

Приложение к заявке АО «ОДК-Климов»

на участие в конкурсе «Авиастроитель года» по итогам 2017 года в номинации № 7 «За успехи в разработке авиационной техники и компонентов (ОКБ)»

Наименование разработки:

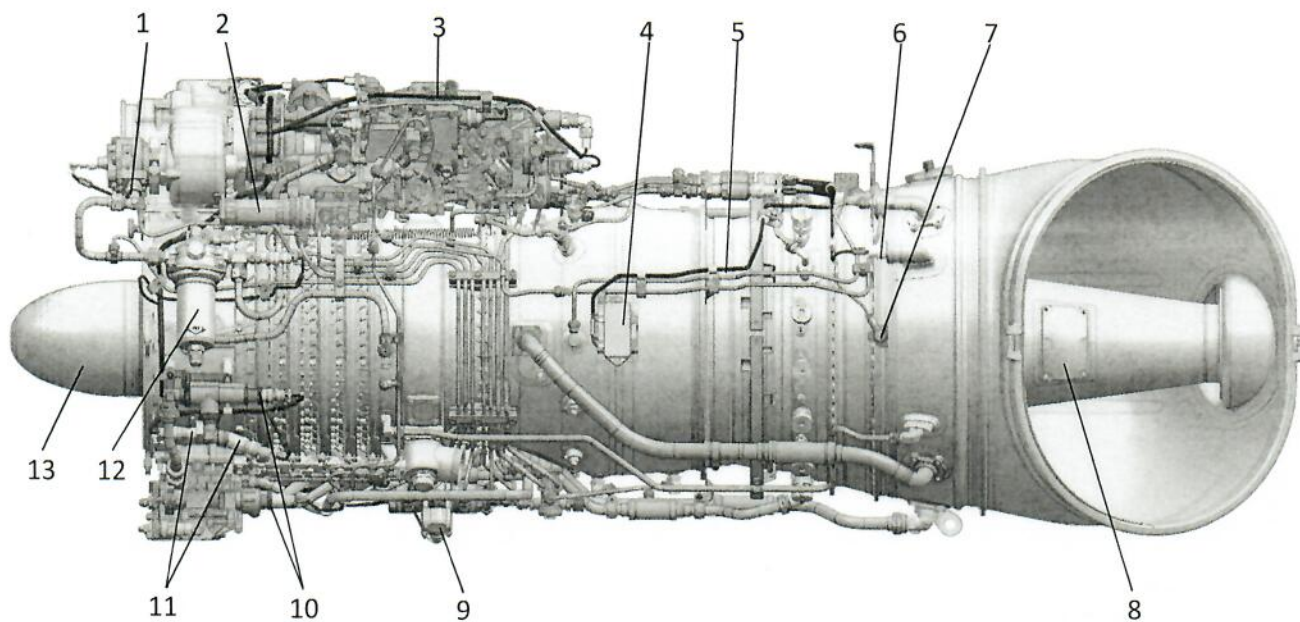
«Разработка авиационного турбовального двигателя ВК-2500ПС-03
для вертолета Ми-171А2»

Турбовальный двигатель со свободной турбиной ВК-2500ПС-03 разработан в АО «ОДК-Климов» в рамках СЧ ОКР «Разработка модификации турбовального серийного (изготовленного по ТУ 078.00.6700) двигателя ВК-2500-03 для вертолета Ми-171А2» на основании утвержденного «Технического задания на выполнение составной части ОКР по модернизации двигателя ВК-2500-03. Дополнение к Техническому заданию на разработку турбовального двигателя ТВЗ-117ВМА-СБЗ (ВК-2500), редакция 2».

Двигатель разработан на базе сертифицированного серийного турбовального двигателя со свободной турбиной ВК-2500-03, имеющего Сертификат типа №СТ197-АМД.

Турбовальный двигатель ВК-2500ПС-03 предназначен для установки на вертолеты типа «Ми» гражданского назначения. По своим техническим данным и эксплуатационным качествам двигатель соответствует современным техническим требованиям, предъявляемым к двигателям данного класса.

