Оценка использования АСКТ для двигателей поршневой авиации

Костюченков Александр Николаевич,

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

Ограничение применения авиабензинов

М-9ФВ

АШ-62

Lycoming IO-580-B

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

Альтернативные топлива

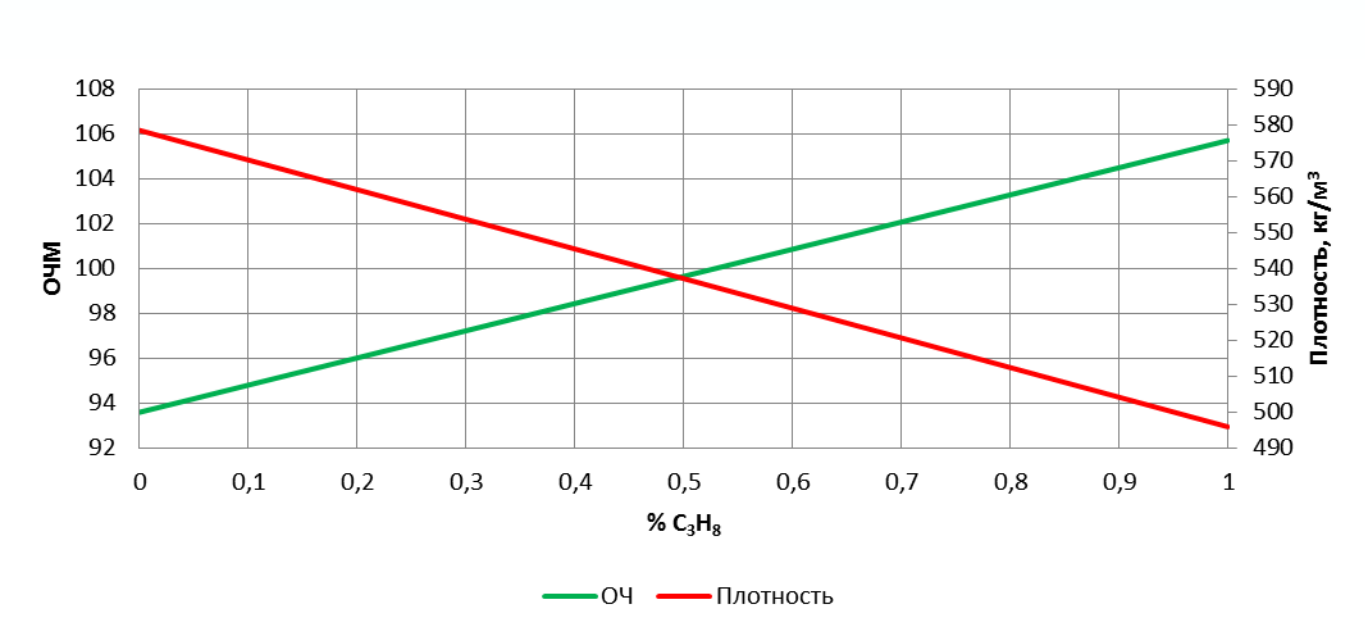
Топлива с высокой удельной теплотой сгорания

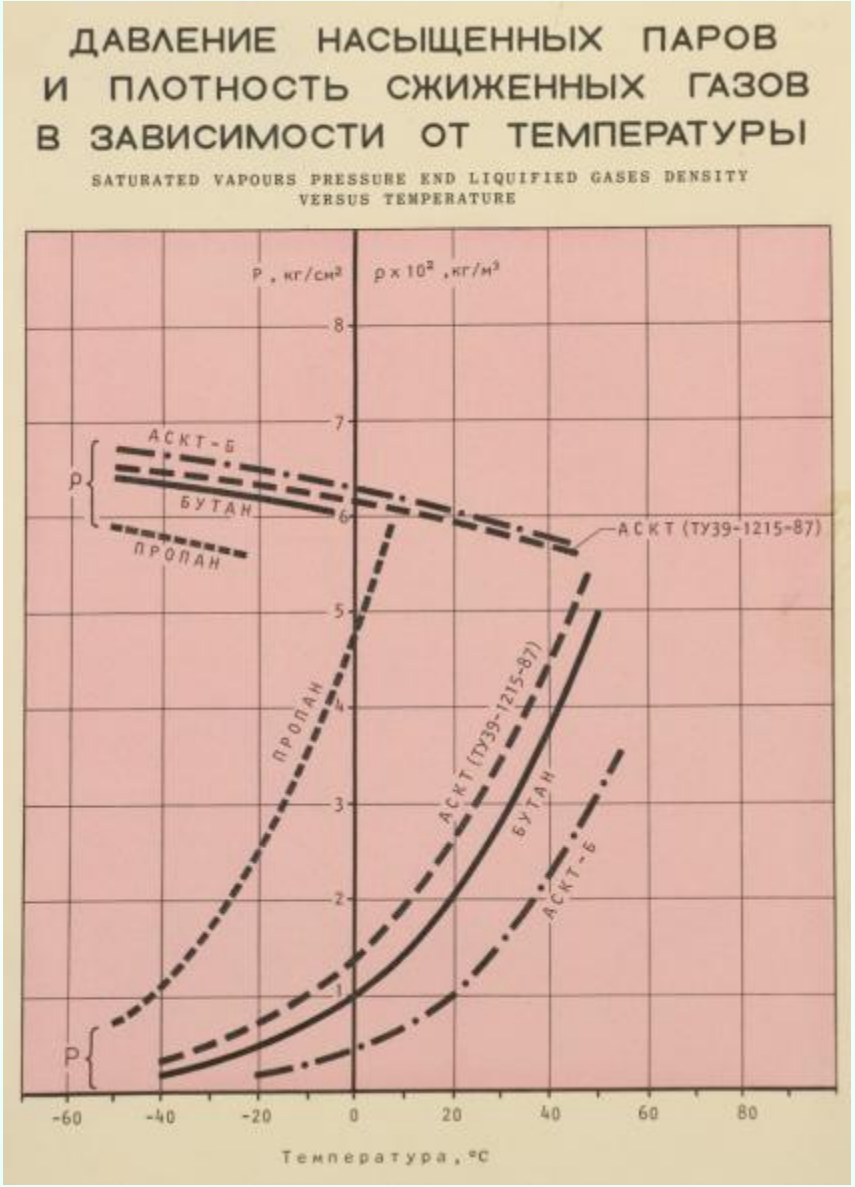
	Газомоторные топлива	Автомобильный бензин	Авиационный керосин
+	- низкая стоимость по сравнению с авиационным керосином, в местах нефте-газодобычи; - высокая детонационная стойкость	- Доступность топлива;	- Снижение удельного расхода топлива; -универсальность применения (единое топливо для АПД и ГТД);
-	применение в авиации требует решения ряда практических задач, связанных с производством, хранением и транспортировкой и топливоподачей	- Высокое давление насыщенных паров - Низкая детонационная стойкость	-нестабильность воспламенения; -не высокие смазочные свойства для ТНВД; - Создание новых конструкций двигателей;

