

# **Моделирование работы водородного роторно-поршневого двигателя для применения в транспортном и энергетическом секторе**

**Сергей Замбалов**

**Томский научный центр СО РАН**

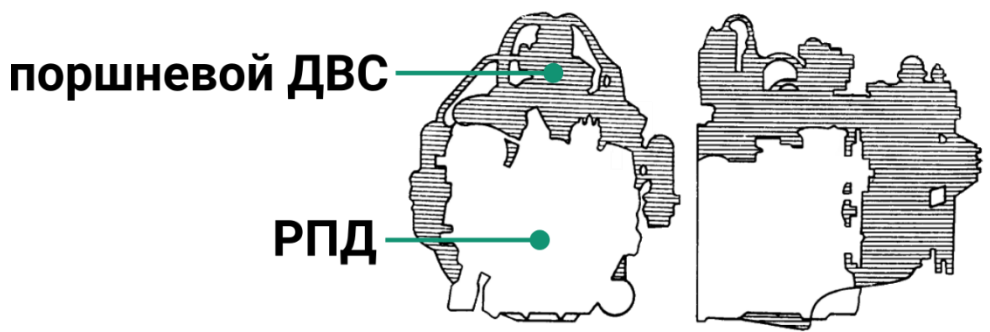
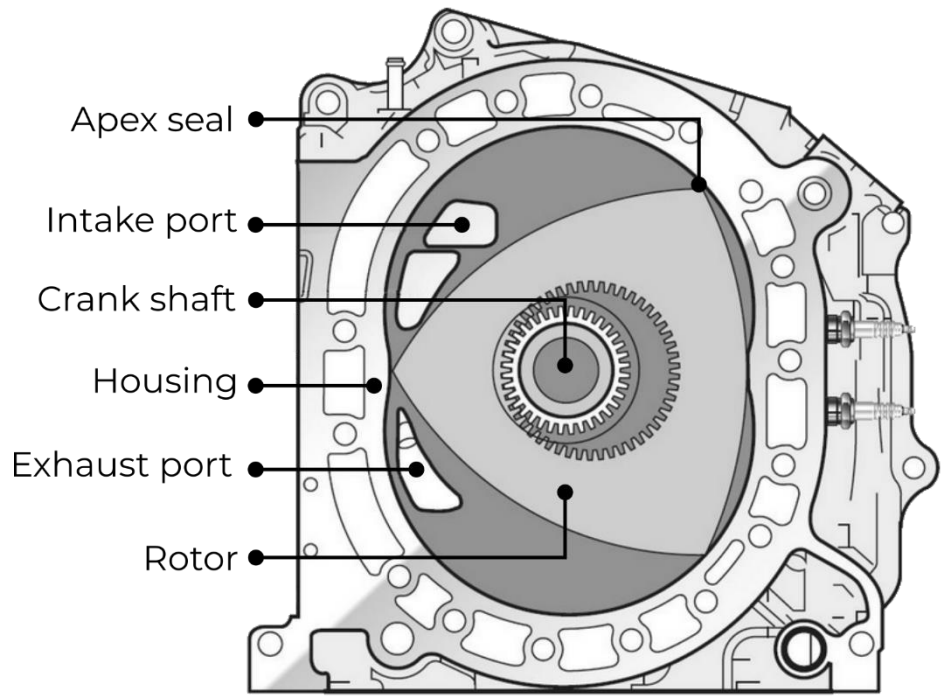
# Описание роторно-поршневого двигателя (РПД)

## Преимущества

- малый вес, размеры
- высокая удельная мощность
- малый уровень шумов и вибраций

