

УДК 629.7

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОМПРЕССОРА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ТВЗ-117 ПО ИЗМЕНЕНИЮ ЗАПАСА ЕГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

В. А. ПОТАПОВ¹, А. А. САНЬКО², А. А. ШЕЙНИКОВ³

¹Potapstark@Gmail.ru, ²min.777.144@mail.ru, ³hobat097@yandex.ru

^{1,2}УО «Белорусская государственная академия авиации» (БГАА)

³УО «Военная академия Республики Беларусь» (ВАРБ)

Поступила в редакцию 14.08.2019

Аннотация. Представлены результаты анализа изменения состояния компрессора двигателя ТВЗ-117 от времени наработки и углов установки его направляющего аппарата. Предложена методика распознавания технического состояния компрессора по комплексному термогазодинамическому параметру – коэффициенту запаса газодинамической устойчивости, с применением метода малых отклонений. Получены результаты газовочных испытаний газотурбинного двигателя, с номинальной и «ухудшенной» характеристикой компрессора по предлагаемой методике.

Ключевые слова: параметры газотурбинного двигателя; запас газодинамической устойчивости; характеристика направляющего аппарата компрессора; помпаж.

ВВЕДЕНИЕ

Важным приоритетным направлением в области повышения безопасности полетов авиационной техники (АТ) является совершенствование как структуры эксплуатационно-технической диагностики, так и процессов, направленных на эффективность раннего обнаружения предотказных состояний высоконагруженных элементов летательных аппаратов (ЛА).

Основные методы диагностики, применяемые сегодня в эксплуатации авиационных двигателей (АД), имеют высокую информативность (табл. 1), однако их применение требует больших трудозатрат и в большинстве случаев не дает возможность комплексной оценки технического состояния АД в межрегламентный период ввиду отсутствия встроенных систем диагностики и контроля [1]. К таким двигателям относится газотурбинный двигатель (ГТД) ТВЗ-117, применяемый на вертолетах Ми-8,

Ми-24, ресурсные возможности которых в основном определяются допустимым абразивным износом лопаток и уплотнительных слоев компрессора [2]. В процессе эксплуатации происходит изменения характеристики компрессора, что в конечном итоге приводит к неустойчивой работе двигателя (помпажу).

Таблица 1

Иерархическая структура и экспертная оценка информативности основных методов диагностики АТ

№	Методы диагностики ГТД	(max – 10 бал.)
	<i>Неразрушающий контроль (основные методы)</i>	
1	Тепловизионный	9,5
2	Трибомониторинг	8,5
3	Эндоскопия	8,0
4	Виброакустический	7,5
	<i>Аналитические</i>	
6	Классификационные	7,0
7	Статистических решений	6,0
8	Прогностические	5,5

Нарушение устойчивой работы АД, называемой потерей газодинамической устойчивости (ГДУ) двигателя, является одним из наиболее опасных его отказов. Поэтому в эксплуатации работа на режимах, где рабочая точка на характеристике компрессора АД располагается вблизи границы устойчивости, т.е. где запас устойчивости мал, недопустима (рис. 1).

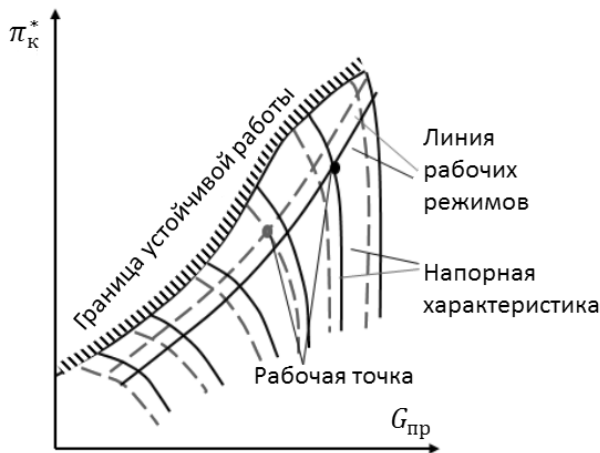


Рис. 1. Характеристики компрессора с нормальной и ухудшенной проточной частью АД

Смещение характеристики (рис. 1) может быть вызвано рядом факторов, среди которых износ поверхностей проточной части, повреждение уплотнений, эрозия, загрязнение, обледенение деталей проточной части и др. [2].