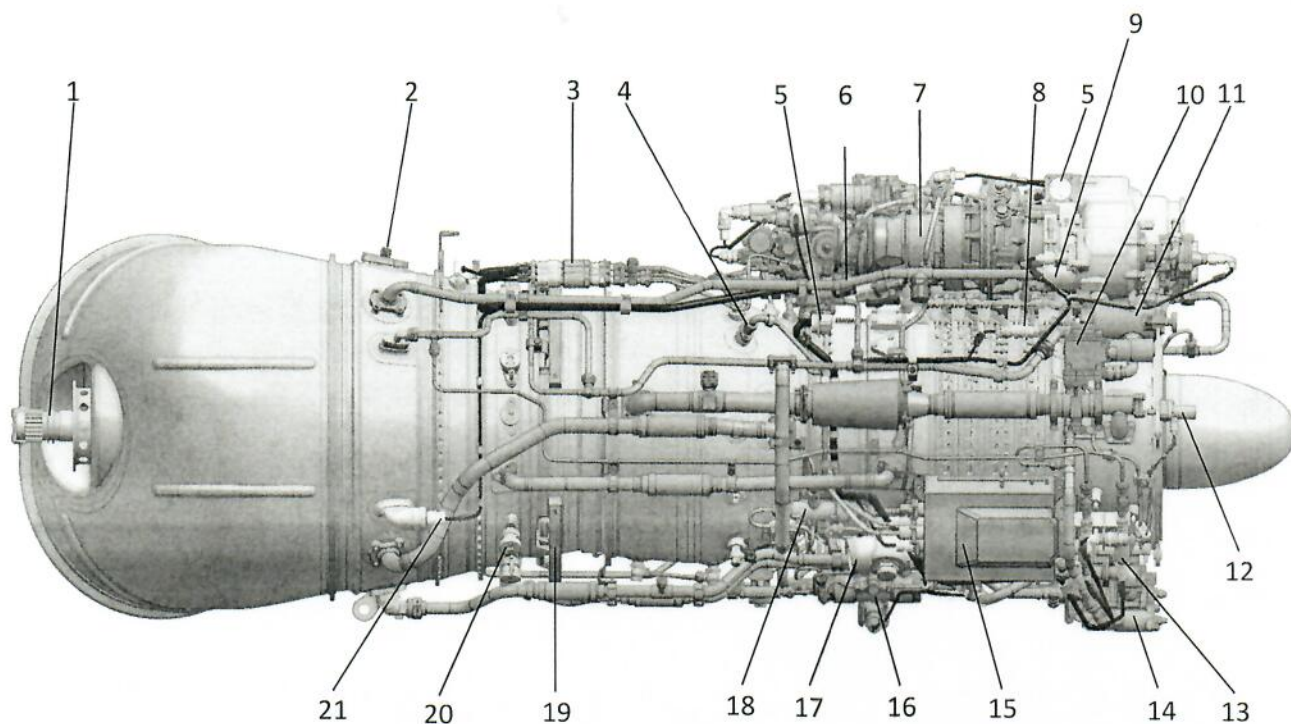
Внешний вид двигателя показан на рис. 1 и 2.



- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Двигательный вихревой насос ДВН-70 2. Термопатрон 3. Насос-регулятор НР-2500 4. Соединительная колодка термопар 5. Электрический кабель 6. Электрический соединитель датчиков ДТА-10 и ДЧВ-2 7. Датчик вибрации МВ-38 | <ol style="list-style-type: none"> 8. Место установки датчиков ДЧВ-2 и ДТА-10 9. Датчик угла поворота НАК 10. Датчики сигнализатора стружки ДСС-У 11. Датчики давления и температуры воздуха на входе в двигатель 12. Топливный фильтр с сигнализатором перепада давления 13. Кок (при эксплуатации без ПЗУ, а также с ПЗУ типа PALL) |
|--|---|

Двигатель (вид слева)