Газомоторные топлива

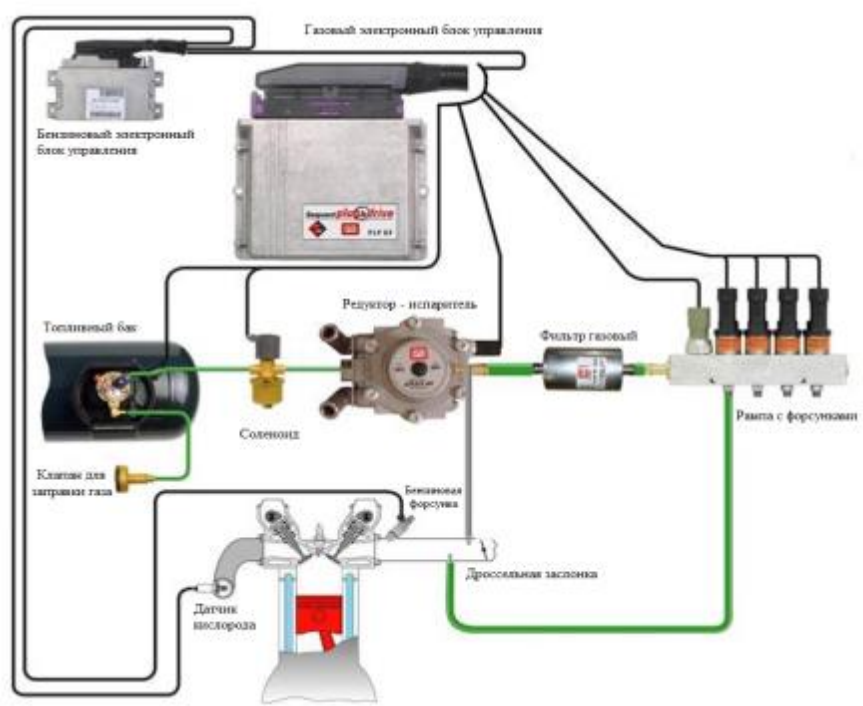
Показатель	СПГ (метан)	Водород	СНГ (пропан-бутан)
Формула состава	CH_4	H_2	C_3H_8, C_4H_{10}
Плотность в жидком состоянии, кг/м^3	415	70	490
Теплота сгорания низшая, МДж/кг	50,3	120	46,5
Октановое число	130	-	100
Температура кипения, °С	-160	-252	(-40,…-0.5)
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	17,2	34,3	15,7

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.

