

Расчетно-аналитический центр двигателестроения

ООО «Криогаз моторное топливо»

Компетенции в области математического моделирования и расчетов рабочего процесса двигателей:

- 0-1 мерное и трехмерное моделирование рабочего процесса, процессов тепло-массового обмена и образования вредных веществ в камерах сгорания как традиционных поршневых двигателей внутреннего сгорания, так и свободнопоршневых двигателей.
- Расчетные исследования в рамках обеспечения конвертации традиционных поршневых двигателей в газовые двигатели (газодизельные двигатели, двигатели с искровым и форкамерно-факельным зажиганием).
- Использование альтернативных видов топлива в поршневых двигателях.

Виды работ, выполняемые в объеме построения расчетной модели двигателя при конверсии в газовый и газодизельный режим:

1. Оцифровка и разработка 3D-модели комплекта деталей цилиндропоршневой группы двигателя.
2. Разработка 0-1 мерной модели расчета рабочего процесса.
3. Определение граничных и начальных условий по 0-1 мерной модели для подготовки трехмерного расчета.
4. Подготовка статической сетки впускного коллектора и каналов в крышке двигателя.
5. Проведение серии расчетов с целью минимизации неравномерности распределения газозоудшной смеси по цилиндрам двигателя. Рассмотрение вариантов центральной и распределенной подачи газа на впуске.
6. Формулировка 3-х мерной модели рабочего процесса двигателя, предварительное определение коэффициентов модели сгорания, выбор параметров разбиения расчетной области на контрольные объемы по статической модели.
7. Подготовка сеток с подвижными границами и выполнение серии трехмерных расчетов рабочего процесса двигателя для различных вариантов впрыскивания запальной дозы ДТ при фиксированном коэффициенте избытка воздуха газозоудшной смеси на впуске (в случае газодизеля); для газового двигателя с искровым зажиганием – с различными углами опережения зажигания.
8. Для газодизеля также выполняется определение минимально необходимой запальной дозы ДТ для эффективного воспламенения основного объема топливозоудшной смеси.
9. Сравнение параметров работы газового двигателя (газодизеля и газового с искровым зажиганием) при различных условиях подачи газа на впуске (центральная и распределенная подача газа).
10. Моделирование мощностных и нагрузочных режимов работы двигателя (режим холостого хода, частичной мощности, переходный, номинальный):
 - расчет экологических характеристик, определение состава продуктов сгорания, содержание вредных веществ в выхлопных газах;
 - расчет характеристик максимального давления сгорания – P_z и скорости нарастания давления - dP_z/dt в камере сгорания;
 - определение тепловых нагрузок на детали камеры сгорания дизеля при его конвертации в газовый двигатель, в том числе, анализ теплового состояния топливной форсунки для газодизеля.

11. Построение твердотельных моделей ответственных деталей двигателя, расчет их теплонапряженного и деформированного состояния, оценка ресурса деталей газового двигателя.

12. Подготовка отчета по выполненным работам, в т.ч.:

- проведение оценки качества сгорания топлива с подготовкой рекомендаций;
- анализ результатов расчета экологических характеристик, состава продуктов сгорания, содержания вредных веществ в выхлопных газах;
- анализ результатов расчета характеристик максимального давления сгорания – P_z и скорости нарастания давления - dP_z/dt в камере сгорания;
- анализ тепловых нагрузок на детали камеры сгорания газового двигателя, в том числе, на распылитель форсунки в случае газодизеля;
- подготовка графиков мощностных и экологических характеристик двигателя;
- построение обобщенных зависимостей эффективности и экологичности работы газового двигателя от величины коэффициента избытка воздуха и параметров впрыскивания запальной дозы ДТ (газодизель) / угла опережения зажигания (газовый двигатель с искровым зажиганием).

