

# Оценка использования АСКТ для двигателей поршневой авиации

**Костюченков Александр Николаевич,**

Начальник сектора перспектив развития АПД, к.т.н.



М-9ФВ



АШ-62



Lycoming IO-580-B

- Запрет на производство в России тетраэтилсвинца;
- Сворачивание производства авиабензинов Б91/115 и Б95/130 в России;
- Высокая стоимость зарубежных авиабензинов - 100LL;
- Перспективы введения экологических нормативов для легкомоторной авиации.

## Топлива с высокой удельной теплотой сгорания



**Газомоторные топлива**



**Автомобильный бензин**

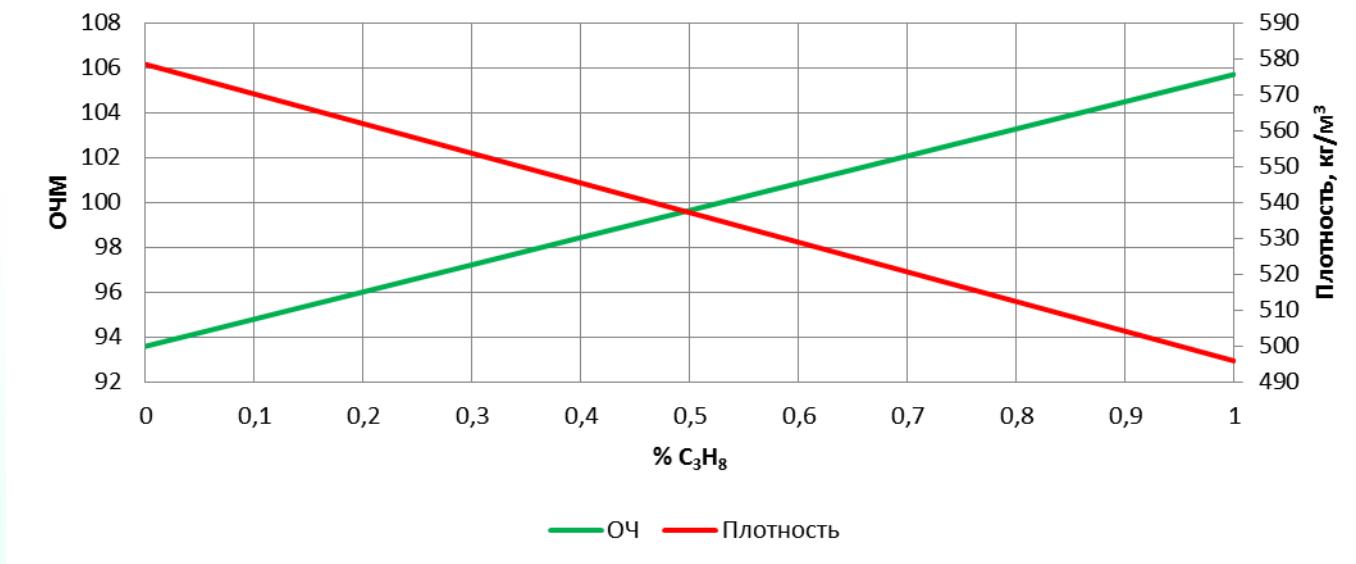


**Авиационный керосин**

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| + | <ul style="list-style-type: none"> <li>- низкая стоимость по сравнению с авиационным керосином, в местах нефтегазодобычи;</li> <li>- высокая детонационная стойкость</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Доступность топлива;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Снижение удельного расхода топлива;</li> <li>- универсальность применения (единое топливо для АПД и ГТД);</li> </ul>                          |
| - | <p>применение в авиации требует решения ряда практических задач, связанных с производством, хранением и транспортировкой и топливоподачей</p>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Высокое давление насыщенных паров</li> <li>- Низкая детонационная стойкость</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- нестабильность воспламенения;</li> <li>- не высокие смазочные свойства для ТНВД;</li> <li>- Создание новых конструкций двигателей;</li> </ul> |

| Показатель   | СПГ<br>(метан) | СНГ<br>(пропан-бутан)                           | Водород      |
|--|----------------|---|--------------|
| Формула состава  | $\text{CH}_4$  | $\text{C}_3\text{H}_8, \text{C}_4\text{H}_{10}$ | $\text{H}_2$ |
| Плотность в жидком состоянии, $\text{кг/м}^3$                  | 415            | 490   | 70           |
| Теплота сгорания низшая, МДж/кг                                | 50,3           | 46,5  | 120          |
| Октановое число  | 130            | 100   | -            |
| Температура кипения, С   | -160           | -40, -0.5                                       | -252         |
| Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг | 17,2           | 15,7  | 34,3         |
| Содержание, мас. %   |                |   |              |
| С  | 74,9           | 81,8  | 0            |
| Н  | 25,1           | 18,2  | 100          |
| О  | 0              | 0   | 0            |

