Программа инновационных энергетических проектов
«ПРОМЕТЕЙ»

# ПЛАЗМОИДНЫЙ РИФОРМИНГ УГЛЕВОДОРОДОВ

ПРОЕКТ:
«ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ПЛАЗМОИДНОМ ВИХРЕВОМ РЕАКТОРЕ БЕЗ ОБРАЗОВАНИЯ $CO_2$»

Москва - Брянск – Санкт-Петербург
2023

# ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

**Создание плазмоидных энергетических установок** (ПЭУ-Р) для генерации тепловой, механической и электрической энергии из углеводородного сырья (природный газ, пропан, метан и д.р.) с использованием ПЛАЗМОИДНЫХ ВИХРЕВЫХ РЕАКТОРОВ (ПВР).

**Преимущества ПЭУ-Р.**

1. ПЭУ-Р позволят генерировать из углеводородного сырья тепловой энергии **в 6 раз и более**, чем при традиционном сжигании углеводородов
2. Процесс по получения тепловой энергии происходит **без выброса $CO_2$** в соответствии с мировыми трендами экологической безопасности.

**Коммерческое применение** технологи для зданий, производств и различных типов транспорта позволит:

1. Производить и продавать энергетические установки.
2. Производить и эксплуатировать энергетические установки продавая конечному потребителю тепловую, электрическую или механическую энергии.
3. Продавать лицензии на производство, продажу и эксплуатацию энергетических установок.

# ГЛОБАЛЬНАЯ ПОТРЕБНОСТЬ В НОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

**Изменение климата вызвало острую глобальную потребность** в новых, современных, чистых, портативных, источниках энергии без выбросов в атмосферу $CO_2$, что позволит значительно продвинуться в решении экологической проблемы загрязнения атмосферы, особенно густонаселенных городов.

**197 стран приняли Парижское соглашение 2015 года** по ограничению глобального потепления за счет ограничения выброса $CO_2$. С одной стороны все активнее в мировом сообществе вводятся углеродные налоги и ограничения на производство продукции за счет энергии с выбросом $CO_2$, с другой стороны эксперты предполагают утроение к 2030г. многомиллиардных инвестиций в технологии по производству чистой энергии без выброса $CO_2$, в том числе за счет роста значительной доли государственного финансирования (гранты, субсидии, займы). Все это будет способствовать созданию и внедрению новых экологичных технологий.

# ОСНОВНЫЕ НЕДОСТАТКИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Природный газ — это самое распространенное топливо** на сегодняшний день. Процесс горения газа является химической реакцией, при которой происходит взаимодействия природного газа с кислородом, который содержится в воздухе. В газообразном топливе присутствует горючая часть и негорючая.
**Основным горючим компонентом** природного газа является метан — **$CH_4$**. Его содержание в природном газе достигает 98 %. Кроме метана в природном газе могут присутствовать горючие газы — пропан, бутан и этан. Для обеспечения качественного горения газа необходимо в достаточном количестве подвести воздух в зону горения и добиться хорошего перемешивания газа с воздухом. Оптимальным считается стехиометрическое соотношение порядка 1 : 10.
**Полное горение достигается** в том случае, если в продуктах сгорания выходящих в атмосферу отсутствуют горючие вещества. При этом углерод и водород соединяются вместе и образуют углекислый газ и пары воды.

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O + Q$$

**При полном сжигании 1 кг метана образуется около 2,75 кг углекислого газа $CO_2$** .Если сгорание газа происходит не полностью, то в атмосферу дополнительно выбрасываются горючие вещества – угарный газ, водород, сажа.

**При сравнении с предлагаемой технологией получения тепловой энергии** с помощью плазмоидного риформинга углеводородов в ПВР традиционная технология сжигания углеводородов имеет следующие основные недостатки:
1. Выделение в атмосферу огромного количества вредных и токсичных продуктов горения, прежде всего углекислого газа.
2. Относительно малое выделение тепловой энергии на единицу углеводородного топлива.
3. Необходимость подачи большого объёма воздуха (кислорода) и его перемешивания для полного сгорания топлива.

# ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ

**Теоретические и экспериментальные исследования** по стимулированному горению углеводородов с помощью энергоемких неравновесных плазмоидов проводились на протяжении 18 лет научной группой под руководством проф. Климова А.И. в «Объединённом институте высоких температур РАН» (ОИВТ РАН). Были проведены фундаментальные и прикладные НИЭР в рамках Гос. Программ Президиума РАН.

**Теоретические заключения были подтверждены экспериментально** в ходе НИР и НИОКР проводимых далее в лабораториях организованных на частное финансирование и гранты. Проводились экспериментальные исследования по стимулированному горению углеводородного топлива в высокоскоростном воздушном потоке с помощью плазмоидных вихревых реакторов (ПВР), а также риформинг такого топлива в предварительно не перемешанных смесях пропана с азотом, гелием или аргоном. Получены зависимости параметров разряда от состава смеси, расхода рабочей смеси, эффективность выделения тепловой энергии в зависимости от материала электродов и состава рабочей смеси. Было изучено влияние внешних магнитных полей в разрядной камере ПВР, что позволяет увеличить его эффективность Для создания полуфеноменологической модели энерговыделения в ПВР было получено и обработано значительное количество оптических и рентгеновских спектров.

**Научное обоснование и результаты экспериментов получения тепловой энергии риформингом углеводородов с помощью плазмоидных технологий изложено в работах:**


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, Journal of New Energy, 1996, Vol. 1, №3, P. 21.
5. Месяц Г. А. Эктоны. 1993, УИФ «Наука».
6. K. Cherski, Theory of the deuteron- deuteron nuclear reactions at very low energies, Proc.14th IWAHLM, 29.08-1.09 2021.Assis, Italy

# ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ

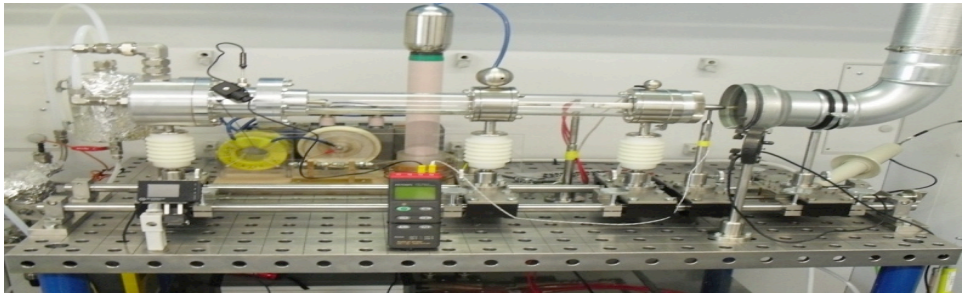
**Технология плазмоидного риформинга углеводородов** позволяет использовать практически любые углеводородные вещества. Для демонстрации технологии удобнее применять газообразные углеводороды. В основе технологии рассматривается плазмоидный риформинг углеводородов в ПВР. В данном случае под плазмоидным риформингом углеводородов понимается процесс преобразования исходного углеводородного сырья в более простые низкомолекулярные вещества и специфические реакции синтеза в условиях гетерогенной плазмы.

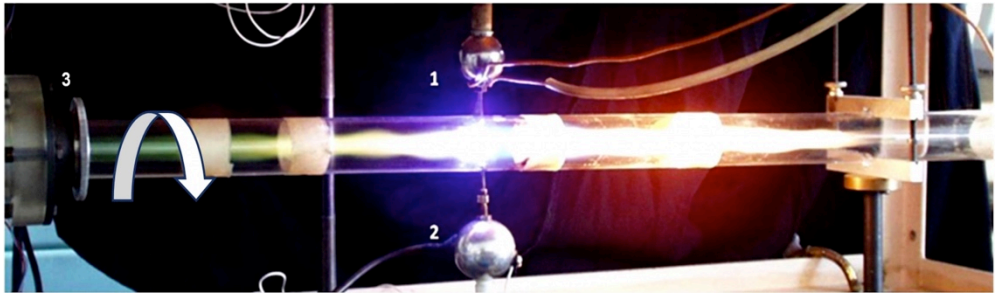
**Процесс плазмоидного риформинга углеводородов** в ПВР является экзотермическим и происходит в области плазмоидного образования при высоких температурах (от $5000^0$C и выше) без доступа воздуха при использовании буферного инертного газа, в качестве которого обычно применяется аргон.