## Недостатки

- уплотнения
- перегрев
- сложность изготовления

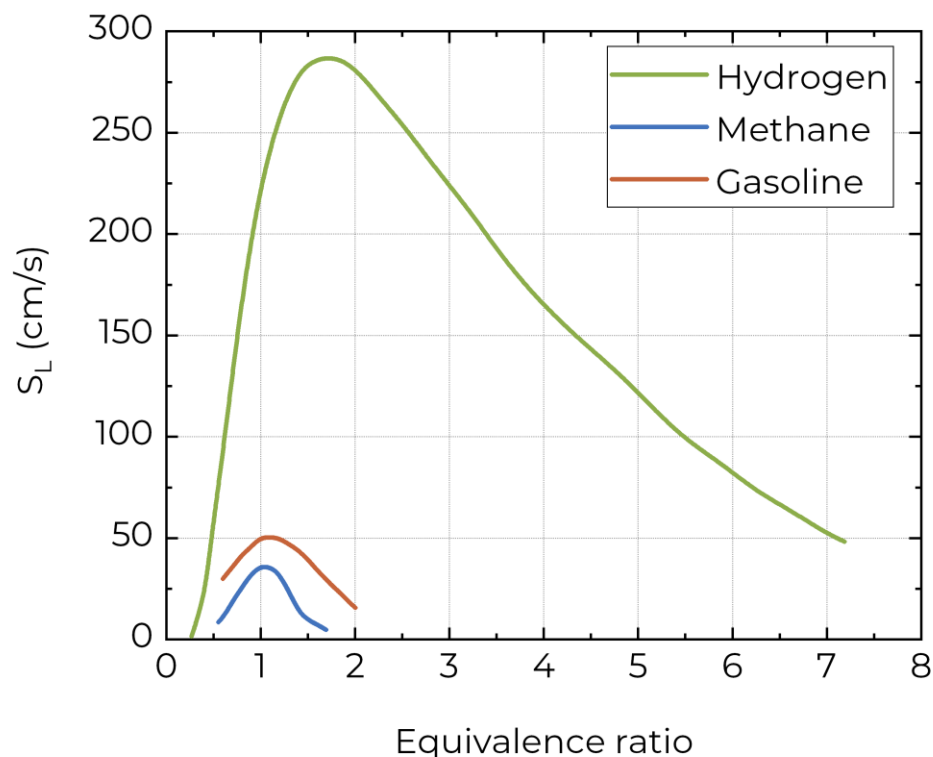


## Возможности применения РПД

- Мобильные и стационарные источники тепловой и электрической энергии
- Силовые установки для беспилотных летательных аппаратов
- Расширитель пробега электромобилей
- Портативные энергетические системы на базе микроРПД
- Утилизация низкотемпературных источников тепла
- Компрессорная техника

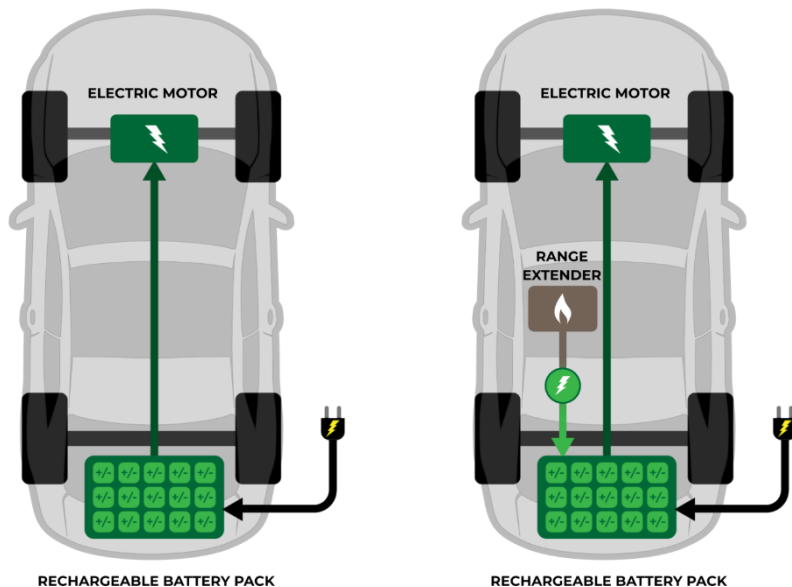
# Проблемы адаптации РПД к водородному топливу

- Другая степень сжатия
- Расчет измененных углов открытия заслонки, углов зажигания, впрыска и выпуска
- Проблема непроизвольного поджига на такте впуска и сжатия
- Использование технологии прямого впрыска высокого давления
- Устранение высокой турбулентности



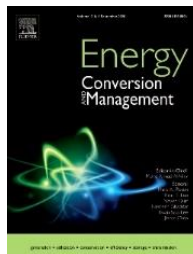
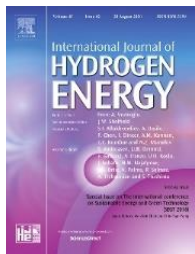
Зависимость ламинарной скорости горения различных топлив от соотношения воздуха/топлива