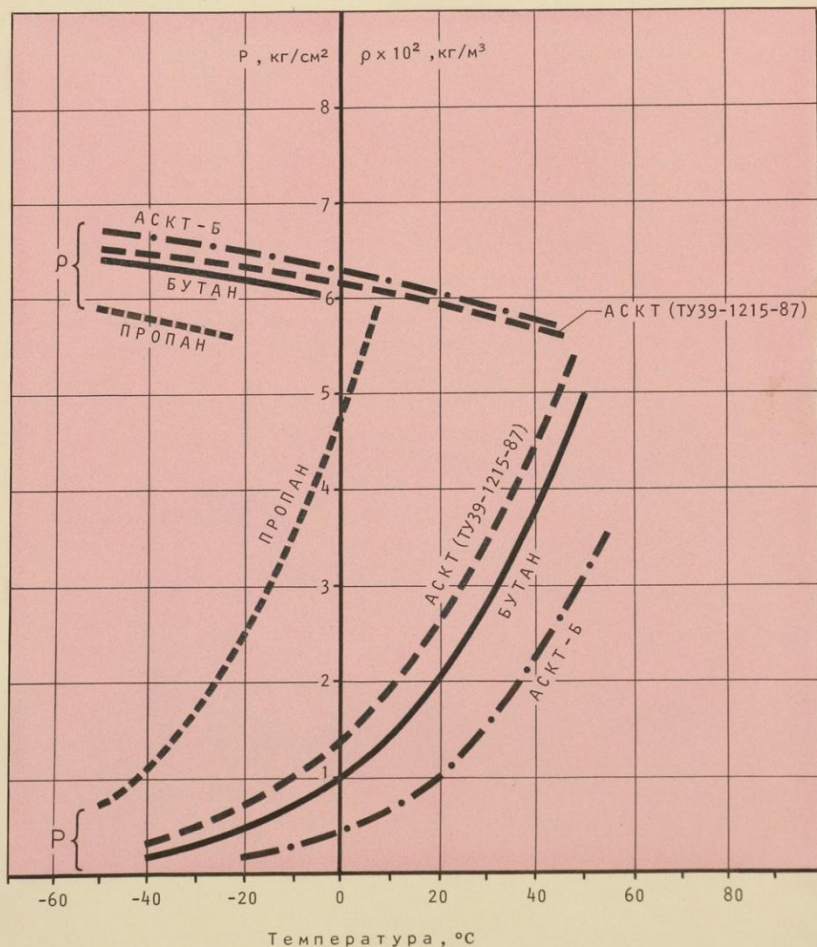
**АСКТ** —авиационное сконденсированное топливо, предназначенное для использования взамен или в сочетании с авиакеросином в вертолётных двигателях представляет собой гамму углеводородов от пропана до гексана с небольшой примесью более тяжёлых углеводородов, доминирующим компонентом в которой, как правило, являются **бутаны**. Согласно техническим условиям ТУ 39-1547-91 «Топливо авиационное сконденсированное из нефтяного газа», в топливе ограничено содержание пропана – не более 10% мол. (или 7,2% масс) с целью снижения давления насыщенных паров в условиях хранения при высоких температурах окружающего воздуха.



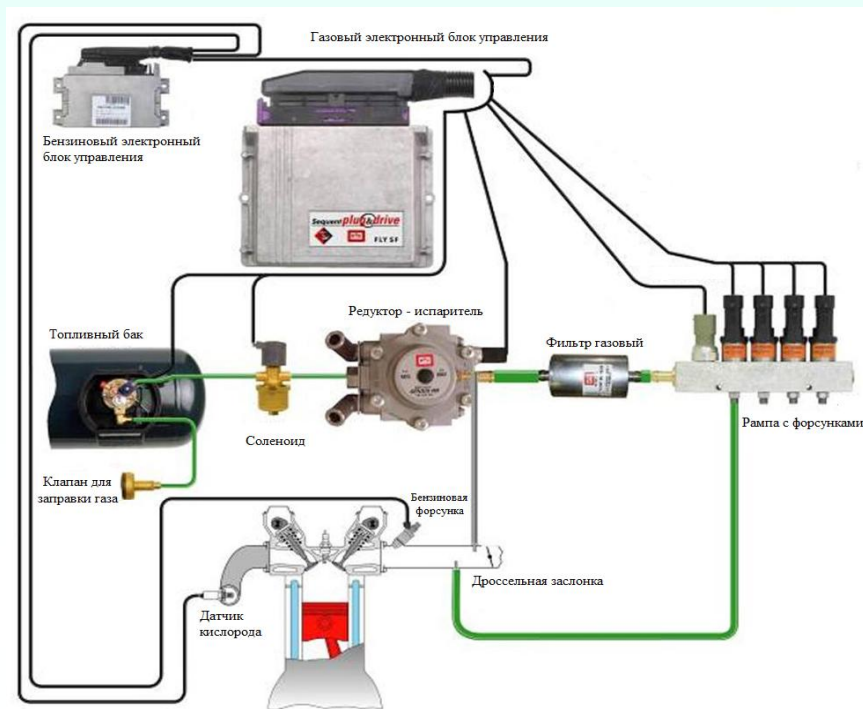


## ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ И ПЛОТНОСТЬ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