Можно рассмотреть упрощённый процесс плазмоидного риформинга на примере метана, который является основной составляющей природного газа (92 - 98 %). В результате плазмоидного риформинга метана образуются нано-кластерные углеродные соединения **C** (фуллерены, прографит, сажа и др.) и атомарный водород $\mathbf{H^+}$.

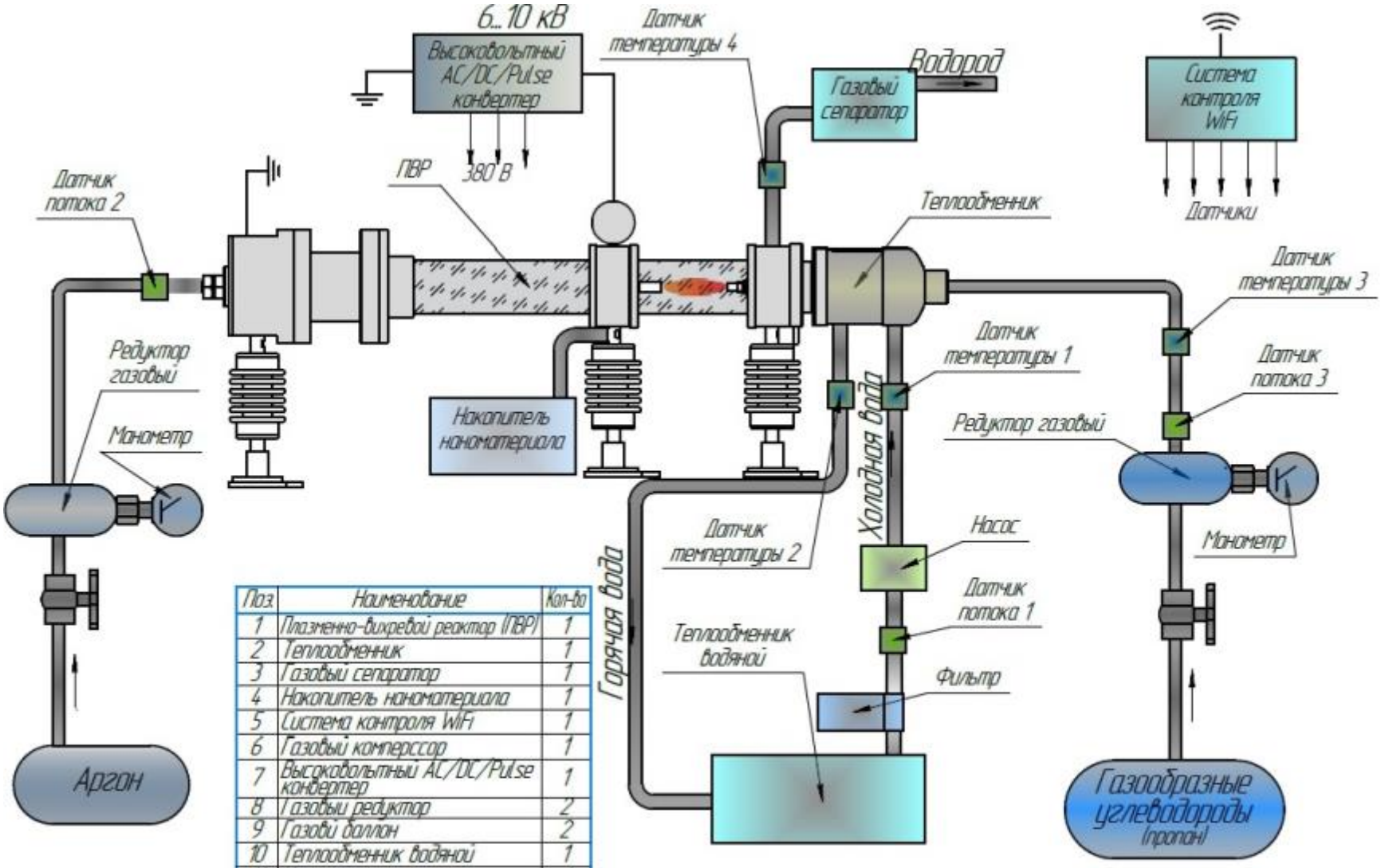
$$\longrightarrow CH_4 \longrightarrow C + 4H^+$$