# Моделирование рабочего процесса водородного РПД для расширителя пробега электромобилей



## Технические характеристики

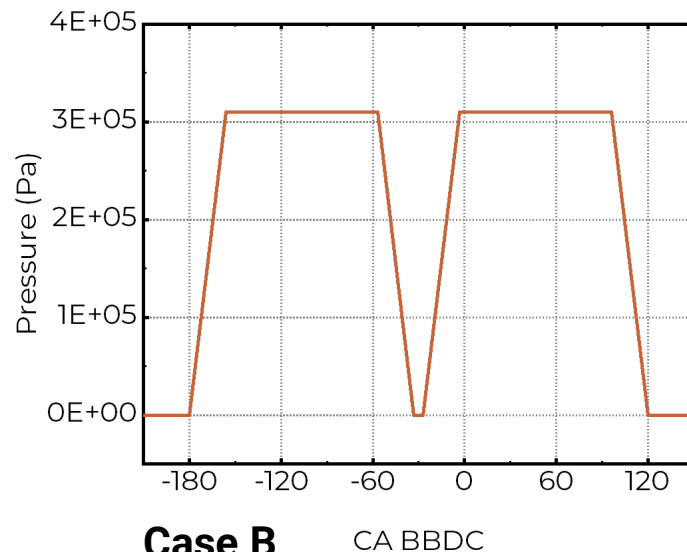
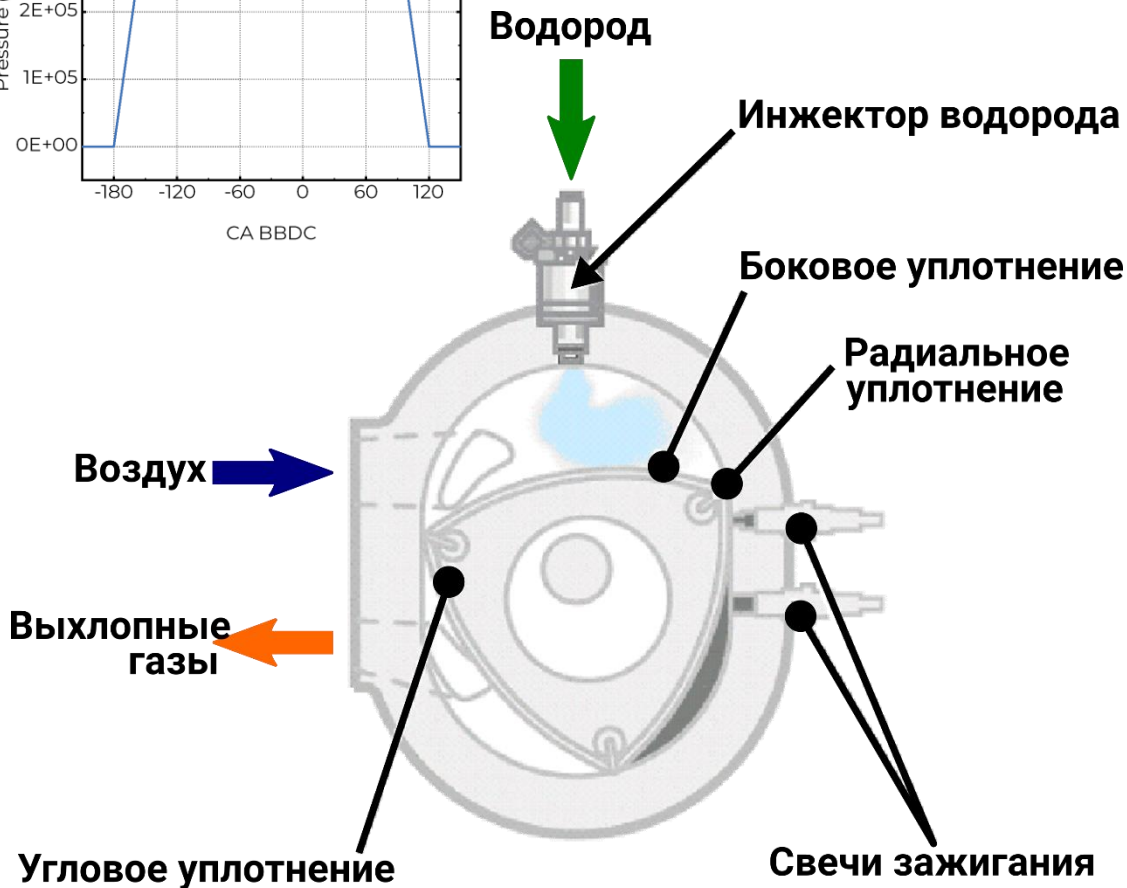
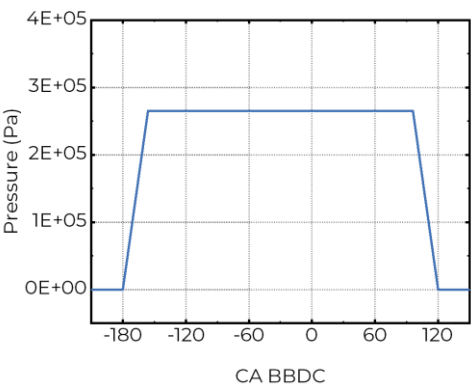
Рабочий объем	250 см <sup>3</sup>
Производящий радиус	84 мм
Эксцентриситет	11 мм
Ширина ротора	52 мм
Степень сжатия	10
Планируемая мощность	20 кВт