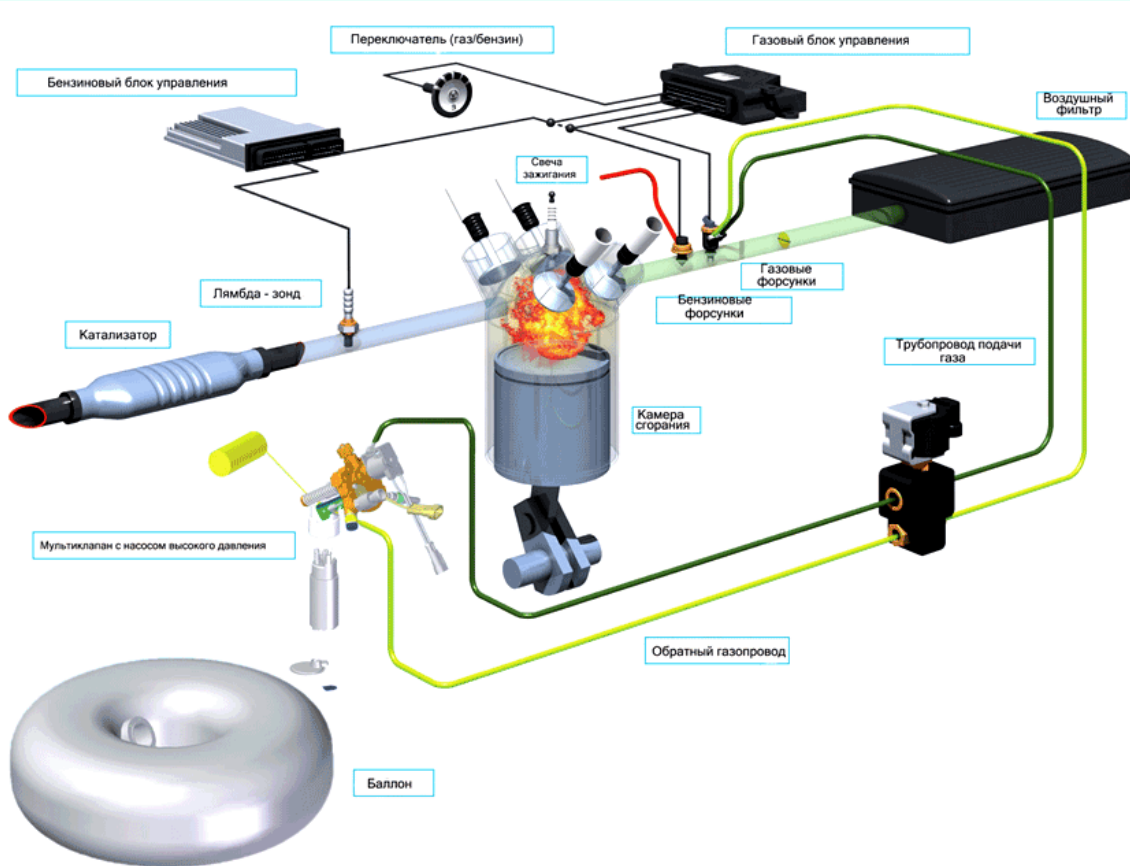
SATURATED VAPOURS PRESSURE AND LIQUIFIED GASES DENSITY VERSUS TEMPERATURE



- Топливо находится в жидком состоянии при температуре окружающей среды под давлением 0,5 1,2 МПа;
- Цена АСКТ 15 руб./литр (цена керосина ТС-1 30 руб./литр);
- АСКТ по ряду физико-химических свойств наиболее схож с бензином Б95/130;
- Применение АСКТ улучшает экологические показатели двигательной установки;

