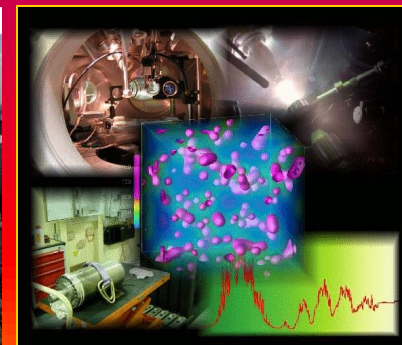




Объединенный институт высоких температур РАН Научно-исследовательский Центр электрофизических и тепловых процессов

Основные научные результаты
2013 года





Кадровый состав Центра ЭФТП

- 1. Общее число сотрудников – 120 (штат. ед. 81 + 2 вб)**
- 2. Общее число научных сотрудников - 57**
- 3. Члены-корреспонденты РАН – 3**
- 4. Доктора наук – 23**
- 5. Кандидаты наук – 31**
- 6. Студенты – 9**
- 7. Аспиранты – 7**

Направления деятельности

Программа фундаментальных исследований РАН

- 3.1. Основы развития и функционирования энергетических систем в рыночных условиях, включая проблемы энергоэффективности экономики и глобализации энергетики; энергобезопасность; энергоресурсосбережение и комплексное использование природных топлив.
- 3.2. Физико-технические и экологические проблемы энергетики; тепломассообмен; теплофизические и электрофизические свойства веществ; низкотемпературная плазма и технологии на ее основе.
- 3.3. Фундаментальные проблемы современной электротехники, импульсной и возобновляемой энергетики.
- 3.4. Атомная, термоядерная, водородная и космическая энергетика.
- 3.5. Общая механика, динамика космических тел, транспортных средств и управляемых аппаратов; биомеханика; механика жидкости, газа и плазмы, неидеальных и многофазных сред; механика горения, детонации и взрыва.
- 3.6. Механика твердого тела, физика и механика деформирования и разрушения, механика композиционных и наноматериалов, трибологии.

РФФИ (9 грантов)

Проекты Минобразования: 1

Контракты

ГРЦ им. В.П.Макеева, ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «Авиадвигатель»

Международные контракты: Белоруссия

Издания (монографии - 2, статьи в рец. журн. – 76)

Международные и российские конференции (приглашенные доклады - 28)

Национальный комитет по теплофизическим свойствам веществ

Журнал «Теплофизика высоких температур»

Фундаментальные исследования 2013 г.

- Исследованы диссипативные процессы в кварк-глюонной плазме на основе релятивистской гидродинамики необратимых процессов.
- Разработан метод применения инвариантов Римана в неадиабатических течениях.
- Впервые экспериментально изучена сверхзвуковая турбулентность для течения Коважного .
- Впервые обнаружен эффект сосуществования ламинарного и турбулентного течений в канале.
- Экспериментально получена цепочечная структура импульсного разряда в пористой газожидкостной среде.
- Получены новые экспериментальные результаты в турбулентном горении в струях.
- Проведено 3D - моделирование горения и детонации в реагирующих многокомпонентных газах.

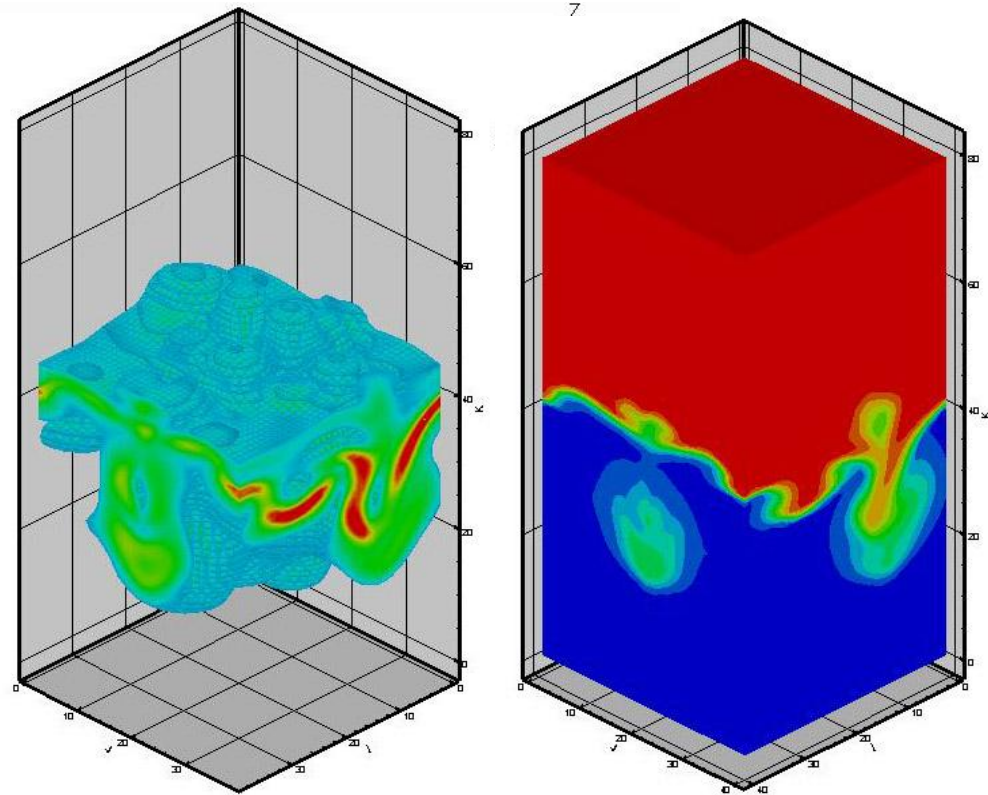
Прикладные исследования 2013 г.

- Разработаны программы численного моделирования входа ЛА в плотные слои атмосферы со скоростями 5-8 км/с от высот разреженной атмосферы (100 км, $l=1$ м) до 40 км.
- Созданы стенды для изучения кевларовых ТЗП при температурах до 8000 К
- Разработаны электрические зонды для on-line измерений концентрации электронов у поверхности ЛА на основе разрушающихся материалов в химически реагирующей плазме и холловские зонды с использованием статических магнитов с магнитными полями до 1 Т.
- Проведены эксперименты по обоснованию создания высоковольтного маслонаполненного трансформатора на основе элегаза и ТМ
- Разработка перспективных плазменных технологий поверхностного упрочнения
- Исследованы газодинамические и плазменные процессы в ограничителях перенапряжений на МКС.
- Вход ЛА в плотные слои атмосферы
- Создание плазмотрона мощностью 1 МВт для плазменных технологий в металлургии

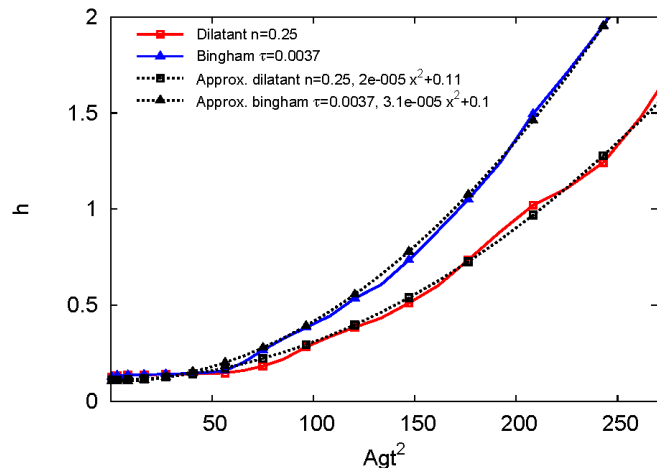
Численное моделирование неньютоновских и релятивистских сред

Расчетно-теоретическое исследование контактных неустойчивостей двухкомпонентных сред с различной реологией

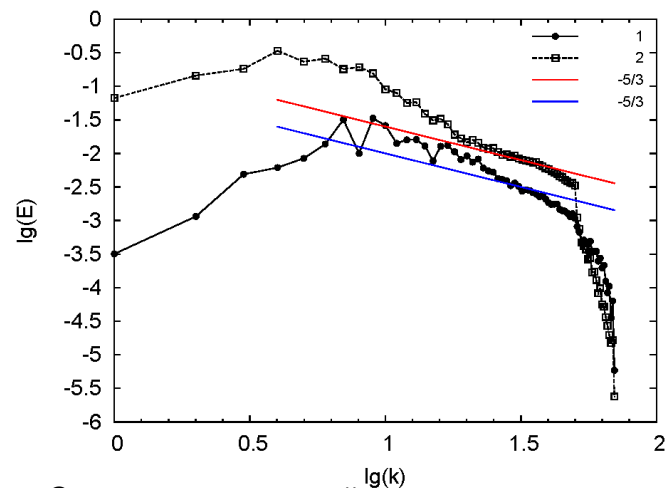
7



Тензор скоростей деформации



Ширина зоны перемешивания в зависимости от Agt^2 для бингамовской и псевдопластической ($n=0.25$) жидкостей



Спектр кинетической энергии при развитом турбулентном перемешивании в различные моменты времени

Гидродинамическое приближение в релятивистской КГП

4-пространство Минковского

$$N_{\text{eq}}^\mu = n u^\mu,$$

$$T_{\text{eq}}^{\mu\nu} = e u^\mu u^\nu - p \Delta^{\mu\nu}$$

$$S_{\text{eq}}^\mu = s u^\mu,$$

$$\dot{n} = -n \vartheta,$$

$$\dot{e} = -(e + p) \vartheta,$$

$$\dot{u}^\mu = \frac{\nabla^\mu p}{e + p} = \frac{c_s^2}{1 + c_s^2} \frac{\nabla^\mu e}{e}.$$

$$N^\mu = N_{\text{eq}}^\mu + \delta N^\mu = n u^\mu + V^\mu,$$

$$T^{\mu\nu} = T_{\text{eq}}^{\mu\nu} + \delta T^{\mu\nu} = e u^\mu u^\nu - (p + \Pi) \Lambda^{\mu\nu} + \pi^{\mu\nu} + W^{\mu}{}_{\alpha} u^\alpha + W^{\nu}{}_{\alpha} u^\alpha$$

$$S^\mu = S_{\text{eq}}^\mu + \delta S^\mu = n u^\mu + \Phi^\mu.$$

$$T s = p - \mu n + e.$$

$$u_\mu \delta T^{\mu\nu} u_\nu = \int \frac{d^3 p}{E} (u \cdot p)^2 \delta f(x, p) = 0,$$

$$u_\mu \delta N^\mu = \int \frac{d^3 p}{E} (u \cdot p) \delta f(x, p) = 0.$$

3+1 Пространство

$$W = \frac{1}{\sqrt{1 - u^2 / c^2}}$$

$$\mathcal{E} = \rho_0 h W^2 - p - \rho_0 W$$

$$D = \rho_0 W$$

$$\partial_t D + \partial_k (D v^k) = 0,$$

$$S_i = \rho_0 h W^2 v_i \quad \partial_t S_i + \partial_k (S_i v^k + p \delta_i^k) = 0,$$

$$\partial_t \mathcal{E} + \partial_k [(\mathcal{E} + p) v^k] = 0,$$

$$T \partial \cdot S = \frac{\Pi^2}{\zeta} - \frac{q^\alpha q_\alpha}{2\lambda T} + \frac{\pi^{\alpha\beta} \pi_{\alpha\beta}}{2\eta} \geq 0.$$

**Газовая динамика,
гидродинамика
реагирующих сред**

Нелинейные волны с медленным энерговыделением

$$\frac{\partial J^+}{\partial t} + (u + a_s) \frac{\partial J^+}{\partial x} = \frac{a_s}{\tau_Q},$$

$$J^+(\xi^+) = J^+(\xi_0^+) + \int_{\xi_0^+}^{\xi^+} \bar{Q}(\xi^{+'}) d\xi^{+'}$$

$$\frac{\partial J^-}{\partial t} + (u - a_s) \frac{\partial J^-}{\partial x} = -\frac{a_s}{\tau_Q},$$

$$J^-(\xi^-) = J^-(\xi_0^-) - \int_{\xi_0^-}^{\xi^-} \bar{Q}(\xi^{-'}) d\xi^{-'}$$

$$\frac{\partial \bar{s}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{s}}{\partial x} = \frac{1}{\tau_Q},$$

$$a = a_0 + \frac{k-1}{2}u + \frac{k-1}{2} \int_{\xi_0^-}^{\xi^-} \bar{Q}(\xi^{-'}) d\xi^{-'}$$

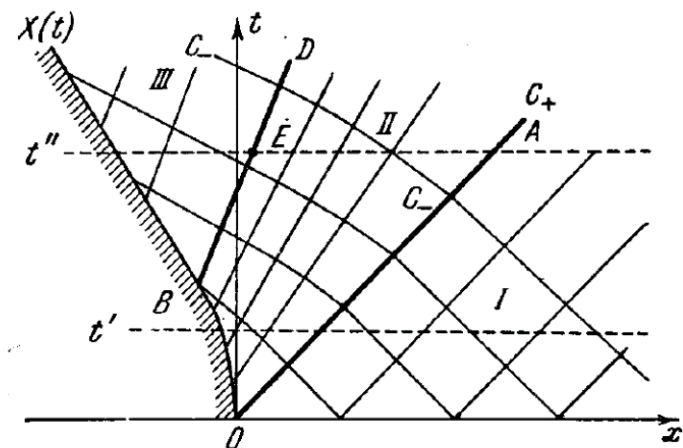
Решение задачи

Скорость звука в среде с энерговыделением

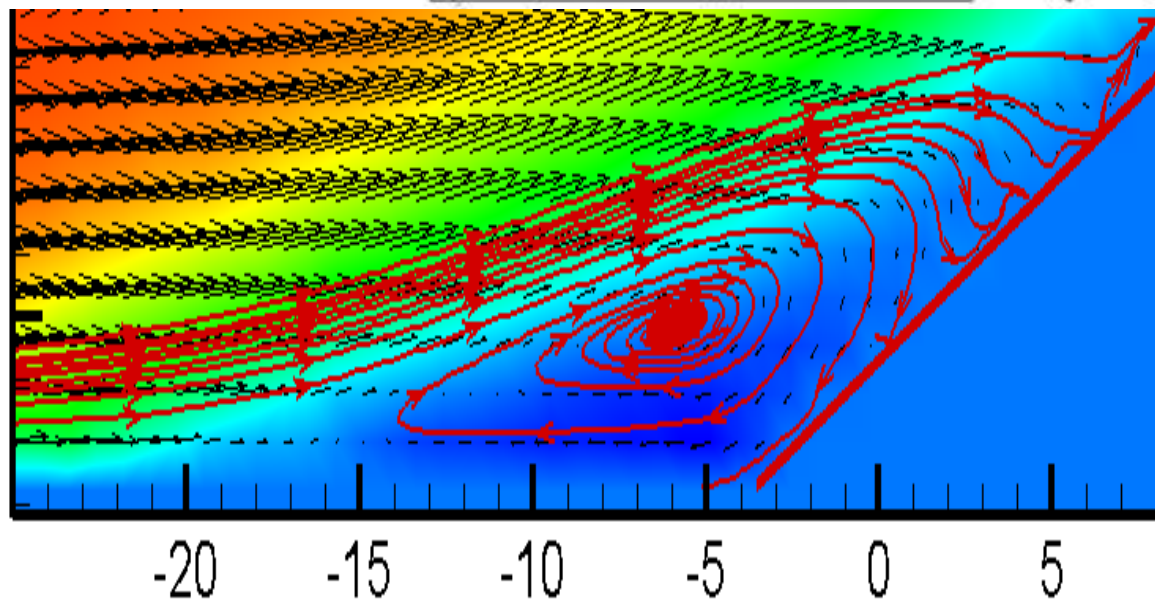
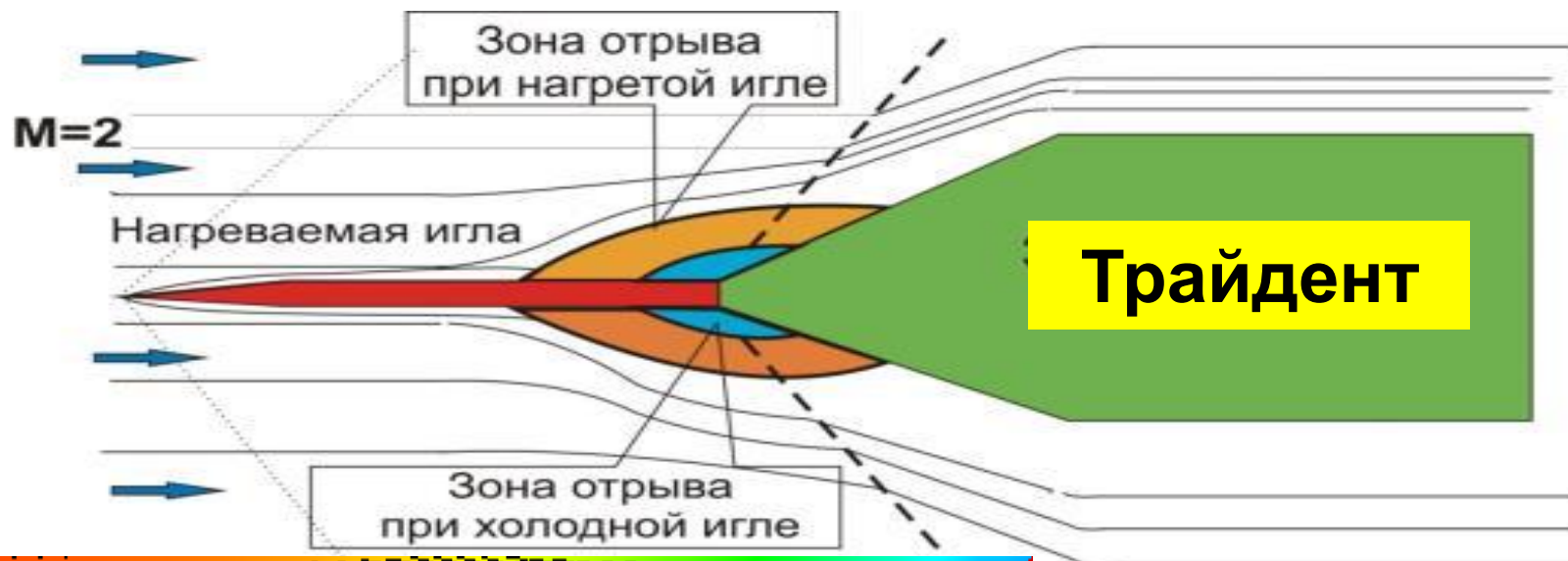
Малый параметр
медленного нагрева

$$\gamma_{sQ} = \frac{\tau_s}{\tau_Q} = \frac{(k-1)LQ}{ka_s p}$$

Сон Э.Е.

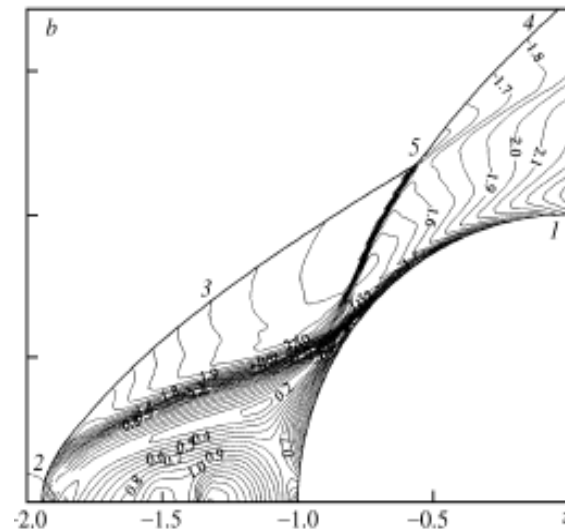


Взаимодействие УВ с нагреваемым ПС

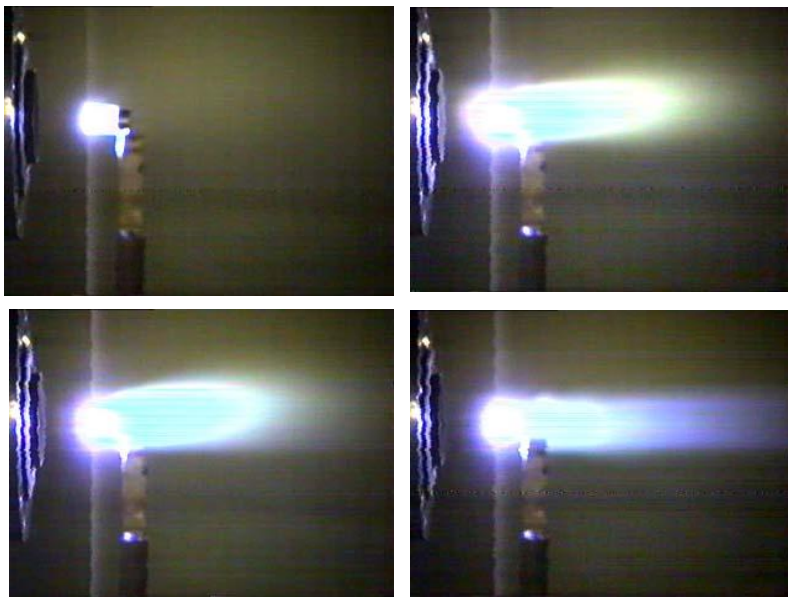


Глушнева А.В., Сон Э.Е.

Возвратное течение



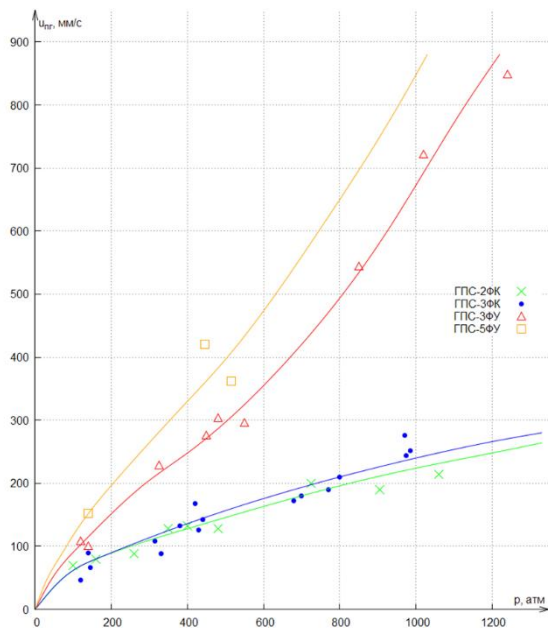
Горение твердого керосина и пасты



1-ТК; 2-ТАИК; 3-ТВК; 4-ТТіКА; 5-РМЭ-30 на ТК и ТМК; 6-наконечник МЭ-30; 7-пирозапалы; 8-сопло встречных струй КВС.