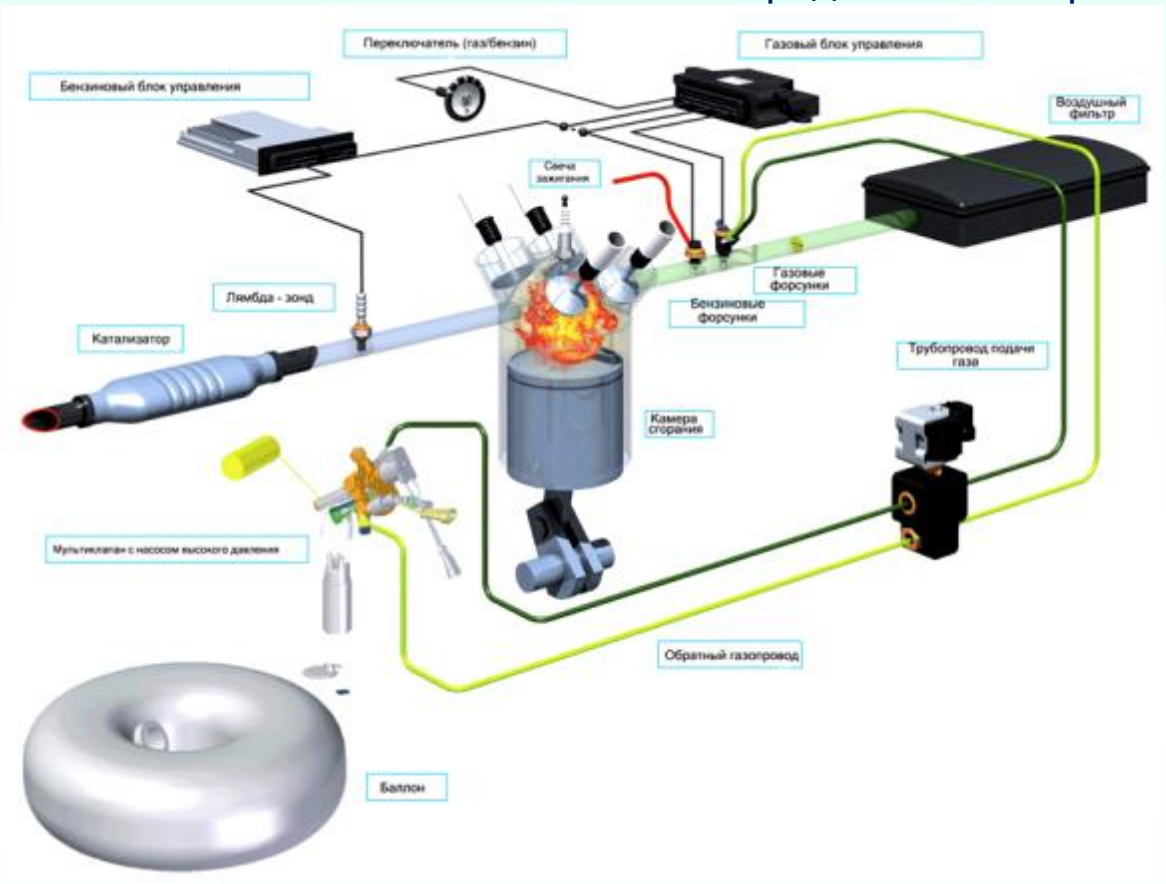




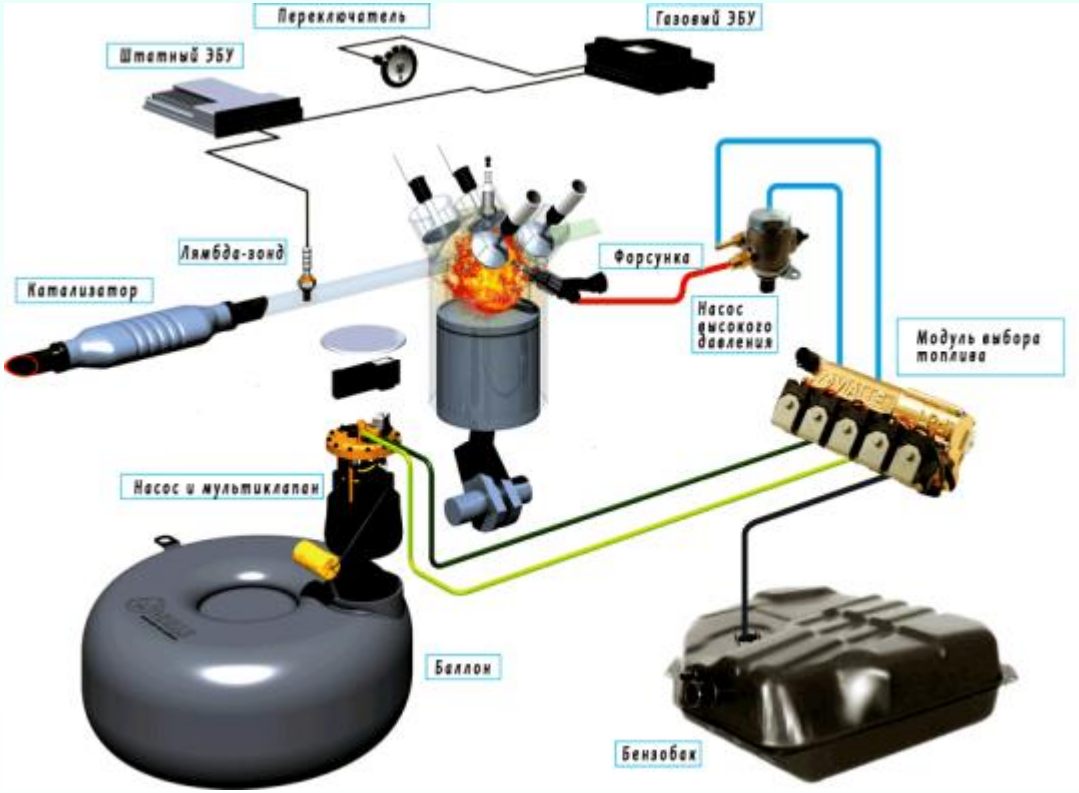
- Топливо находится в жидком состоянии при температуре окружающей среды под давлением 0,5 ÷ 1,2 МПа;
- Цена АСКТ 15-20 руб./литр (цена керосина ТС-1 30-40 руб./литр);
- АСКТ по эксплуатационным свойствам наиболее схож с бензином Б95/130;
- Применение АСКТ улучшает экологические показатели двигательной установки;



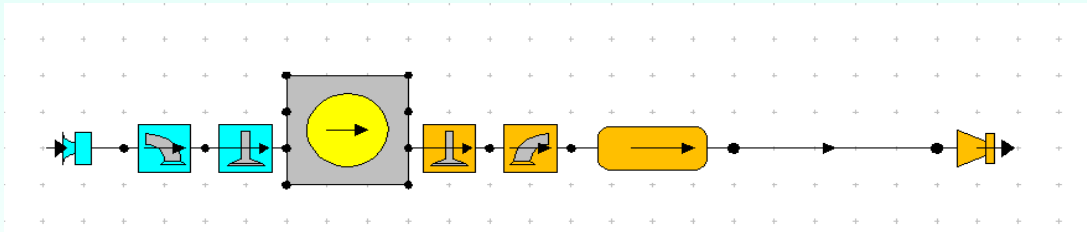
Системы подачи топливоподачи в газообразном состоянии предполагают подачу предварительно испарённого АСКТ. Это означает, что часть воздушного заряда, поступающего в цилиндр, замещается газовой фазой топлива, что уменьшает коэффициент наполнения и влечет за собой снижение максимальной мощности двигателя 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.



