



Проекты авиационных двигателей для малой и региональной авиации АО «НПЦ газотурбостроения «Салют»

Докладчик: Родюк Сергей Алексеевич

Анализ программ ТРДД в классе тяг от 2,5 до 5 тс

Потребность отечественного рынка двигателей с тягой от 2.5 до 5 тс для самолета Як-130 составит 50-60 двигателей в год до 2025 г., для разрабатываемых перспективных БЛА ~650 двигателей до 2030 г.

В настоящее время в эксплуатации находятся:

двигателей с тягой от 2722 до 3500 кгс ~5999 шт.;

двигателей с тягой от 3500 до 5000 кгс ~4872 шт.

Прогноз потребности до 2030 г. показал, что поставки составят:

двигателей с тягой от 2,8 до 3,5 тс ~9235 шт.;

двигателей с тягой от 3,5 до 4,5 тс ~1602 шт.

двигателей с тягой от 4,5 до 5 тс ~660 шт.

Анализ применяемости на ЛА показывает, что двигатели с тягой от 2.5 до 3.5 т применяются в основном на легких боевых самолетах, самолетах бизнес авиации размерности Super Midsize, а двигатели с тягой от 3.5 до 5 т на региональных самолетах и специальных высотных БЛА.



Разработка ТРДД СМ-100 для Як-130

Разработка проводится на основании:

- обращения Генерального директора - генерального конструктора ОАО «ОКБ им. А.С.Яковлева» № 01-1832/2983 от 02.09.11 г.;
- решений протокола совместного совещания Министерства промышленности и торговли РФ, АО «НПЦ газотурбостроения «Салют», ОАО «ОКБ им. А.С.Яковлева», ФГУП «ЦИАМ им. П.И.Баранова», ОАО «РСК «МиГ», 929 ГЛИЦ им. В.П.Чкалова МО РФ, НИЦ АТ и В 4 ЦНИИ МО РФ от 30.01.12г.;
- приказа заместителя генерального директора-управляющего директора № 344 от 24.12.2015 г. «О продолжении ОКР по изделию 67»;
- ТЗ № 18923 на ОКР «Разработка изделия 67 для УБС Як-130».

В период с 19.03.2014 г. по 24.12.2015 г. разработан и принят комиссией Минобороны России эскизный проект.

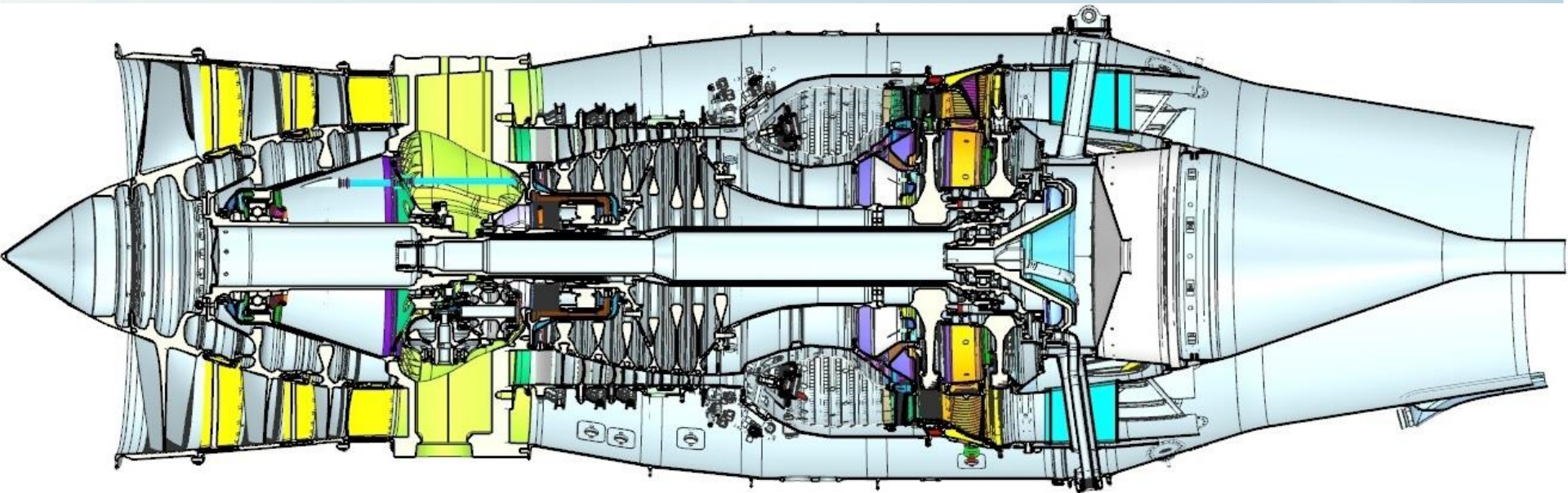
Разработан технический проект, направлен на рассмотрение в НИИ МО РФ и промышленности. Разработан макет. Совместно с ОКБ им. А.С. Яковлева проведена примерка в мотоотсек самолета Як-130.