Рис. 4 Образцы первых опытных партий «твердого керосина» и «твердого металлокеросина» для РМЭ-30

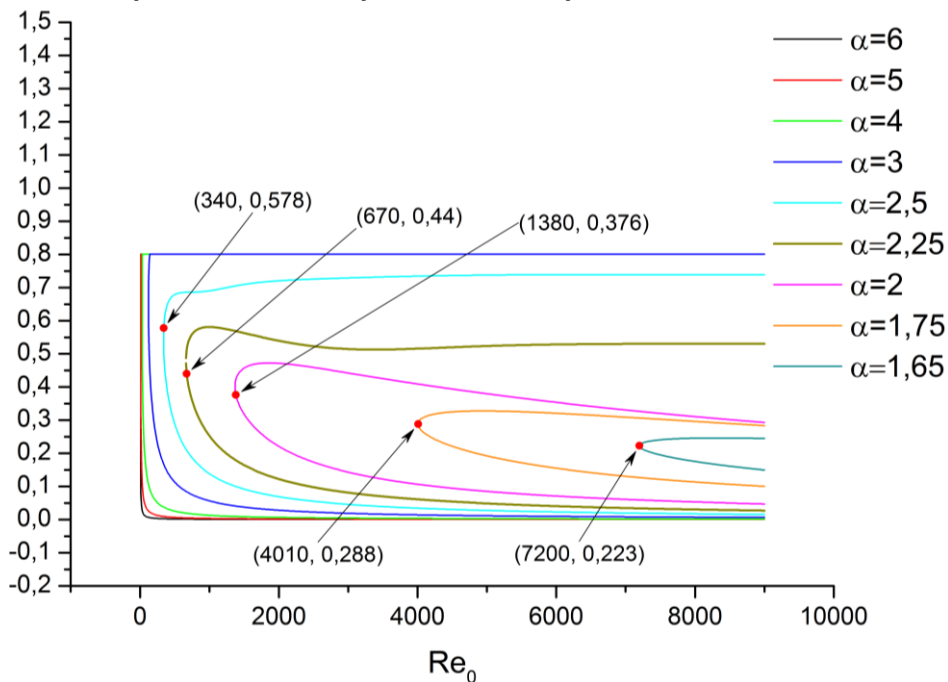
Для теплогазодинамических, теплогазоаэродинамических энергосиловых устройств ГРВТ разгона, марша, управления и поражения, «не боящихся» перегрузок и многократного включения, необходимы только пастогазогенерирующие составы (ПГГС) **сверхвысоких и аномальных скоростей горения**



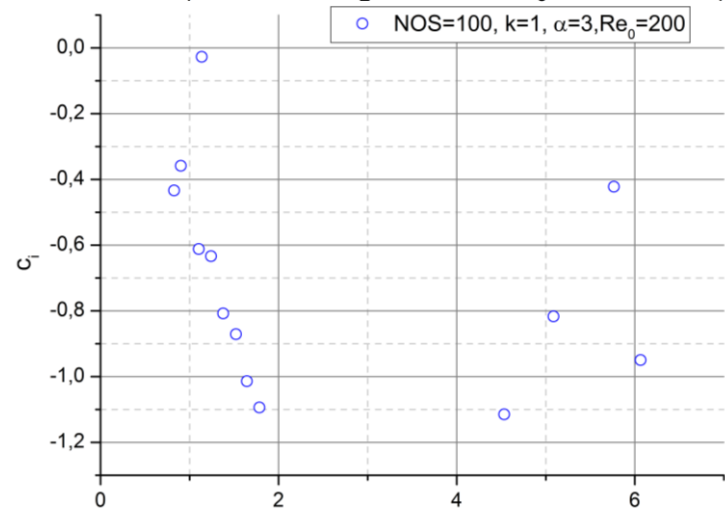
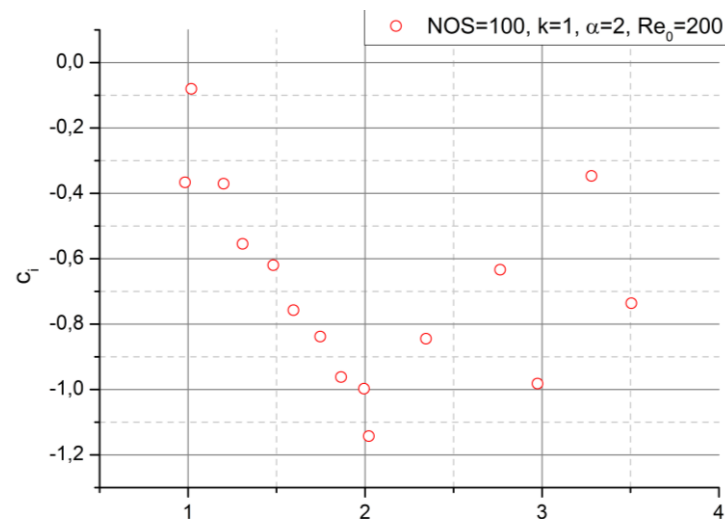
Устойчивость течений и турбулентность

Исследование ламинарных течений, устойчивости и турбулентности термовязких жидкостей в неоднородных температурных полях

Получено решение уравнения Орра-Зоммерфельда для случая установившегося течения термовязкой жидкости в неоднородном температурном поле. Установлена область устойчивости полученного профиля при различных при различных температурных градиентах, построены нейтральные кривые.

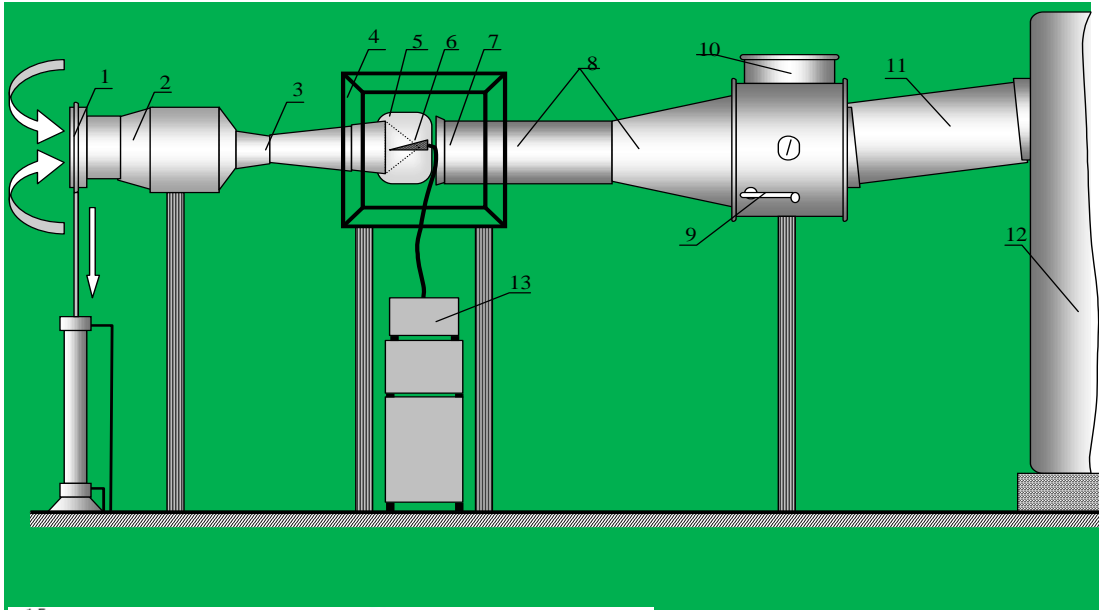


Кривые нейтральной устойчивости



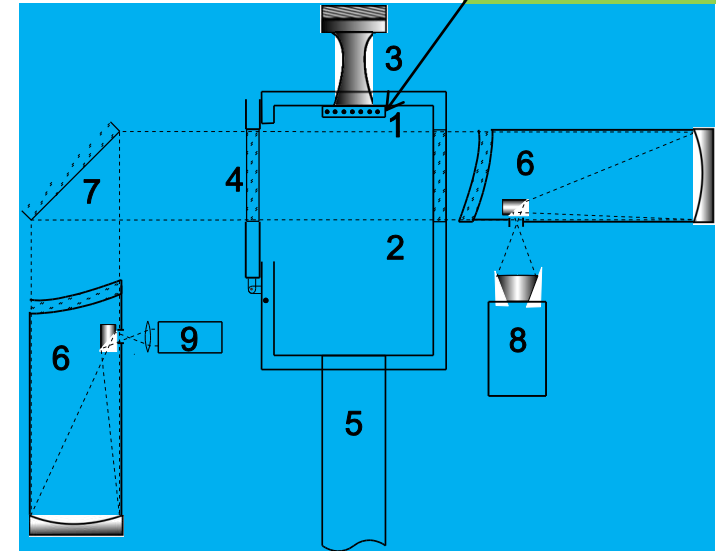
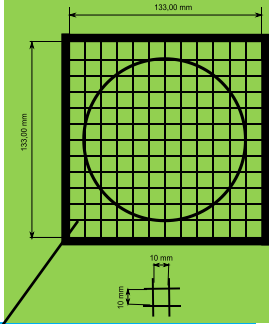
Собственные значения уравнения Орра-Зоммерфельда

Сверхзвуковая турбулентность в камере Эйфеля

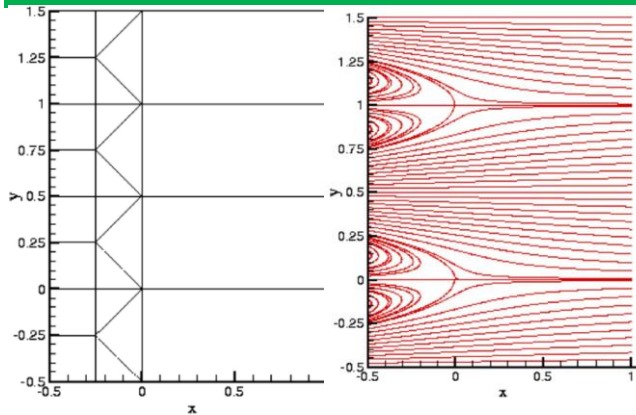


Эйфеля

GRID 133/10 mm



Турбулентное
сверхзвуковое
течение
Коважного



$M = 2$ (520 m/s).

$$Re = 10^6$$

Static pressure $p = 0.15$ bar

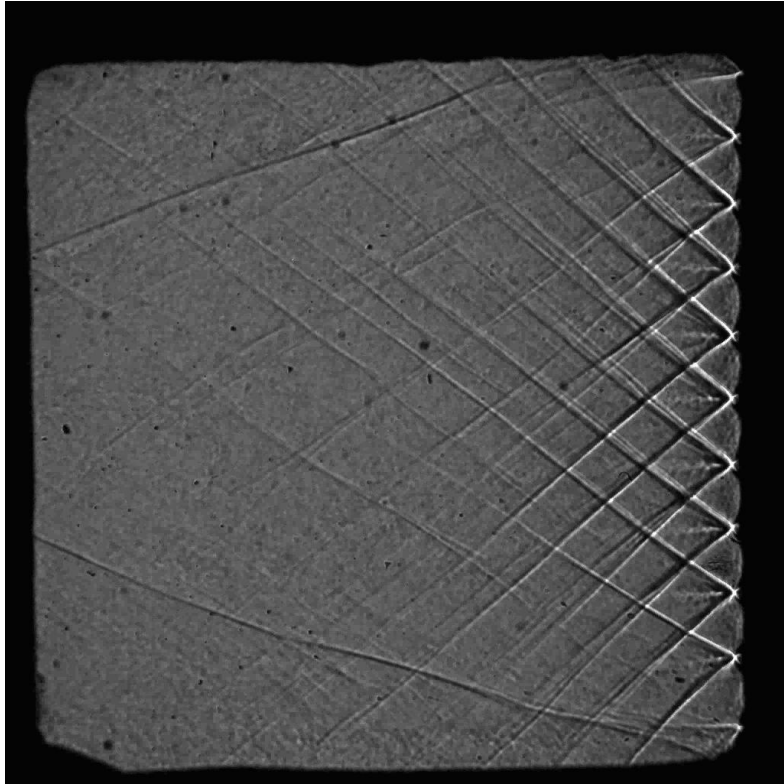
Air flow rate $G = 1.0$ kg/s. jet diameter $d = 110$ mm

Flow time 60 s

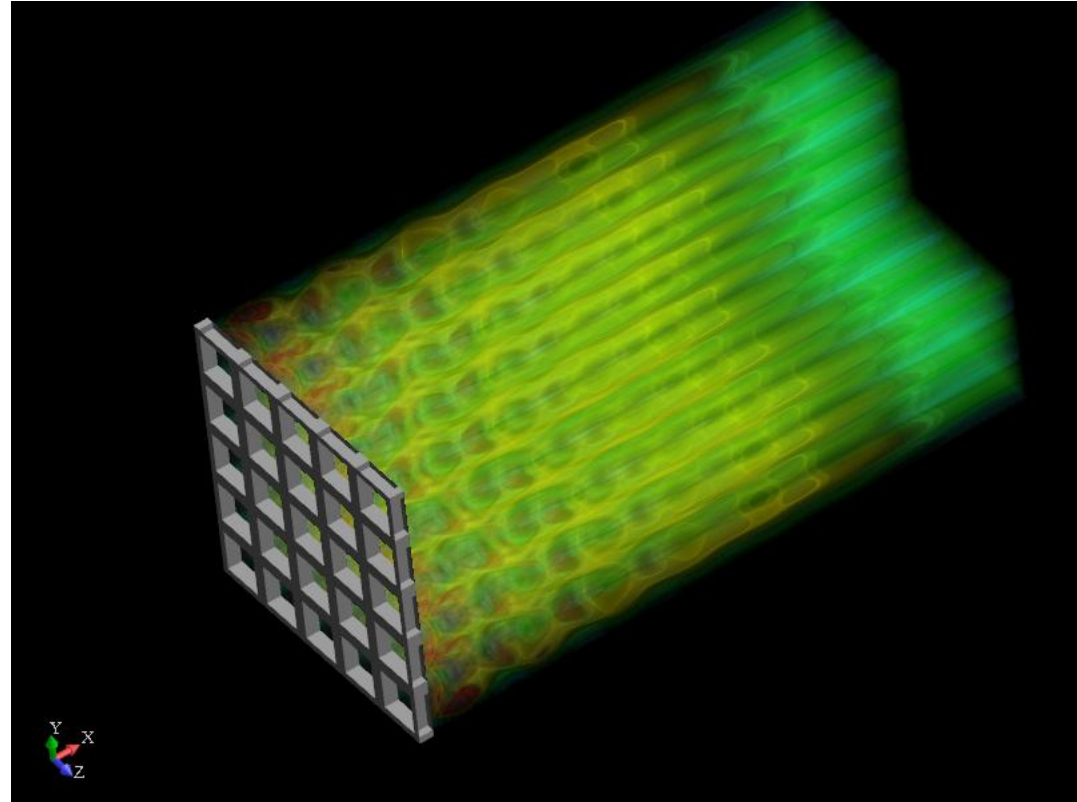
- 1 – grid
- 2 – Eiffel chamber
- 3 – Laval nozzle
- 4 – transparent window
- 5 – diffuser
- 6 – optical parts,
- 7 – rotating mirror
- 8 – Photron Fastcam SA4,
- 9 – flash lamp.

Численное моделирование сверхзвуковой турбулентности

Эксперимент



3D моделирование



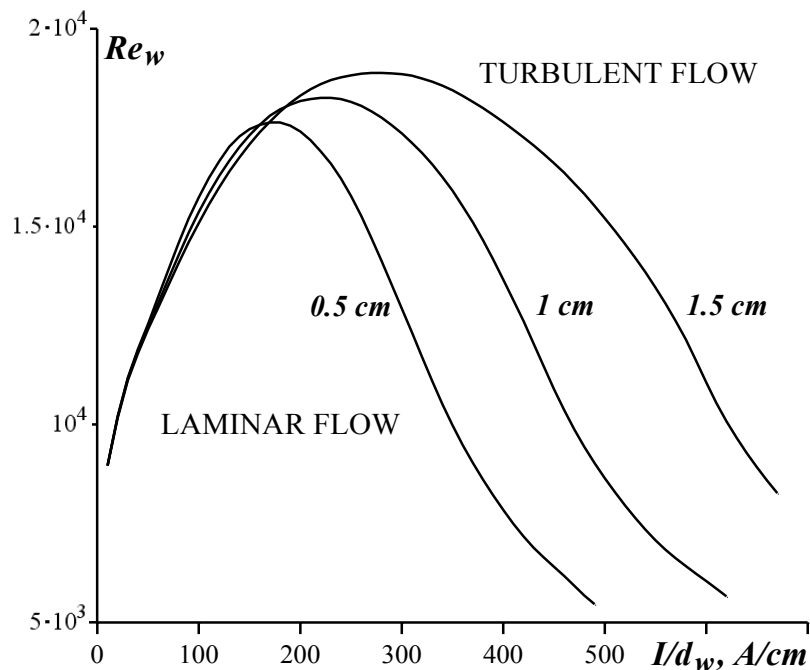
В сверхзвуковой турбулентности за решеткой ($M=2$) образуются косые ударные волны, которые пересекаются, взаимодействуют и образуют вихревую структуру.

Характерные размеры структур увеличиваются вниз по потоку.

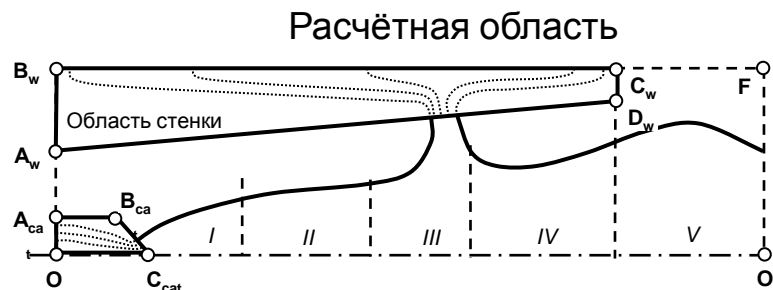
Разработка моделей турбулентности и численные расчёты плазменных течений в генераторе низкотемпературной плазмы с расширяющимся каналом выходного электрода

Разработана математическая модель плазменного турбулентного течения, учитывающая сильную переменность теплофизических свойств. В качестве основы использованы две модели турбулентности – двухпараметрическая (k-ε) «низкорейнольдсовская» и модифицированная алгебраическая модели.