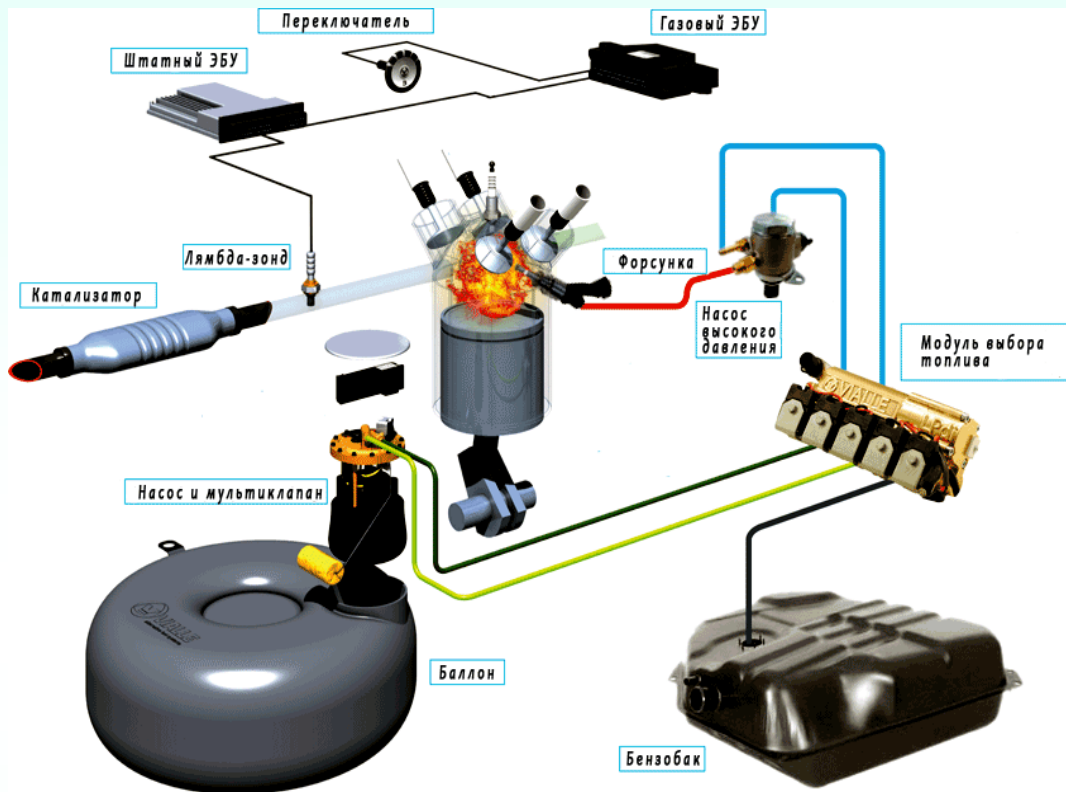


Системы подачи топливоподачи в газообразном состоянии предполагают подачу предварительно испарённого АСКТ. Это означает, что часть воздушного заряда, поступающего в цилиндр, замещается газовой фазой топлива, что уменьшает коэффициент наполнения и влечет за собой снижение максимальной мощности двигателя по сравнению с питанием жидкими углеводородными топливами. Кроме того, существует необходимость запуска и предварительной работы двигателя на жидком топливе для обеспечения прогрева редуктора газовой системы, влечет необходимость устройства двух независимых топливных систем.

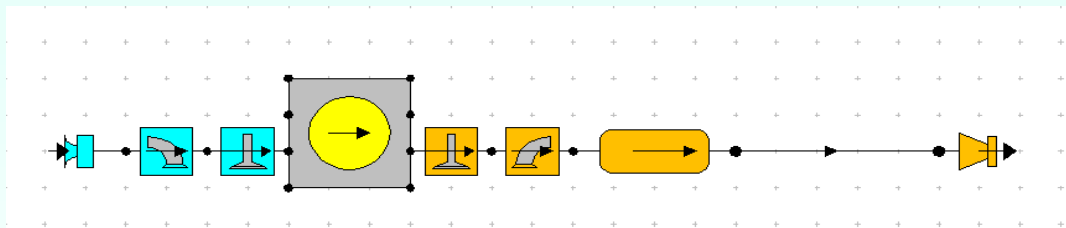


Главные преимущества этого типа оборудования – отсутствие потери мощности, возможность запускать двигатель на газе даже при минусовых температурах. Однако есть и недостаток - высокая сложность системы.

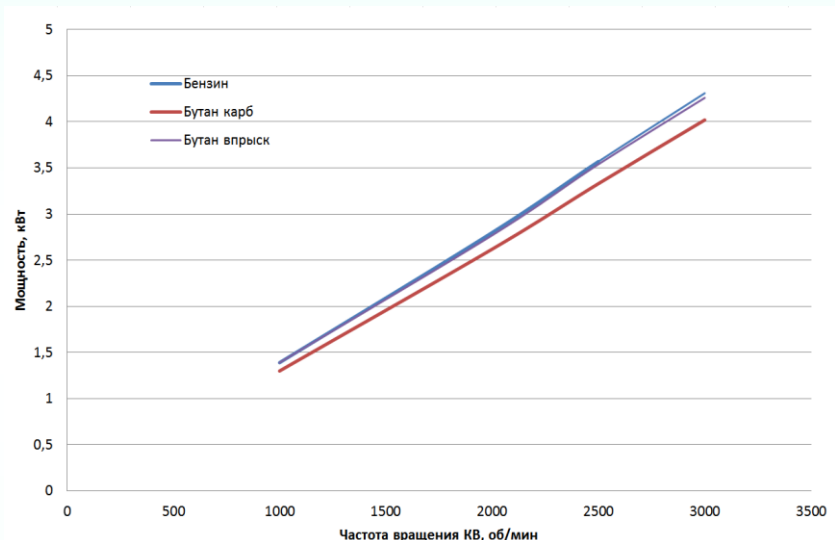




Непосредственный впрыск снижает расход топлива и выбросы углекислого газа. Однако требуется установка сложного оборудования и конструктивное изменение силовой части двигателя.