При трехмерных расчетах рабочего процесса используется математическая модель, основанная на фундаментальных уравнениях количества движения (Навье-Стокса), энергии (Фурье-Кирхгофа), диффузии (Фика) и неразрывности, которые после осреднения по Фавру дополняются моделями турбулентности. Расчет теплообмена в пограничных слоях камеры сгорания осуществляется с применением пристеночных функций. Для расчета сгорания топливовоздушной смеси предусмотрено использование различных моделей, в том числе расширенной модели когерентного пламени (ECFM), а также детальных кинетических механизмов. Для численного решения задачи используется метод контрольных объемов (версии Сполдинга-Патанкара).

Программное оснащение центра:

AVL FIRE, AVL Boost, GT-Suite, Lotus, Дизель-ПК, ANSYS (Fluent, Forte, Mechanical), MathCad, NYSYS, Компас-3D, SolidWorks, AutoCAD, NX, Лоцман PLM, Полином MDM и др.

Специалисты центра:

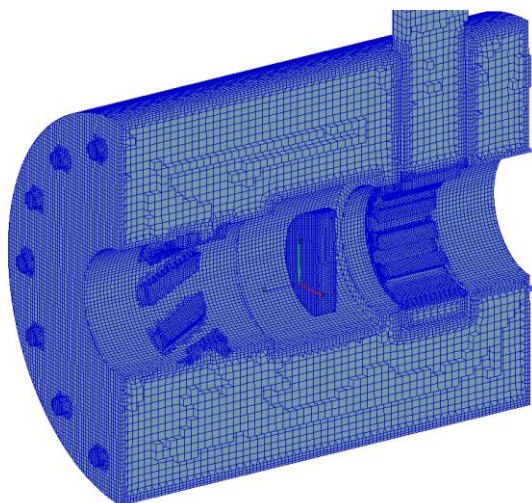
Представители ведущих инженерных школ России, в том числе, МГТУ им. Н.Э. Баумана (кафедра Э2 «Комбинированные двигатели и альтернативные энергоустановки» (ранее – кафедра поршневых двигателей)), БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова Кафедра А8 «Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» и др.

Работы по расчету рабочего процесса, выполненные в рамках инициативного НИОКР по разработке Свободнопоршневого генератора газа (СПГГ-260):

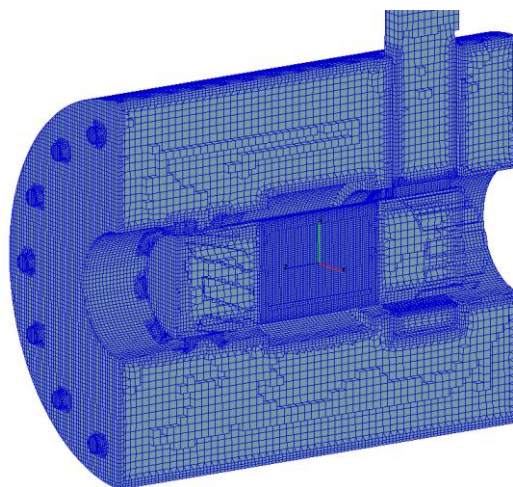
- Расчет рабочего процесса дизельного СПГГ.
- Расчет рабочего процесса газодизельного СПГГ.
- Расчет рабочего процесса газового СПГГ с искровым зажиганием.
- Моделирование последовательных циклов рабочего процесса дизельного СПГГ.
- Оценка влияния угла опережения зажигания и положения свечей зажигания в цилиндре на рабочий процесс СПГГ.
- Оценка параметров рабочего процесса СПГГ при работе в дизельном режиме с разным количеством топливных форсунок.

Примеры расчетов, выполненных в рамках инициативного НИОКР по разработке Свободнопоршневого генератора газа (СПГГ-260)