Моделирование турбулентности

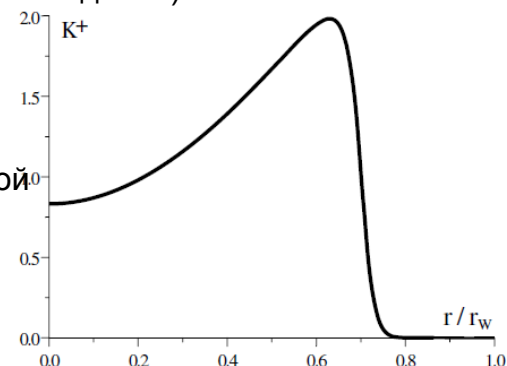


Пограничная кривая стабилизированного плазменного потока

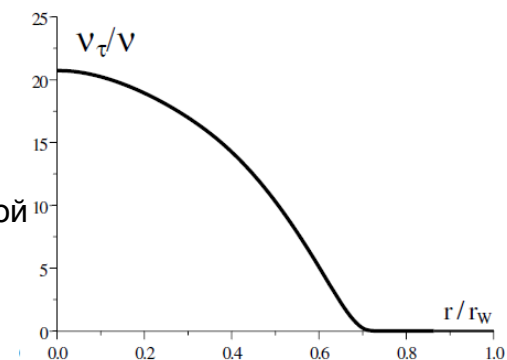


Основные результаты (аномально толстый вязкий подслой)

Радиальный профиль безразмерной кинетической энергии турбулентности



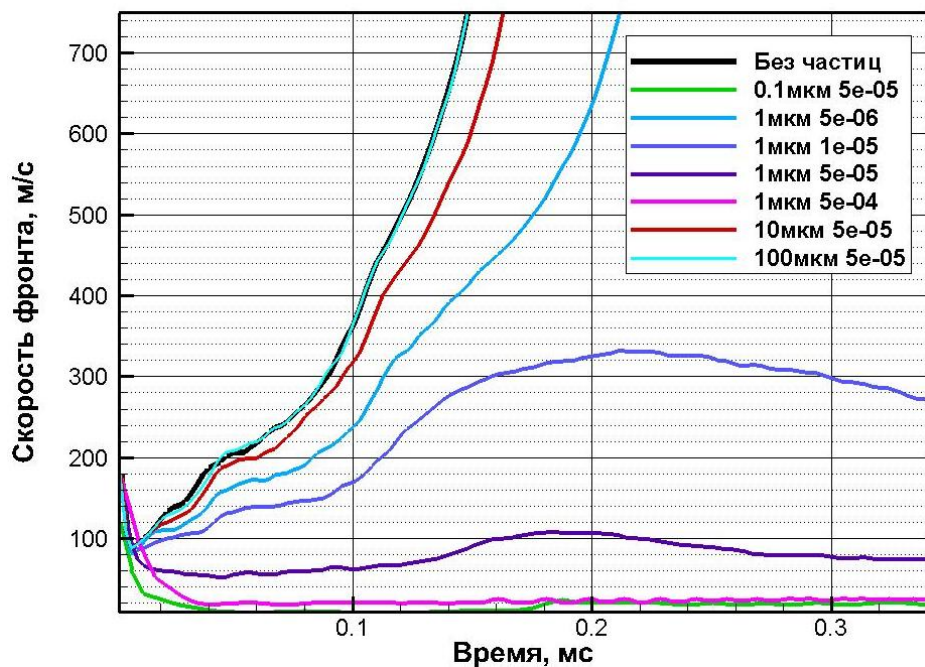
Радиальный профиль приведенной турбулентной вязкости



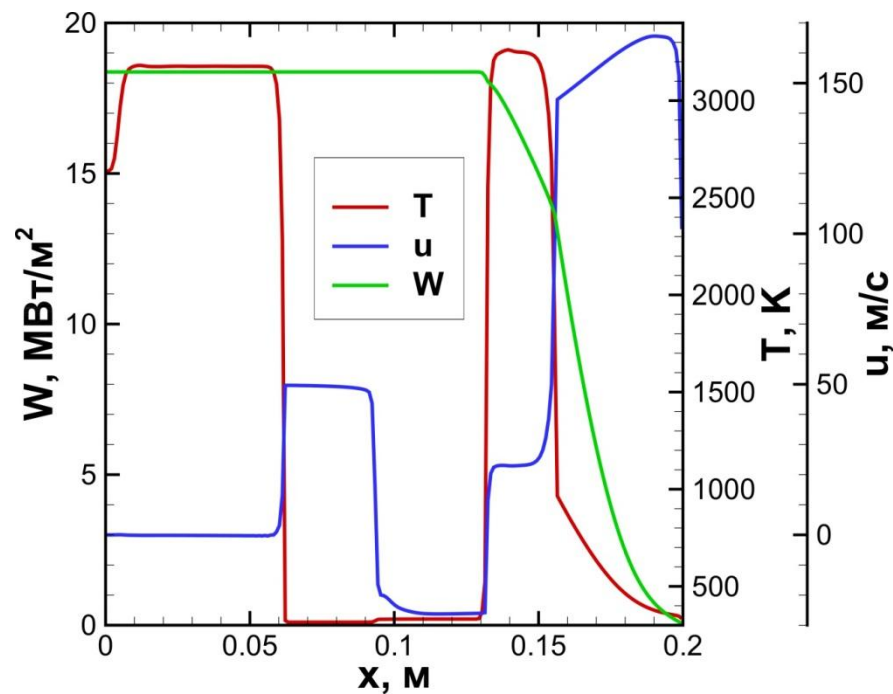
Турбулентное горение и детонация

Исследование влияния переноса излучения из зоны горения на распространение пламени и переход к детонации в газовзвесьях с высокой концентрацией частиц

Влияние нейтральной мелкодисперсной примеси на развитие горения водород-кислородной смеси и переход горения в детонацию в каналах



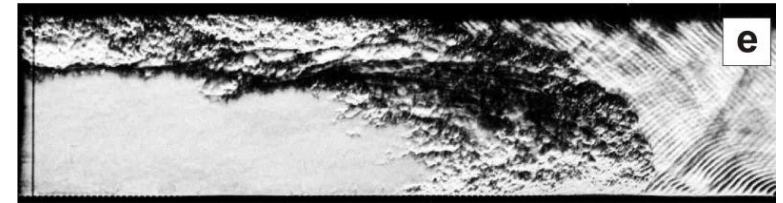
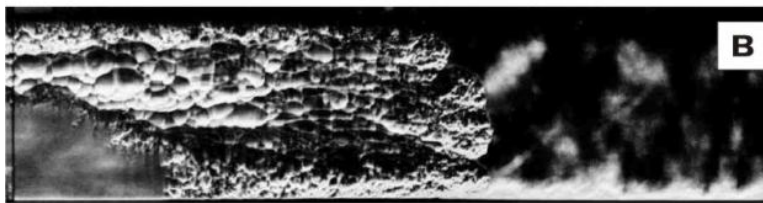
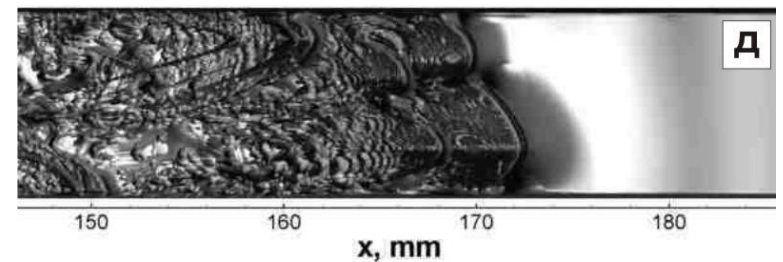
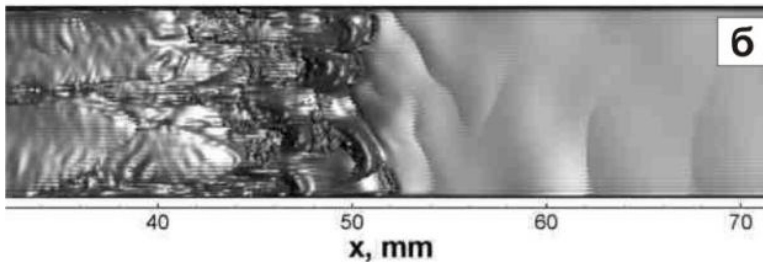
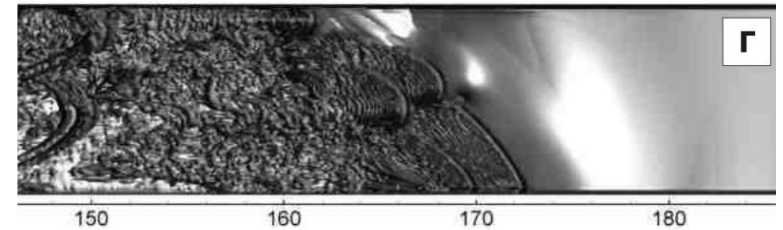
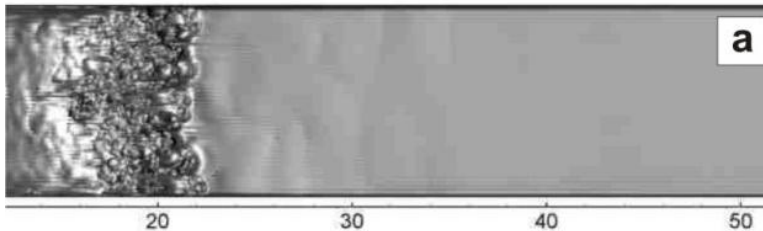
Хронограммы скорости пламени, распространяющегося в канале, заполненном водород-кислородной смесью с добавлением нейтральных частиц разных размеров и объемных концентраций.



Воспламенение газовзвеси на границе повышенной концентрации микрочастиц. Показаны профили температуры, массовой скорости и плотности потока энергии излучения.

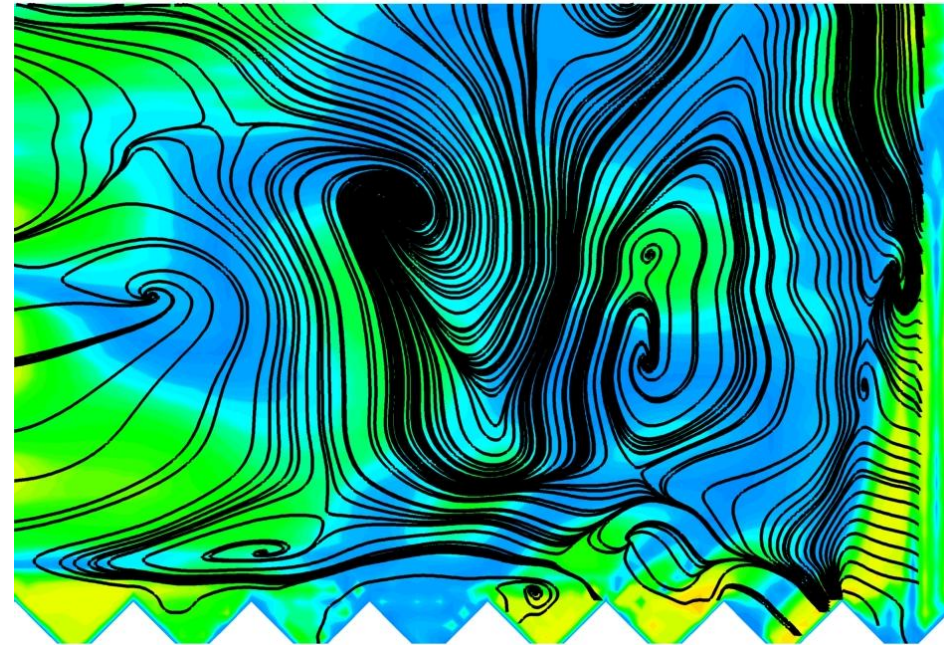
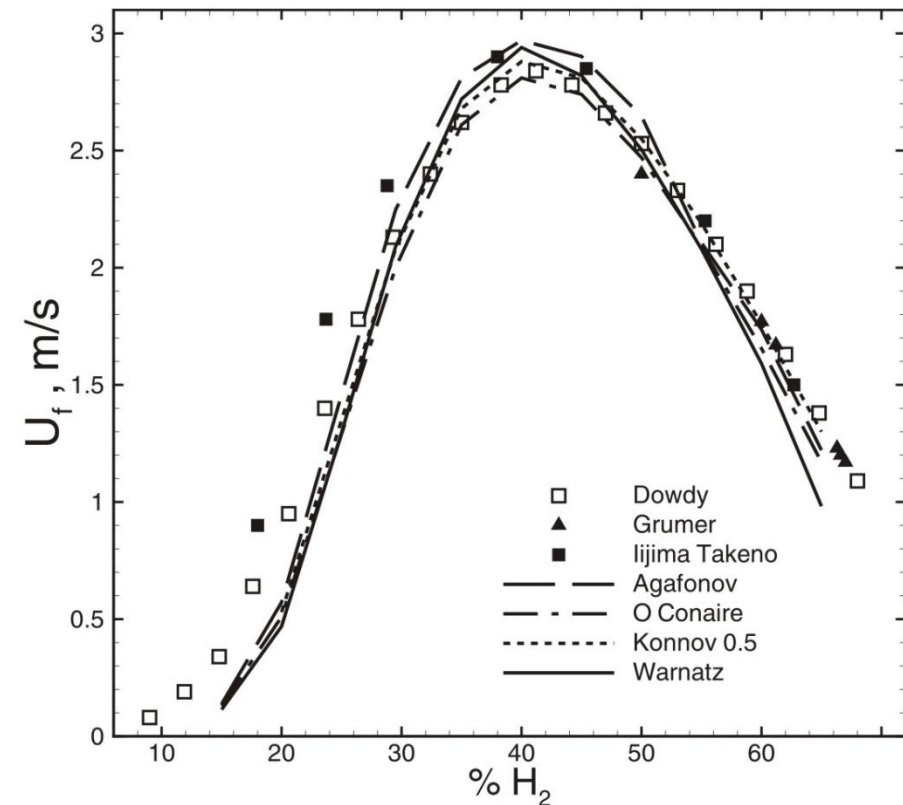
Полномасштабное трехмерное моделирование процесса ускорения пламени в канале и формирования детонации и проведено построение теневой картины течения на основе трехмерных расчетов

Полномасштабное трехмерное моделирование процесса ускорения пламени в канале и формирования детонации



Теневая визуализация структуры потока, полученная численно (а, б, г, д) и экспериментально (в, е) на стадиях экспоненциального (а-в) и степенного (г-е) ускорения пламени в канале квадратного сечения

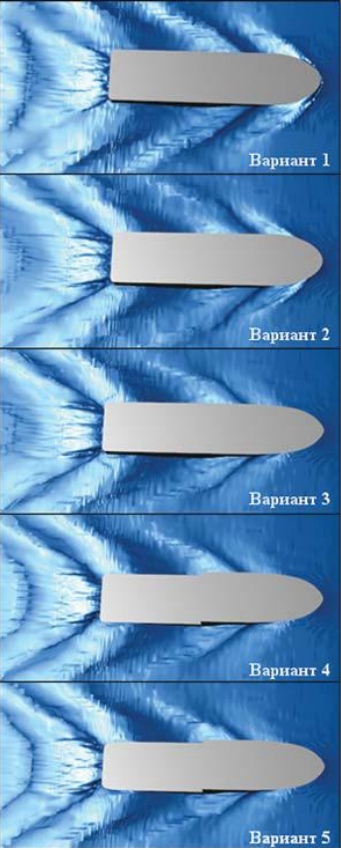
Анализ вихревых структур, образующихся в потоках за ударными волнами, в атмосфере и рабочих камерах энергетических агрегатов



Структура поля возмущений скорости за фронтом ударной волны (правая граница), распространяющейся вдоль шероховатой поверхности (нижняя граница).

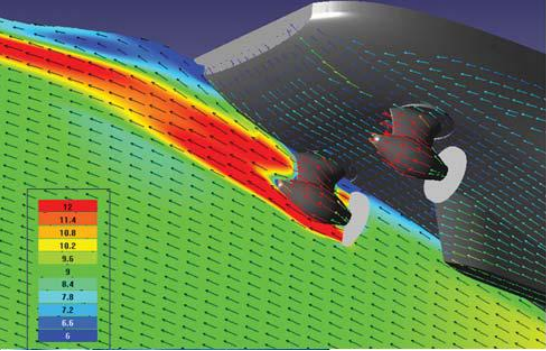
Нормальная скорость горения водородно-воздушных смесей в зависимости от содержания водорода в смеси. Значки - экспериментальные данные. Кривые - результаты расчетов с использованием четырех широко распространенных кинетических механизмов.

Развитие численных методов моделирования турбулентных многофазных течений с фазовыми переходами и химическими реакциями

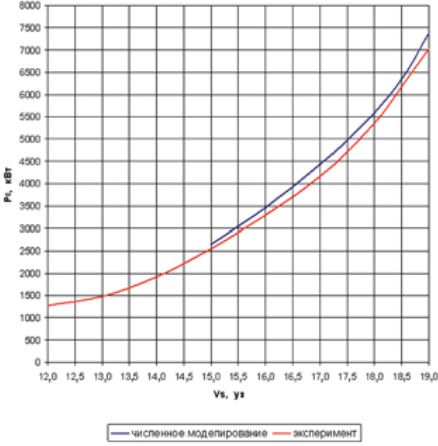


Волнообразование исследованных вариантов при проектной скорости

Создан метод решения уравнений движения жидкости в двухфазной системе вода-воздух, разделенных контактной поверхностью. Апробация метода проводилась численным моделированием судна проекта 2310. В результате удалось снизить буксировочное сопротивление относительно базового более чем в 1,5 раза. Сравнение результатов численного и экспериментального исследований ходкости показало хорошее соответствие между основными показателями.



Численное моделирование работы двигателей (шкала скоростей в м/с)

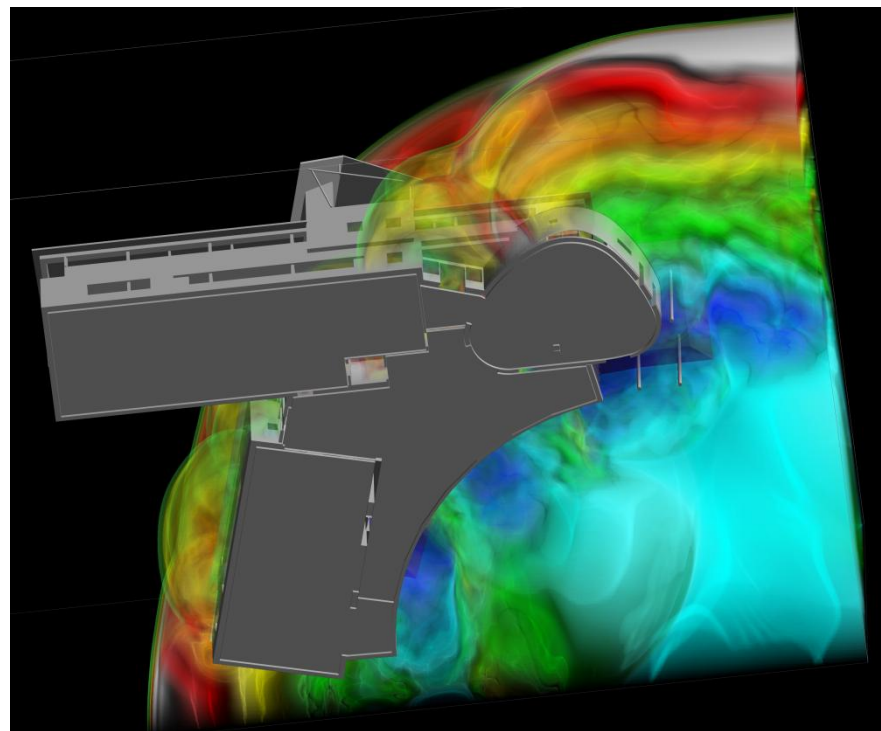
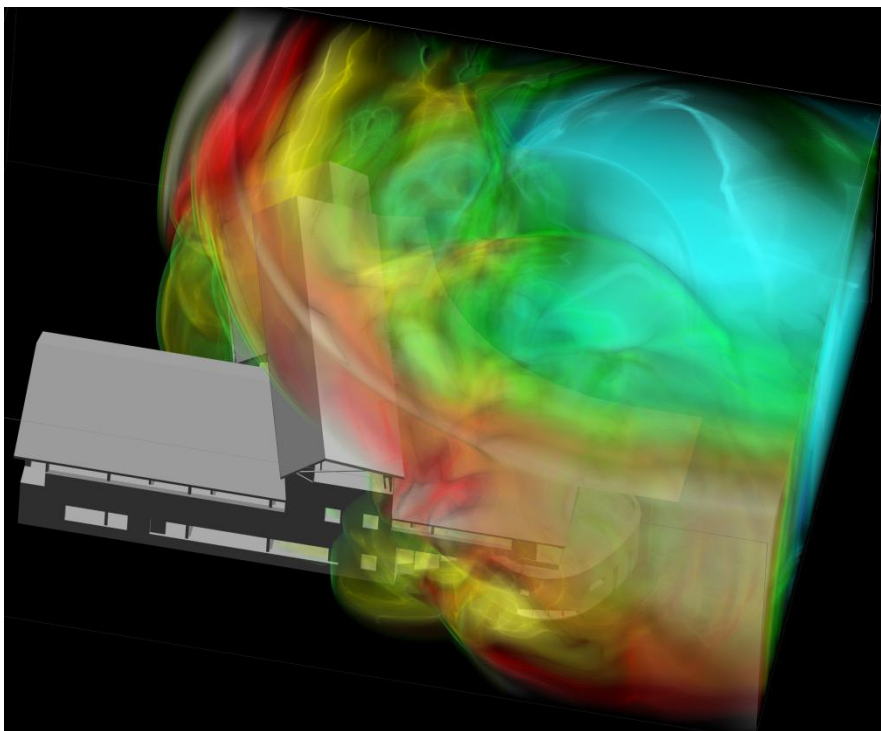


Сопоставление значений буксировочной мощности, полученных численно и экспериментально

(Зав. сект. отдела 4.6. НИЦ ЭФТП ОИВТ РАН, к.ф.-м.н. Андрей Александрович Аксенов)

Совершенствование программного комплекса для моделирования процессов тепло-массообмена, химических реакций, горения и детонации в многофазных средах

Осуществлено улучшение быстродействия и точности вычислительных модулей моделирования тепло-массообмена и химических реакций в мультифазных составах. Проведено тестирование производительности программного кода на различных аппаратных платформах.