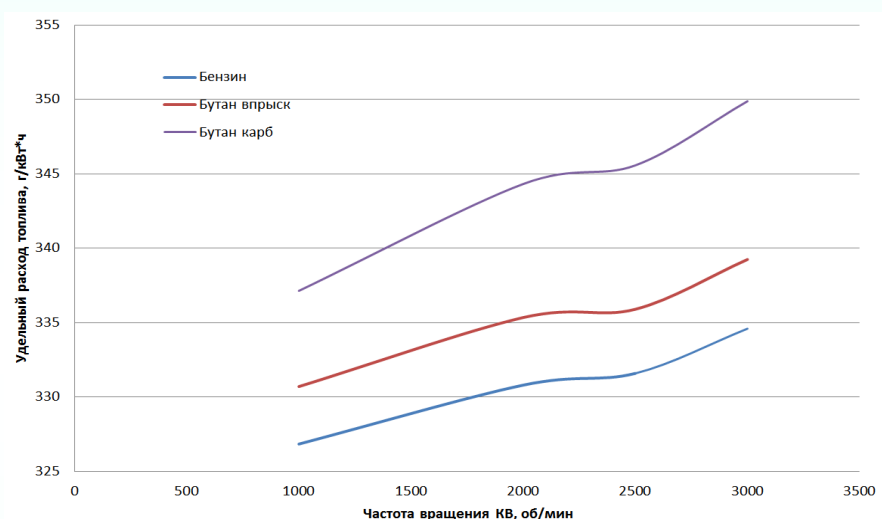


Расчетная схема исследуемого двигателя

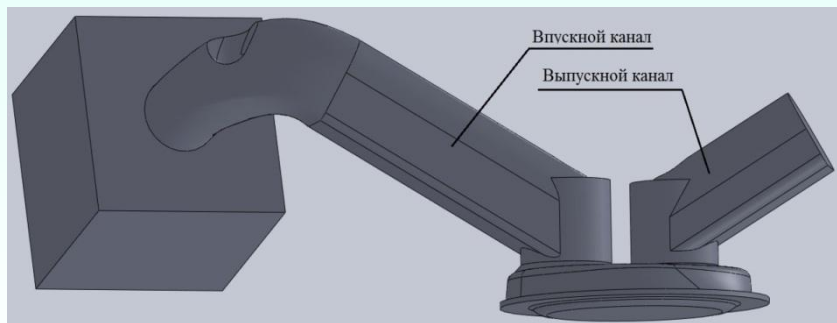


### Мощность при различных способах топливоподдачи

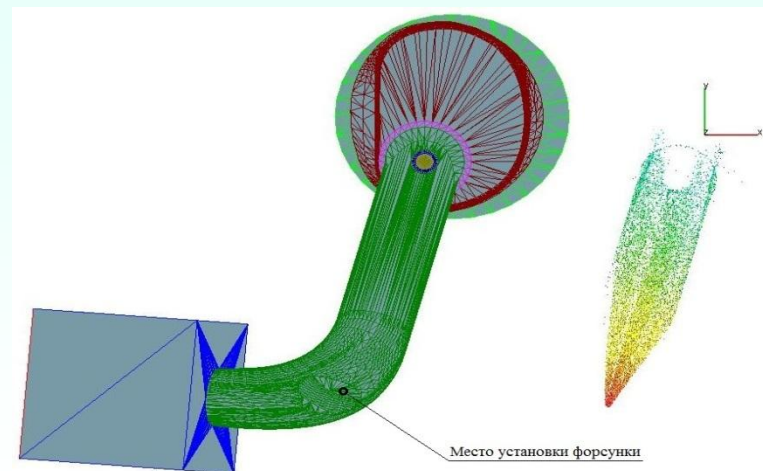
Расчет по физическим параметрам системы воздух-бутан показывает, что при полном испарении бутана в воздушной среде при стехиометрическом соотношении возможно понижение температуры заряда на величину порядка 25 С