Разработана РКД, согласованы с поставщиками и закуплены 2 к-та заготовок, изготавливаются опытные узлы КНД и КС, организована подготовка производства остальных узлов и систем, выданы ТЗ на разработку цифрового блока и ГМЧ агрегатов САУ, системы зажигания, датчиков давления.



Разработка ТРДД СМ-100 для Як-130

Основные особенности: **3 ст. КНД** (рабочие колеса «блиск»), **6 ст. КВД** (сварной барабанно-дисковый ротор, съемные РЛ, разъемный корпус, регулируемый ВНА и НА 1-й и 2-й ст., щеточное уплотнение), **КС** (двухкаскадный коллектор, «туннельная» ЖТ, свечи зажигания), **турбина** (диски с цапфами без отверстий в полотнах, опорный и межроторный подшипники в одной плоскости, щеточные уплотнения), **выходное устройство** (смеситель в опоре турбины, суфлирование - ПМП через кок-стекатель, МП через эжектор на корпусе сопла).

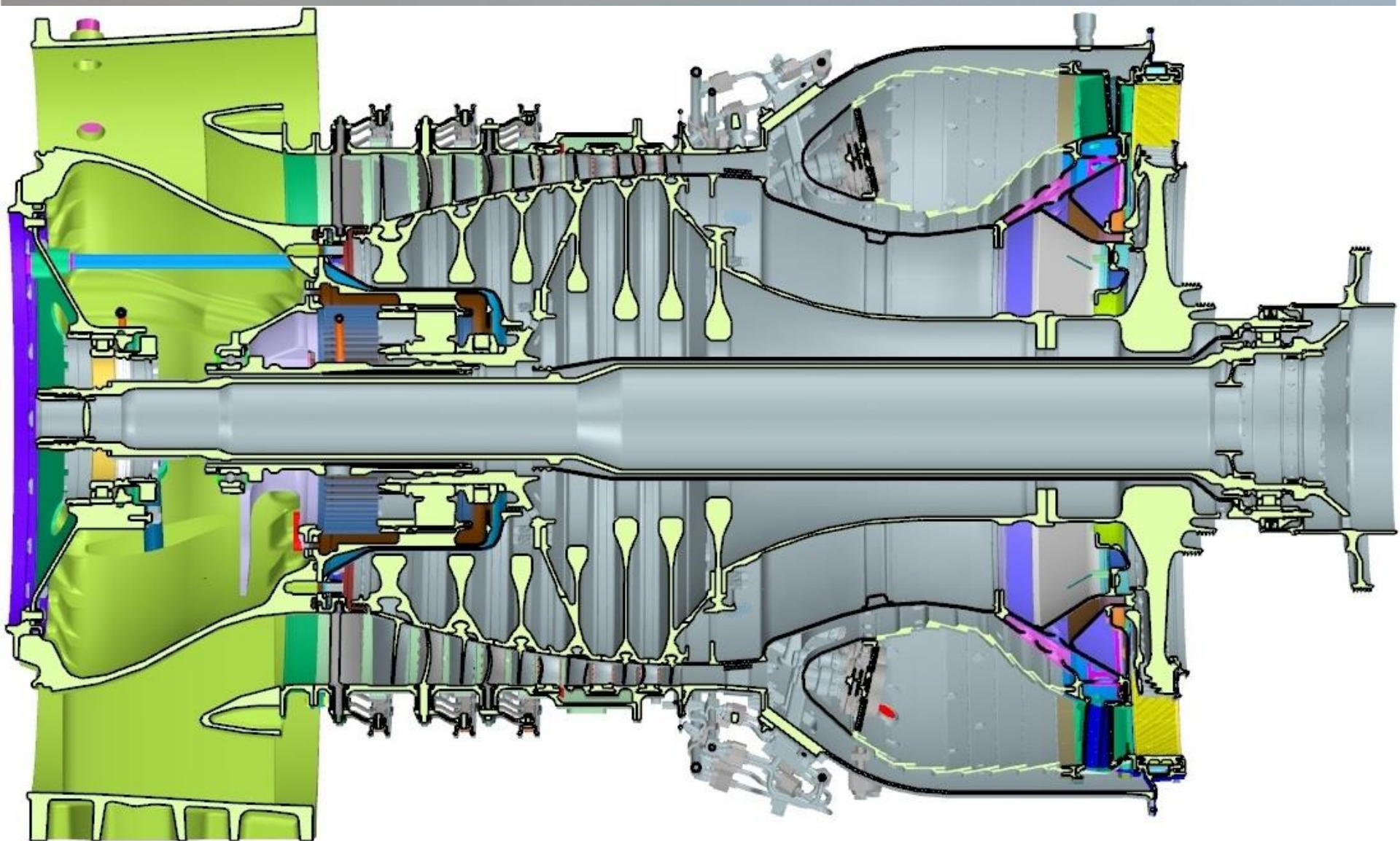


Сравнительная таблица двигателей аналогов

Тип двигателя	СМ-100	АИ-222-25	F-124-GA-200	F-124-GA-100
Самолет	Як-130	Як-130	Aermacchi M-346	Aero L-159
Тяга, кгс	3300	2 500	2 836	2 859
G_B	52,3	50	42,7	41,9
m	0,85	1,33	0,45	0,4
$\pi^*_{кнд}$	3,17	2,36	3,25	3,25
$\pi^*_{квд}$	6,65	6,34	5,96	5,96
π^*_{Σ}	21,1	14,96	19,4	19,4
T^*_3	1548	1455	1670	1679
$D_{вх}$, мм	624	624	590	590
$D_{дв\ max}$, мм	1093	1093	914	914
$L_{дв\ max}$, мм	2238	2238	1700	1700