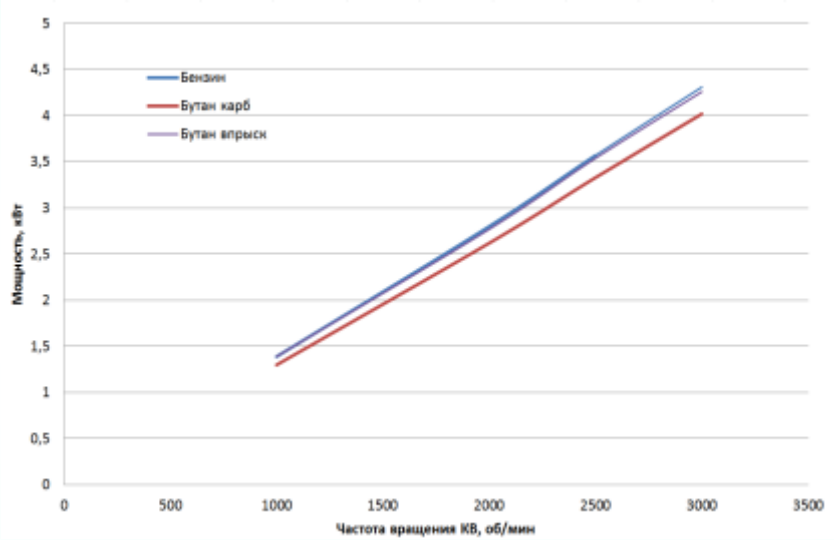
Главные преимущества этого типа оборудования – расход сравнимый с бензином, отсутствие потери мощности, возможность запускать двигатель на газе даже при минусовых температурах. Однако есть и недостаток - высокая сложность системы.



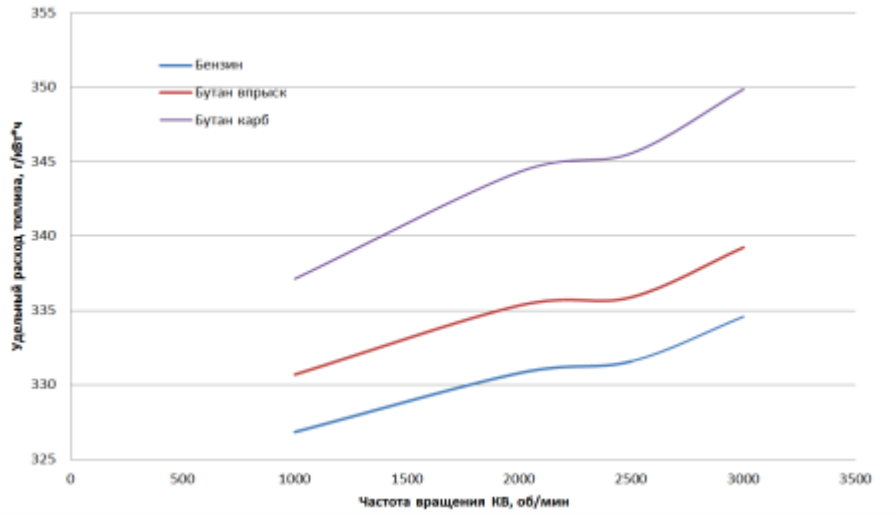
Непосредственный впрыск снижает расход топлива и выбросы углекислого газа. Однако требуется установка сложного оборудования и конструктивное изменение силовой части двигателя.



