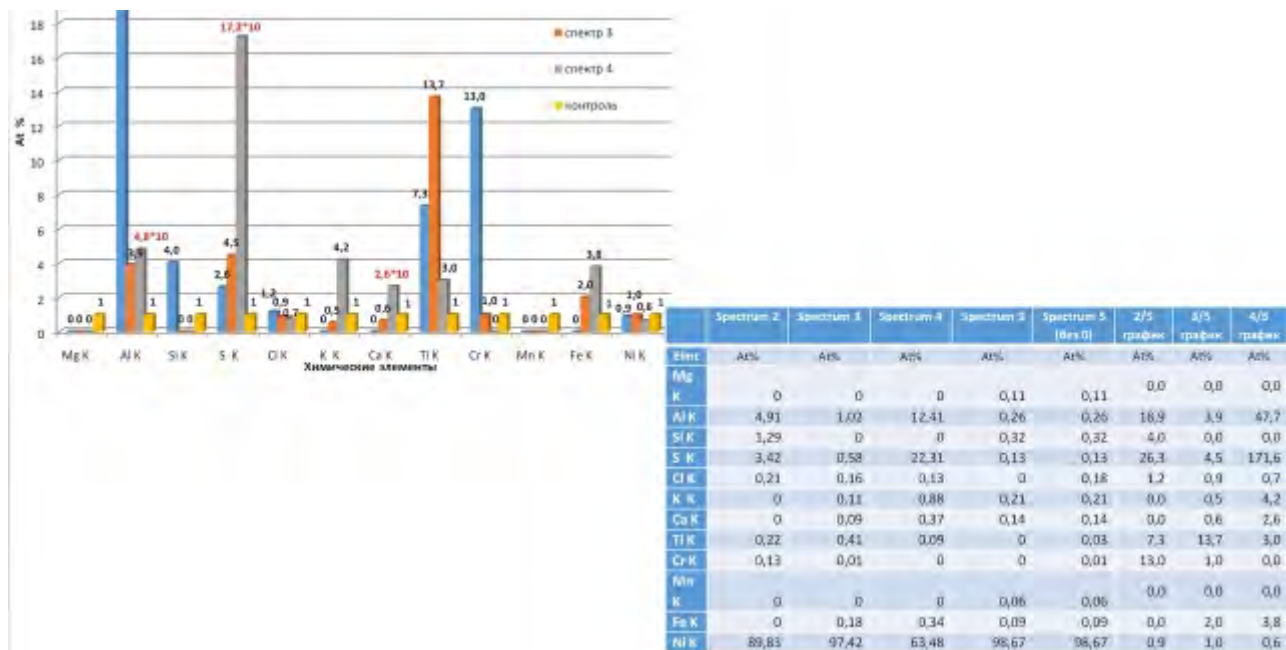


Рис. 13. Химический состав экспонированного электрода

* * *

Выводы

Показано, что в LENR-реакторах эффективно могут использоваться углеводороды (в том числе углеводороды, которые обычно не используются в энергетике, например, парафины, асфальты, смолы и др.). При этом важно, чтобы в обычных энергетических установках был реализован режим двухстадийного стимулированного горения с использованием металлических наночастиц и плазмы. Открывается прямой путь к повышению эффективности современных горелок, двигателей и энергетических установок. Вероятно, что первые промышленные энергетические установки на основе LENR будут использовать плазму с углеводородами.

Литература

1. Битюрин В.А., Климов А.И. Исследование горения углеводородного топлива, стимулированного неравновесными плазменными образованиями в воздушном высокоскоростном потоке. В кн. «Законы горения» под ред. Полежаева Ю.В., М.: Энергомаш, 2006, с. 351.
2. Klimov A., Bityurin V., Nikitin A., et.al. Non-Premixed Plasma-Assisted Combustion in High Speed Airflow. AIAA 2005-599, Proc. 43rd AIAA Aerospace Sciences Meeting & Exhibit, 10-13 January 2005, Reno, P. 13.
3. Klimov A., Bityurin V., Kuznetsov A., Vystavkin N., Vasiliev M. External and Internal Combustion Created by Combined Discharge Plasma in Supersonic Airflow. Paper 2004-0670, Proc. 42nd AIAA Aerospace Sciences Meeting & Exhibit, 4-8 January 2004, Reno, NV. P. 5.
4. K. Shoulders. Observations on the Role of Charged Clusters in Nuclear Cluster Reactions, Journal of New Energy, 1996, Vol. 1, №3, P. 21.
5. Месяц Г. А. Эктоны. 1993, УИФ «Наука».
6. Авраменко Р.Ф., Бахтин Б.И., Николаева В.И., Поскачеева Л.П., Широков Н.Н. Экспериментальное исследование плазменных образований, инициируемых эрозионным разрядом // ЖТФ, 1990, т.60, вып.12, с. 73.
7. Шаровая молния в лаборатории. Под ред. Авраменко Р. Ф., Бычкова В.Л., Климова А.И., Синкевича О.А. М.: «Химия», 1994, с. 256