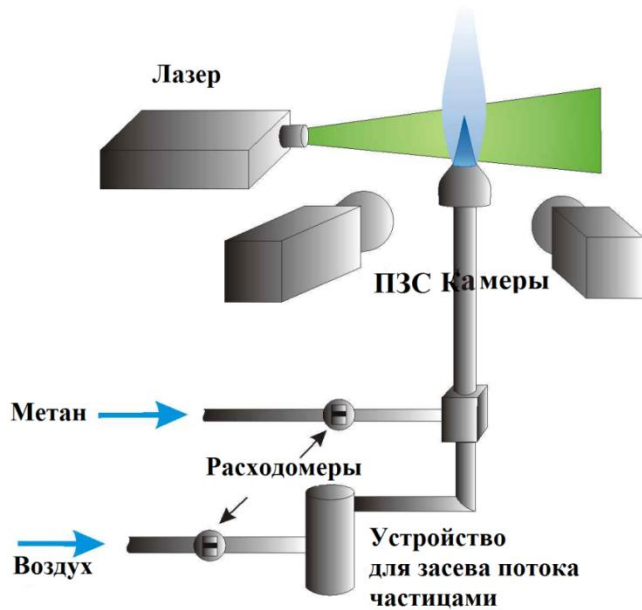


Ударно-волновые процессы при детонации облака топливно-воздушной смеси вблизи сооружения. Приведено распределение давления

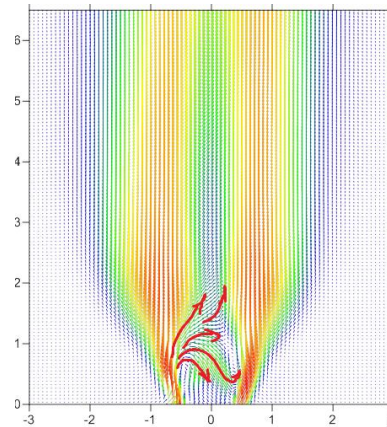
(Зав. отделом. 4.6. НИЦ ЭФТП ОИВТ, д.ф.-м.н. Алексей Владимирович Зибаров

Теоретическое и экспериментальное исследование турбулентного горения перемешанных струй топлива и окислителя в условиях нормальной и пониженной гравитации

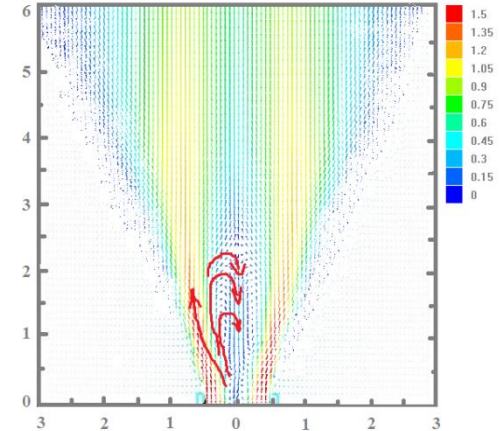
Схема установки со стерео-PIV системой



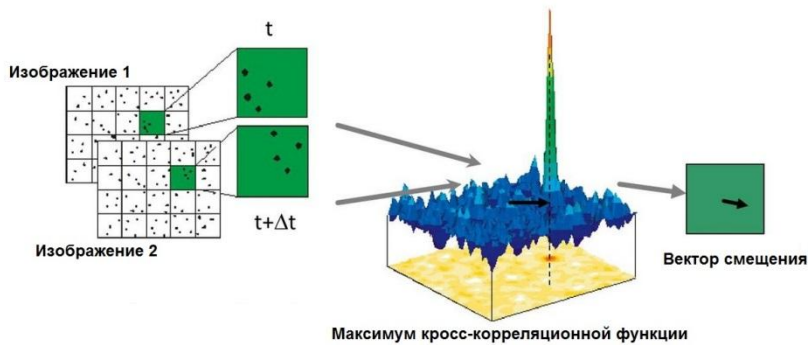
Относительная скорость в фронтальной плоскости, $\Phi = 1,4$



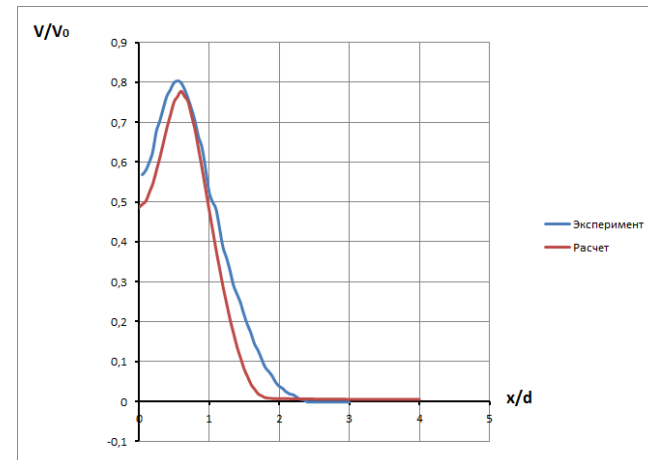
Эксперимент



Расчет «Flow Vision»
Относительная осевая скорость
для $z=4d$, $\Phi = 0,7$

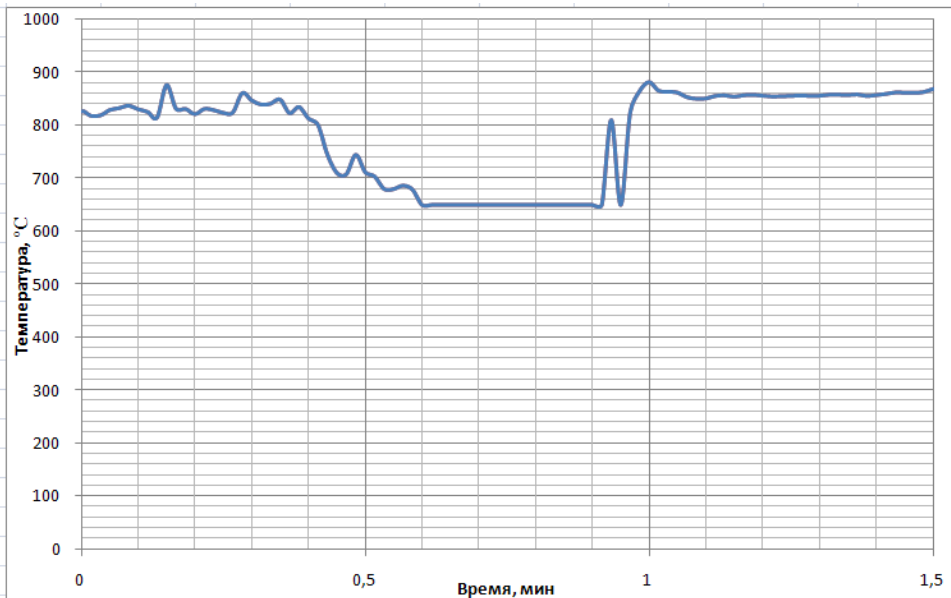


Кросс-корреляционный алгоритм

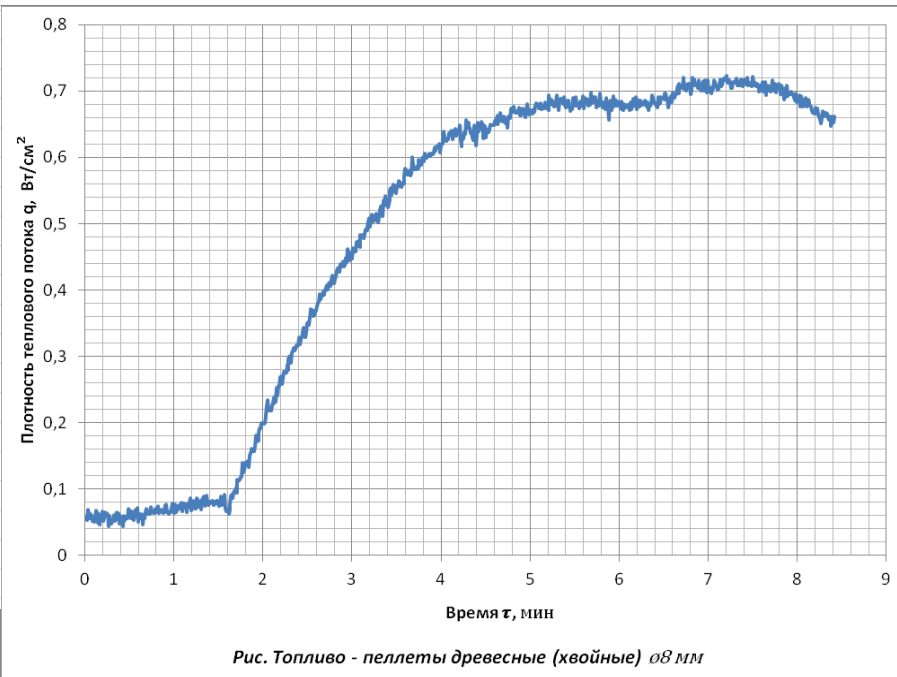


Экспериментальное исследование физических механизмов вибрационного горения твердого биотоплива

Создан экспериментальный стенд и проведены исследования температуры пламени и коэффициента теплоотдачи на стенке камеры горения (трубы Рийке) при возникновении вибрационного горения.



Зависимость температуры пламени от времени при различных режимах горения. Вибрационное горение наблюдалось в диапазоне времени от 0,5–1 мин.

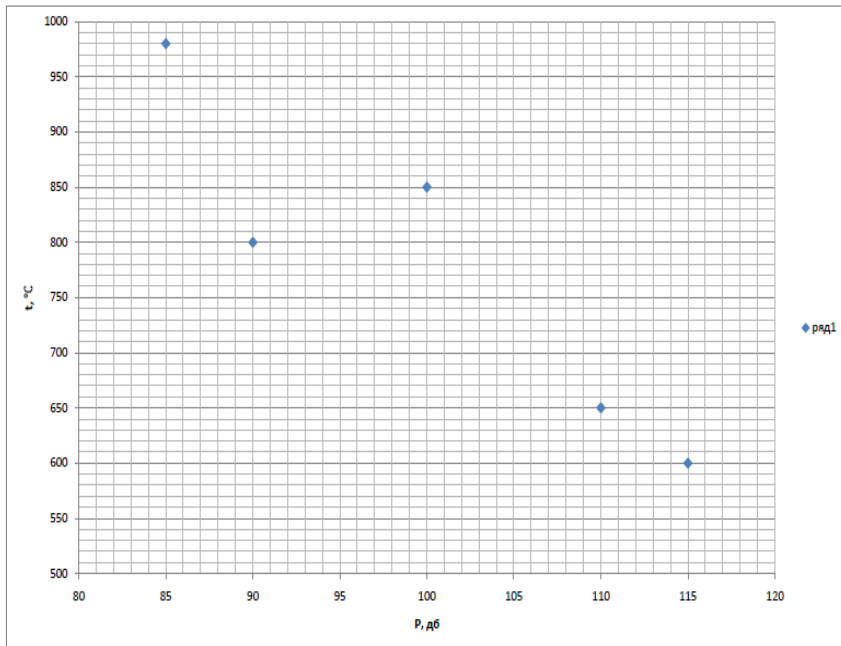


Зависимость плотности теплового потока на стенке камеры сгорания от времени при возникновении и развитии вибрационного горения

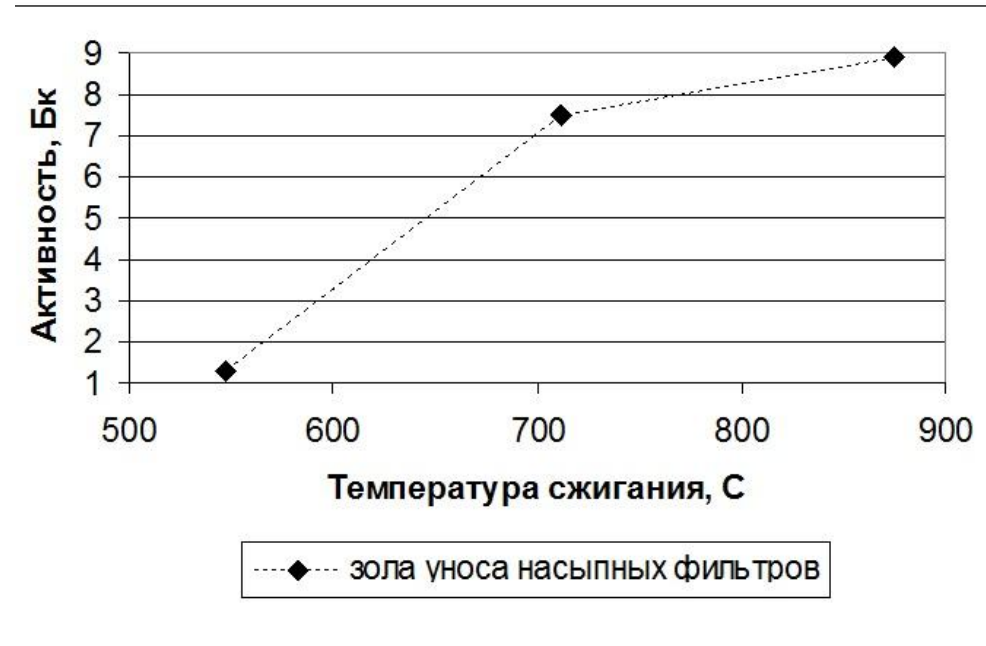
Теоретическое и экспериментальное исследование снижения эмиссии Cs-137 в атмосферу при сжигании загрязненного радионуклидами твердого топлива

Проблема, на решение которой был направлен проект: снизить температуру пламени, улучшить теплообмен со стенками камеры сгорания, что приводит к снижению вредных выбросов в атмосферу, например, таких как NO_x , Cs^{137} . Такая задача актуальна, например, при сжигании древесины и торфа, зараженных радионуклидами. Температура пламени древесных пеллет снижалась примерно на $200\text{ }^\circ\text{C}$, от $\sim 900\text{ }^\circ\text{C}$ до $\sim 700\text{ }^\circ\text{C}$.

Из анализа результатов следует сделать вывод, что концентрация Cs^{137} в зольных остатках вибрационного горения примерно в 7-8 раз выше чем при диффузионном горении.



Зависимость температуры пламени от мощности звукового возбуждения

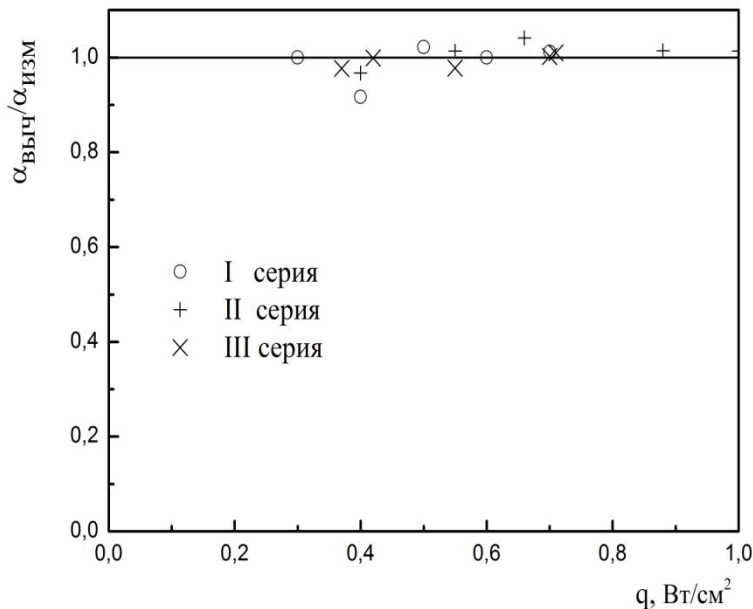


Изменение активности ^{137}Cs покидающей топку с уносом в зависимости от температуры сжигания

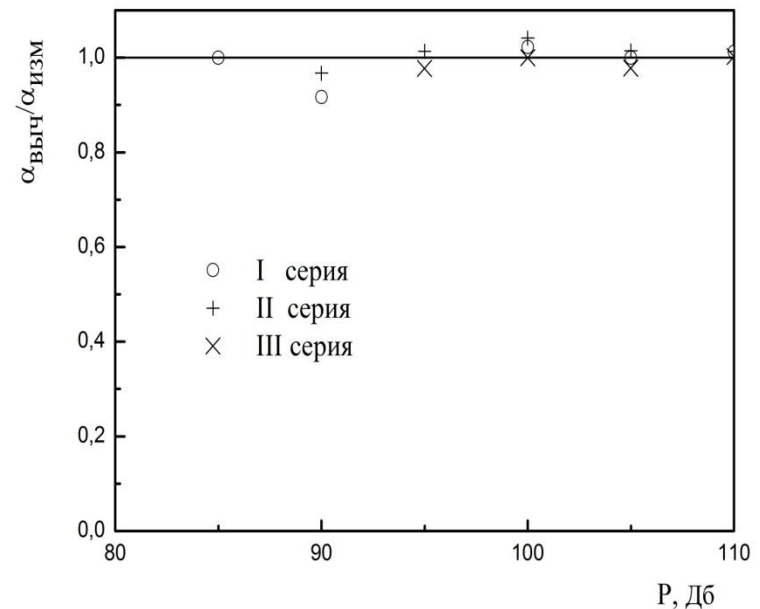
Теоретическое исследование взаимодействия пламени со звуковыми возмущениями

Звуковые возмущения играют заметную роль в теплообмене, если существенно возмущают вязкий подслой на твердой поверхности. Это возможно только в том случае, если достаточно велика их частота (мала длина волны). Несущая частота возбуждения камеры сгорания недостаточна, однако наряду с ней существует целый ряд обертонов меньшей частоты, которые также возбуждают пограничный слой на стенке трубы. При этом суммарная мощность этих обертонов может превосходить мощность излучения звука на несущей частоте.

Сравнение результатов расчета коэффициентов теплообмена с измеренными



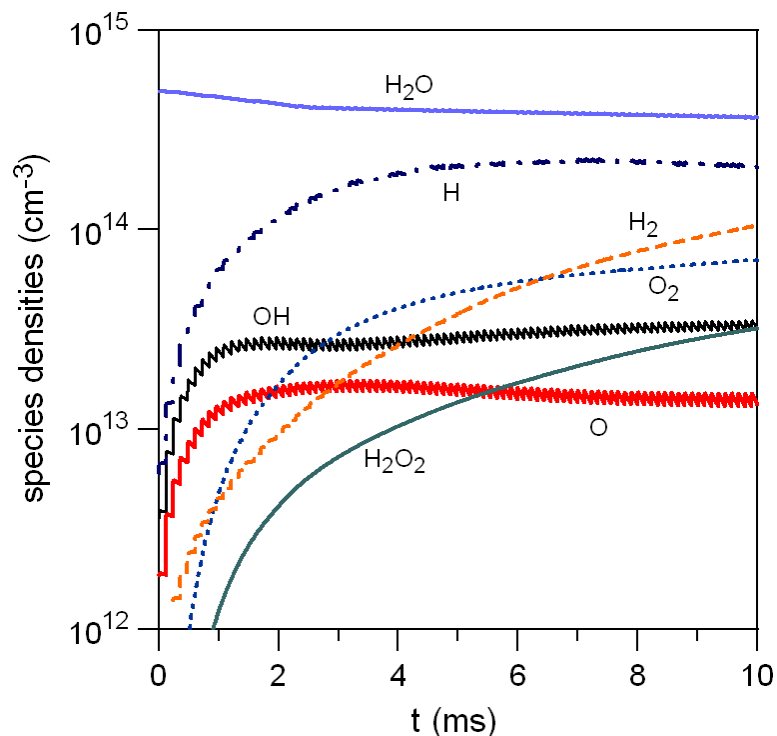
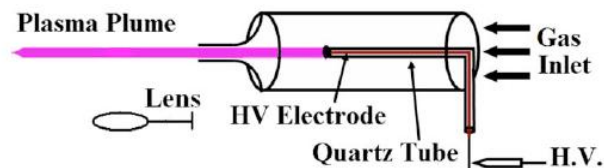
Отношение вычисленного коэффициента теплообмена к измеренному в зависимости от теплового потока на стенке трубы



Отношение вычисленного коэффициента теплообмена к измеренному в зависимости от мощности звукового излучения

Физика плазмы и электрические разряды

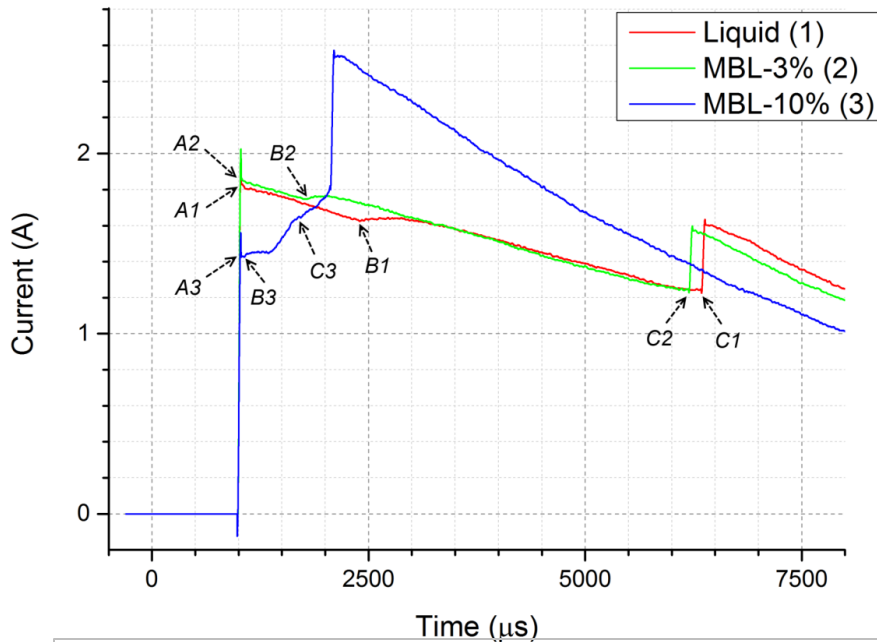
Исследование химической активности плазменных струй, используемых в биомедицинских приложениях



Разработана кинетическая модель и проведено численное моделирование процесса наработки химически активных частиц (атомов O и H, молекул OH) импульсно-периодическими разрядами – волнами ионизации, распространяющимися вдоль плазменных струй гелия с малыми добавками паров воды.

Концентрации химически активных частиц
в струе He + 20 ppm H₂O

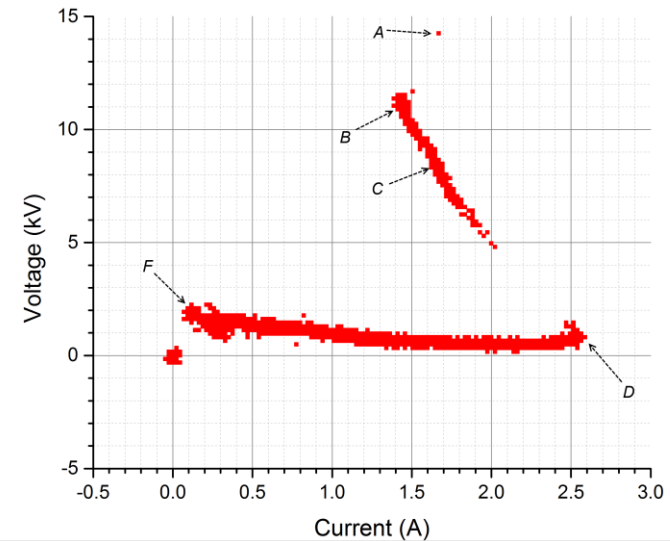
Исследование разряда в плазменно-дисперсной среде и разработка основ технологий на его основе



Осциллограммы тока для исследованных сред (Liquid – 15% водоспиртовой раствор, MBL-3% - микропузырьковая среда с об. газосодержанием 3%, MBL-10% - мпс с об. газ. 10%).

Характерные участки:

- А – момент приложения напряжения,
- В – возникновение первого анодного свечения,
- С – момент достижения искровым каналом катода.