$M_{дв\ пост}$, кг	530	533	535	535
Удельный расход топлива R_{max} , кг/кгс×ч	0,675	0,644	0,79	0,81
Удельная тяга, Н×с/кг	63,1	50	66,4	68,2
Удельный вес	0,16	0,21	0,19	0,19



Газогенератор ТРДД СМ-100 «6+1»



Модификации двигателей на основе ГГ СМ-100

Як-131



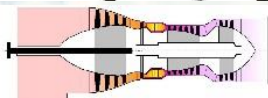
ТРДД, $R=35.3$ кН,
 C_r кр=0.77 кг/кгс.ч

Як-130



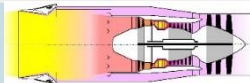
ТРДД, $R=29.4$ кН,
 C_r кр=0.77 кг/кгс.ч

ТТВ



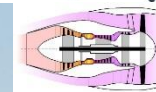
ТВаД, $N_e=6000...7000$ л.с.,
 $C_e \sim 0.16$ кг/л.с.ч

L-15



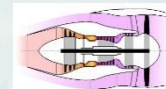
ТРДДФ, $R=45...51$ кН, C_r ф $\sim 1.58...1.69$ кг/кгс.ч

БЛА



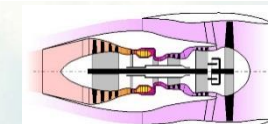
ТРДД, $R=44.1$ кН, $m=5.9$
 C_r кр ~ 0.57 кг/кгс.ч, $H=20\ 000$ м

БМС

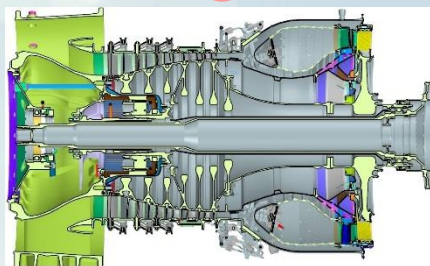


ТРДД, $R=49.2$ кН, $m=5.14$,
 C_r кр ~ 0.57 кг/кгс.ч, $H=12\ 000$ м

ЛТС



ТРДД, $R=71.2$ кН, $m=6.3$,
 C_r кр ~ 0.56 кг/кгс.ч, $H=12\ 000$ м



Базовый ГГ «6+1»

ГТУ



Мощность 6...7 МВт,
 КПД $\sim 35\%$

Региональный самолет Ту-324



Размах крыла, м	23,2
Длина, м	25,5
Высота, м	7,4
Максимальная взлетная масса, т	23,7
Максимальная коммерческая нагрузка, т	5,5
Максимальный запас топлива, т	6,0
Дальность полета, км	2500
Высота полета, м	11600
Крейсерская скорость, км/ч	850