Расчетная схема исследуемого двигателя

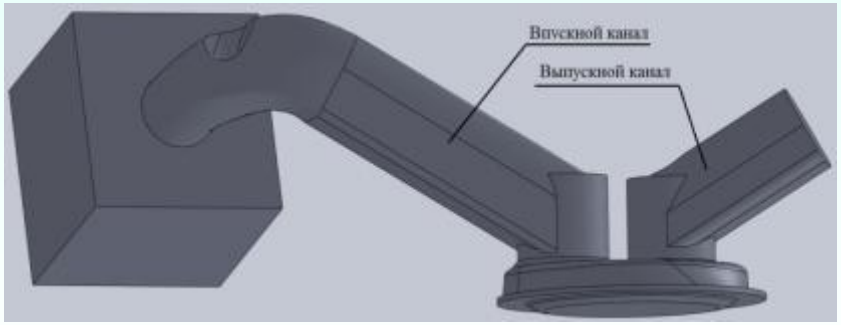


Мощность при различных способах топливоподачи

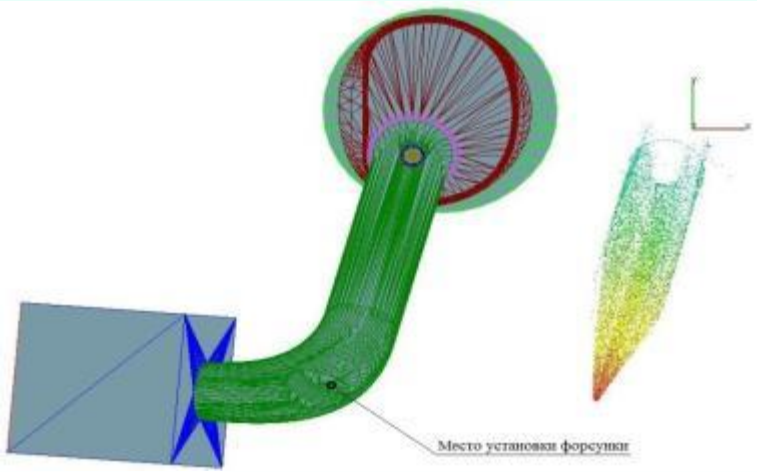


Удельный расход топлива при различных способах топливоподачи

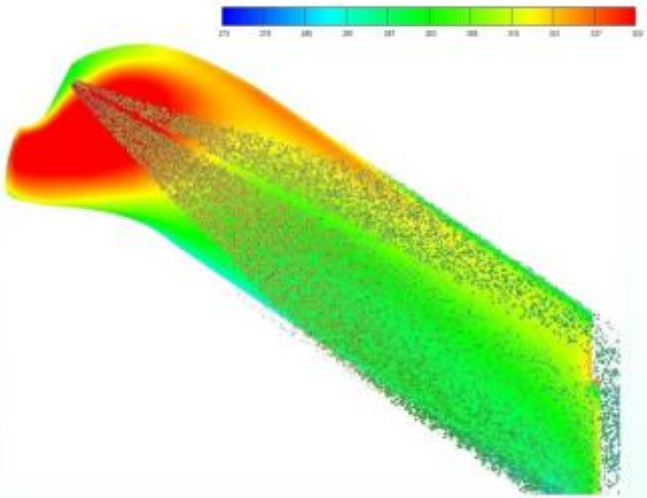
Расчет по физическим параметрам системы воздух-бутан показывает, что при полном испарении бутана в воздушной среде при стехиометрическом соотношении возможно понижение температуры заряда на величину порядка 25 °С