Рис. 1



- | | |
|--|---|
| 1. Вал ИКМ (соединительная рессора) | 11. Масляный фильтр |
| 2. Клапан стравливания воздуха из IV-V опор | 12. Датчик вибрации МВ-38 |
| 3. Датчики замера давлений типа РАПРИЗ | 13. Датчик давления масла |
| 4. Свеча зажигания | 14. Маслоагрегат |
| 5. Главный электрический соединитель кабельного ствола | 15. Агрегат зажигания |
| 6. Фильтр воздушного стартера | 16. Гидромеханизм |
| 7. Воздушный стартер | 17. Клапан перепуска воздуха |
| 8. Датчик П-125 | 18. Клапан наддува воздуха |
| 9. Датчик ДТА-15 | 19. Коллектор термопар |
| 10. Регулирующая заслонка | 20. Термопара |
| | 21. Электрический соединитель датчиков ДТА-10 и ДЧВ-2 |

Двигатель (вид справа)

Рис. 2

Двигатель ВК-2500ПС-03 эксплуатируется в составе силовой установки вертолета, куда входят два двигателя. Правый и левый двигатели силовой установки взаимозаменяемы при условии разворота выхлопного патрубка.

Особенностью конструкции турбовального двигателя является наличие свободной турбины (СТ), кинематически не связанной с ротором турбокомпрессора (ТК). Мощность, развиваемая свободной турбиной, передается редуктору и составляет эффективную мощность двигателя.

Эта особенность имеет ряд конструктивных и эксплуатационных преимуществ:

- позволяет получить желаемую частоту вращения ротора свободной турбины ($n_{СТ}$) независимо от частоты вращения ротора турбокомпрессора ($n_{ТК}$) двигателя;
- облегчает раскрутку ротора ТК при запуске двигателя;
- позволяет получить оптимальные расходы топлива при различных условиях эксплуатации двигателя;
- исключает необходимость фрикционной муфты в силовой установке вертолета.

Двигатель эксплуатируется на вертолете как с установленным на входе пылезащитным устройством (ПЗУ), так и без него.

Двигатель состоит из следующих основных узлов и систем:

- осевого компрессора;
- камеры сгорания;
- узла турбин;
- выхлопного устройства;
- приводов вспомогательных устройств;
- системы смазки и суфлирования;
- топливной системы;
- системы отбора воздуха;
- приборов контроля работы двигателя;
- системы запуска.

Компрессор двигателя – осевой, двенадцатиступенчатый, с поворотными лопатками входного направляющего аппарата и направляющих аппаратов первых четырех ступеней, с двумя клапанами перепуска воздуха из-за седьмой ступени компрессора.

Камера сгорания – кольцевая, состоит из наружного и внутреннего корпусов диффузора, жаровой трубы и топливного коллектора с двенадцатью форсунками.

Узел турбины состоит из кинематически не связанных между собой турбины компрессора и свободной турбины.

Турбина компрессора – осевая, двухступенчатая, состоит из статора и ротора.

Свободная турбина (СТ) – осевая двухступенчатая, состоит из статора и ротора.

Выхлопной патрубок обеспечивает отвод газа в атмосферу.

Масляная система двигателя выполнена по открытой схеме с принудительной циркуляцией масла. Суфлирование опор осуществляется через маслососы в маслбак, который суфлируется в атмосферу.

Запуск двигателя – автоматический. Раскрутка ротора ТК осуществляется воздушным стартером (СВ), установленным на коробке приводов двигателя.

В качестве источника сжатого воздуха для раскрутки СВ используется вспомогательная силовая установка (ВСУ).