Основные данные, МСА, $\sigma_{ВХ}=1,0$

Наименование параметра	Наименование двигателя	
	ТРДД	СМ-100
Тяга, кН	49,2	29,4
Удельный расход топлива, не более, кг/кгс×ч:		
- на максимальном режиме Н=0, М=0	0.370	0.648
- на крейсерском режиме Н=12000, М=0,6	0.557	0.773 (Н=10000 м)
Расход воздуха, не более, кг/с	166	50
Суммарная степень повышения давления	22	21
Степень двухконтурности	5.14	0.9
Максимальная температура газов перед турбиной, К	1500	1550
Габаритные размеры, мм:		
диаметр входа в КНД	1050	624
длина	2600	2317
Масса двигателя, кг:		
сухая	730	460
в состоянии поставки	-	530



Сравнительная таблица ТРДД региональных самолетов

	PW308C	PW810	PW1217G	Silvercrest2D	АИ-22	СМ-100	ТРДД
Разработчик	Pratt&Whitney Canada	Pratt&Whitney Canada	Pratt&Whitney США	Снема Франция	«Прогресс» Украина	АО «НПЦГ «Салют» Россия	АО «НПЦГ «Салют» Россия
Состояние разработки	Серийный	Создание НТЗ	ОКР	ОКР	Создание НТЗ	ОКР	Техническое предложение
Роторная формула	1+5/2+3	3+7/2+2	3+8/2+3	5+(4 _о +1 _ц)/1+3	4+8/1+3	3+6/1+1	(1+3)+6/1+3
Расход воздуха, кг/с	-	-	-	-	132	50	166
Взлетная тяга двигателя, кН	31.2	39.3	76.0	49.0	36.8	29.4	49.2
Удельный расход топлива, кг/кгс×ч,	0.416	-	-	-	0.384	0.648	0.380
Двухконтурность	4.1	-	9.0	5.9	5.42	0.9	5.14
Диаметр вент, мм	990	-	1400	1080	1032	624	1050
Длина, мм	2360	-	2800	1900	3010	2238	2600
Сухая масса, кг	615	-	-	1040	725	460	730



ТРДД для БЛА



Оценка возможности создания ТРДД для применения в составе высотного беспилотного ЛА проводилась в соответствии с обращением ФГБУ НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского».

Проведенные расчеты показали, что разработка двигателя этого класса возможна на базе газогенератора ТРДД СМ-100. При этом необходимо отметить - по диаметрам, осевым размерам и весу КВД СМ-100 меньше КВД ТРДД АИ-222-25 и АИ-22 (которые планировалось использовать для создания ТРДД регионального самолета и высотного БЛА), что позволит разработать двигатель с меньшей сухой массой.

Основные данные, МСА, $\sigma_{ВХ}=1,0$

Наименование параметра	Наименование двигателя	
	ТРДД БЛА	СМ-100
Тяга Н=0/Н=20000 м, кН	44,1/0,22	29,4/-
Удельный расход топлива, не более, кг/кгс×ч:		
- на максимальном режиме Н=0, М=0	0.380	0.648
- на крейсерском режиме Н=12000, М=0,6	0.562	0.773 (Н=10000 м)
Расход воздуха, не более, кг/с	158	50
Суммарная степень повышения давления	19	21
Степень двухконтурности	5.9	0.9
Максимальная температура газов перед турбиной, К	1500	1550
Габаритные размеры, мм:		
диаметр входа в КНД	1050	624
длина	2600	2317
Масса двигателя, кг:		
сухая	730	460
в состоянии поставки	-	530



ТРДД для легкого транспортного самолета

По результатам расчетной оценки на основе газогенератора СМ-100 может быть разработан ТРДД для легкого транспортного самолета типа модификации Ил-112В с ТРДД.