Вольт-амперная характеристика искрового канала в MBL-10%

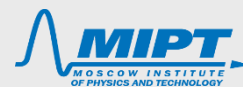
Частичные разряды в микропузырьках при распространении разряда





Spark channel propagation in tap water IPA solution

Vasilyak L.M.¹ Kulikov Y.M.² Panov V.A.² Pecherkin V.Ya.¹ Son E.E.¹



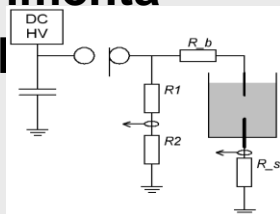
¹ Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, ² Moscow Institute of Physics and Technology
panovvladislav@gmail.com

Motivation

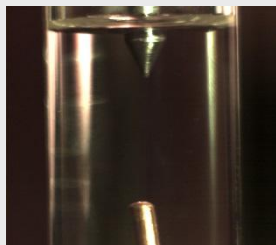
Underwater arc discharges are of interest for various applications. Arc discharge in liquids always starts with the formation of gas region where electron avalanches, slow (primary) and fast (secondary) streamers may occur. A number of papers on low density regions (microbubbles etc.) importance for discharge initiation have been published for the last decades. Some of them deal with pre-existing microbubbles while others report on microbubbles generation during initial stages of streamers propagation. In our experiment we experimentally observe the propagation of pulse discharge in 15% Isopropyl alcohol (IPA) solution in tap water.

Experimenta

I setup



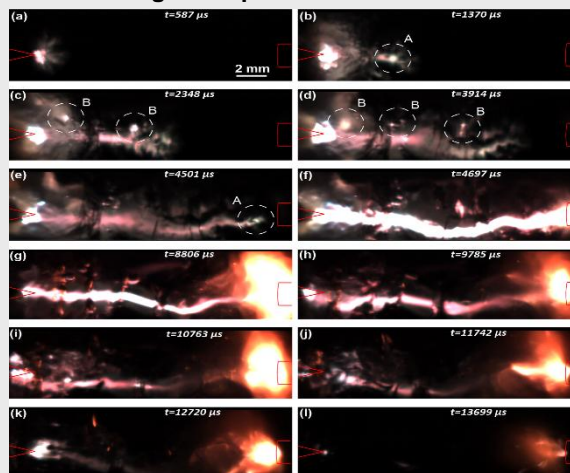
Electrodes geometry



Experimental results

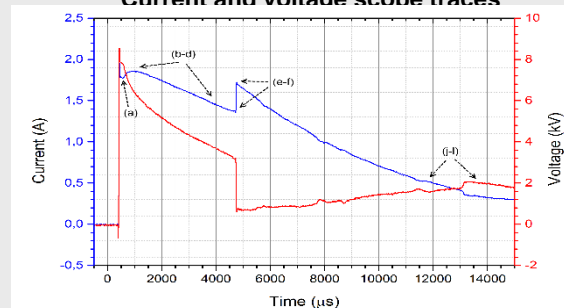
- Retarded cathode emission
- Bubbles formation near the channel
- Partial discharges in bubbles in the near region along the whole channel during its evolution
- Formation of side channels toward the bubbles
- Spark channel propagation speed about 4 ms^{-1}
- The hydrodynamic destruction of spark channel takes about 2 ms

Stages of spark channel evolution



(a) – starting of the anode and the near region glowing;
 (b-e) – the spark channel propagation;
 (f) – interelectrode gap bridging;
 (g) – main stage of the spark;
 (h-i) – destruction of the spark channel
 Images are obtained with RedLake MotionPro X3, 5000 fps, exposure 300 μs .

Current and voltage scope traces



- Formation of the anode region glowing starts the first non-linear part of current trace (a).
- The channel developing from the anode region and denote the end of the first nonlinear part of current waveform (b).
- Appearance of partial bubble discharges often correlate with small current peaks on the raw waveforms without smoothing

The scope traces are obtained with Tektronix DPO7054C.

Evolution of the spark channel created by the high voltage pulse generator in 15% IPA solution in tap water was investigated experimentally. Fast camera images show the start of spark discharge channel with the anode region glowing which is due to ionization-overheating instability near the surface of anode electrode. Partial discharges in gas bubbles near the spark channel were observed. When the channel bridges the gap the cathode flash of lightning occurs which is much brighter than anode glowing and channel one. After destruction of the spark channel the cathode glowing stays for a longer period of time than anode one.

The work is supported by E Son school of sciences (HJ-1800.2014.8) and grant RFBR 14-08-00573A.



Investigation of the multipin discharge in two-phase flow

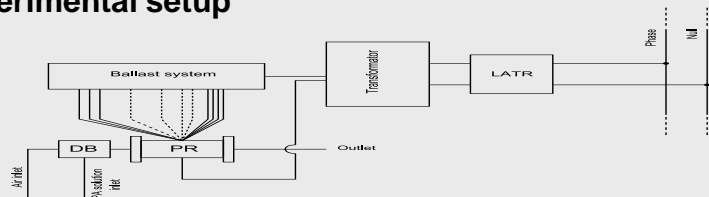


Vasilyak L.M.¹ Kulikov Y.M.² Panov V.A.² Pecherkin V.Ya.¹ Son E.E.¹
¹ Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, ² Moscow Institute of Physics and Technology
kulikov-yurii@yandex.ru

Motivation

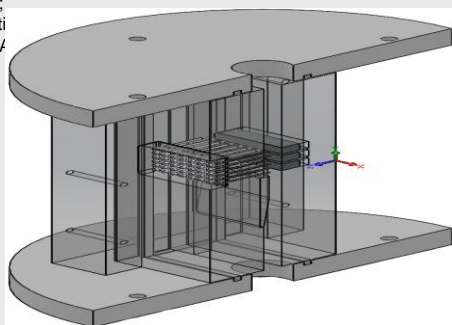
Discharge contraction due to the plasma instabilities is one of the major negative factors in the atmospheric discharge implementation. This process leads to a more intense Joule heating and reduces efficiency of plasma water treatment installations. To overcome this problem the special multipin discharge electrode system has been created and tested.

Experimental setup



Operating conditions:

- operating voltage: < 2 kV;
- operating total current in HV circle: < 1.5 A;
- gas operating pressure: up to 8 bar;
- water operating pressure: up to 4 bar;
- 78 independent pins;
- single/circular operation;
- Isopropyl alcohol (IPA)



Experimental results

- 20% purification at 150 l/min
- discharge distributed over the whole operating volume
- divided electrodes
- ions transition to the next electrode sections leading to decrease in breakdown voltage
- ways of treatment:
- successive excitation of rotational and vibrational degrees of freedom during Joule heating with conduction current
- high energy electrons
- plasma



Principle difference in initiation processes for IPA solution with and without microbubbles:

- for IPA solution WITHOUT microbubbles it is ionization-overheating instability near the surface of anode to lead to breakdown;
- for IPA solution WITH microbubbles it is partial discharges in microbubbles surrounding anode surface which lead to earlier breakdown initiation.

There are three major mechanisms in plasma cell acting on chemical compounds dissolved in water. The first is an excitation of rotational and vibrational degrees of freedom of the molecule due to Joule heating (the resistive losses) leading ultimately to molecule destruction at a certain temperature. The second agent is the direct impact of high-energy electrons on the interatomic bonds in molecules. The third factor paving the way for effective destruction of the pollutant molecules is plasma produced radiation. These agents enhance the generation of active species and increase the efficiency of oxidation and combustion of organic impurities in the plasma. To ensure efficient oxidation of organic contaminants in the plasma reactor it is necessary to provide a stoichiometric ratio between oxygen and the oxidizable substance changing gas-volume ratio in the flow.



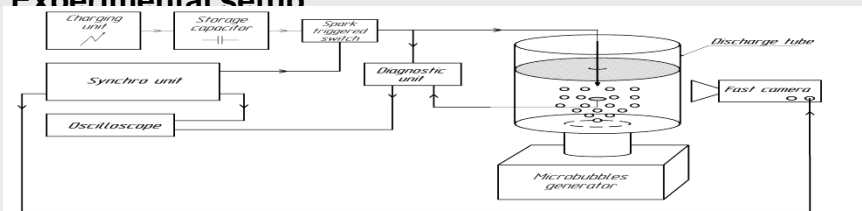
Comparison of time lags for liquids w/wo microbubbles



Vasilyak L.M.¹ Vetchinin S.P.¹ Kulikov Y.M.² Panov V.A.² Pecherkin V.Ya.¹ Son E.E.¹
¹Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, ²Moscow Institute of Physics and Technology
kulikov-yurii@yandex.ru

The difference between electrical breakdown time lags for tap water IPA solution with and without microbubbles was studied experimentally. In our case we determined four stages of the spark channel evolution on the large time scale (100 μ s). The electrodes geometry is a classical pin-to-pin configuration. The interelectrode gap is 15 mm.

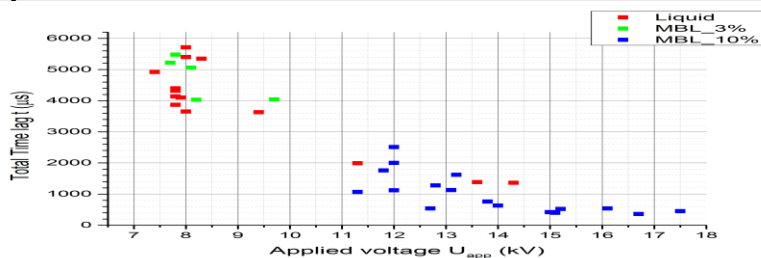
Experimental setup



Experimental mediums:

- 10% IPA solution in tap water without microbubbles;
- 10% IPA solution in tap water with 3% volumetric air content
- 10% IPA solution in tap water with 10% volumetric air content

Experimental results



The first stage begins with the voltage applying and ends with the anode near region glowing. On the next stage propagation of the spark channel occur till the channel bridges the electrode gap. On the third stage a storage capacitor discharges in the electrode gap. After the capacitor is almost discharged we observe the final stage of the spark channel destruction with an afterglow. All these stages have their own durations. A dependence of the total time lag (since the moment the voltage is applied till the channel bridges the gap) on an applied voltage was obtained.



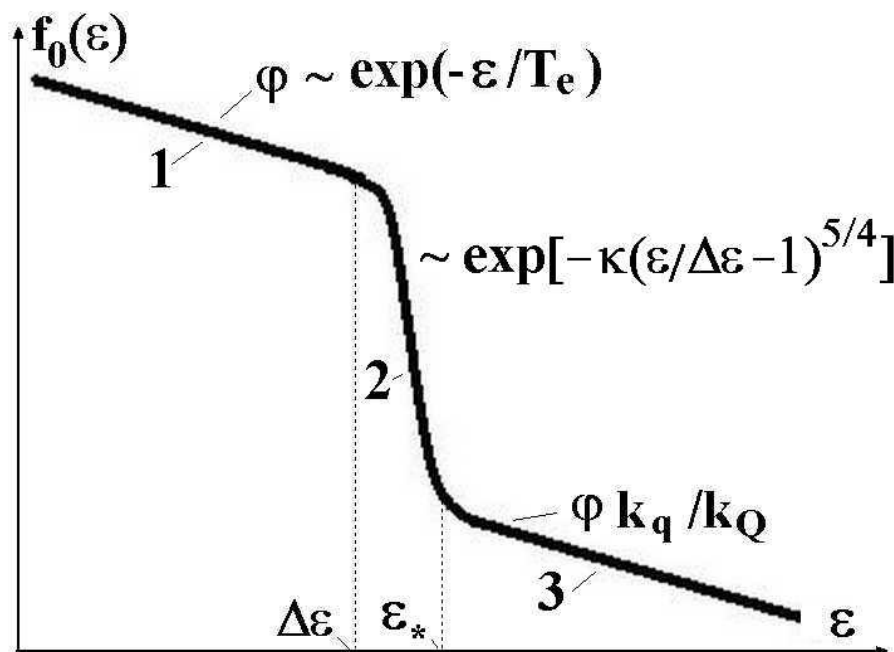
It is clear from the results that the total time lag of the microbubble medium spark discharge is three times shorter than for the microbubble-absent medium. It is about 1500 and 4500 μ s for the microbubble medium with 10% volumetric gas content and for the solution without microbubbles respectively.

It is clear from above that partial discharges in microbubble medium develops quite faster than thermal discharges in conductive liquids and has a different process of initiation compare to liquid without microbubbles. Moreover, a total time lag decrease with a volumetric air content increasing. For the liquid without microbubbles, when the applied voltage is just a little above the threshold value the time lag of the initial anode glowing which is due to ionization-overheating instability makes a significant contribution to the total time lag (about 1500 μ s). In contrast, when the applied voltage is 1 kV higher than the threshold one, the first stage time lag becomes just about 50 μ s.

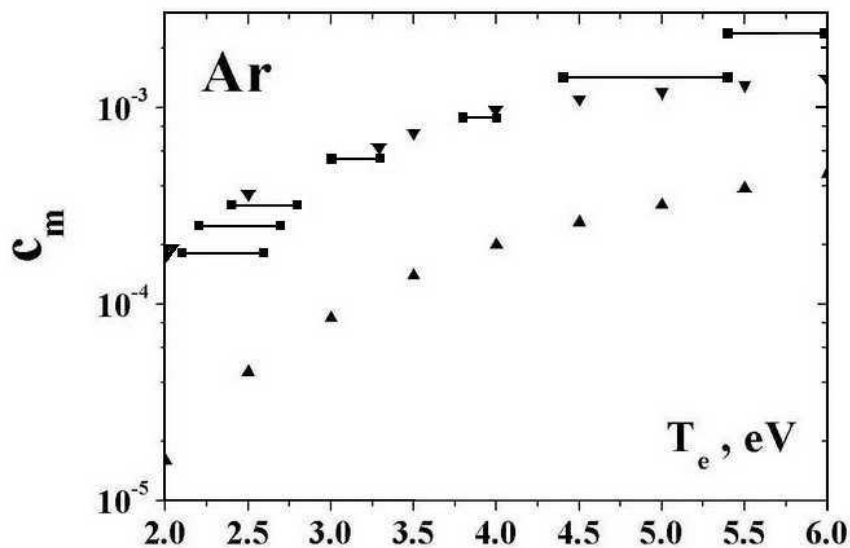
The work is supported by E Son school of sciences (HII-1800.2014.8).

Теоретическое исследование кинетики газоразрядной плазмы инертных газов

Исследовалась газоразрядная плазма инертных газов высокого давления с ограниченной плотностью электронов, содержащая возбужденные атомы, свойства которой, в первую очередь, определяются электрон-атомными столкновениями.

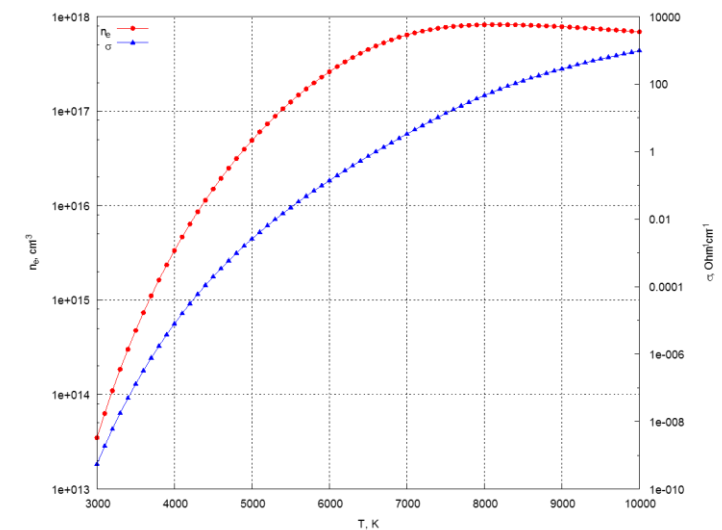
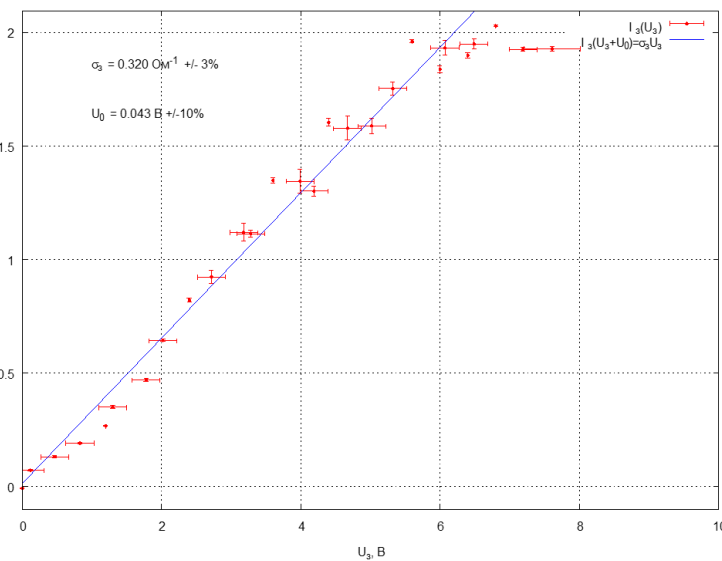
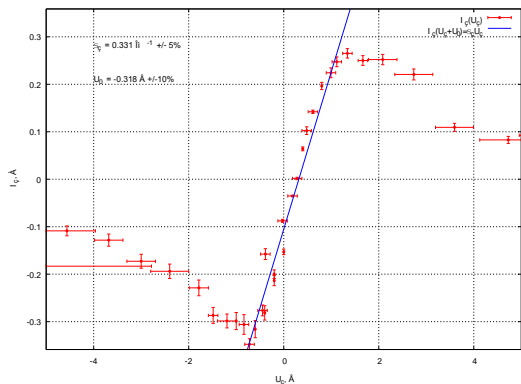
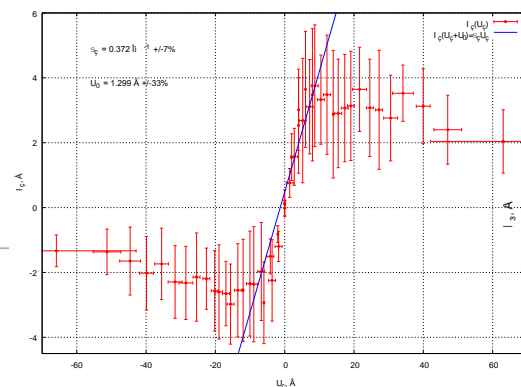
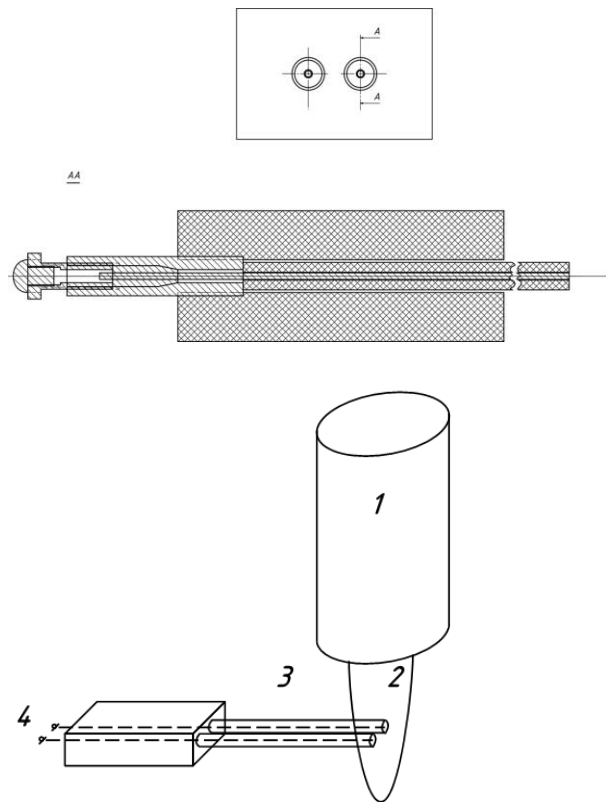


Функция распределения электронов при энергиях вблизи энергии возбуждения атомов



Концентрация метастабильных атомов в газоразрядной плазме аргона. Квадраты – эксперимент, треугольники и перевернутые треугольники – расчет для разных режимов

Электрический зонд в реагирующей плазме

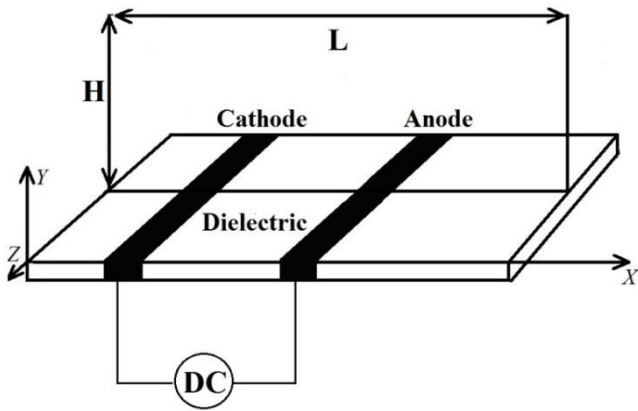


ВАХ для азотной плазмы

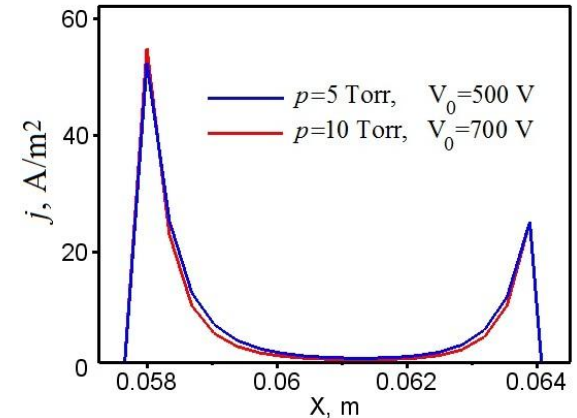
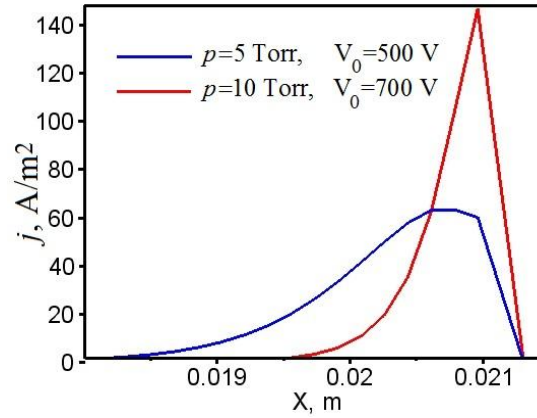
при амплитуде напряжения 5В и 50 В

Проводимость плазмы между электродами зонда составила 0.33 Ом^{-1} , что соответствует проводимости плазмы на уровне $17 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$.