1. Numerical simulation of hydrogen combustion process in rotary engine with laser ignition system, [International Journal of Hydrogen Energy](#). 42 (2017) 17251–17259
2. Effect of multiple fuel injection strategies on mixture formation and combustion in a hydrogen-fueled rotary range extender for battery electric vehicles, [Energy Conversion and Management](#). 220 (2020) 113097

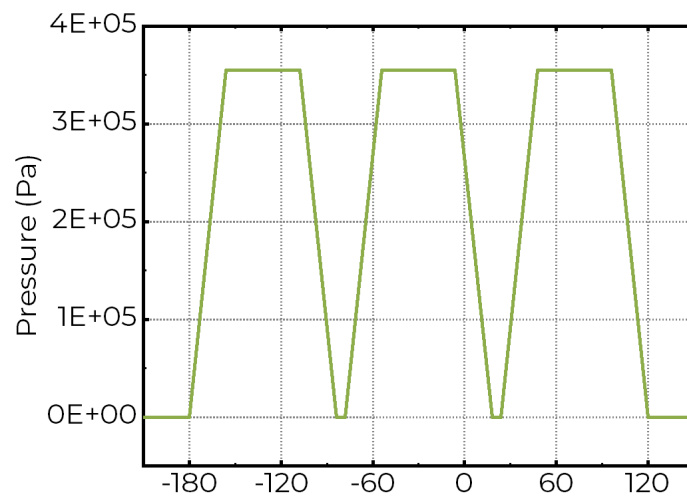
# Система многократного впрыска водорода