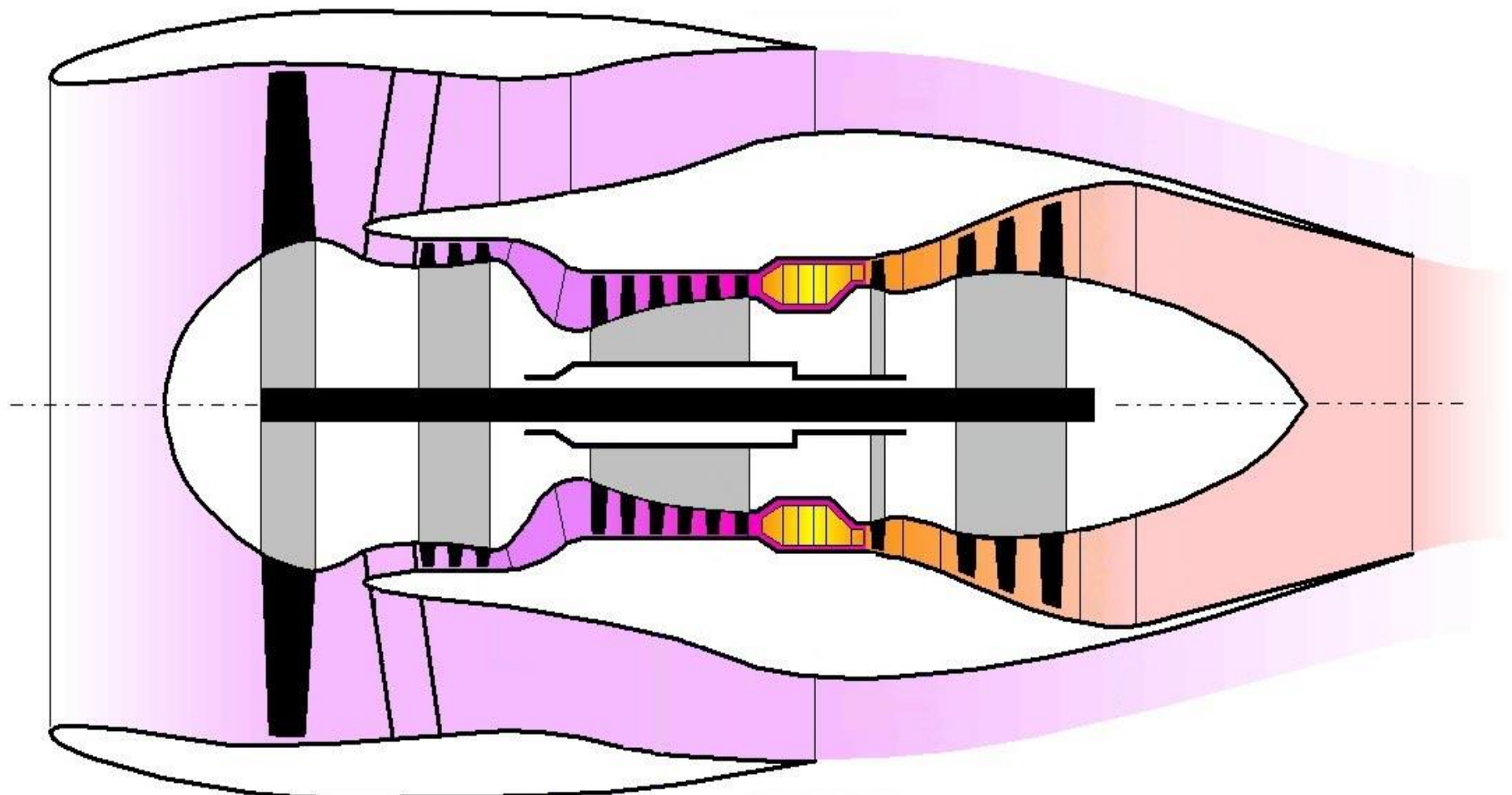
Основные данные, МСА, $\sigma_{ВХ}=1$

Наименование параметра	Наименование двигателя	
	ТРДД	СМ-100
Тяга, кН	71.2	29.4
Удельный расход топлива, не более, кг/кгс×ч:		
- на максимальном режиме Н=0, М=0	0.356	0.648
- на крейсерском режиме Н=12000, М=0,6	0.560	0.773 (Н=10000 м)
Расход воздуха, не более, кг/с	235	50
Суммарная степень повышения давления	25,4	21
Степень двухконтурности	6.3	0.9
Максимальная температура газов перед турбиной, К	1665	1550
Габаритные размеры, мм:		
диаметр входа в КНД	1350	624
длина	3200	2317
Масса двигателя, кг:		
сухая	1100	460
в состоянии поставки	-	530



ТРДД для БМС, БЛА и ЛТС

Схемная компоновка на основе газогенератора СМ-100



Самолет СМ-92Т



Максимальный взлетный вес, кг.....	3000
Вес пустого самолета, кг.....	1450
Мак. коммерческая нагрузка, кг.....	900
Дальность полета на H= 3000м, км.....	1450
Дальность полета на H= 6000м, км.....	1600
Максимальная продолжительность полета, час.....	8
Продолжительность полета с дополнительными баками, час.....	13
Разбег, м.....	450
Пробег, м.....	200

Турбовинтовой двигатель ТВ-500С

Авиационный турбовинтовой двигатель ТВ-500С мощностью 630 л.с. разрабатывается для самолета СМ-92Т и может применяться на легких одномоторных и двухмоторных самолетах различного назначения, включая многоцелевые, транспортные, патрульные, пассажирские, административные, учебно-тренировочные, боевые, спортивные.