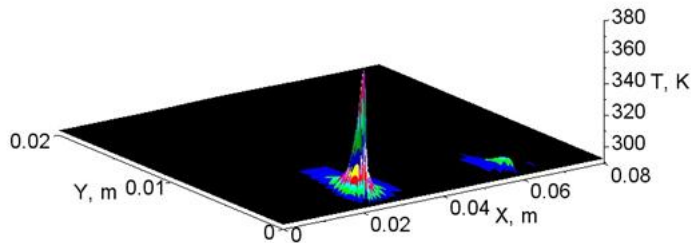
Численное моделирование поверхностного тлеющего разряда для задач плазменной аэродинамики



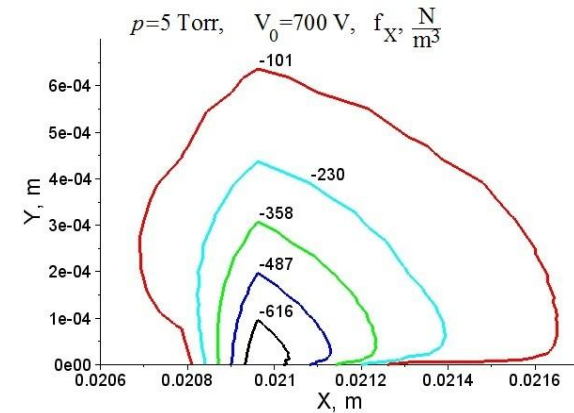
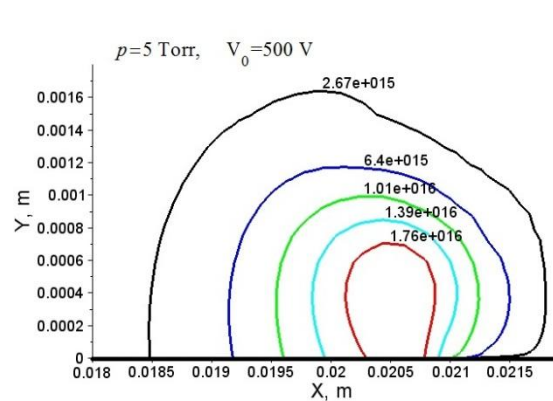
Геометрия



Плотность тока на катоде и на аноде



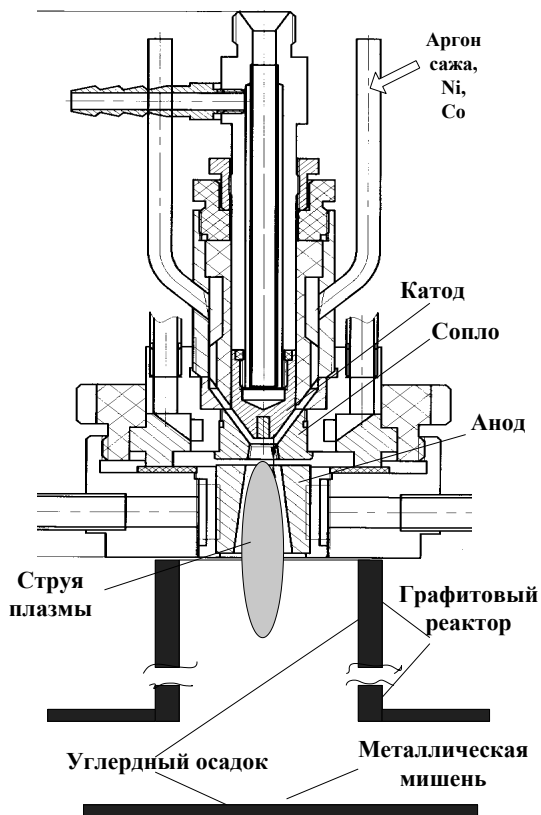
Поле температур



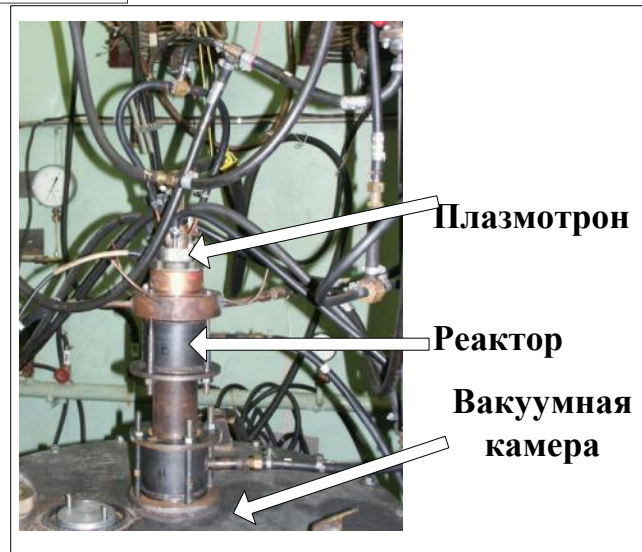
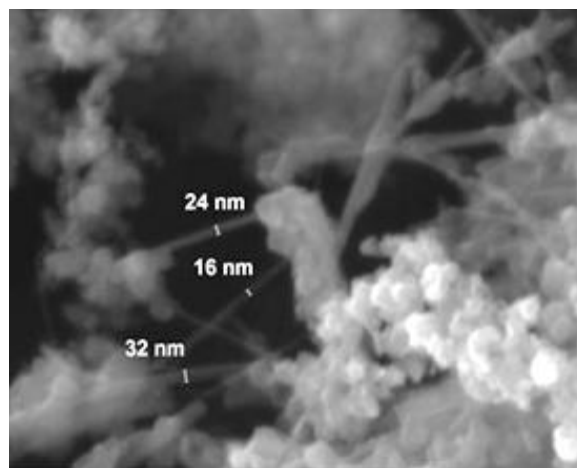
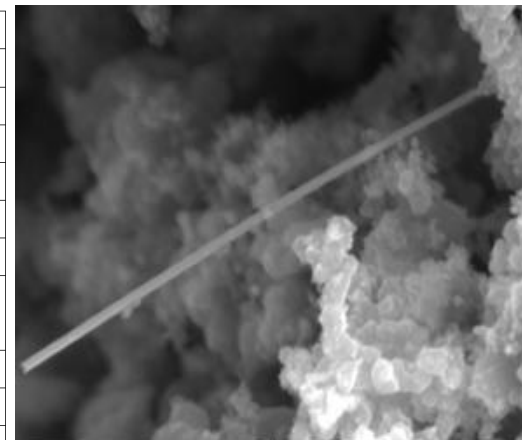
Изолинии концентрации заряженных частиц и объемной силы

Нанотехнологии

Получение новых экспериментальных данных по конденсации пересыщенного углеродного пара в присутствии Ni, Co, Y₂O₃ в плазмоструйном реакторе мощностью более 20 кВт с целью получения углеродных наноматериалов



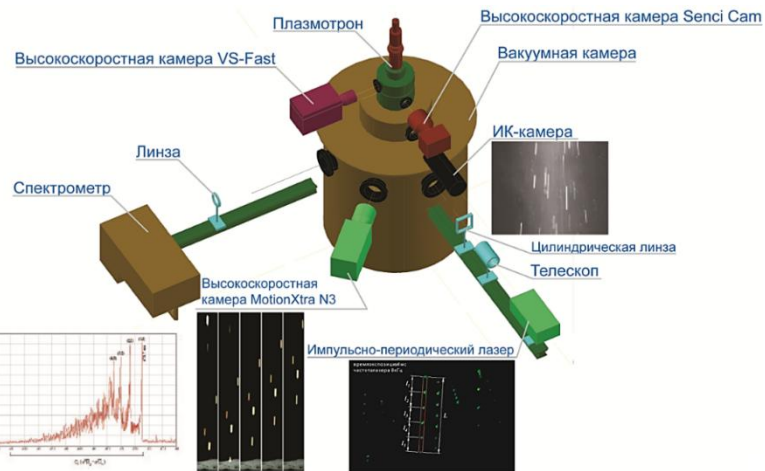
Мощность	до 30 кВт
Ток	100-400 А
Напряжение	35-70 В
Плазмообразующий газ	Аргон, гелий
Расход газа	1-3,6 г/с
Давление	50-760 Торр
Расход углерода	1 г/мин
Сажа, мелкодисперсный графит	< 10 мкм
Катализатор <15% по весу	Ni, Co, Y ₂ O ₃
Размер катализатора	< 10 мкм
Время непрерывной работы	1 час



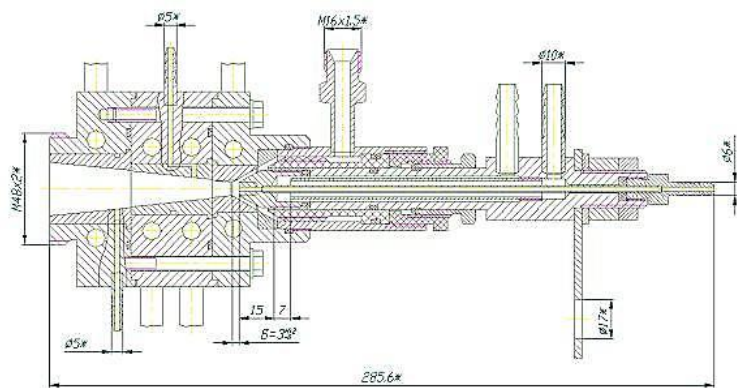
(Зав. лаб. № 2.13.1 д.ф.-м.н. Равиль Хабибулович Амиров,

Зав. отд. № 4.2.1., к.т.н. Марина Борисовна Шавелкина

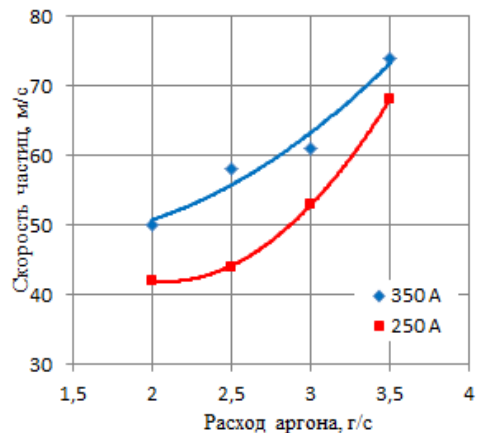
Исследование нагрева и ускорения дисперсных частиц в генераторе низкотемпературной плазмы с расширяющимся каналом выходного электрода при истечении струи в динамический вакуум



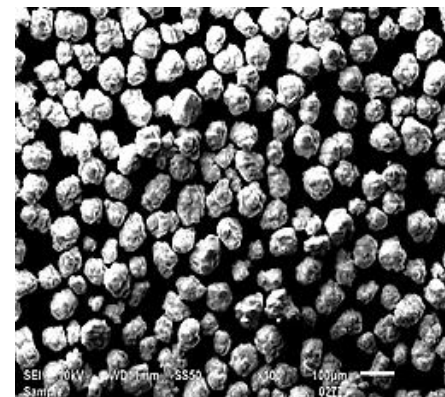
Система диагностики гетерогенной плазменной струи



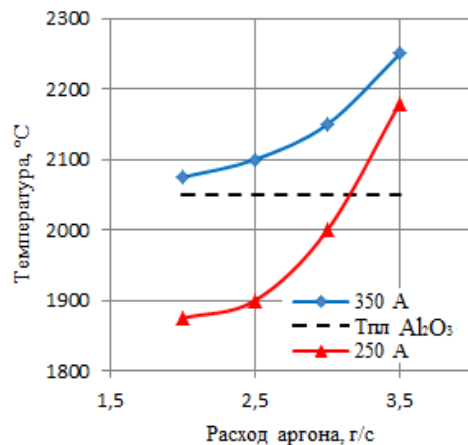
Экспериментальный плазмотрон



а)



Порошок Al_2O_3



б)



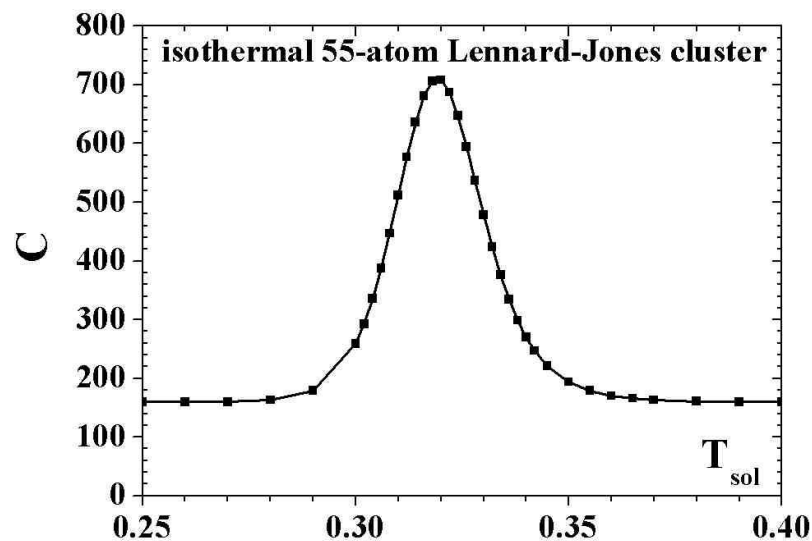
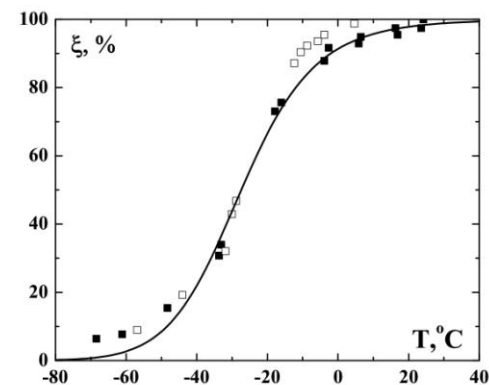
x400

Зависимость температуры (а) и скорости частиц (б) Al_2O_3 в зоне их взаимодействия с поверхностью Структуру покрытия Al_2O_3 при образца от силы тока дуги I и расхода дистанции 100мм, пористость 9% аргона

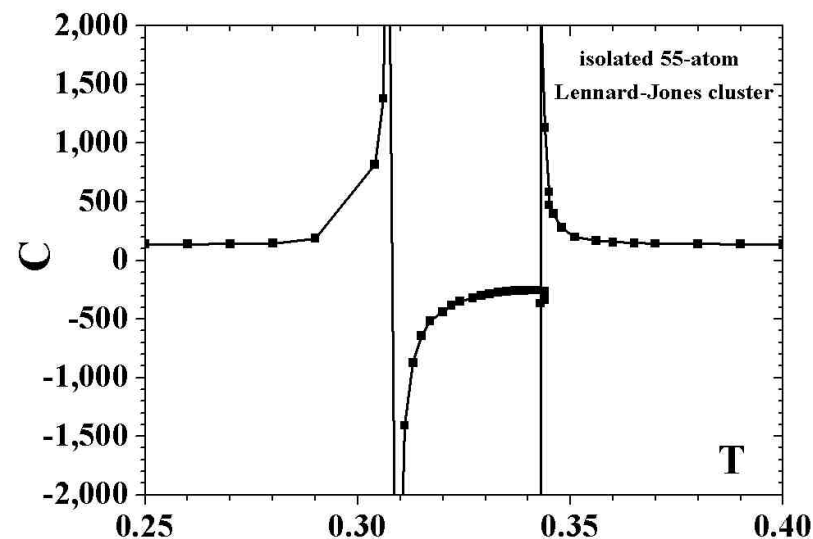
Исследование конфигурационных состояний для анализа фазовых и каталитических свойств сложных атомных систем

Проведен анализ динамических свойств кластеров, характер перехода от наносистем к макроскопическим системам атомных частиц, а также свойства сложных макроскопических систем, содержащих нанокластеры.

Зависимость каталитического эффекта для кластер-содержащего кластера от температуры подложки



Теплоемкость изотермического кластера, состоящего из 55 атомов с леннард-джонсовским потенциалом взаимодействия

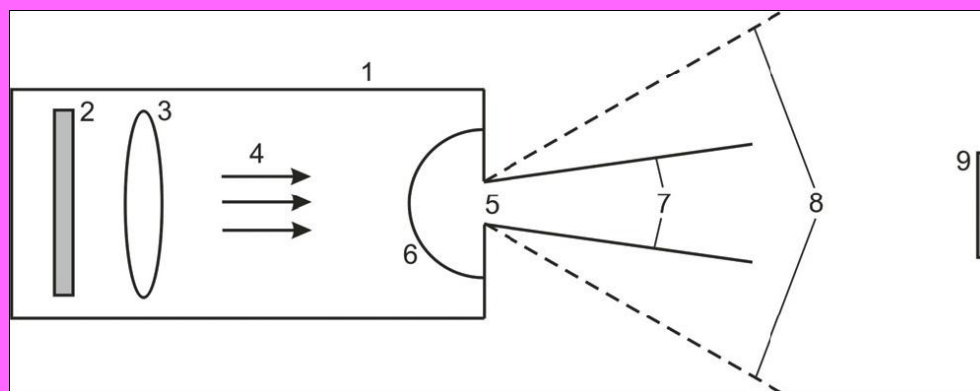


Теплоемкость изолированного кластера, состоящего из 55 атомов с леннард-джонсовским потенциалом взаимодействия

Исследование образования фрактальных структур и цепочек в пламени

Выполнены исследования по кинетике кластеров в газовых потоках, в которых удается восстановить характер движения потока, содержащего кластеры, на основании анализа кластеров в выходном пучке, их распределению по размерам, а также на основе зависимости выходных параметров кластеров от внешних параметров генератора металлических кластеров.

Character of gas flow with clusters.



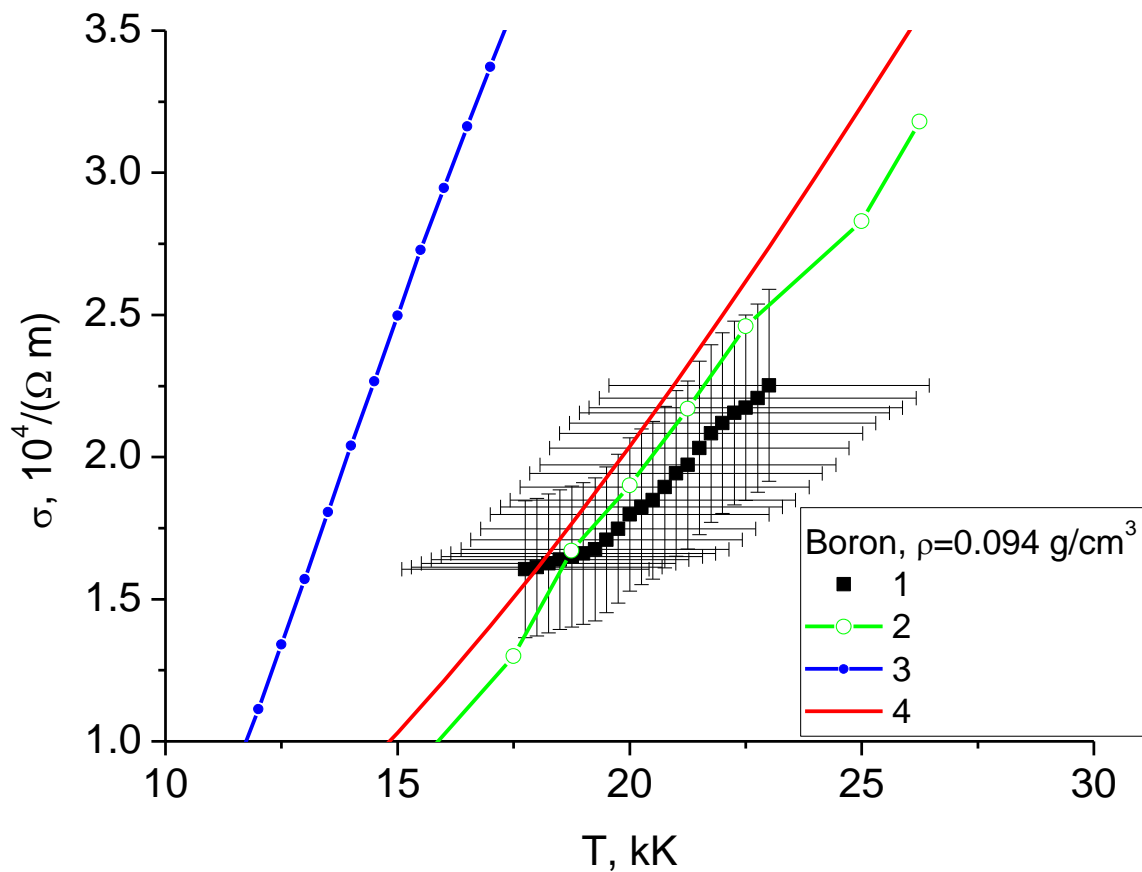
Движение газа, содержащего кластеры,
из камеры в разреженное пространство