Оптимальным путем решения данной проблемы является совершенствование средств и методов контроля технического состояния компрессора двигателя ТВЗ-117.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Анализ параметров, характеризующих техническое состояние АД, показал, что для его диагностирования все чаще используются так называемые комплексные параметры, которые в аналитической форме связывают между собой несколько функциональных параметров и тем самым наиболее полно отражают рабочие процессы, происходящие в двигателе. Исследования АД с применением метода малых отклонений показали, что из всех параметров, характеризующих техническое состояние компрессора, наиболее информативным и достовер-

ным параметром является коэффициент запаса газодинамической устойчивости (КЗГДУ) ΔK_y [4].

Известные методы определения запаса ГДУ основываются на измерении степени повышения давления за компрессором и определении приведенного расхода воздуха через компрессор [3]. Коэффициент запаса ГДУ определяется по формуле:

$$\Delta K_y = \left[\frac{\left(\frac{\pi_{к.г}}{G_{в.пр г}} \right)_{гран}}{\left(\frac{\pi_{к.раб}}{G_{в.пр раб}} \right)_{раб.р}} - 1 \right] * 100\%, \quad (1)$$

где $\pi_{к.раб}$ и $G_{в.пр раб}$ — степень повышения давления и приведенный расход в рабочей точке $\pi_{к.г}$; $G_{в.пр г}$ — степень повышения давления и приведенный расход на границе устойчивости соответственно.

Результаты исследований в области изменения состояния компрессора ТВЗ-117 от времени наработки в условиях запыленной атмосферы показали [5], что с увеличением интенсивности износа пера лопаток происходит смещение всей сетки характеристики компрессора (рис. 2), степень сжатия в компрессоре, и его КПД уменьшается. Также граница устойчивой работы снижается, тем самым уменьшая ΔK_y (табл. 2) [6].

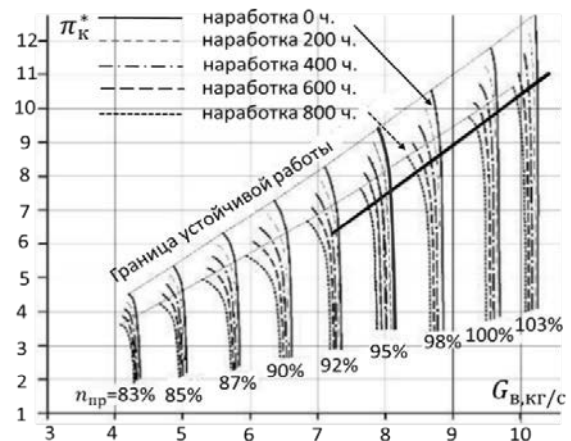


Рис. 2. Зависимость напорной характеристики компрессора от времени наработки в условиях запыленной атмосферы

Известно, что снижение запаса ГДУ компрессора на 15 % вызывает появление устойчивого срыва (помпажа) при стендовом испытании двигателей семейства ТВЗ-117 [6].

Таблица 2

Запас газодинамической устойчивости компрессора при различной наработке в условиях запыленной атмосферы

Время наработки	$n_{пр}=95\%$	$n_{пр}=98\%$	$n_{пр}=100\%$
0 ч	25,25 %	22,14 %	20,58 %
200 ч	21,30 %	18,32 %	16,52 %
400 ч	17,35 %	14,51 %	12,46 %
600 ч	13,39 %	10,69 %	8,39 %
800 ч	9,44 %	6,87 %	4,33 %

Помимо износа проточной части, повреждении, эрозии, загрязнении, обледенении и др. на характеристику компрессора двигателя ТВ3-117 влияет угол установки направляющего аппарата (НА). НА компрессора позволяет лучше согласовать работу отдельных ступеней и получить высокое значение КПД и запаса устойчивости. Однако такое решение требует от технического персонала периодического контроля характеристик направляющего аппарата и приведения их к номинальным значениям (рис. 3) путем регулировки.

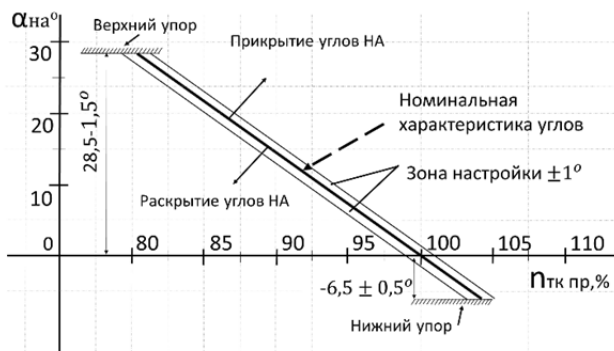


Рис. 3. График номинальной характеристики компрессора АД

Характеристика НА контролируется в регламентный период, что не дает возможность выявления дефектов и контроля технического состояния в остальной период эксплуатации АД.