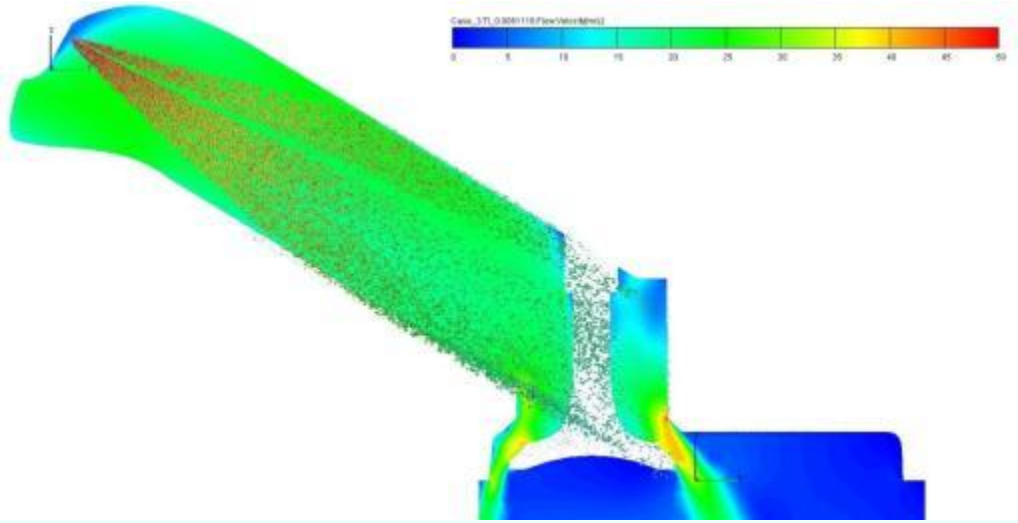
3D модель рабочей области



Оптимизация местоположения форсунки

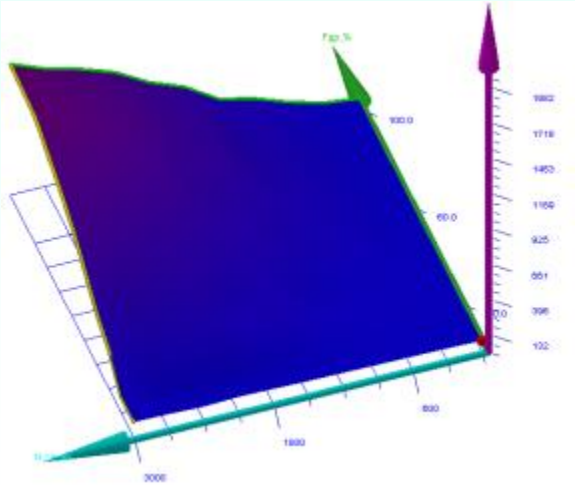


Распределение температур при впрыске и испарении бутана

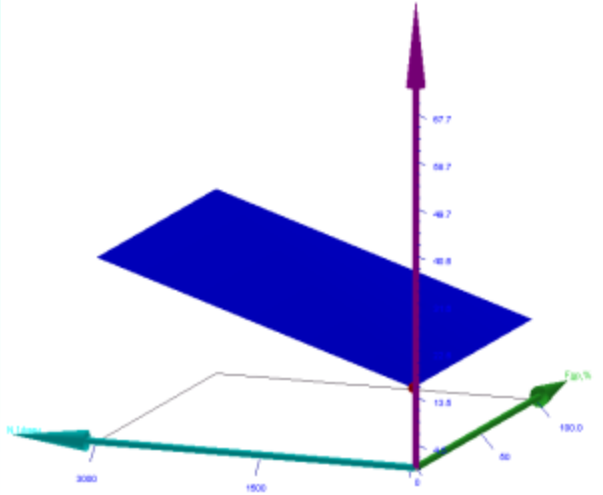


Распределение скоростей во впускном канале

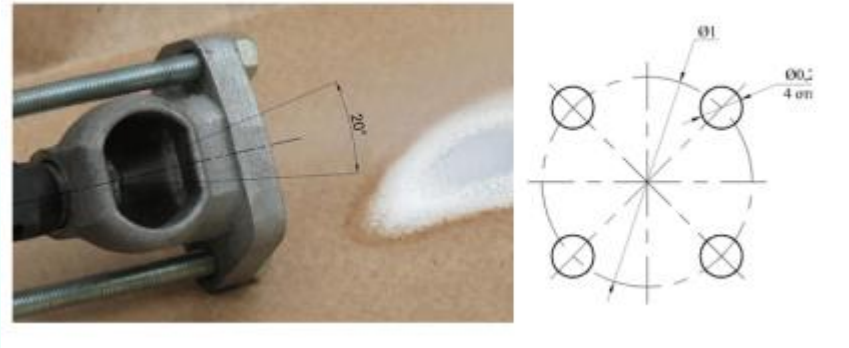
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ НА ОМД



Базовая поверхность топливоподачи для АСКТ



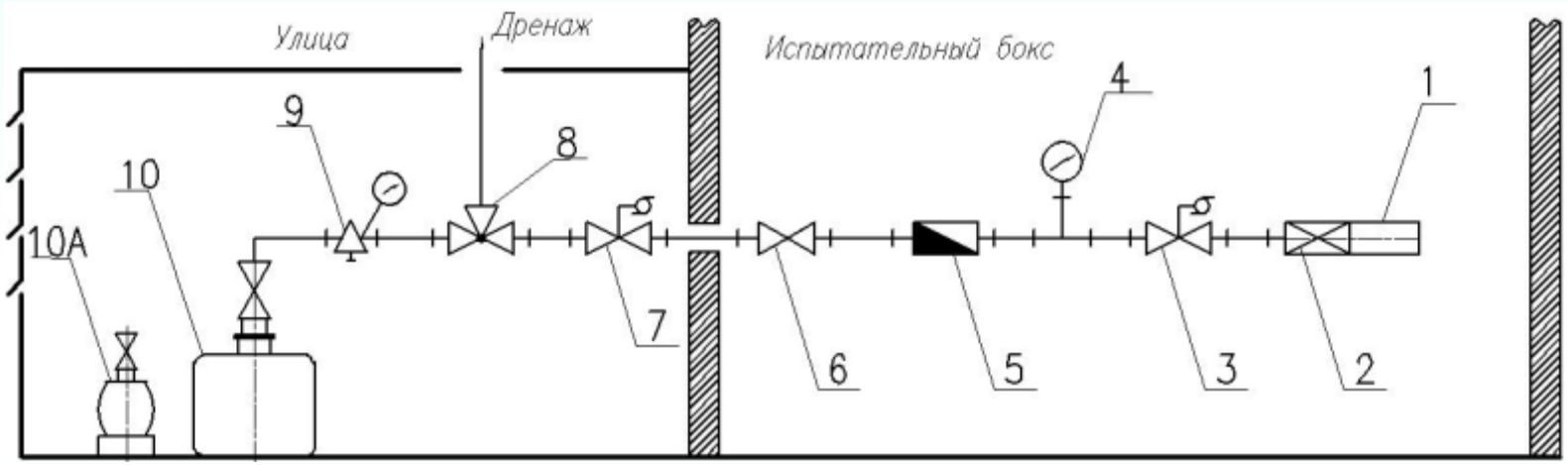
Базовая поверхность УОЗ для АСКТ



Определение баланса форсунок

Принципиальная схема топливоподачи

В ходе работы была разработана и внедрена система топливоподачи для исследуемого топлива. Схема системы аналогична для двух стендов.



Топливо поступает из стандартного газового баллона (10) по стандартной газовой арматуре через вентиль газового баллона. Пройдя газовый редуктор (9), поступает в трехходовой дренажный кран (8). Пройдя электромагнитный клапан (7), газ, через запорный кран (6) проходит через расходомер топлива (5). Давление перед двигателем контролируется по показаниям манометра (4). Далее через электромагнитный клапан (3) , топливо подается непосредственно к объекту испытаний (1).

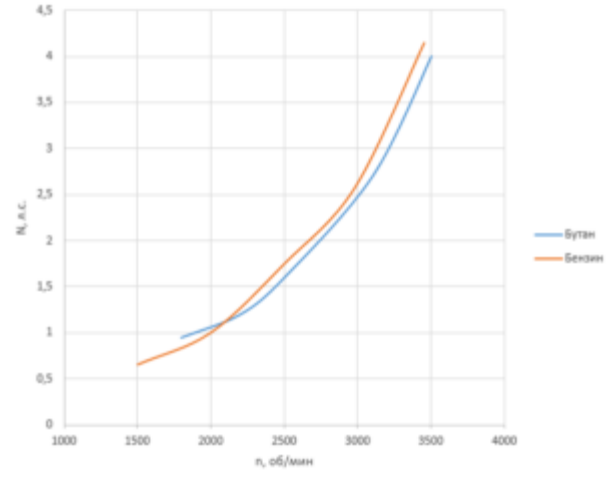
Испытания на одноцилиндровом модуле двигателе (ОМД)

При подготовке к проведению эксперимента, во впускной канал двигателя по направлению потока была установлена термопара типа ХК. При запуске холодного двигателя на жидкой фазе имитатора АСКТ, температура воздуха на впуске понизилась с +10 ºС градусов до -12 ºС.