Разбиение расчетной области

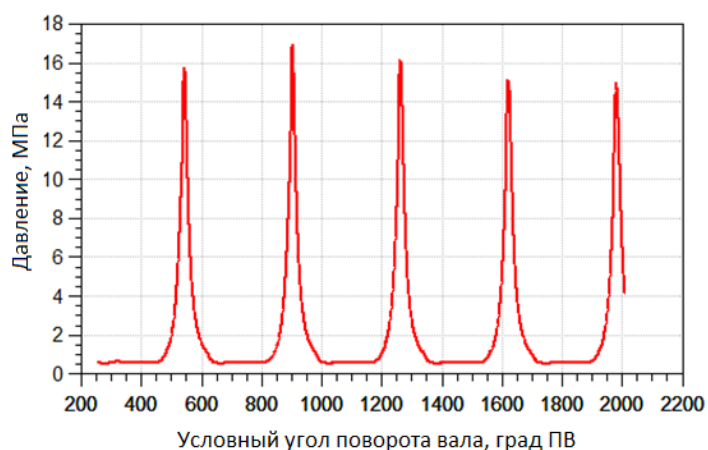


Сетка в положении поршней в ВМТ

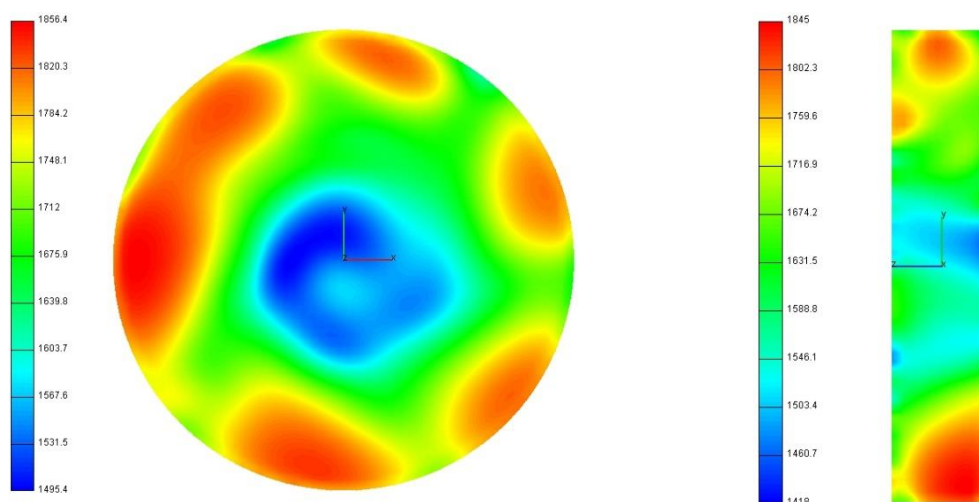


Сетка в положении поршней в НМТ

Результаты расчета рабочего процесса газового СПГГ с искровым зажиганием



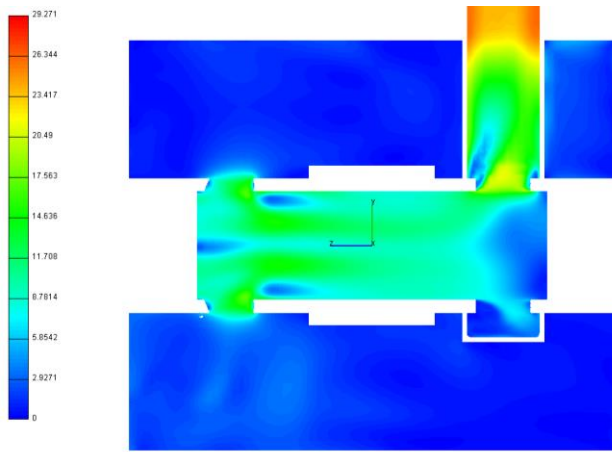
Давление в цилиндре газового СПГГ с искровым зажиганием (5 последовательных циклов)



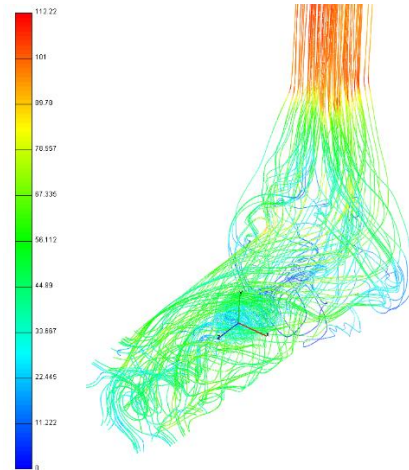
Локальные температуры в сечении КС СПГГ (газовый с искровым зажиганием)