Может быть адаптирован для установки на вертолет.

Двигатель может использоваться с трехлопастными и пятилопастными воздушными винтами типа AV-725 и AV-80, производства Чехии или отечественными аналогами.

Серийный выпуск и широкое внедрение в эксплуатацию двигателей ТВ-500С (самолетный) и ТВ-500В (вертолетный) позволит успешно решить проблемы развития малой авиации общего назначения в России.

Ресурсы:

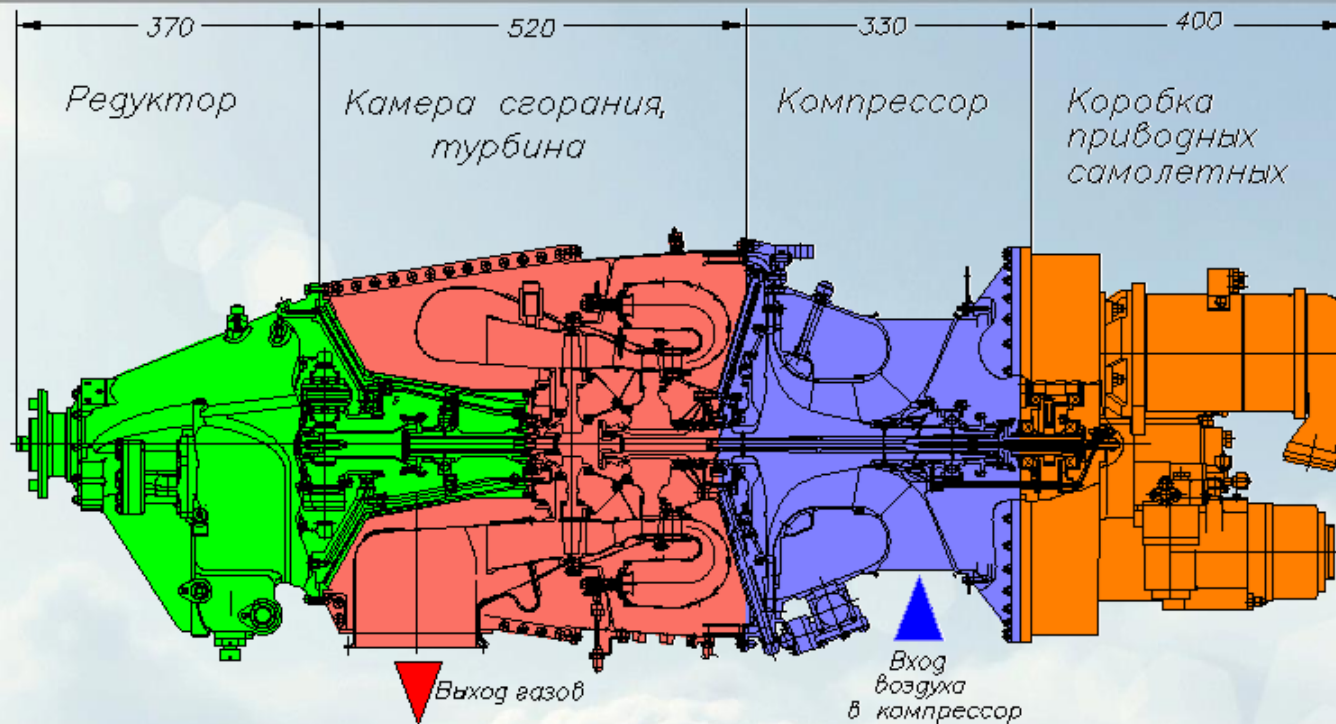
- назначенный – не менее 6000 ч;
- до первого ремонта и межремонтный – не менее 2000 ч.

В качестве потенциального рынка можно рассматривать отечественный рынок, ближнее зарубежье и такие страны, как Китай, Индонезия, Филиппины и др.. Китайская сторона проявляла к разработке ТВ-500С большой интерес.

Объем перевозок, выполняемых малой авиацией в нашей стране, с 1990 г. по 2005 г. сократился в пятьдесят раз. До 1981 г. в СССР было выпущено 59 230 легких самолетов, причем из этого числа 96 % были изготовлены до 1960 г. Пик списания авиатехники этого класса в связи с выработкой общетехнического ресурса пришелся на 2001-2005 годы. Между тем спрос на малую авиацию изо дня в день растет. По мнению специалистов, уже сегодня востребована работа небольших воздушных судов в объеме до 1 800000 ч в месяц.