Далее, в процессе протекания специфических плазмохимических реакций атомарного водорода с металлическими и углеродными нано-кластерами в условиях гетерогенной плазмы, происходит выделение тепловой энергии, количество которой, **более чем в 6 раз**, превышает тепловую энергию, получаемую при обычном сжигании природного газа. При этом не происходит выброса $CO_{2..}$





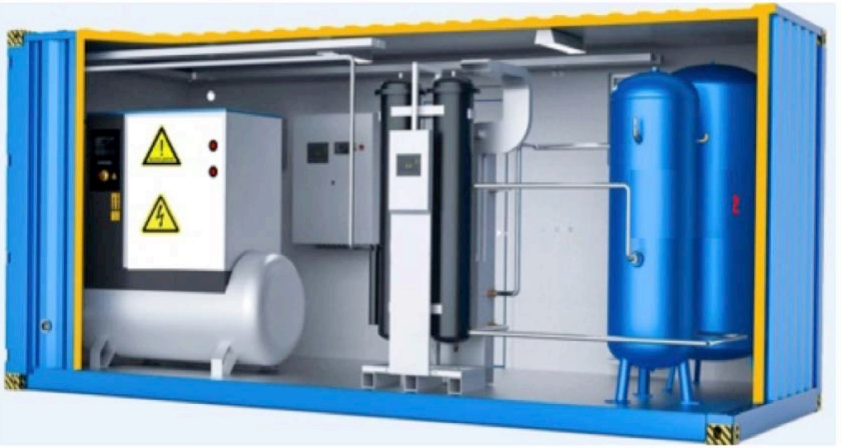
# ОБЩАЯ СХЕМА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА С ПВР




| Поз. | Наименование | Кол-во |
|---|---|---|
| 1 | Плазменно-вихревой реактор (ПВР) | 1 |
| 2 | Теплообменник | 1 |
| 3 | Газовый сепаратор | 1 |
| 4 | Накопитель наноматериала | 1 |
| 5 | Система контроля WiFi | 1 |
| 6 | Газовый компрессор | 1 |
| 7 | Высоковольтный AC/DC/Pulse конвертер | 1 |
| 8 | Газовый редуктор | 2 |
| 9 | Газови баллон | 2 |
| 10 | Теплообменник водяной | 1 |
| 11 | Насос | 1 |
| 12 | Фильтр водяной | 1 |
| 13 | Манометр | 2 |
| 14 | Датчик потока | 3 |
| 15 | Датчик температуры | 4 |

# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

**Технология плазмоидного риформинга** углеводородов позволяет использовать природный газ там где есть возможность его использования, а так же сжиженный газ (пропан, бутан) в специализированных емкостях хранения и перевозки. Кроме того, технология позволяет применять в качестве сырья очень дешевые углеводороды, такие как парафины, стеарины и т.п.



**Производство тепловой и электрической энергии.** Мобильные энергетические установки смогут производить тепловую энергию и обеспечивать различных потребителей теплом и электроэнергией значительно более низкой себестоимости, чем оборудование по традиционной технологии.
ТЭЦ различной мощности, построенные на основе таких установок, будут компактны, экономичны и экологичны.

# ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

В Таблице 1 приведен расчет производства тепловой энергии по технологии **Плазмоидный риформинг углеводородов.**

В Таблица 2 приведен расчет производства тепловой энергии при традиционной технологии **Сжигание углеводородов**

Для расчета, в качестве углеводородного сырья, выбран природный газ.