Дизельный СПГГ

Результаты расчета продувки

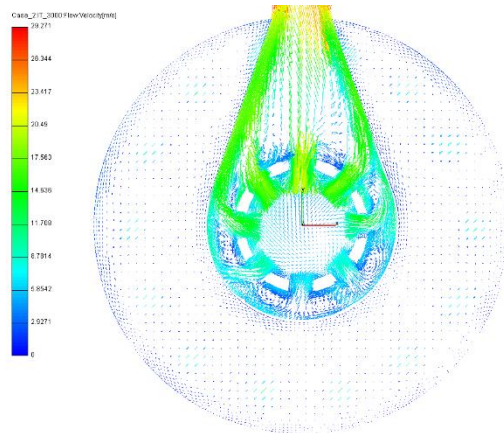
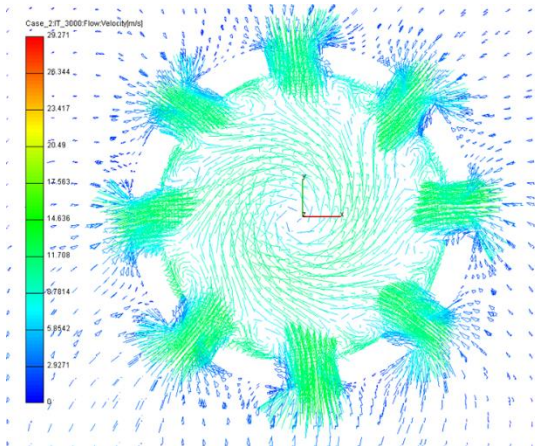


Скалярное поле скоростей в сечении СПГГ

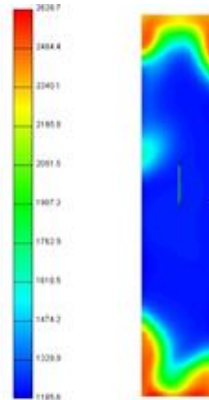
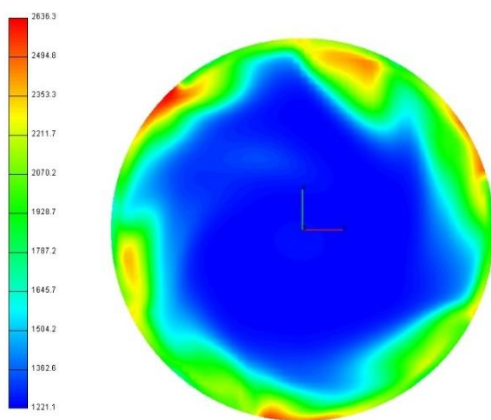


Линии тока в объемах цилиндра и выпускного ресивера в момент достижения НМТ (продувочные и выпускные окна полностью открыты)

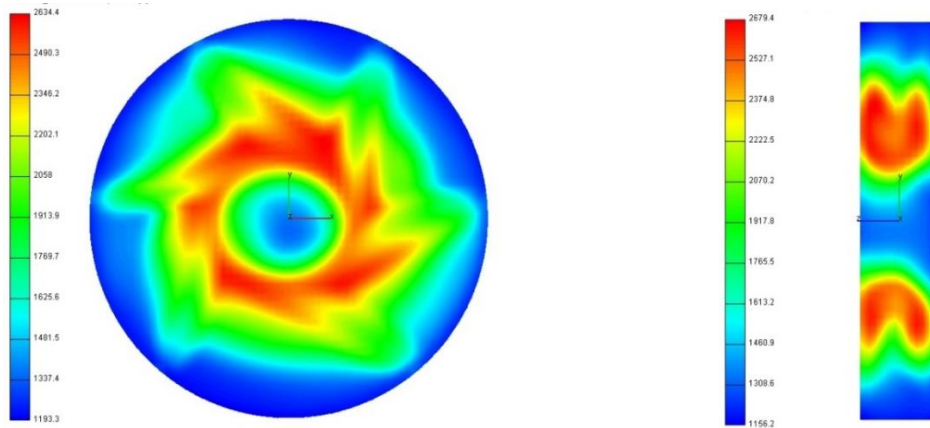
Результаты расчета рабочего процесса дизельного СПГГ