## Case A



## Case B

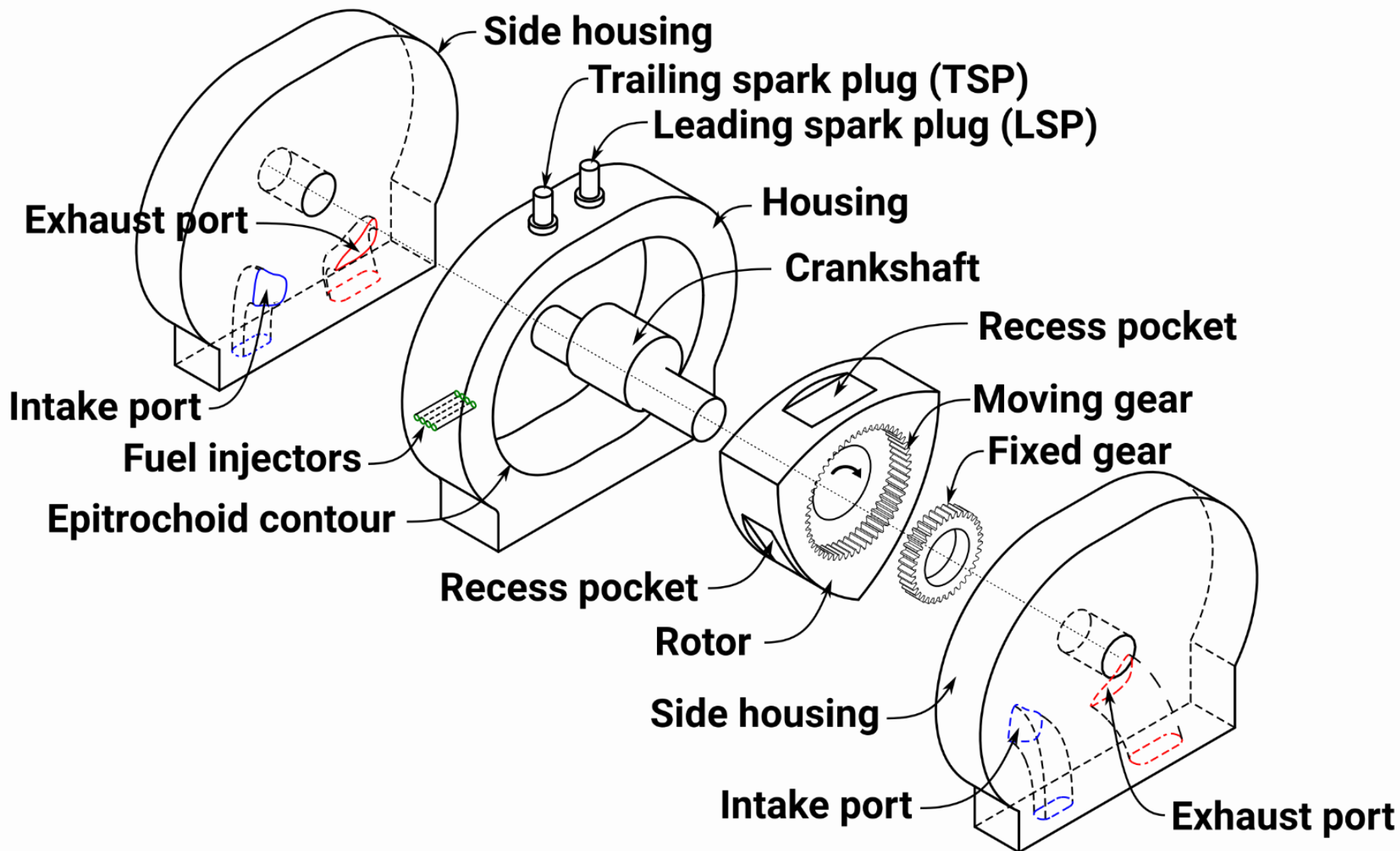
CA BBDC



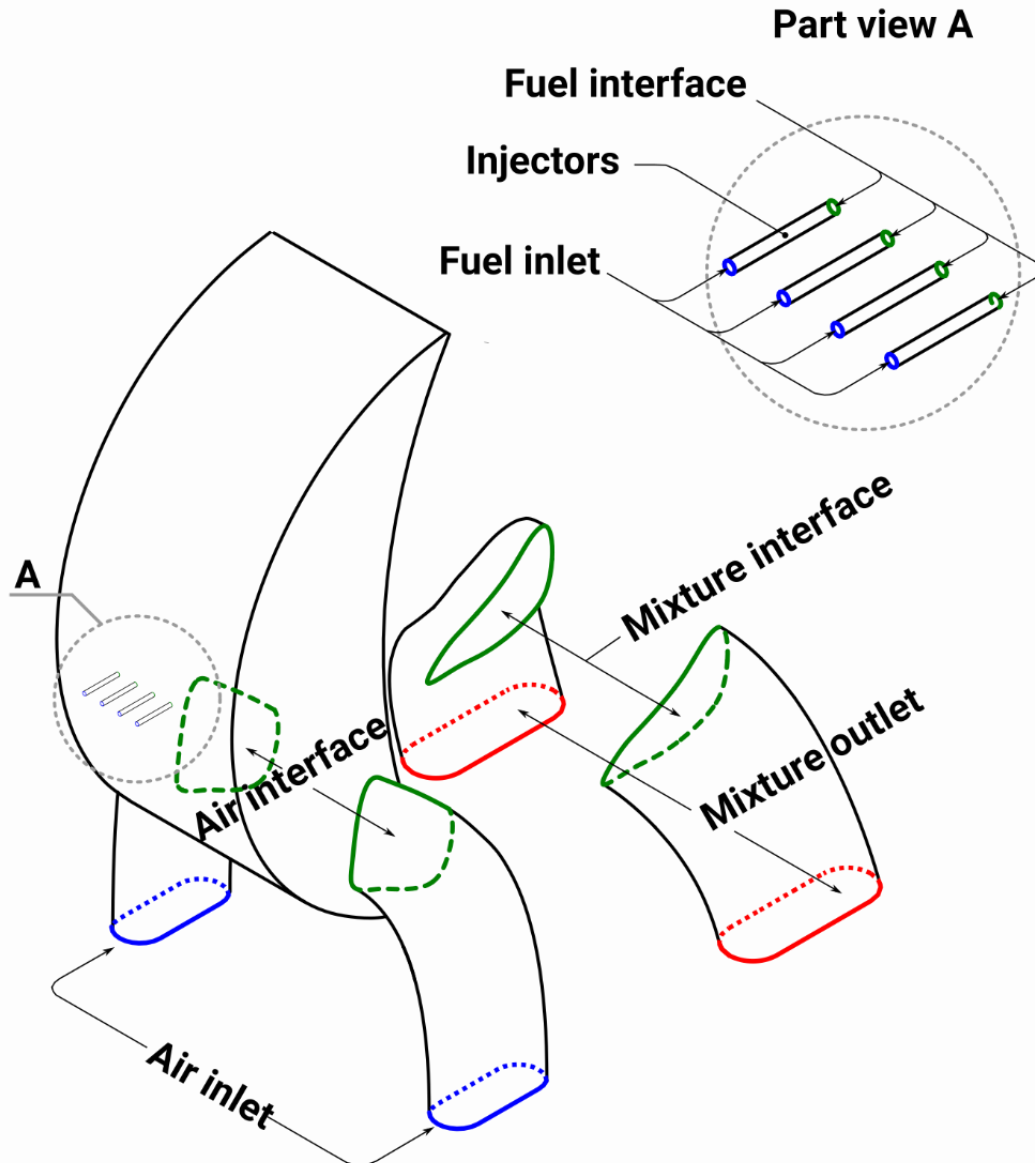
## Case C

CA BBDC (s)

# Конфигурация РПД



# Граничные условия



# Параметры расчета

Unsteady 3D simulation

Equivalence ratio  $\varphi=0.8$

RNG k- $\varepsilon$  turbulence model