Теплофизические свойства веществ

Уравнение состояния

Транспортные коэффициенты

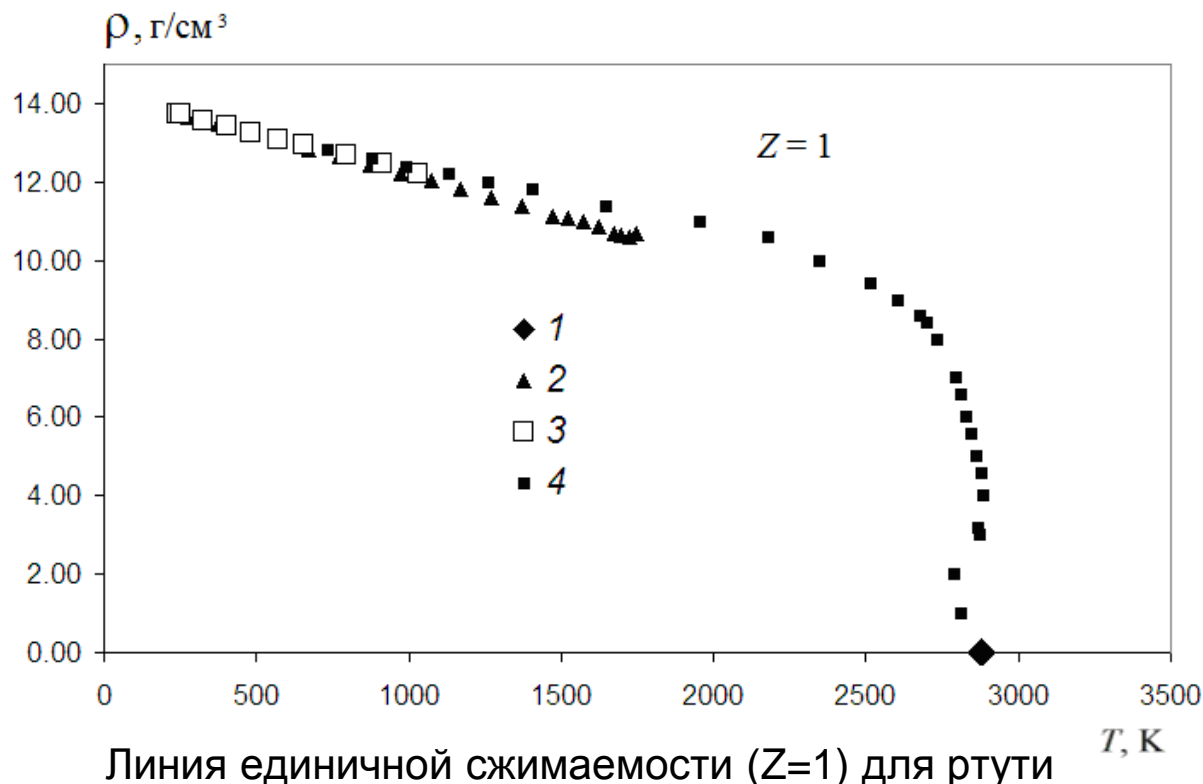
Расчеты электронных транспортных коэффициентов металлов, газов и полупроводников в широком диапазоне плотностей и температур



Зависимость электропроводности бора от температуры на изохоре 0.3 г/см^3 . 1 – эксперимент, 2 - расчёт по модели из первых принципов, 3 – расчёт методом релевантного оператора, 4 – настоящая работа

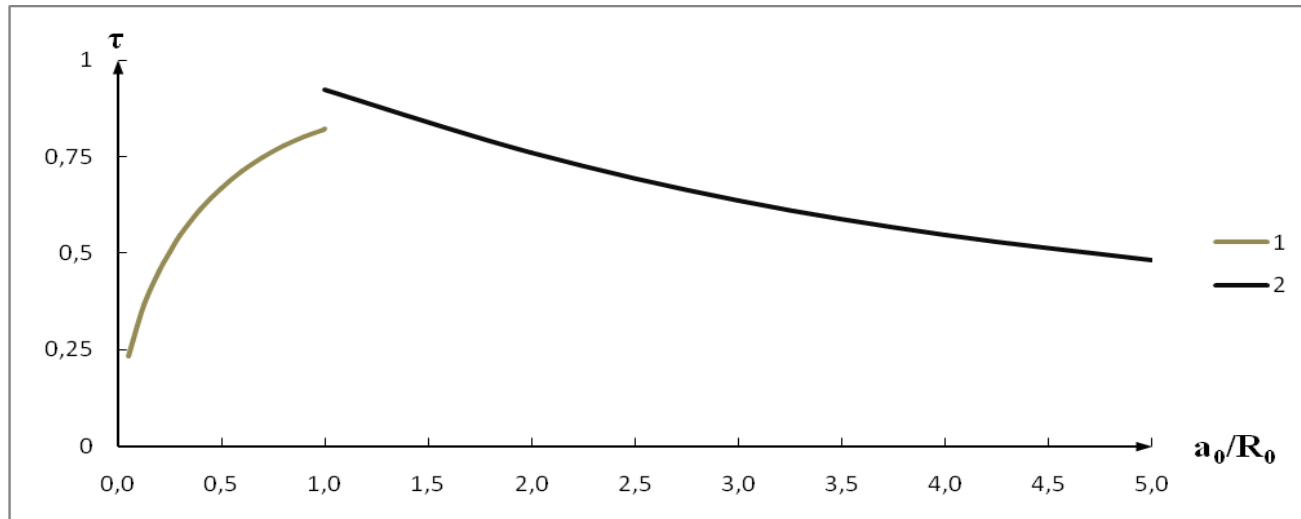
Уравнение состояния ртути в газовой и жидкой фазах

Исследованы термодинамическая поверхность и уравнение состояния ртути в жидкой и газообразной фазах. Разработано новое уравнение состояния ртутного пара со вторым и третьим вириальными коэффициентами на основе модельного потенциала Hg-Hg с параметрами, определенными по спектроскопическим данным. Уравнение охватывает диапазон температур 300-1100 К при давлении до 125 бар. Получено также уравнение состояния для жидкой ртути в интервале параметров 300-2200 К при давлении до 5 кбар.



Исследование диффузионного испарения аэрозольных частиц при больших перепадах температуры с учетом влияния термодиффузии

Проведено моделирование диффузионного испарения неподвижных аэрозольных частиц при больших перепадах температуры. Показано, что несферические частицы могут испаряться значительно быстрее сферических.



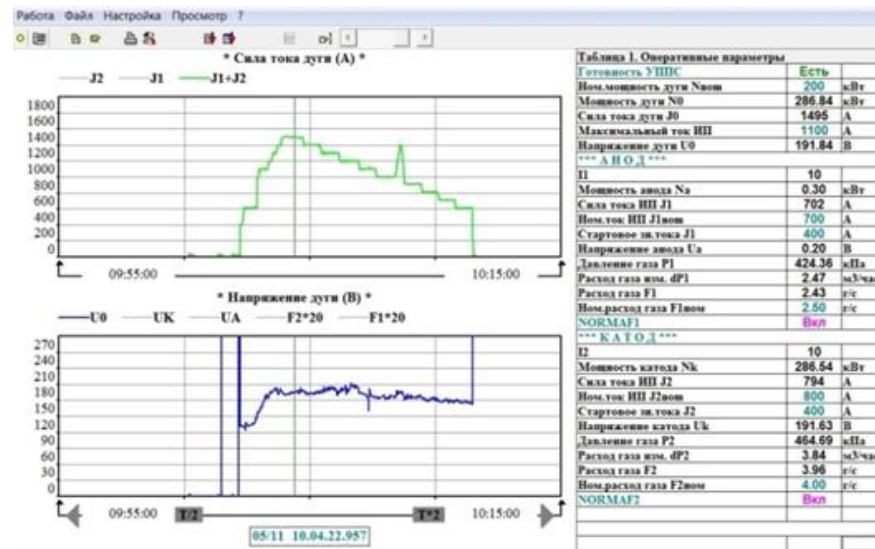
Отношение времён испарения сплюснутых (кривая 1) и вытянутых (кривая 2) сфероидальных частиц (с начальной полуосью a_0) к времени испарения сферической частицы (с начальным радиусом R_0) при их равных начальных объемах.

Плазменные технологии

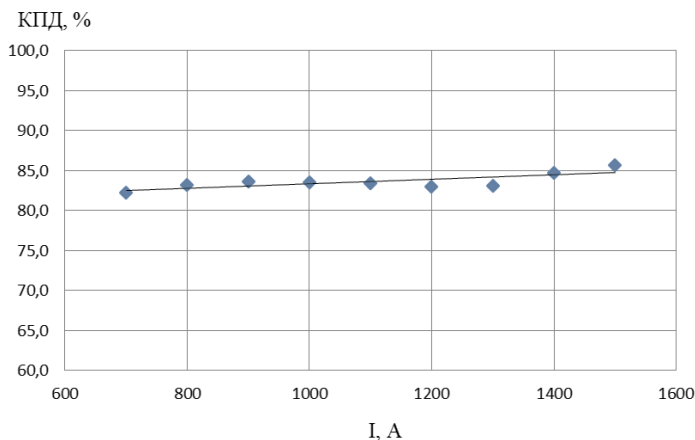
Разработка научных основ технологии нагрева стали генератором низкотемпературной плазмы мощностью 2 МВт



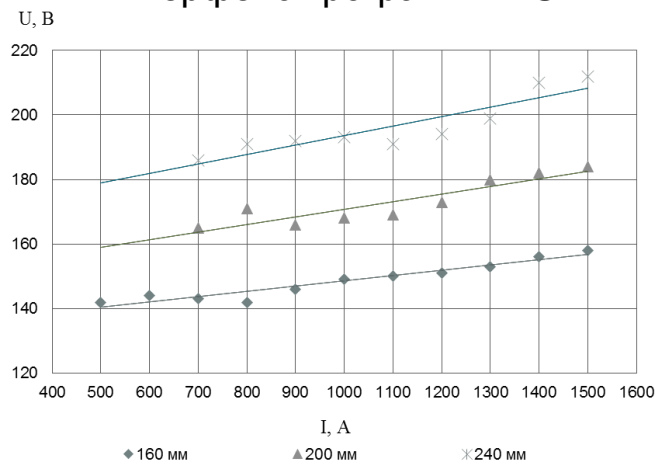
Экспериментальная установка



Интерфейс программы PSW



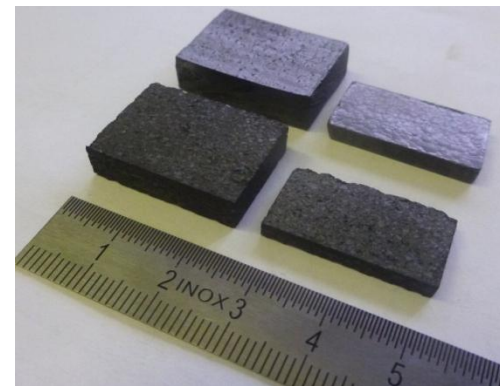
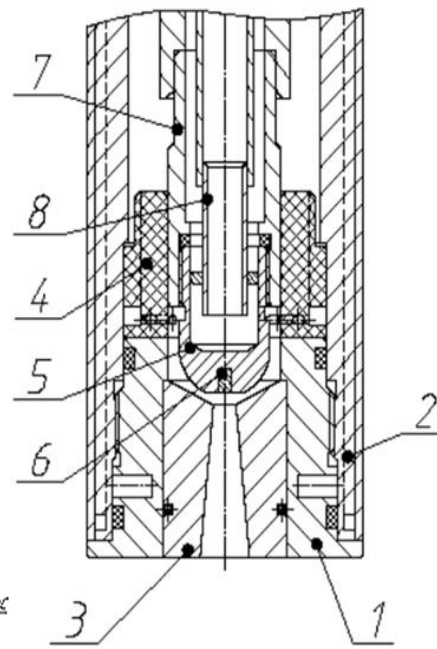
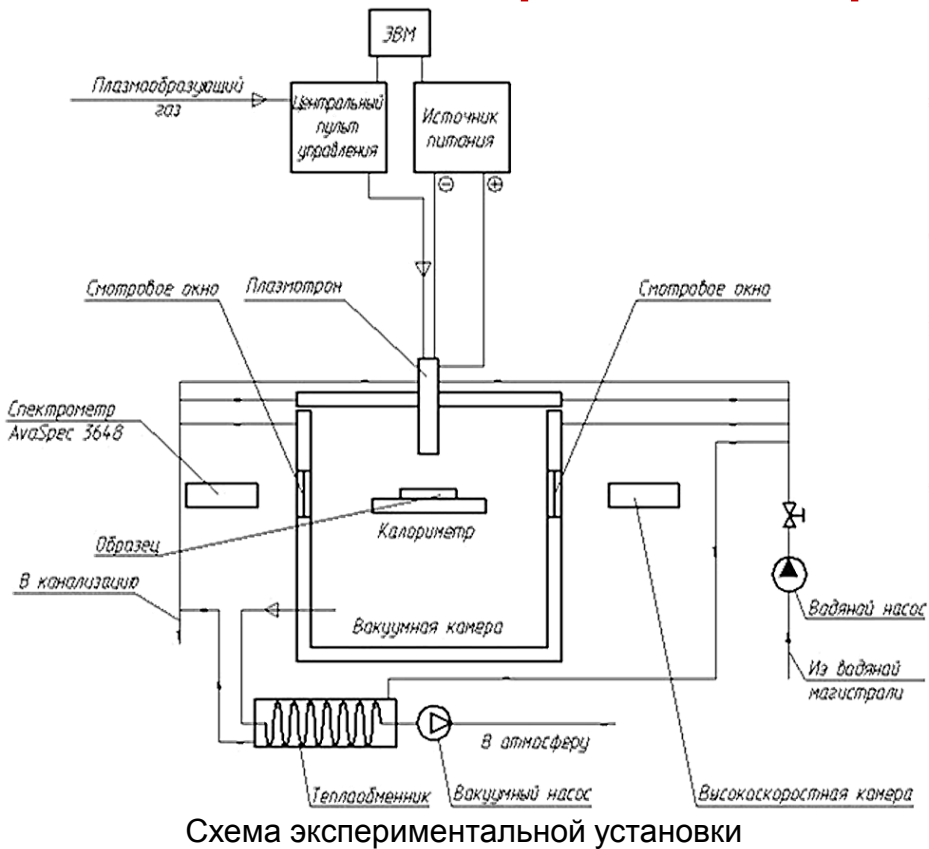
Зависимость КПД плазматрона от силы тока



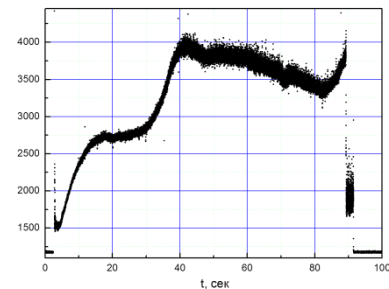
ВАХ плазматрона при длине дуги 160, 200 и 240 мм.

(Зав. отделом №4.2. НИЦ ЭФТП ОИВТ РАН, д.т.н. Александр Семенович Тюфтяев, тел. (495) 485-84-77)

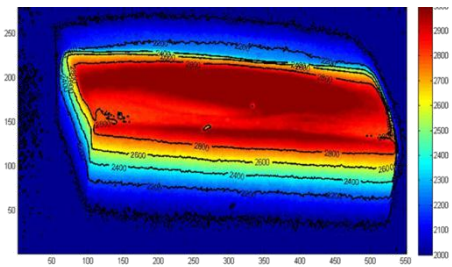
Экспериментальное исследование взаимодействия высокоэнтальпийного плазменного потока азота и воздуха с поверхностью термостойких материалов



Сублимация графита под воздействием плазменной струи



Термограмма



Поля температуры



Скоростная визуализация

Электрофизика и электроэнергетика

smart-grid

Мобильный ГИН

Исследование пробоя трансформаторного масла с целью повышения взрывобезопасности энергетического оборудования



Экспериментальная установка

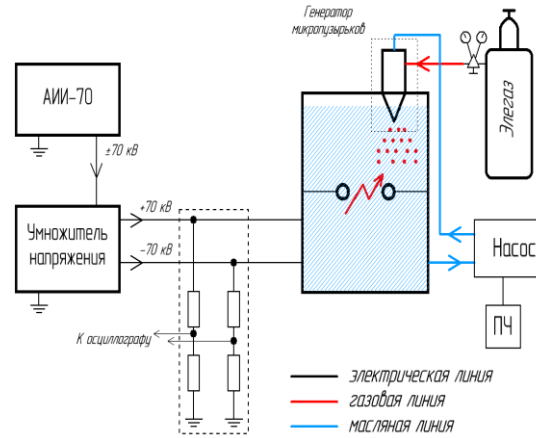
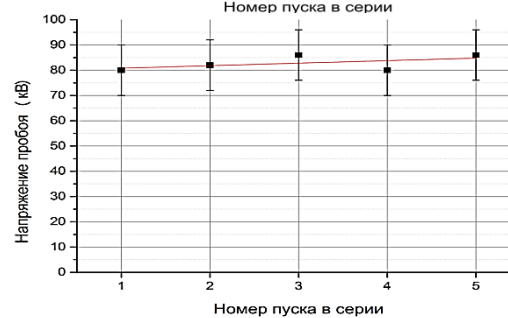
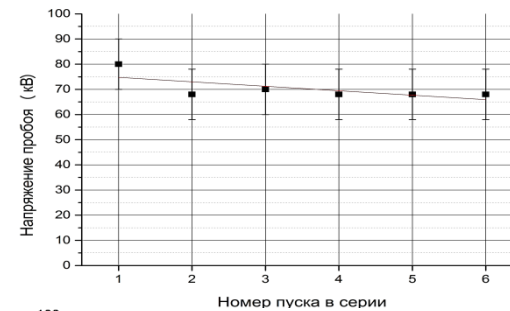
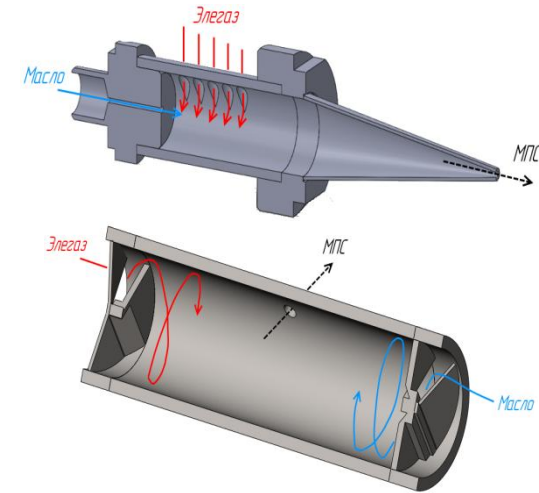


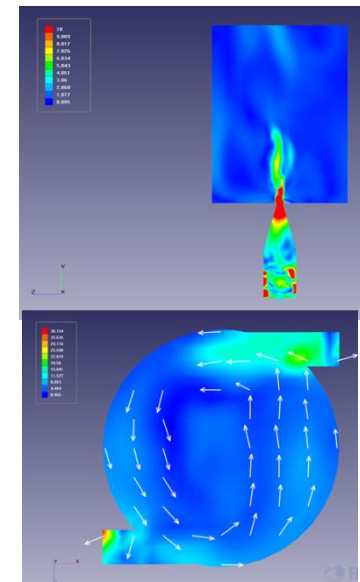
Схема стенда



Напряжение пробоя



Генераторы микропузырьковых сред



Распределение скорости

(Зав. Отд. №4.2. НИЦ ЭФТП ОИВТ РАН, д.т.н. Александр Семенович Тюфтяев,

Исследование процесса растекания тока в гранулированных средах при высоких напряжениях

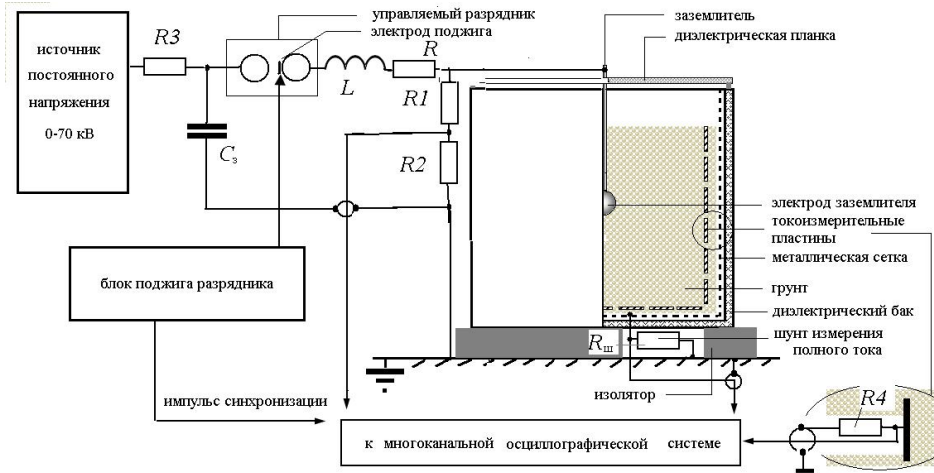
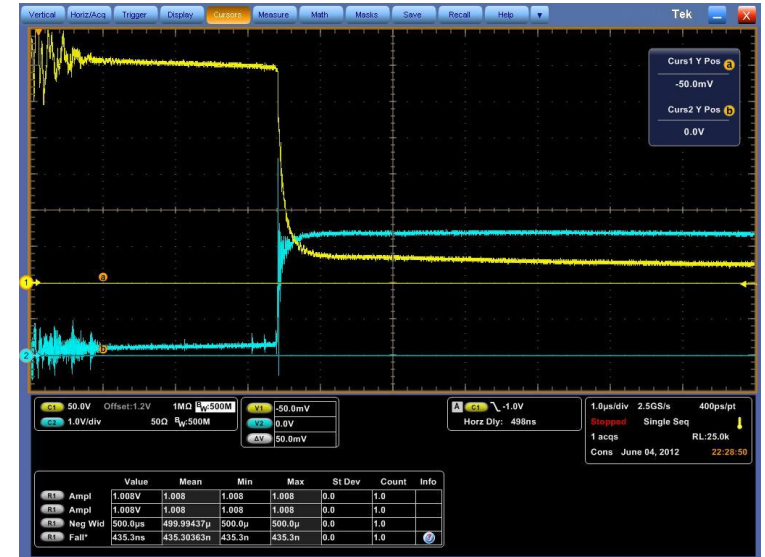
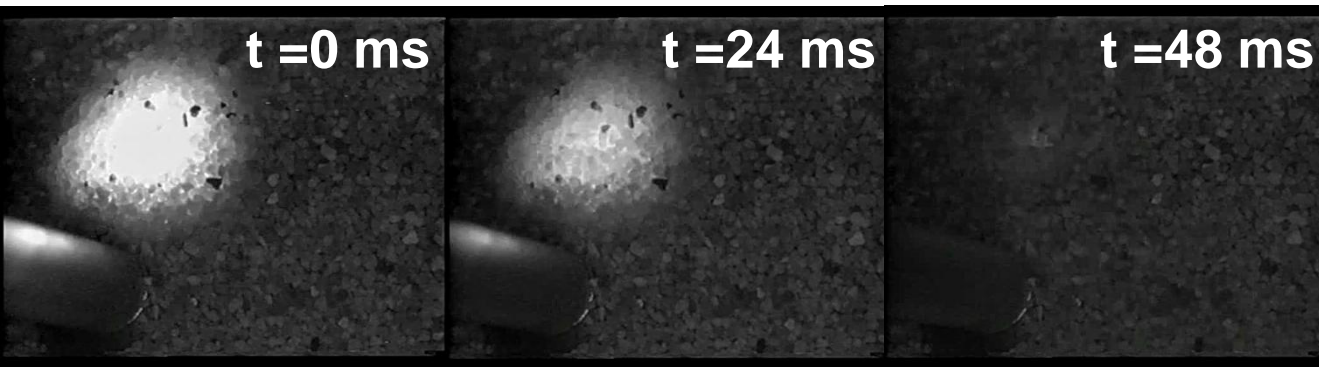


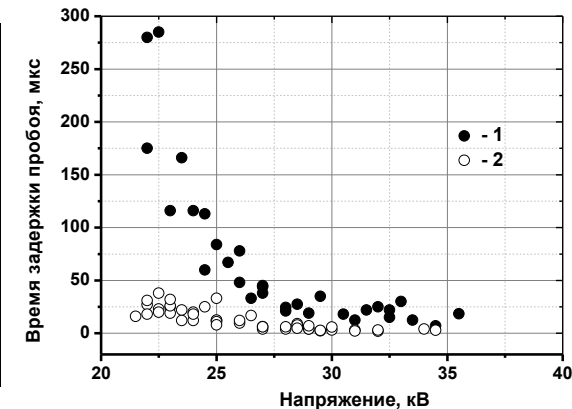
Схема экспериментальной установки



Характерная осциллограмма процесса



Скоростная видеосъемка пробоя в грунте



Задержка пробоя в зависимости от амплитуды напряжения

(С.н.с лаборатории №4.3.2 НИЦ ЭФТП ОИВТ РАН, к.ф.-м.н. Андрей Сергеевич Савельев,

Базы данных и облачные вычисления

Программный комплекс для развития базы данных термодинамических свойств индивидуальных веществ РАН по термодинамическим свойствам индивидуальных веществ

Введен в работу новый программный комплекс THERMOTOOL для создания новых и расширения имеющихся баз данных Термодинамического центра РАН по термодинамическим свойствам индивидуальных веществ. Новый комплекс, устанавливаемый на обычных персональных компьютерах, дает возможность индивидуальной работы сотрудников с последующим вводом результатов расчетов в центральный компьютер.