Турбовинтовой двигатель ТВ-500С



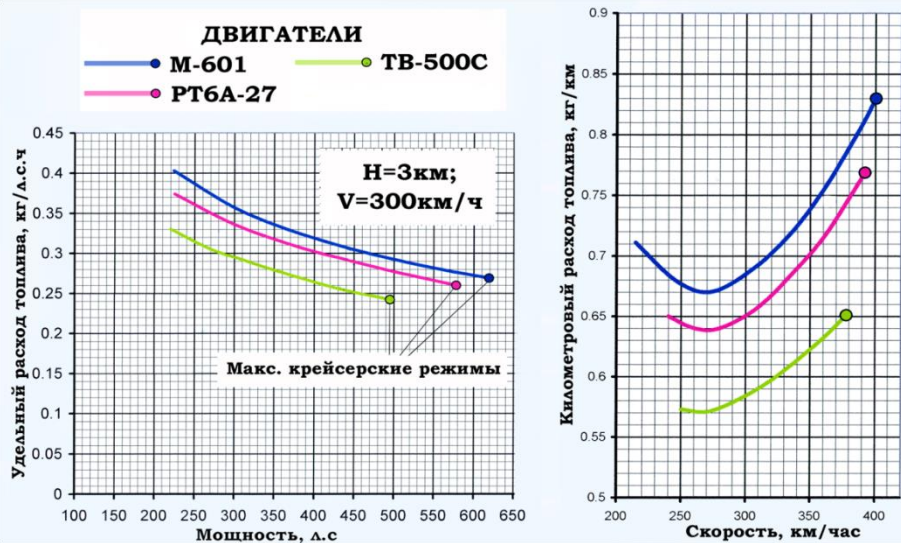
Разработка двигателя проводилась в соответствии с ТЗ на разработку двигателя, утвержденного начальником Управления авиации ФСБ России и Дополнением к нему № 02.62.073-05 от 20.12.05 г. для самолета СМ-92Т.

Турбовинтовой двигатель выполнен по двухроторной (включающей ротор газогенератора и ротор свободной турбины) обратной схеме (выхлопное устройство размещено впереди, сразу за редуктором воздушного винта, воздухозаборник сзади). Двигатель имеет свободную турбину, кольцевую противоточную камеру сгорания, одноступенчатый центробежный компрессор, редуктор воздушного винта и коробку приводных агрегатов.



Характеристики двигателя ТВ-500С

Сравнение экономичности двигателей



Основные технические характеристики ТВ-500С

Взлётный режим

$H = ; M_{II} = 0; MCA$

мощность, л.с. (кВт).....	630 (463)
удельный расход топлива, кг/л.с. · ч	0,26
степень повышения давления	9,1
температура газа перед турбиной ГТ, К	1234
обороты газогенератора, об/мин (100%).....	46500
обороты свободной турбины, об/мин (100%)	33500
макс. обороты воздушного винта, об/мин	2080

Максимальный продолжительный

$H = ; M_{II} = 0; MCA$

мощность, л.с. (кВт).....	560 (411)
удельный расход топлива, кг/кгс · ч	0,27

Максимальный продолжительный

$H_{II} = ; M_{II} = 0,43; MCA$

мощность, л.с. (кВт).....	500 (368)
удельный расход топлива, кг/кгс · ч	0,21

Размеры и масса двигателя

длина двигателя, мм	1630
высота двигателя, мм	506
ширина двигателя, мм	490
масса сухая, кг	190