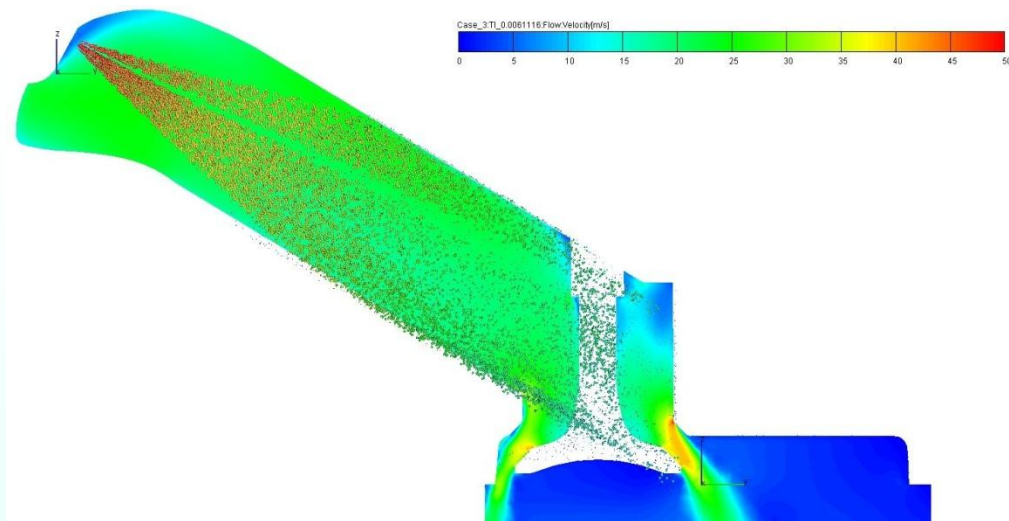
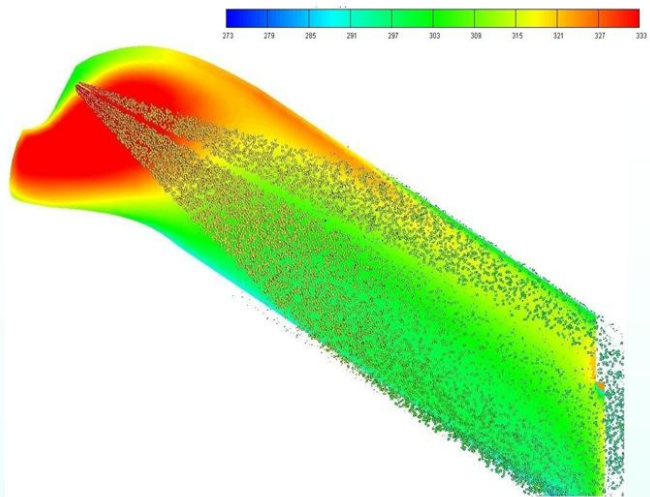
### Удельный расход топлива при различных способах топливоподдачи



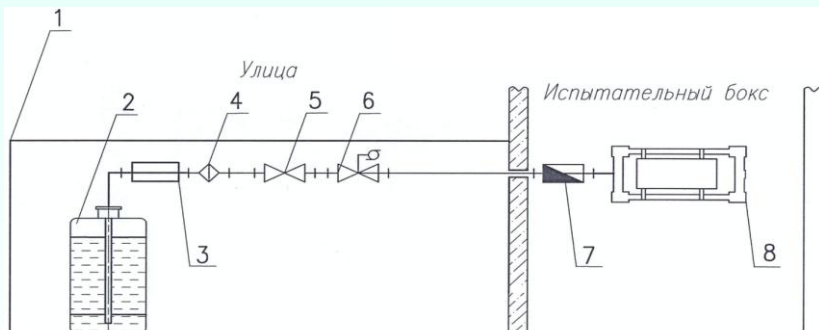
3D модель рабочей области



Оптимизация местоположения форсунки

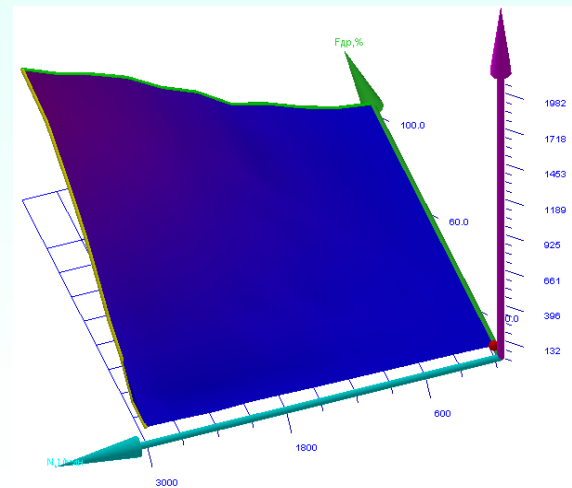


Распределение скоростей во впускном канале

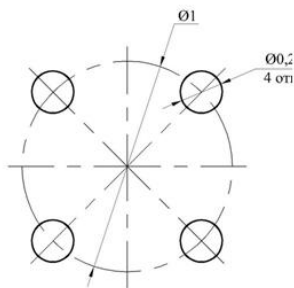


|   |                         |   |
|---|-------------------------|---|
| 8 | Объект испытаний        | 1 |
| 7 | Расходомер топлива      | 1 |
| 6 | Электромагнитный клапан | 1 |
| 5 | Кран запорный ручной    | 1 |
| 4 | Фильтр тонкой очистки   | 1 |
| 3 | Газовый редуктор        | 1 |
| 2 | Топливный бак           | 1 |
| 1 | Топливный шкаф          | 1 |