Thermodynamic functions of Al2O (gas)

Adopted thermochemical value

Parameter name: D0 Parameter value: 1050 Parameter error: 20

Standard reaction: $\text{Al}_2\text{O}(\text{g}) = 2\text{Al}(\text{g}) + \text{O}(\text{g})$

Enthalpy of standard reaction, kJ/mol: 1050

S(nucl), J/(mol*K): 0 Accuracy class: Brief reference: [VTANTHERMO 2005]

DF(0), kJ/mol: -147.963 DF(3000), kJ/mol: 6.9787

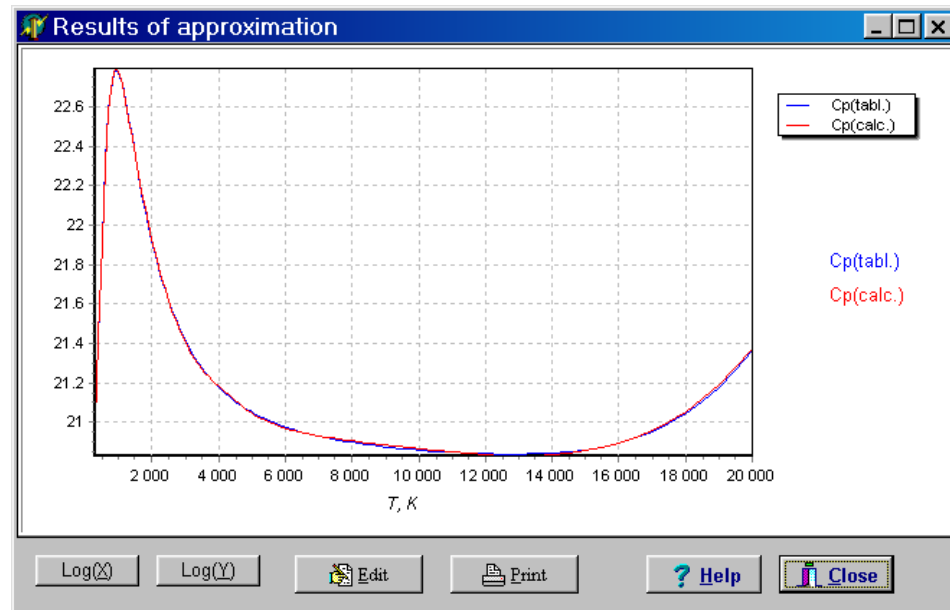
DF(298), kJ/mol: -148.6067 DDH(298), kJ/mol: 20

DFG(298), kJ/mol: -176.6037

T	DCP	DF	DS	DH_H	DCP1	DF1	DS1	DH_H1
298.15	1.411 e00	3.382 e00	4.979 e00	4.878 e-01	2.671 e-01	2.784 e00	3.694 e00	2.828 e-01
1000	1.604 e00	5.245 e00	6.79 e00	1.557 e00	2.663 e-02	3.482 e00	3.809 e00	3.389 e-01
3000	1.656 e00	6.979 e00	8.588 e00	4.84 e00	3.097 e-03	3.705 e00	3.819 e00	3.556 e-01

Table format: TPIS3 Standard pressure, atm: 1 Temperature intervals, K: 100,200,298,15,300(100)6000 Tmax = 6000K

Вид окна для расчёта термодинамических свойств индивидуальных веществ



Сравнение исходных данных (tabl.) и результатов аппроксимации (calc.)

Разработка и наполнение фактографической базы данных по физическим и эксплуатационным свойствам наноматериалов для энергетики

Проведена научно-методическая работа, направленная на создание методов систематизации данных по физическим свойствам наноматериалов.



Использование добавок нанометрического размера для изготовления ядерного топлива для АЭС

Одним из условий обеспечения глубоких выгораний топлива является создание крупнокристаллических структур ядерного топлива с контролируемой пористостью

Характеристики добавляемого нанопорошка:

- средний размер частиц – 350 нм
- средний размер кристаллитов — 40 нм



Микроструктура таблетки, полученная с использованием нанопорошка



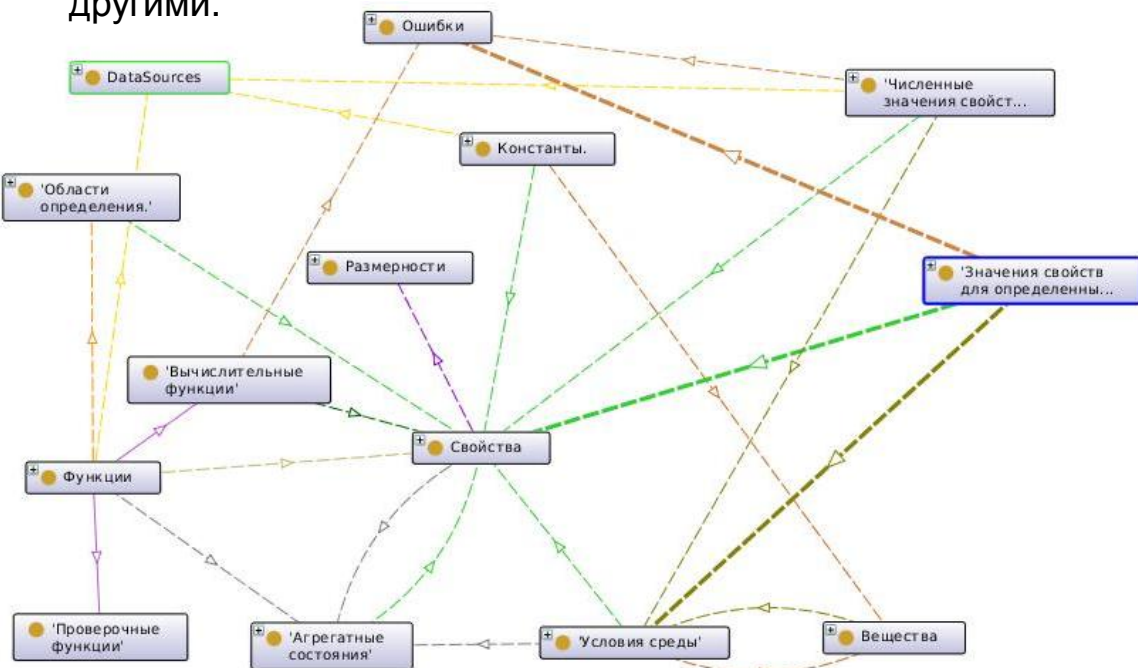
Стандартная микроструктура таблетки

Материалы из БД по наноструктурам для энергетики

*Зав. отделом 4.4. НИЦ ЭФТП ОИВТ РАН д.ф.-м.н. Георгий Анатольевич Кобзев
зав. лаб. к.ф.-м.н. Владимир Юрьевич Зицерман*

Исследование проблемы интеграции неоднородных данных применительно к тематике «теплофизические свойства веществ»

Практической реализацией проекта является наполнение сети Интернет данными в стандартных форматах Semantic Web, а также установление связей между данными из различных источников. Таким образом, формируется единое пространство связанных данных, Linked Open Data, что позволяет увеличить повторное использование данных, понизить степень их дублирования и ценность за счет связывания с другими.



Онтология предметной области
«теплофизические свойства веществ»

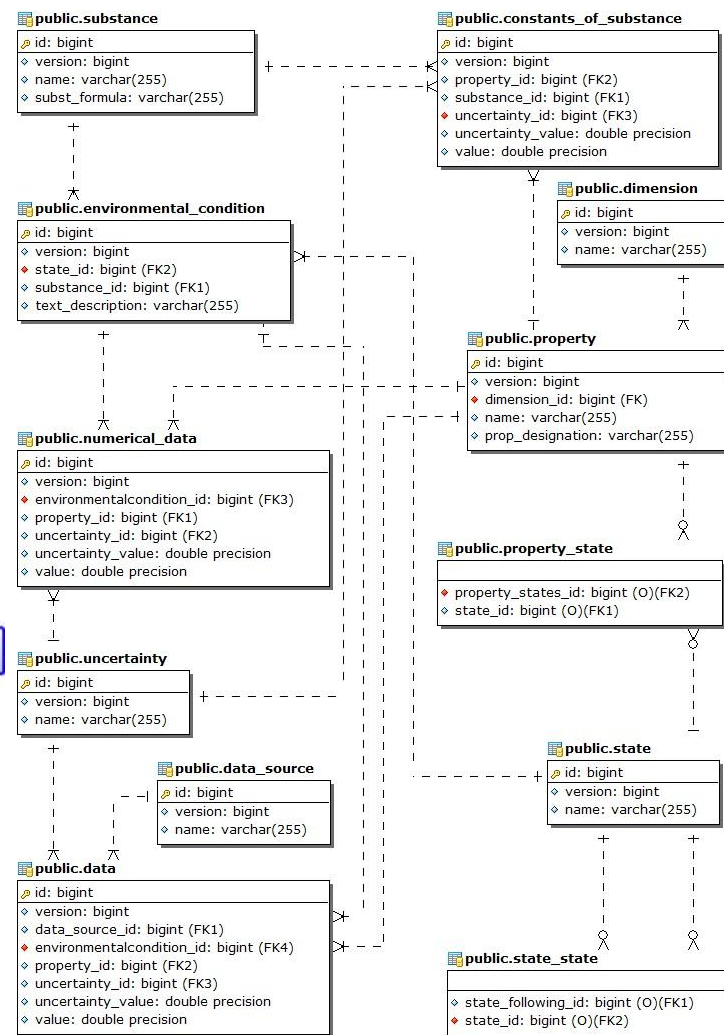


Схема реляционной БД, использованной
в технологии Semantic WEB

(Зав. отделом 4.4. НИЦ ЭФТП ОИВТ РАН д.ф.-м.н. Георгий Анатольевич Кобзев, тел. (495) 485-94-36, зав. лаб. к.ф.-м.н. Владимир Юрьевич Зицерман, тел. (495) 484-21-44)

Вход ЛА в плотные слои атмосферы

Скорость 5-8 км/с

Высота 100 -30 км

Новая кинетическая модель электронной кинетики в атмосфере

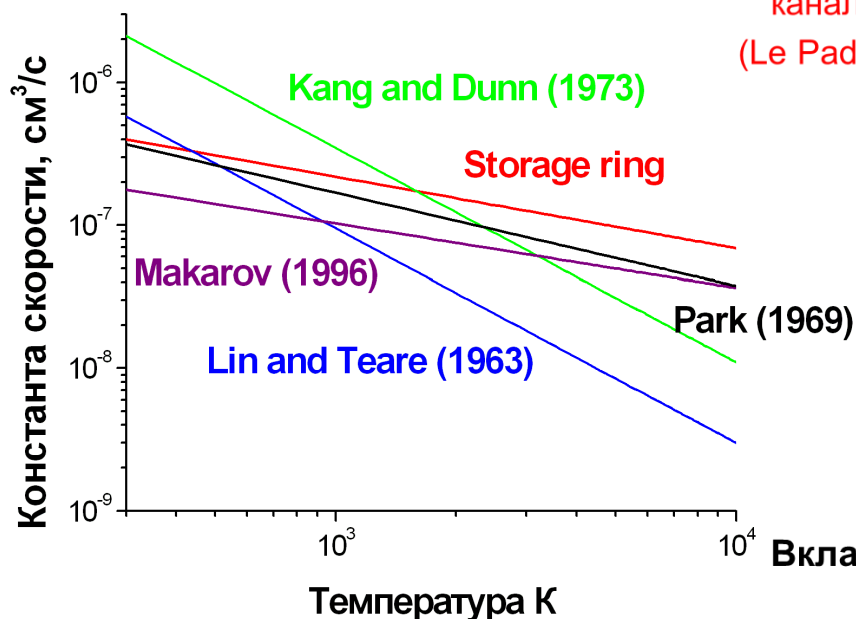
Методы измерения:

- электронные пучки (сечения)
- распад плазмы

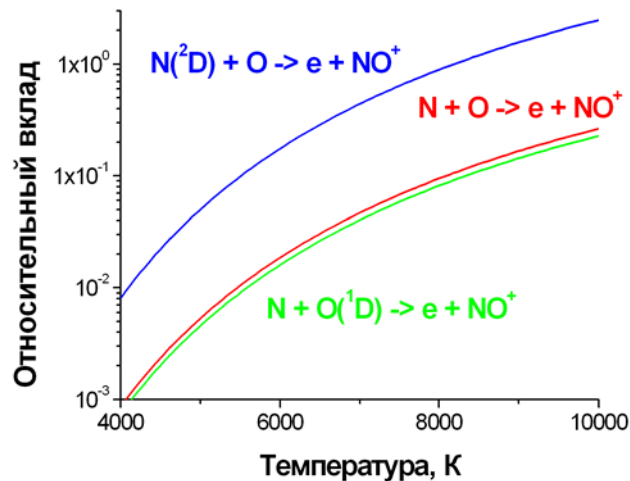
(константы скорости)

- данная работа (расчет на основе данных по сечениям, продуктам реакций и их состояниям)

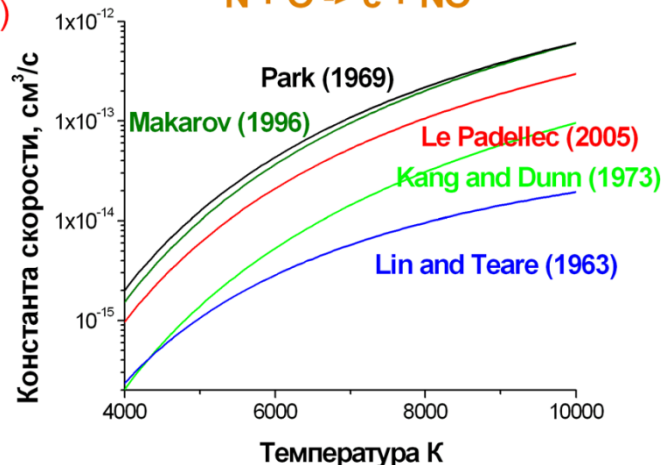
Диссоциативная электрон-ионная рекомбинация



Данная работа – расчет на основе сечений ионизации по отдельным каналам (Le Padellec, 2005)

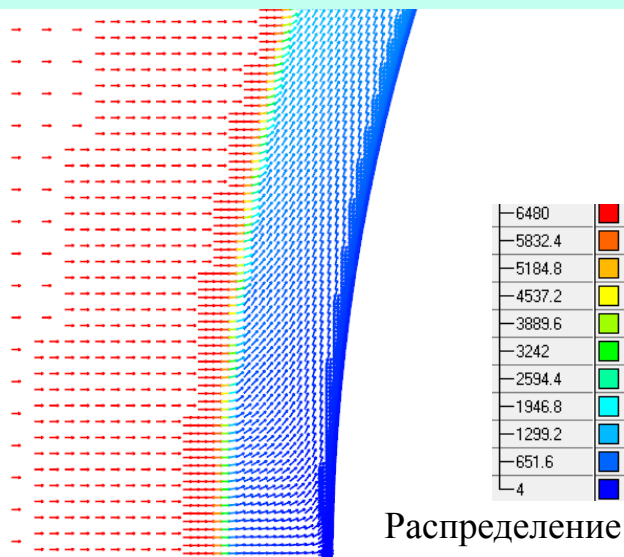


Ассоциативная ионизация

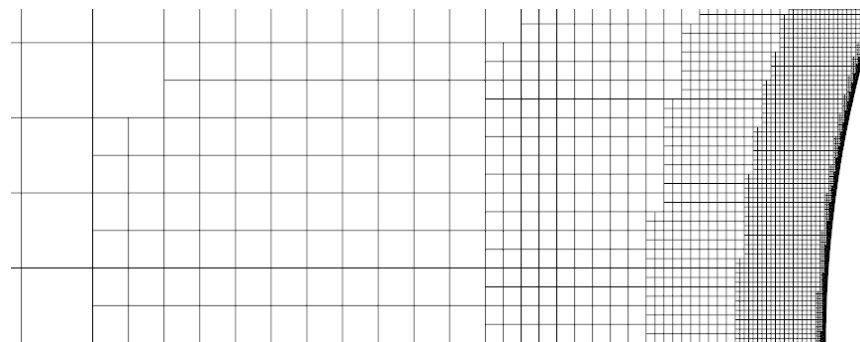


Вклад возбужденных атомов в ассоциативную ионизацию

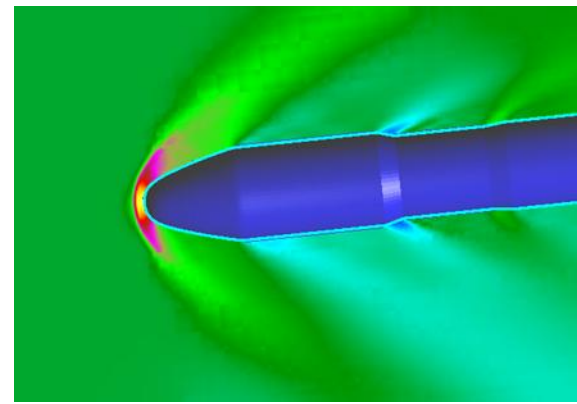
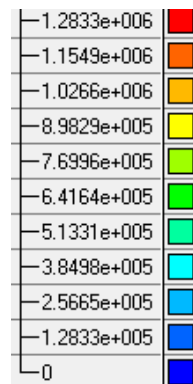
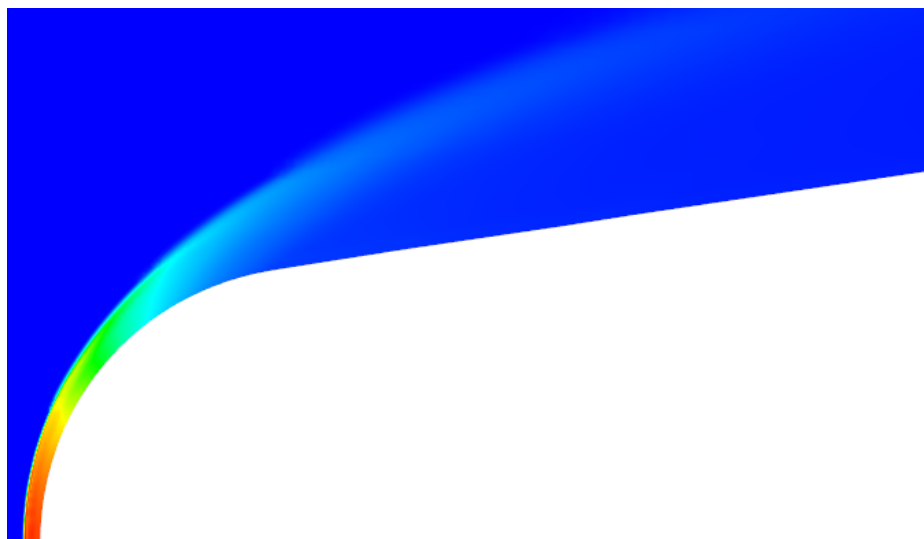
Моделирование абляции и изменяющейся геометрии при входе КА в атмосферу



Распределение скорости около затупления на высоте 27 км:
CFL = 25, $M = 21.5$, карбункулы отсутствуют.



Распределение давления около СА на высоте 27 км.
Давление отсчитывается от 1915 Па



Достижения НИЦ-4

1. Тюфтяев А.С. – защита диссертации д.т.н.
2. Долуденко А.Н. - Премия для молодых ученых за лучшую работу ФСК
3. Савельев А.С., Терешонок Д.В. – Медаль РАН для молодых ученых 2013 г. (с И.Моралевым – НИЦ-2)
4. Крикунова А.И. – награда за лучшую работу молодых ученых (Эльбрус-2014)
5. Научная школа НШ-1800.2014.8

**Спасибо за
внимание!**