На двигателе ВК-2500ПС-03 предприятием сконструированы и изготовлены отличающиеся от базового двигателя следующие узлы и детали:

- I опора, доработанная под установку датчика полного давления и температуры на входе и разворотом кронштейна датчика вибрации, в обеспечение требований объекта;

- коробка приводов доработана установкой датчика ДТА-15 частоты вращения ротора компрессора, исключены кинематическая цепь обратной связи по частоте вращения свободной турбины (привод регулятора оборотов) и торцевое графитовое уплотнение шестерни привода гибкого вала регулятора оборотов;

- диффузор наружный камеры сгорания доработан установкой дополнительного дренажного штуцера с целью улучшения дренирования топлива;

- турбина свободная доработана установкой защитного огненепроницаемого экрана задней подвески, установкой датчиков ДЧВ-2, рессора вывода мощности заменена на Вал ИКМ, исключены центральный привод РО и внутренний гибкий вал;

- модернизирован маслоагрегат установкой датчика сигнализатора стружки на откатке из II-V опор, модернизирован фильтр масляный установкой дисков фильтрующих с толщиной фильтрации 40 мкм, перепускным клапаном для возможности перепуска масла в случае загрязнения фильтроэлементов и клапаном запорным, предназначенным для предотвращения переполнения маслом опор и перетекания масла в выхлопной патрубков на «выбеге» ротора свободной турбины;

- внешняя обвязка трубопроводами и их крепление;

- электрооборудование доработано введением новых агрегатов (8 датчиков абсолютного давления типа РАПРИЗ-А, 2 датчика ДЧВ-2, 2 датчика вибрации МВ-38, датчик положения направляющих аппаратов компрессора, 2 датчика сигнализатора стружки управляемых ДСС-У, 2 датчика температуры П-125, датчик давления и температуры воздуха ДТВ-7П, датчик частоты вращения ДТА-15, 4 кабельных ствола – Х1, Х2, Х3 и Х4);

- агрегаты топливной системы доработаны применением насоса-регулятора НР-2500, двигательным вихревым насосом ДВН-70, гидромеханизм разработан вновь на базе гидроцилиндра с концевым переключателем путем установки на него датчика обратной связи;

- применен электронный блок автоматического регулирования и контроля двигателя БАРК-6В-7С.

Из состава двигателя ВК-2500ПС-03 по сравнению с двигателем ВК-2500 исключен механический привод регулятора частоты вращения свободной турбины и исключены трубопроводы воздушной связи синхронизаторов мощности двигателей.

Все основные детали двигателя ВК-2500ПС-03 заимствованы с базового двигателя ВК-2500.

Управление запуском осуществляется БАРКом, установленным на вертолете, и топливорегулирующей автоматикой двигателя.

Параметры работы двигателя и его систем на вертолете контролируются:

- приборами, позволяющими оценить величины параметров, характеризующих состояние двигателя, его систем и режим работы;

- сигнальными устройствами, извещающими о нормальной работе двигателя и его систем или ее нарушении.

Система автоматического управления (САУ) предназначена для автоматического управления работой двигателя и его систем в соответствии с заданными алгоритмами.

Основным агрегатом системы является электронный блок автоматического регулирования и контроля БАРК-6В-7С. Кроме того, в систему входят:

- датчики установленные на двигателе;

- исполнительные механизмы: ИМ-21АФ, электромагнитные клапаны стоп-крана, КПВ, перестройки АП (ПАП), селектора G_T , ИМ-НАК, установленные в насосе-регуляторе.

В САУ входит также: система защиты свободной турбины (АЗСТ), система автоматического восстановления режимов работы двигателя (АВРР), система автоматической защиты двигателя при помпаже (ППЗ), система кратковременного повышения устойчивости (СКПЗУ).

БАРК выполняет следующие функции по управлению двигателем:

- прием и обработка информации от датчиков и сигнализаторов, установленных на двигателе и вертолете;

- прием и обработка информации по КИО от БАРК соседнего двигателя и информационных систем вертолета;

- выдача команд на управление запуском двигателя на земле и в полете, технологическими операциями (холодной прокрутки, ложным запуском), в том числе ограничение максимальной температуры газов и аварийный останов при проскальзывании муфты свободного хода (МСХ) главного редуктора;

- выдача команд на управление расходом топлива в камеру сгорания двигателя на запуске, приемистости, сбросе и установившихся режимах работы двигателя путем изменения величины скважности сигналов на ИМ-21АФ в НР;

- выдача команд для обеспечения синхронизации режимов работы двух двигателей (совместно с САУ соседнего двигателя) управлением расходом топлива