Таблица сравнения с зарубежными аналогами

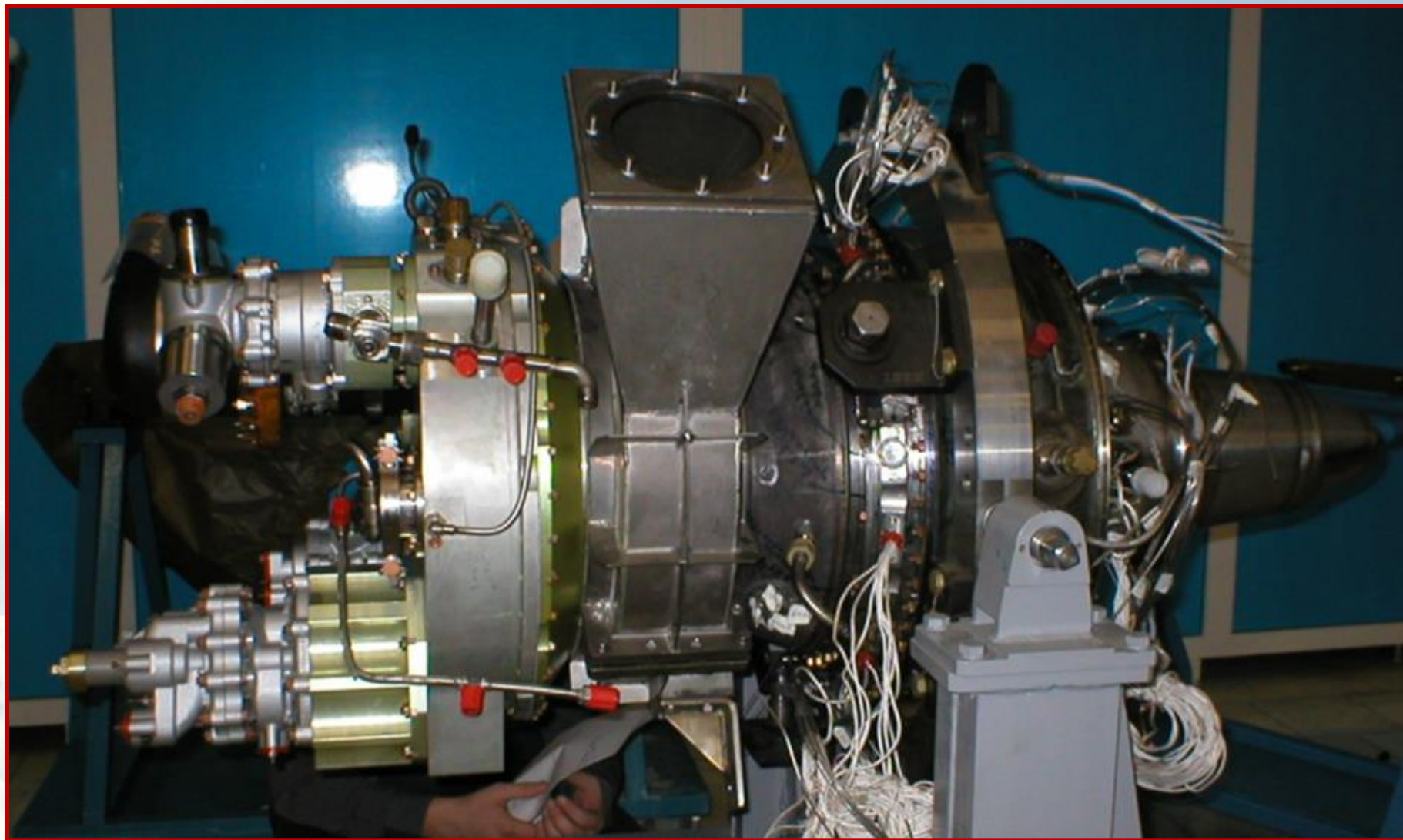
Двигатель	ТВ-500С	М601Е-11	РТ6А-27
Разработчик (изготовитель), страна	АО «НПЦ газотурбостроения «Салют» Россия	Прага Чешская Республика	Pratt & Whitney США
Мощность взлетная, л.с	630	715	750
Удельный расход топлива на макс. крейсерском режиме (H=3 км, V=300 км/ч), г/л.с.час	242	269	262
Масса двигателя, кг	190	207	148,8
Расход топлива самолетом "Рысачок" на 1 час учебно-тренировочного полета, л/час	116	140	132



Ротор двигателя ТВ-500С



ГГ турбовинтового двигателя ТВ-500С



Состояние разработки ТВД ТВ-500С

Разработана и выпущена РКД на двигатель и газогенератор.

Разработана и выпущена РКД на стенд для испытания двигателя и газогенератора.

Изготовлена материальная часть газогенератора и начато испытание экспериментального газогенератора на вновь введённом в строй стенде.

Материальная часть газогенератора и систем обеспечения стенда в процессе проведения испытания газогенератора показали свою работоспособность на оговоренных Программой испытания режимах и обеспечили выполнение целей испытания в полном объёме.

Полученные при проведении испытания предварительные данные подтвердили расчётные значения основных параметров изделия.

Спроектированы и изготовлены стенды и установки для проведения отладки и испытания газогенератора:

- стенд для испытания газогенератора;
- установка и стенд для испытания центробежной компрессора;
- установка для испытания камеры сгорания с поворотным устройством;
- установка для испытания рабочих лопаток турбины

В 2011 году работы остановлены до появления инвестора.