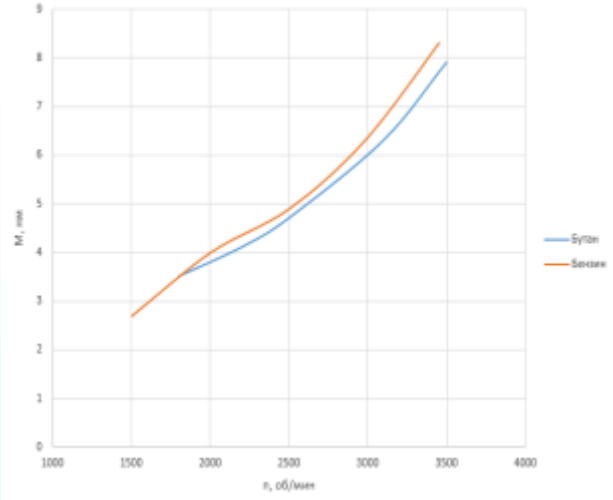
Проведённые испытания ОМД-1при работе на жидкой фазе имитатора АСКТ показали полную работоспособность созданной системы топливоподачи и управления.

Термопара во впускном канале двигателя.

Угол распыла бутана из топливной форсунки.



Мощность двигателя.



Момент двигателя.

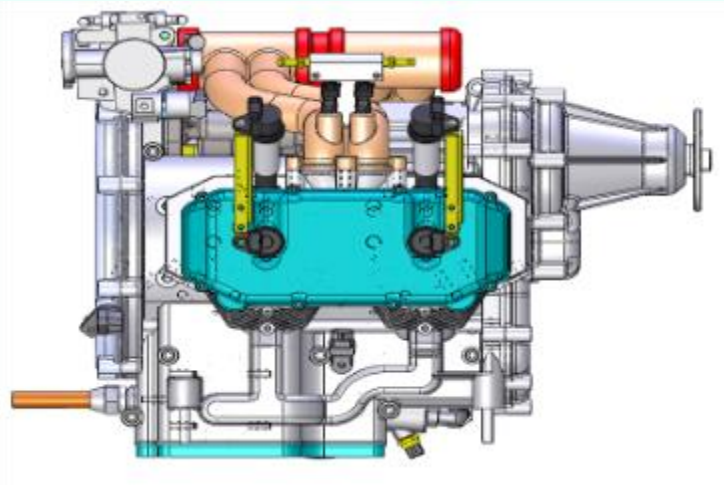
1500.AVI

2000.AVI

3000.AVI

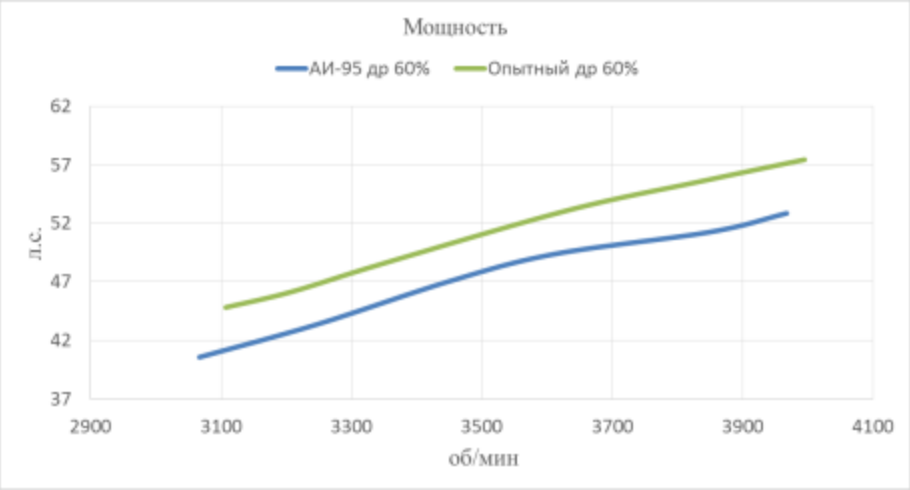
3500.AVI

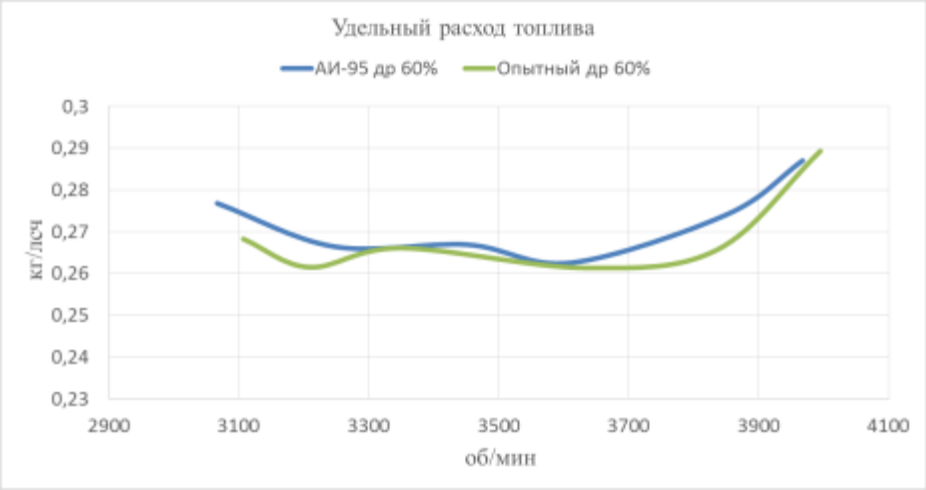
Авиационный двигатель ПД-1400(Россия)