Исходя из вышесказанного, газодинамическая устойчивость компрессора двигателя ТВ3-117 определяется равенством:

$$\Delta K_{у} = \Delta K_{у, \text{комп}} \pm \Delta K_{у, \text{на}}, \quad (2)$$

где $\Delta K_{у, \text{комп}}$ – коэффициент запаса ГДУ, определяемый состоянием компрессора, и

$\Delta K_{у, \text{на}}$ – коэффициент ГДУ запаса, определяемый углом установки НА.

Таким образом, возникает целесообразность в разработке методики автоматизированного распознавания технического состояния компрессора АД с учетом изменения характеристики НА, по КЗДГУ с использованием ПЭВМ.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Для решения поставленной задачи была разработана диагностическая модель контроля технического состояния компрессора двигателя ТВ3-117. Основная цель данной модели – предупреждение или оповещение летного и технического состава о превышении допустимых значений КЗГУ двигателя ТВ3-117 (рис. 4).

Для моделирования процессов, происходящих в двигателе, была выбрана математическая модель, представляемая в виде системы линейных уравнений. Для линеаризации системы уравнений применен метод малых отклонений [7–8].

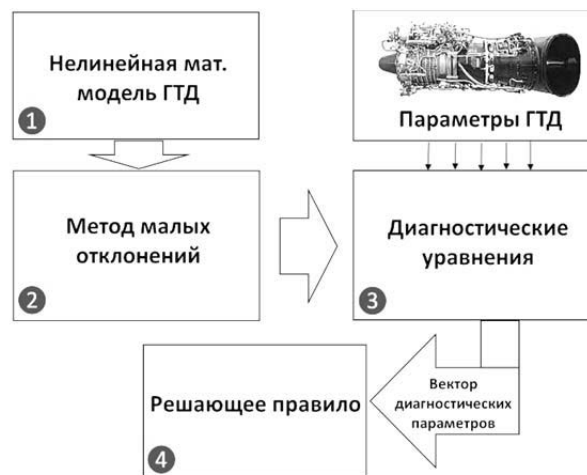


Рис. 4. Модель контроля технического состояния ГТД с использованием значений термогазодинамических параметров на основе метода малых отклонений

На рис. 4: **Блок 1** – Система дифференциальных уравнений ГТД, описывающая рабочий процесс и совместную работу узлов двигателя.

Блок 2 – Линейная математическая модель ГТД, полученная методом малых отклонений.

Блок 3 – Система уравнений в малых отклонениях для ТВ3-117 с рассчитанными

коэффициентами влияния для данного двигателя.

Блок 4 – Разработанный алгоритм распознавания технического состояния компрессора.

Уравнения, полученные методом малых отклонений, характеризующих взаимно обусловленные изменения параметров рабочего процесса ГТД, имеют вид:

$$K_3\delta\pi_T = (K_1 - K_{11})\delta\pi_k - \delta T_\Gamma - \delta\eta_k - \delta\eta_T; \quad (3)$$

$$\delta\pi_c = \delta\pi_k - \delta\pi_T + \delta\sigma_B + \delta\sigma_\Gamma + \delta\sigma_c; \quad (4)$$

$$(1 - 0,5K_3K_4)\delta\pi_T = \delta\sigma_c + \delta F'_c - \delta F_{ca} + 0,5K_4\delta\eta_T; \quad (5)$$

$$\delta G_B = K_{10}\delta\pi_k + \delta\sigma_B; \quad (6)$$

$$(1 - K_{10})\delta\pi_k = 0,5\delta T_\Gamma - \delta\sigma_\Gamma - \delta F_{ca}; \quad (7)$$

$$\delta T_K = (K_1 - K_{11})K_2\delta\pi_k - K_2\delta\eta_k; \quad (8)$$

$$\delta T_T = \delta T_\Gamma - K_3K_4\delta\pi_T - K_4\delta\eta_T; \quad (9)$$

$$\delta G_T = \delta G_B + K_5\delta T_T - (K_s - 1)\delta T_K - \delta\eta_T; \quad (10)$$

$$\delta R = K_9\delta F_c + K_7K_8K_9\delta\pi_c - (K_9 - 1)\delta G_B, \quad (11)$$

где K_i – коэффициенты влияния параметров рабочего процесса ГТД в малых отклонениях.