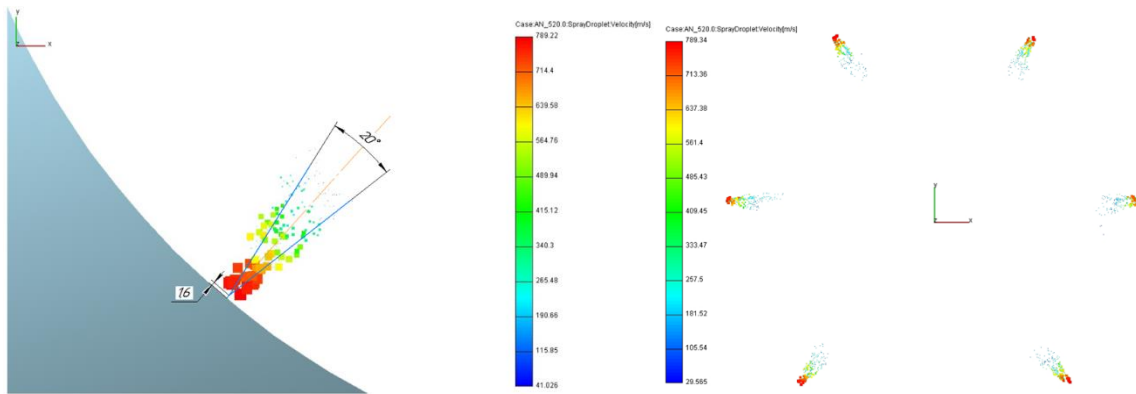
Поле скоростей в сечении расчетной области по продувочным и выпускным окнам



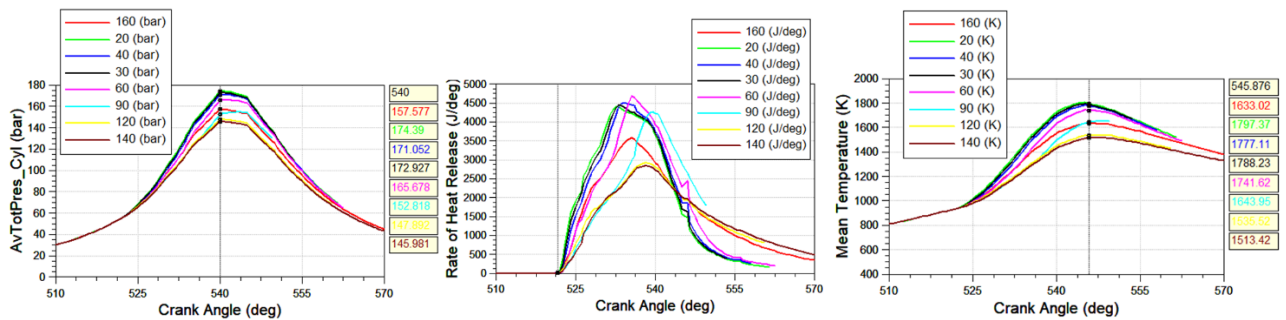
Локальные температуры в сечении КС СПГГ (дизель, угол между осями отверстий распылителя форсунки 160°)



Локальные температуры в сечении КС СПГГ (дизель, угол между осями отверстий распылителя форсунки 20°)



Визуализация процесса подачи топлива через форсунку, распыливающие отверстия которой ориентированы по радиусу цилиндра СПГГ



Давление (а), температура (б) и скорости тепловыделения (в) в цилиндре СПГГ-260 при сгорании топлива при различных углах между осями распыливающих отверстий форсунки А-04-011 (угол ОВТ = 25 °ПВ до ВМТ)