- выдача команд на ограничение режима работы по максимальным значениям параметров двигателя (частоте вращения турбокомпрессора,

приведенной частоте вращения турбокомпрессора, температуре газов перед свободной турбиной, крутящему моменту на валу свободной турбины, мощности) управлением расходом топлива;

- выдача команд для обеспечения возможности автоматического выхода двигателя на режимы повышенной мощности при отказе соседнего двигателя;

- выдача команд для обеспечения включения учебного (тренировочного) режима отказа двигателя (два двигателя суммарно обеспечивают режим по мощности равный режиму 2,5-минутной мощности на одном двигателе);

- выдача команд на управление направляющими аппаратами компрессора (НАК);

- выдача команд на управление клапанами перепуска воздуха (КПВ);

- выдача команд на управление защитой двигателя от раскрутки свободной турбины (АЗСТ);

- выдача команд на автоматическое восстановление режима работы при самопроизвольном погасании камеры сгорания (АВРР);

- выдача команд для обеспечения возможности предварительного повышения запасов ГДУ по сигналу из кабины пилота;

- выдача команд на аварийный останов двигателя;

- выдача команд для перехода на резервную гидромеханическую систему управления двигателем при отказе электронной части САУ или при принудительном включении РСУ из кабины летчика;

- выдача команд на защиту двигателя при помпаже (ППЗ).

БАРК выполняет следующие функции по контролю двигателя:

- контроль основных параметров работы двигателя и превышения ими максимально допустимых значений, в том числе вибросостояния двигателя и времени выбега роторов;

- контроль систем двигателя:

- системы топливоподачи, включая вычисление текущего расхода топлива в камеру сгорания (КС) по косвенным параметрам;

- гидравлической исполнительной части САУ двигателя;

- масляной системы, включая управление стружкосигнализаторами и выдачу сигнала о наличии стружки в маслосистеме;
- противообледенительной системы;
- определение режимов работы правого и левого двигателя;
- вычисление фактического значения мощности, а также максимальной располагаемой мощности двигателя в текущих высотно-климатических условиях по косвенным параметрам;
- формирование и хранение в энергозависимом запоминающем устройстве БАРК информации о наработке двигателя в физических часах (в том числе, на всех режимах ограниченного ресурса), эквивалентных часах, циклах, количестве запусков, наработке главного редуктора, а также о событиях неисправности двигателя и его систем;
- передачу и прием информации от контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) для отображения параметров управления, регулировок и имитации отдельных команд и сигналов.

БАРК имеет встроенную систему контроля, выполняющую следующие функции по контролю и исправности САУ:

- контроль исправности датчиков и линии связей с ними;
- контроль исправности электрических исполнительных механизмов системы управления и линий связи с ним;
- контроль исправности внутренних элементов БАРК (устройство ввода и вывода, вычислитель, источник питания и т.д.);
- реконфигурация системы при отказе отдельных элементов (отключение неисправного канала, переход на резервный канал или расчет отказавшего параметра по математической модели двигателя и т.д.).

Сухая масса двигателя 300^{+2%} кг

Габаритные размеры двигателя:

длина с агрегатами и выхлопным патрубком 2055 мм

длина от переднего фланца до фланца стыковки

с редуктором не более 1736,5 мм

ширина 660 мм

высота не более 741,5 мм

Работоспособность двигателя обеспечивается при:

температуре воздуха на входе в двигатель от -50 до +55 °С
 относительной влажности воздуха до 100 %
 температуре топлива на входе в ДВН-70 от -50 до +60 °С
 скорости полета от 0 до 400 км/ч
 высоте полета от 0 до 6000 м

Запуск двигателя обеспечивается в диапазоне температур наружного воздуха:

при Н=0 от -50 до +55 °С
 при Н=4000 м от -40 до +40 °С

Основные параметры по режимам см. табл. 1, 2 и 3

Таблица 1

Основные параметры двигателя в условиях Н=0, V=0,
 в стендовых условиях, с выключенными отборами воздуха