Исходя из принятых допущений для турбовального АД [7], уравнения (3–11), можно записать в следующем виде:

$$\begin{cases} \delta\pi_c = \delta\pi_k - \delta\pi_T; \\ \delta G_B = \delta\pi_k - 0,5\delta T_\Gamma; \\ (1 - 0,5K_3K_4)\delta\pi_T = K_6\delta\pi_c + 0,5K_4\delta\eta_T; \\ \delta T_K = K_1K_2\delta\pi_k - K_2\delta\eta_k; \\ \delta T_T = \delta T_\Gamma - K_3K_4\delta\pi_T - K_4\delta\eta_T; \\ \delta T_\Gamma + K_3\delta\pi_T + \delta\eta_T = \frac{K_{17}}{K_2}\delta T_T + (1 - K_{17})\delta G_B; \\ \delta G_B + K_5\delta T_T - (K_5 - 1)\delta T_K = 0; \\ \delta R = K_7K_8K_9\delta\pi_c - (K_9 - 1)\delta G_B. \end{cases} \quad (12)$$

Полученные после введенных допущений уравнения рабочего процесса АД в малых отклонениях могут являться базовыми для построения диагностических уравнений применительно к конкретной конструкции вертолетного двигателя.

Таким образом, для двигателя ТВ3-117, диагностические уравнения должны быть составлены так, чтобы его основные параметры характеризовали собой узел компрессора, а также изменение характеристик дви-

гателя в целом. Ввиду того, что данный двигатель с регулируемым компрессором, необходимо учитывать изменения характеристики НА, т.е. смещение сетки кривых $\pi_k = f(G_B)$, возникает необходимость в использовании зависимого параметра – величины смещения напорной характеристики компрессора $\delta\bar{n}$ [7].

Уравнение зависимости параметров АД при смещении точки рабочего режима на характеристике компрессора имеет вид (13):

$$\delta G_B = (K'_{10} - K_{10})K_{12}\delta\bar{n} + K_{10}\delta\pi_k, \quad (13)$$

где K_{10} – постоянная величина, определяемая по напорным характеристикам компрессора; K'_{10}, K_{12} – коэффициенты, определяемые по характеристикам рабочих режимов компрессора.

Изменение КЗГДУ для данной конструкции АД определяется выражением [7]:

$$\delta K_y = K'\delta\bar{n} - \delta\pi_k + \delta G_B; \quad (14)$$

K' – коэффициент, характеризующий крутизну границы помпажа в рассматриваемой области приведенных оборотов.

В результате система диагностических уравнений для вертолетного ГТД будет иметь вид:

$$\begin{cases} \delta\bar{n} = \left[\frac{1 - K_{10}}{K_{12}(K'_{10} - K_{10})} \right] * \left[\delta\pi_k - \frac{0,5\delta T_\Gamma}{1 - K_{10}} \right] \\ \delta G_B = \delta\pi_k - 0,5\delta T_\Gamma; \\ \delta K_y = K'\delta\bar{n} - 0,5\delta T_\Gamma; \end{cases} \quad (15)$$

Рассчитанные коэффициенты взаимного влияния параметров для ГТД ТВ3-117 получены по данным характеристик среднего статистического нового двигателя на соответствующем режиме его работы (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты взаимного влияния для двигателя ТВ3-117

Коэфф. влияния	$n_{np}=94\%$	$n_{np}=96\%$
K_1	0,615	0,615
K_2	0,507	0,507
K_5	2,277	2,277
K_{10}	-0,5	-0,57
K'_{10}	0,662	0,757
K_{12}	3,253	3,563
K'	1,736	1,915

С учетом коэффициентов взаимного влияния параметров, диагностические уравнения для двигателя ТВЗ-117, для режима работы двигателя $n_{пр}=95\%$ приведены в табл. 4.

Таблица 4

Диагностические уравнения двигателя ТВЗ-117 для основных режимов работы двигателя

Параметры	Расчетные формулы для режима двигателя $n_{пр}=96\%$
$\delta\bar{n}$	$0,3978\delta\pi_k - 0,1314\delta T_r -$
δG_B	$-0,0763\delta T_r - 3,3878\delta\bar{n} -$
δK_y	$-0,5T_r + 1,915\delta\bar{n} -$
$\delta\Delta K_y$	$2,0956\delta T_r + 7,963\delta\bar{n}$

Сущность разработанного алгоритма распознавания технического состояния компрессора применительно к ТВЗ-117 поясняется графическими материалами, на которых представлена схема (рис. 6) предполетного алгоритма контроля. Для определения относительных изменений основных параметров рабочего процесса, характеристик элементов проточной части и основных данных на заданном режиме используются начальные значения, полученные в результате первых результатов испытаний АД путем замыкания прерывателя 10 (рис. 5).