**Плазменный риформинг: Технология с ПВР без выброса $CO_2$**

**Таблица 3**

| ЗАТРАЧЕНО за 1 час работы | | | | ПОЛУЧЕНО за 1 час работы | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Материал/энергия** | **Количество** | **Цена** | **Стоимость** | **Материал/энергия** | **Количество** | **Цена** | **Стоимость** |
| Природный газ, кг | 1 | 10 ₽ | 10,00 ₽ | Тепл.энергия, кВт*ч | 85 | 2,0 ₽ | 170 ₽ |
| Эл.энергия, кВт*ч | 3 | 5 ₽ | 15,0 ₽ | $CO_2$, кг | 0 | | |
| | | | | | | | |
| **ИТОГО, руб.** | | | **25 ₽** | | | | **170 ₽** |

**Сжигание газа: Традиционная технология с выбросом $CO_2$**

**Таблица 4**

| ЗАТРАЧЕНО за 1 час работы | | | | ПОЛУЧЕНО за 1 час работы | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Материал/энергия** | **Количество** | **Цена** | **Стоимость** | **Материал/энергия** | **Количество** | **Цена** | **Стоимость** |
| Природный газ, кг | 1 | 10 ₽ | 10,00 ₽ | Тепл.энергия, кВт*ч | 13 | 2,0 ₽ | 26 ₽ |
| Эл.энергия, кВт*ч | 0 | 0 ₽ | 0 ₽ | $CO_2$, кг | 2,7 | | |
| | | | | | | | |
| **ИТОГО, руб.** | | | **10 ₽** | **ИТОГО, руб.** | | | **27 ₽** |

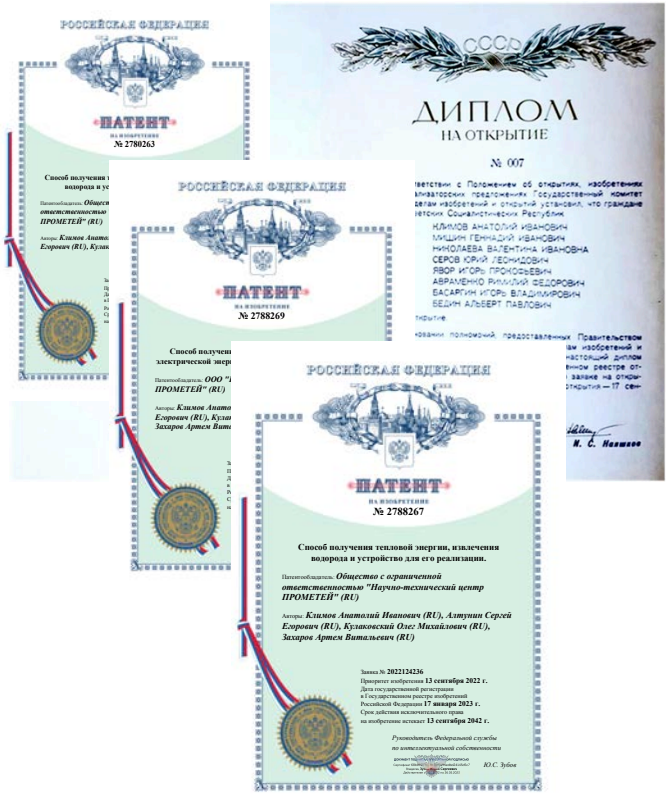
**ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ:**

- Плазмоидные энергетические установки, при использовании природного газа, генерируют в **6 раз и** более тепловой энергии, чем при традиционном сжигании.
- Производство тепловой энергии происходит **без выброса $CO_2$**.
- При традиционном сжигании 1-го кг природного газа в атмосферу выбрасывается около **2,7 кг $CO_2$.**

# НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ПО РАНЕЕ ВЫПОЛНЕННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