EDC model

No heat loss

No radiation

Stiff chemistry solver

in-situ adaptive tabulation algorithm

Finite rate chemistry

Reduced hydrogen combustion mechanism

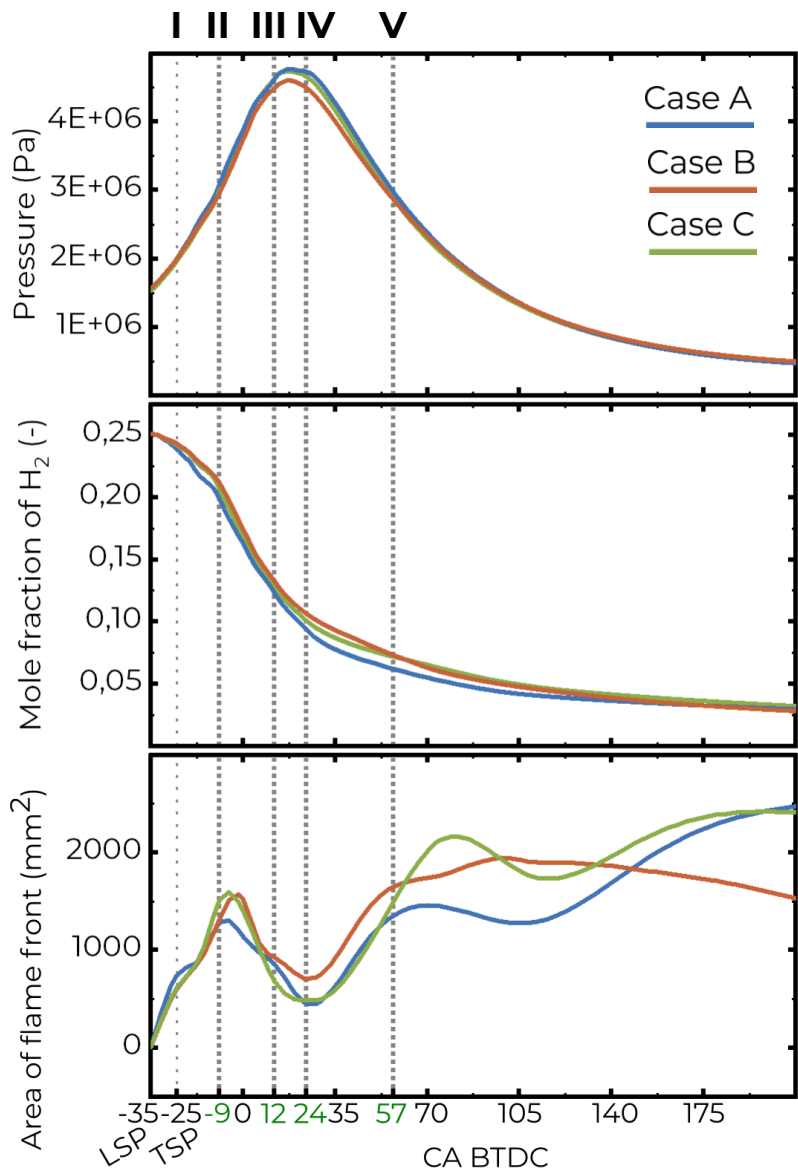
(30 species and 253 reactions based on Ó Conaire mechanism)