Предложенный алгоритм позволит повысить точность контроля технического состояния АД за счет использования коэффициента КЗГДУ, а также обеспечить выявление дефектов на ранней стадии их возникновения. С возможностью одновременного контроля двух уровней снижения КЗГДУ предкритического и критического состояний компрессора, блок 8 и 9 соответственно.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В рамках данного исследования был разработан газочный стенд двигателя ТВЗ-117 (рис. 6) аналог двигателя ТВЗ-117, который имеет те же системы и агрегаты. Изделие спроектировано и изготовлено на базе изделия ТВЗ-117, путем исключения свободной турбины, введения измененной III опоры изделия и реактивного сопла, замены воздушного стартера на стартер-генератор и соответствующих изменений в топливном насосе-регуляторе, связанных с исключением свободной турбины. Данное конструктивное решение дает возможность изучать газочный стенд в качестве широко используемого двигателя ТВЗ-117 без определенных ограничений. Так как для реального двигателя ТВЗ-117 при стендовых испытаниях необходимо загружать свободную турбину, для поддержания ее номинальных оборотов.

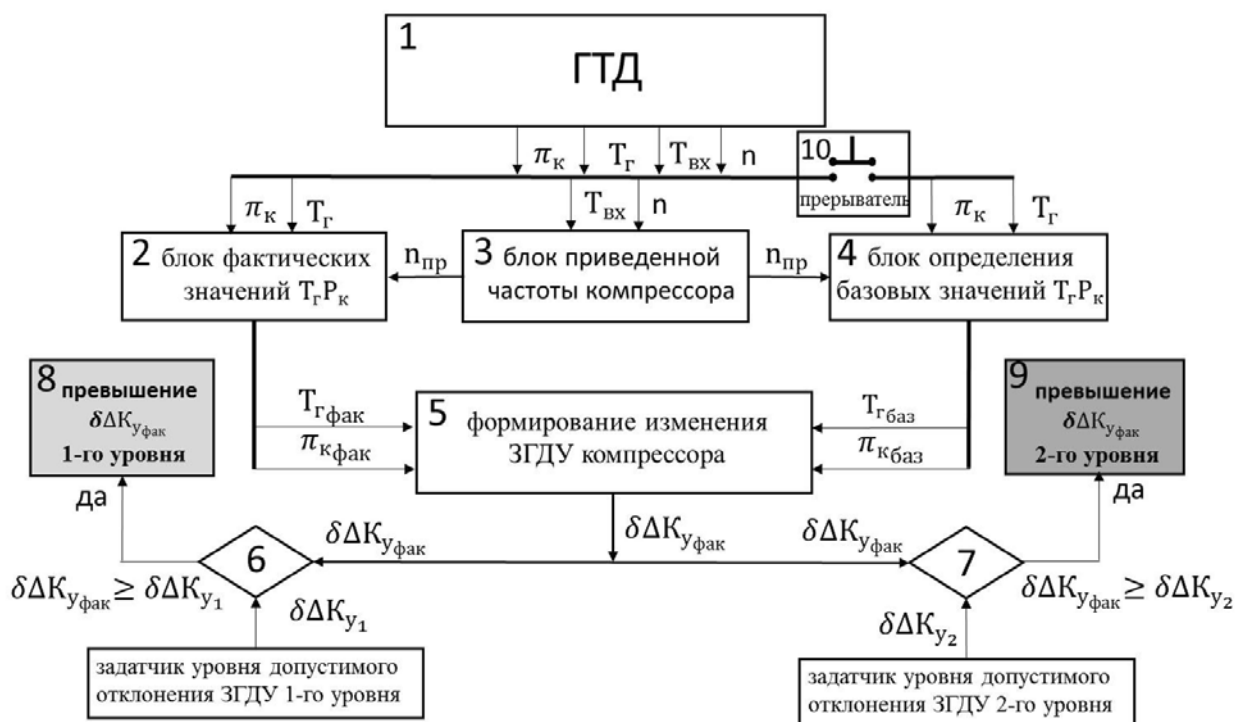


Рис. 5. Алгоритм контроля технического состояния компрессора двигателя ТВЗ-117

В рамках данного исследования для поддержания устойчивой работы двигателя и подвода необходимого количества воздуха к компрессору, для его изучения был установлен воздухозаборник от вертолета Ми-24 (рис. 6).