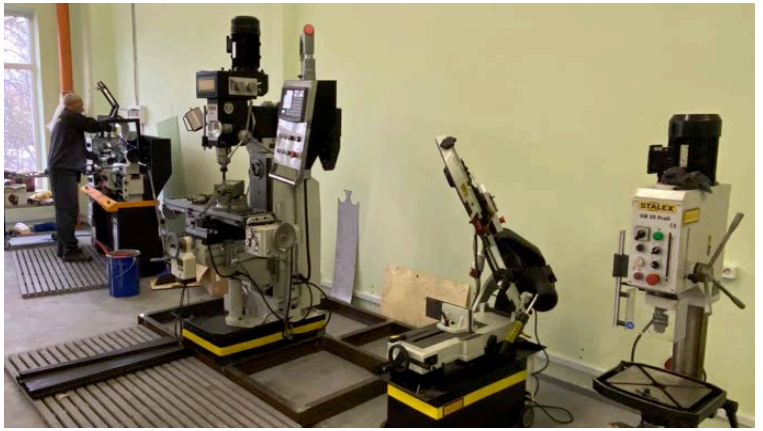
Приоритет и компетенции команды проекта - разработчиков технологий на основе инновационных ПЛАЗМОИДНЫХ ВИХРЕВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ, признан на международном уровне по опубликованным работам и отзывам независимых научных экспертов на международных и отечественных профильных конференциях.

По результатам ранее выполненных экспериментальных исследований членами команды проекта были подготовлены и защищены три кандидатские диссертации, написаны три монографии, получены 10 патентов и один Диплом на научное открытие, в том числе:

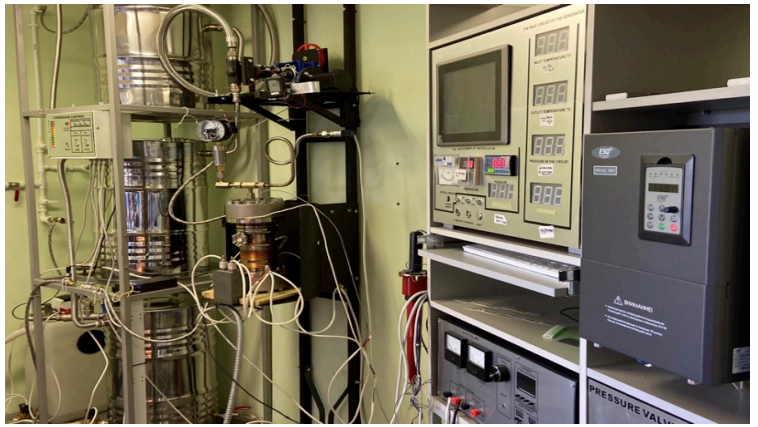


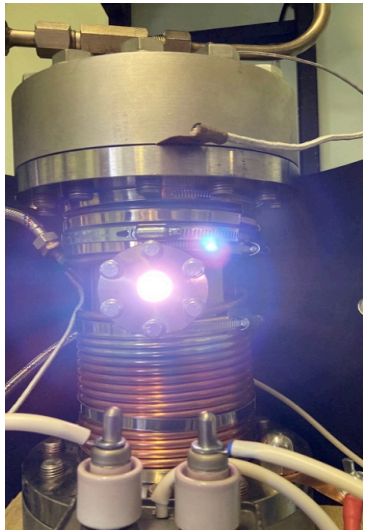

- Диплом на научное открытие № 007 от 25 марта 1985: «Аномальное сверхзвуковое обтекание тел в слабо ионизированной неравновесной плазме». Авторы: академик Авраменко Р.Ф., д.ф.-м.н. Климов А.И. и др.
- Патент на изобретение № RU 2788267 13.09.2022 по технологии плазмоидный риформинг углеводородов «Способ получения тепловой энергии, извлечения водорода и устройство для его реализации». Патентообладатель ООО «НТЦ ПРОМЕТЕЙ». Авторы: А.И. Климов, С.Е. Алтунин, О.М. Кулаковский, А.В. Захаров
- Патент на изобретение № RU 2788269 05.09.2022 «Способ получения тепловой энергии, извлечения электрической энергии и устройство для его реализации». Патентообладатель ООО «НТЦ ПРОМЕТЕЙ». Авторы: А.И. Климов, С.Е. Алтунин, О.М. Кулаковский, А.В. Захаров
- Патент на изобретение № RU 2780263 23.12.2021: «Способ получения тепловой и электрической энергии, водорода и устройство для его реализации». Авторы: А.И. Климов, С.Е. Алтунин, О.М. Кулаковский.

# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ПРОМЕТЕЙ»



- В течение более 15 лет, проведен огромный объем НИР и НИОКР по плазмоидным технологиям. Сделаны десятки лабораторных образцов, проведены более тысячи экспериментов и испытаний.
- Создан и оснащен современным оборудованием НТЦ «ПРОМЕТЕЙ» общей площадью 500 м$^2$
- Собрана опытная команда ученых, исследователей и разработчиков.





# ЛИДЕРЫ ПРОЕКТА

**Проф. Климов Анатолий Иванович**
Доктор физико-математических наук, академик РАЕН, Ведущий научный сотрудник Объединённого института высоких температур. Ученый, изобретатель, автор Диплома на научное открытие и ряда патентов. Участник оргкомитетов международных конференций по плазменной аэродинамике, по физическим процессам в атмосфере, ионосфере и безопасности (AIS), по ядерной физике в конденсированных средах (LENR). Роль в проекте: научный руководитель.

**Сергей Алтунин**
Исследователь - изобретатель, разработчик ряда инновационных технологий, инвестор, бизнесмен. Роль в проекте: проведение НИОКР, патентование, разработка и организация производства лабораторных и опытных образцов.

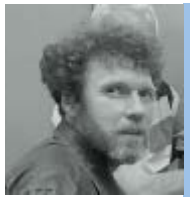
**Олег Кулаковский**
Инвестор, бизнесмен, участник разработки технологии, большой опыт корпоративного управления, проектного управления, успешной реализации стартапов. Роль в проекте: управление проектом, финансы.

**Захаров Артем**
Инвестор, бизнесмен, участник разработки технологии,
Опыт проектного управления и успешной реализации стартапов. Роль в проекте: маркетинг, развитие, привлечение инвестиций и индустриальных партнеров.

# КОМАНДА ПРОЕКТА

**Команда Проекта -** это сочетание изобретателей, ученых, конструкторов, инженеров и бизнес-профессионалов с большим опытом участия в инновационных проектах.

**Виктор Лукьянчиков**
Руководитель центра НИОКР и испытательной лаборатории



**Владимир Антюшин**
Исследования и проведение испытаний

**Владимир Чепелев, к.ф-м.н**
Разработка систем управления и высоковольтных источников питания

**Владислав Белодед**
Проектирование и анализ гидро-газодинамических и тепловых процессов

**Олег Шиш**
Проектирование и анализ химических процессов и реакций взаимодействия

**Евгения Савоськина**
Проектирование и конструкторская документация

**Владимир Макаров**
Разработка электронных систем

**Михаил Акулов**
Программирование систем управления и контроля

**Игорь Дурнин**
Инженерная подготовка и производство

# ЭТАПЫ ПРОЕКТА

## I ЭТАП: Создание демонстрационной модели

1. Создание испытательного стенда, лабораторных образцов ПВР, источников питания под задачи проекта.
2. Проведение необходимых НИР и НИОКР.
3. Доработка конструкции ПВР по результатам НИР и НИОКР.
4. Проведение независимых демонстрационных испытаний подтверждающих заявленные параметры.
5. Длительность 1-го этапа – 12 месяцев.

## II ЭТАП: Создание опытного (предпромышленного) образца повышенной мощности

1. Разработка и согласование ТЗ.
2. Создание опытного образца установки с ПВР повышенной мощности.
3. Проведение испытаний и доработка конструкции ПВР по результатам испытаний.
4. Разработка детального бизнес-плана.
5. Длительность 2 этапа – 15 месяцев.

## III ЭТАП: Коммерциализация технологии

1. Создание промышленного образца.
2. Выпуск малой серии.
3. Коммерческие продажи.

## Контакты для взаимодействия

тел. +7-921-9368044
E-mail: omk108@icloud.com

Дополнительная информация по проекту предоставляется по запросу с учетом заинтересованности сторон.