Sub-grid spark model

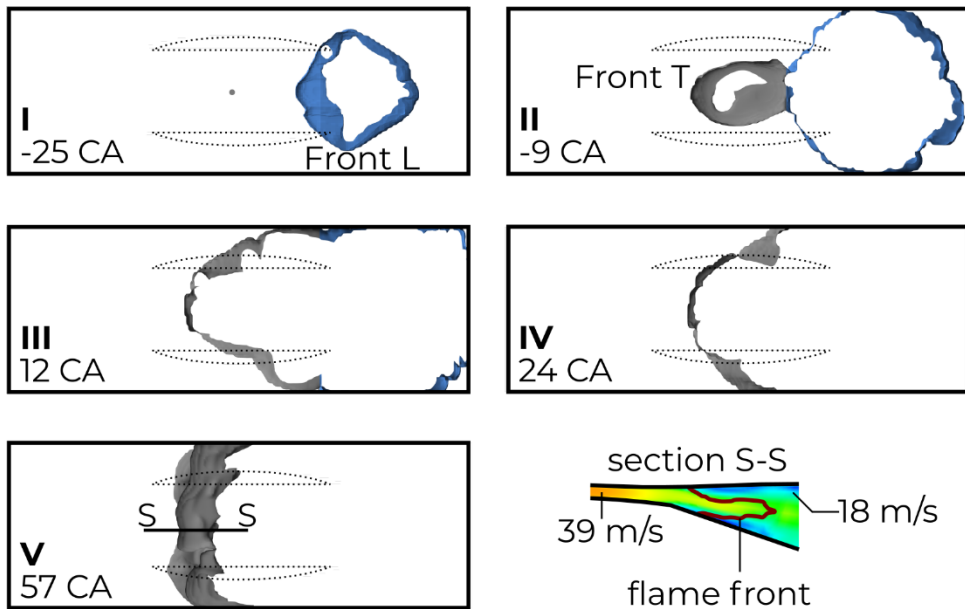
Preliminary cold flow simulation



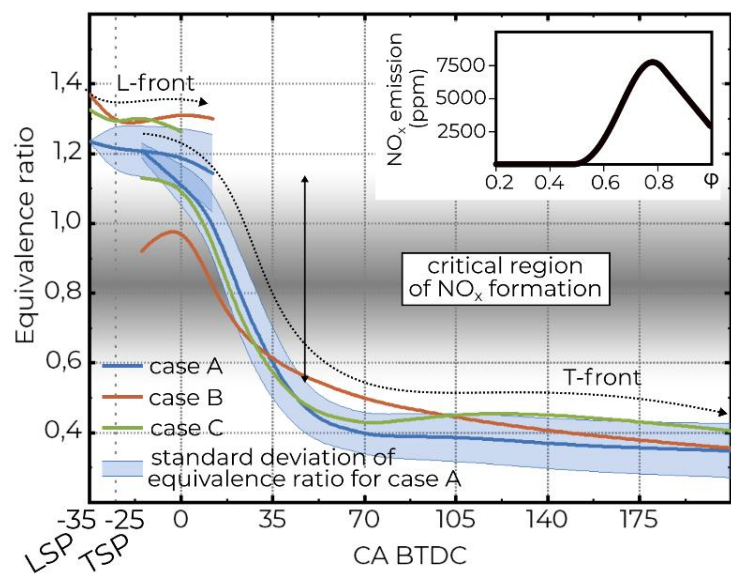
# Зависимости параметров процесса от угла поворота коленвала