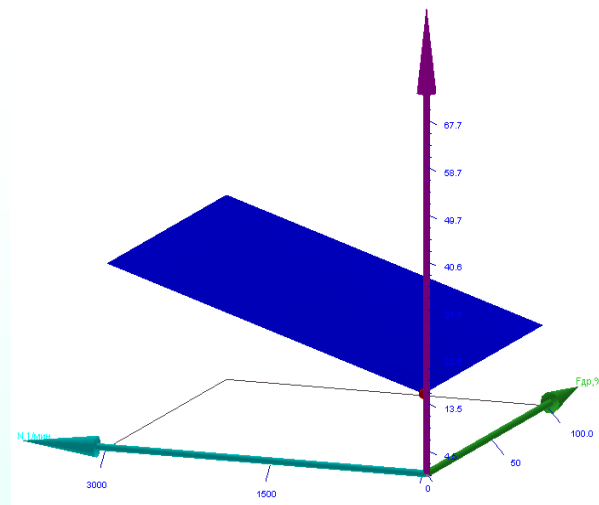
Схема доработки стендовых систем  
для обеспечения работы на АСКТ



Базовая поверхность топливоподдачи для АСКТ



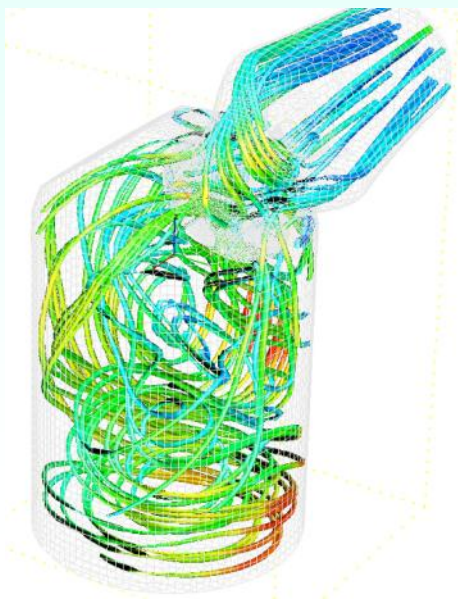
Определение баланса форсунок



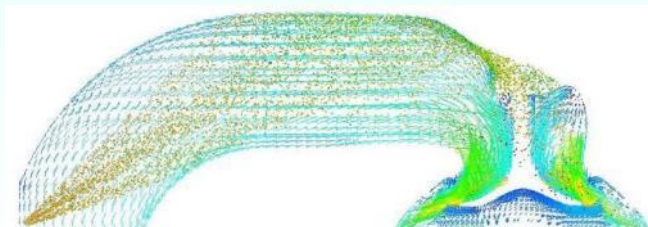
Базовая поверхность УОЗ для АСКТ



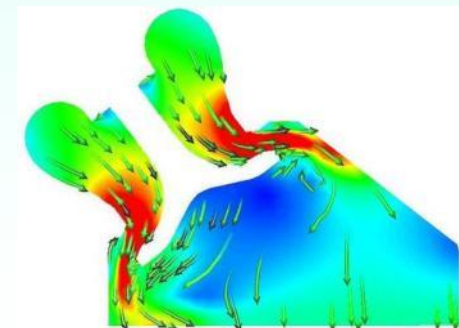
## ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ



Закрутка потока в цилиндре ДВС

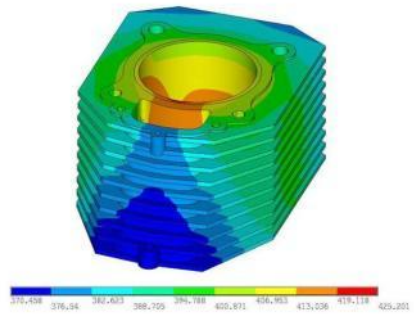
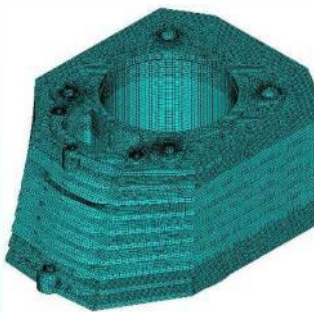