Режим	Мощность на выводном валу, л.с.	Частота вращения, %		Температура газов за турбиной компрессора по прибору, °С, не выше	Удельный расход топлива г/л с·ч, не более
		ротора ТК	ротора СТ		
2,5-минутной мощности при ОНД ***	не менее 2700	не более 103,5	98±0,5	735	-
30-минутной мощности при ОНД ***	2400	99±0,5	98±0,5	635	-
Взлетный*	2000	97,5±0,5	98±0,5	600	220
Продолжительной мощности при ОНД*	1900	96,5±0,5	98±0,5	585	-
Максимальный продолжительный (номинальный)*	1700	95,3±0,5	100±0,5	565	-
I крейсерский*	1500	94,2±0,5	100±0,5	545	-
II крейсерский*	1200	92,3±0,5	100±0,5	520	-
Малый газ***	факультативна	не ниже 70	65,5	540	**

* – параметры приведены к условиям стандартной атмосферы;

** – часовой расход топлива не более 170 кг/ч, факультативна;

*** – параметры замеренные.

- Примечания.** 1. 100 % по измерителю частоты вращения ротора ТК соответствуют 19537 об/мин.
2. 100 % по измерителю частоты вращения ротора свободной соответствуют 15000 об/мин.

Таблица 2

Мощность на выводном валу
(без ПЗУ, с выключенными отборами воздуха)

Режим	Мощность на выводном валу, л.с	Поддержание мощности	
		при Н=0 до t °С	при станд.атм. до Н, км
<u>1. При совместной работе двух двигателей</u>			
Взлетный	2000	+45	3,8
Максимальный продолжительный	1700	+35	5,0
Крейсерский	1500	+40	5,5
<u>2. При одном неработающем двигателе (ОНД)</u>			
2,5-минутной мощности (чрезвычайный)	не менее 2700	+30	1,5
30-минутной мощности (чрезвычайный)	не менее 2400	+30	2,2
Продолжительной мощности	не менее 1900	+30	4,0

Таблица 3

Время работы двигателя по режимам

Режим	Допустимое время непрерывной работы, мин	Наработка в % от ресурса (до I капитального ремонта), число выходов за ресурс
<u>1. При совместной работе двух двигателей</u>		
Взлетный	5	5
Максимальный продолжительный (номинальный)	не ограничено	не ограничено
I крейсерский	не ограничено	не ограничено
Малый газ (земной)	20	не ограничено

Режим	Допустимое время непрерывной работы, мин	Наработка в % от ресурса (до I капитального ремонта), число выходов за ресурс
<u>2. При одном неработающем двигателе (ОНД)</u>		
2,5-минутной мощности	2,5	8 раз за ресурс
30-минутной мощности	30	2 раза за ресурс
Продолжительной мощности	60	не ограничено в пределах 35% суммарной наработки

АО «ОДК-Климов» провело сертификационные испытания двигателя ВК-2500ПС-03, по итогам которых получено Одобрение главного изменения АР МАК №СТ197-АМД/ОГИ-02 и Одобрение главного изменения Федерального агентства воздушного транспорта №ФАВТ-ВК-2500-ОГИ-02.

Преимущества по вертолету Ми-171А2 при применении двигателя ВК-2500ПС-03 следующие:

- существенное повышение функциональности системы управления двигателя, что позволяет повысить надежность и безопасность полетов;

- улучшение качества переходных процессов, в части уменьшения амплитуды забросов и сокращения времени стабилизации частоты вращения несущего винта;

- запуск двигателя ВК-2500ПС-03 при наличии соответствующего источника сжатого воздуха обеспечивается до высоты 6000м вместо 4000м для ВК-2500-03 от воздушного стартера СВ-78БА.

Создание новой модификации ВК-2500ПС-03 с улучшенными эксплуатационно-техническими качествами – это важное достижение, которое показывает, что далеко не все возможности двигателей семейства ТВ3-117/ВК-2500 исчерпаны и доказывает, что АО «ОДК-Климов» является достойным претендентом на участие в столь престижном конкурсе в области авиастроения «Авиастроитель года» в номинации № 7 «За успехи в разработке авиационной техники и компонентов (ОКБ)».