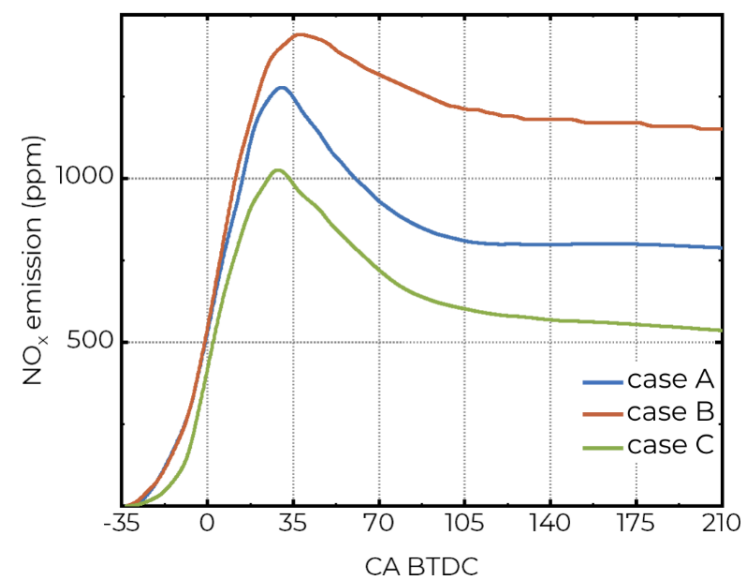
## Форма пламени (Case A) в моменты времени I-V



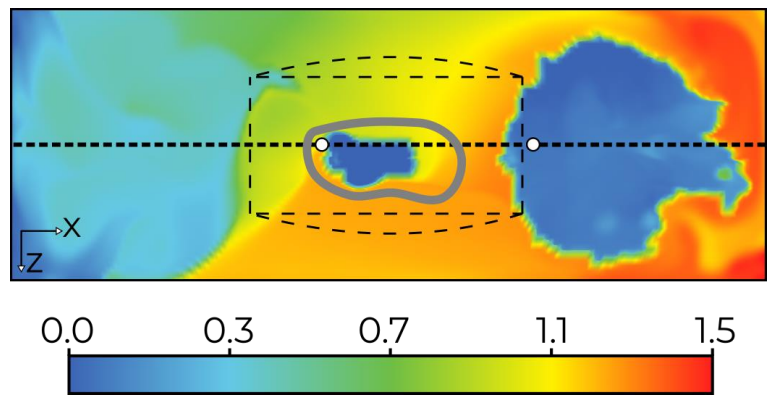
## Коэффициент избытка топлива



## Эмиссия оксидов азота

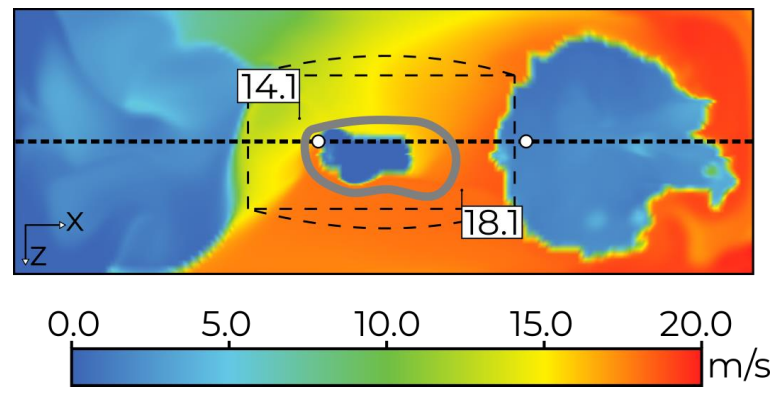


## Контур эквивалентного соотношения



Case A

## Контур ламинарной скорости горения



Case A

# Мощностные характеристики

## Performance parameters

Case	Indicated mean effective pressure, kPa	Indicated power, kW	Thermal conversion efficiency	NO <sub>x</sub> emission, ppm
A	987	20.5	0.36	781
B	965	20.1	0.34	1130
C	965	20.1	0.35	526

## Range extender prototypes comparison

Company	Type	Displacement, cc	Power, kW	Power per unit volume, kW/cc
Lotus engineering	Piston engine, 3 cyl, Gasoline	1200	36.8	0.03
Mahle Powertrain	Piston engine, 2 cyl, Gasoline	900	30	0.03
Mazda Motor	Rotary engine, 1 section, Gasoline	330	22	<b>0.06</b>
Present study	Rotary engine, 1 section, Hydrogen	250	20.5	<b>0.08</b>

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

[zambalovsd@gmail.com](mailto:zambalovsd@gmail.com)