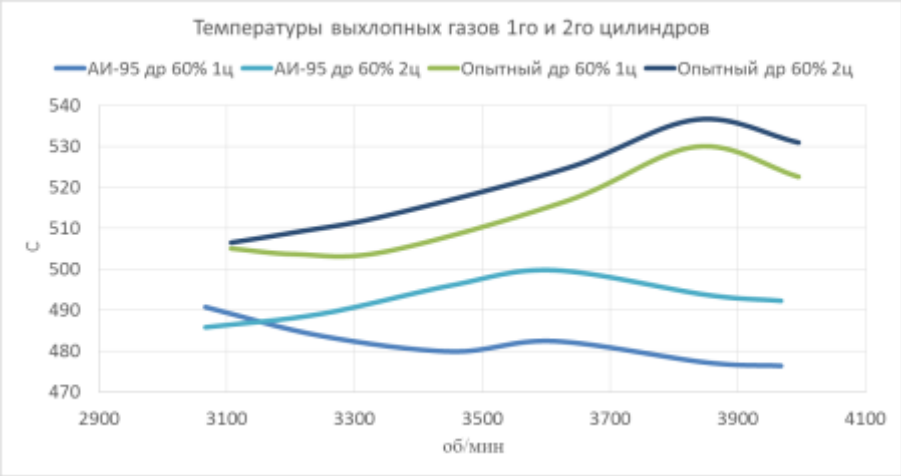


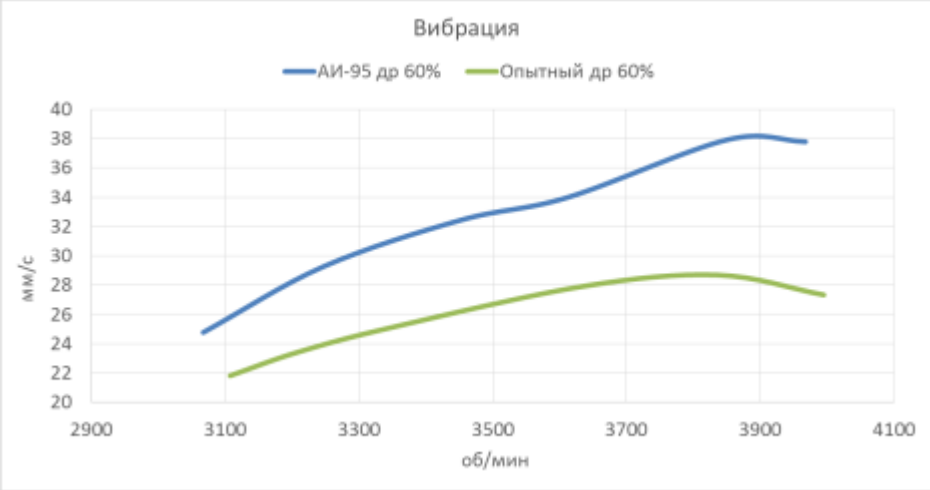
Тип	Поршневой, четырёхтактный, воздушного охлаждения с редуктором
Число цилиндров	4
Расположение цилиндров	Оппозитное
Ход поршня, мм	75,6
Диаметр цилиндра, мм	76,5
Рабочий объем, см^3	1390
Степень сжатия	10,5
Мощность (5800 об/мин), л.с.	90
Удельный расход, г/л.с.*ч	210
Удельный вес, кг/л.с.	0,75

Сравнительные характеристики работы двигателя ПД - 1400 на бензине и СУГ.









ЭБУ

Бензин , АСКТ

топливо

Газообразное

Авиационный керосин

АПД

Заключение

- Исследуемое топливо – АСКТ по ряду эксплуатационных 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 современных авиационных поршневых двигателях без значительной переделки конструкции двигателя.

- Применение распределенного впрыска АСКТ при подаче во впускной канал в жидкой фазе позволяет сохранить мощность двигателя на заданном уровне по сравнению с работой на штатном топливе (бензине).

- Разработан экспериментальный стендовый образец системы подачи АСКТ. Система опробована на топливе типа АСКТ для оценки бесперебойной подачи в цилиндр, распыла и расхода топлива.

- Разработаны базовые алгоритмы управления АПД при эксплуатации на топливе типа АСКТ.

- Проведены испытания ОМД-1 и ПД-1400 на топливе типа АСКТ. Результаты испытаний подтвердили правильность выбранных технических решений.

- Комплекс расчетно-экспериментальных работ проведенных в рамках НИР «Новизна» и проекта «Газолет» подтверждают возможность применения АСКТ в качестве единого топлива для поршневой и газотурбинной авиации. Наиболее перспективным представляется применение АСКТ в труднодоступных районах, вблизи с местами добычи углеводородных ископаемых.

Спасибо за внимание!