Распределение топлива при впрыске во впускной коллектор

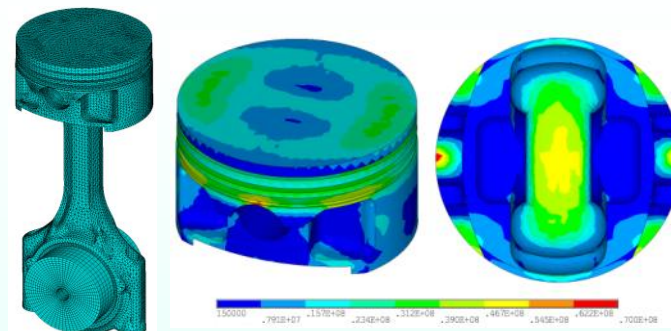


Скорость потока в клапанной щели

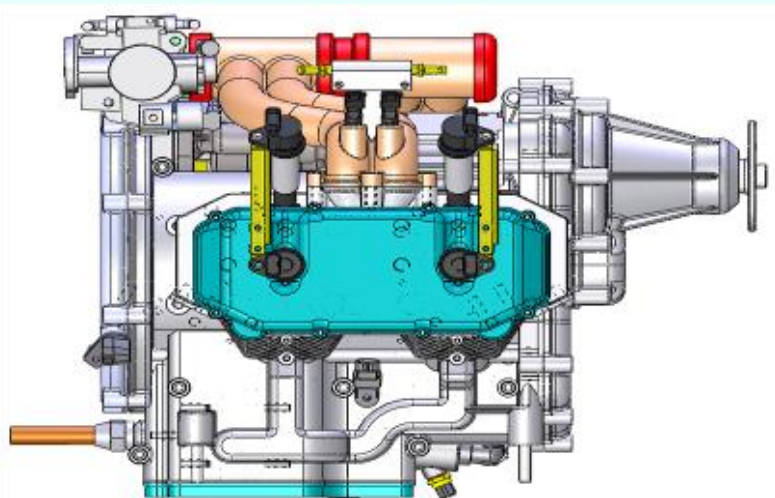
## ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ



Цилиндр воздушного охлаждения



КШМ и шатунно-поршневая группа



|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Тип                            | Поршневой, четырёхтактный, воздушного охлаждения с редуктором |
| Число цилиндров                | 4   |
| Расположение цилиндров         | Оппозитное  |
| Ход поршня, мм                 | 75,6  |
| Диаметр цилиндра, мм           | 76,5  |
| Рабочий объем, см <sup>3</sup> | 1390  |
| Степень сжатия                 | 10,5  |
| Мощность (5700 об/мин), л.с.   | 90  |
| Удельный расход, г/л.с.*ч      | 210   |
| Удельный вес, кг/л.с.          | 0,75  |





*Автоматизированная информационно-измерительная система стенда У-336*

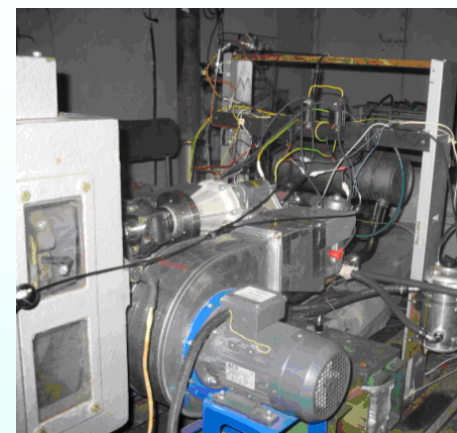


*Исследовательский одноцилиндровый модуль двигатель на стенде У-338*



*Мобильный винтовой стенд с возможностью установки в ТБК (стенд У-335)*

**Стендовая база ФГУП ЦИАМ полностью укомплектована и готова к проведению полного комплекса исследовательских, доводочных и сертификационных испытаний авиационных поршневых двигателей.**



*Тормозной стенд Отд. 300  
АВИАЦИОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ*

- Исследуемое топливо – АСКТ по ряду физико-технических характеристикам наиболее точно соответствует авиационному бензину марки Б-95/130, октановое число по моторному методу для обоих топлив равно 95. Это означает, что возможно применение АСКТ в качестве топлива в авиационных поршневых двигателях без переделки конструкции головки цилиндра.
- Применение распределенного впрыска АСКТ при подаче во впускной канал в жидкой фазе позволяет сохранить мощность двигателя на заданном уровне по сравнению с работой на авиационном бензине.
- Разработан прототип системы подачи АСКТ в одноцилиндровый двигатель для стендовых испытаний. Система опробована на топливе типа АСКТ для оценки бесперебойной подачи в цилиндр, распыла и расхода топлива. Сформированная система обеспечивает бесперебойную подачу топлива типа АСКТ во впускной трубопровод.
- Разработаны базовые алгоритмы управления ОМД-1 при эксплуатации на топливе типа АСКТ, позволяющие регулировать количество подаваемого топлива и момент искрообразования в зависимости от режима работы.
- Проведены пробные запуски ОМД-1 на топливе типа АСКТ. Однако при выходе на рабочие режимы наблюдались перебои в работе ОМД и останов. Это связано с необходимостью экспериментальной отработки алгоритмов управления и доработки системы газоанализа.
- На основании полученных данных сформированы предварительные технические требования к экспериментальной системе управления и топливоподачи АСКТ для полноразмерных двигателей.

Спасибо за внимание!