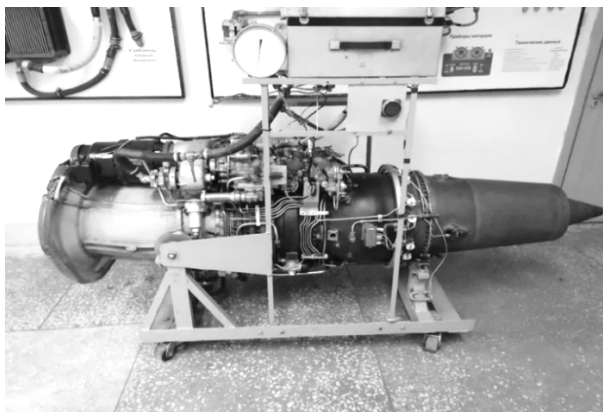


Рис. 6. Внешний вид газовочного стенда TP3-117

Для измерения степени повышения давления за двенадцатой ступенью компрессора установлен датчик давления типа UltisolarUSP-G41-1.2, подсоединив его к штатному штуцеру на корпусе синхронизатора мощности, не нарушая конструкции двигателя (рис. 7).

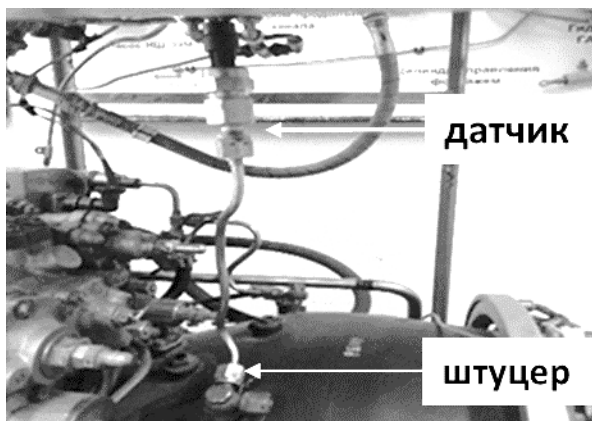


Рис. 7. Расположение датчика давления на стенде TP3-117

Разработан электронный блок цифровой системы управления и контроля газотурбинного двигателя с компьютером (рис. 8) с коммутационными проводами, с возможностью подключения к различным группам датчиков двигателя TP3-117 и к компьютеру с разработанным диагностическим интерфейсом.



Рис. 8. Внешний вид электронного блока управления и диагностики TP3-117

Интерфейс программы управления и диагностики стенда двигателя TP3-117 на основе среды программирования LabVIEW [9] состоит из панели управления, приборной и диагностической панели (рис. 9).

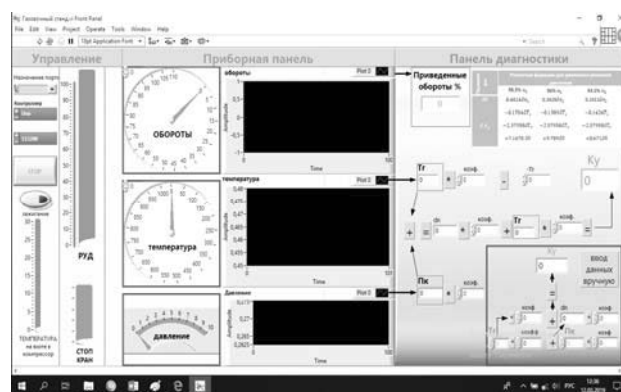


Рис. 9. Внешний вид электронного блока управления и диагностики TP3-117

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

В результате натурных испытаний были получены параметры двигателя на расчетных режимах его работы с номинальной и ухудшенной характеристикой компрессора. Степень повышения давления компрессора уменьшилась с 3,1 до 2,7. Температура газов перед турбиной T_T выросла с 790 до 810 °С. При рассчитанной максимальной абсолютной погрешности регистрации давления и температуры $\Delta p_k = 0,2$ ед и $\Delta T_2 = 10$ ед. соответственно.

Ухудшение характеристики компрессора проводилось за счет регулировки углов установки НА.

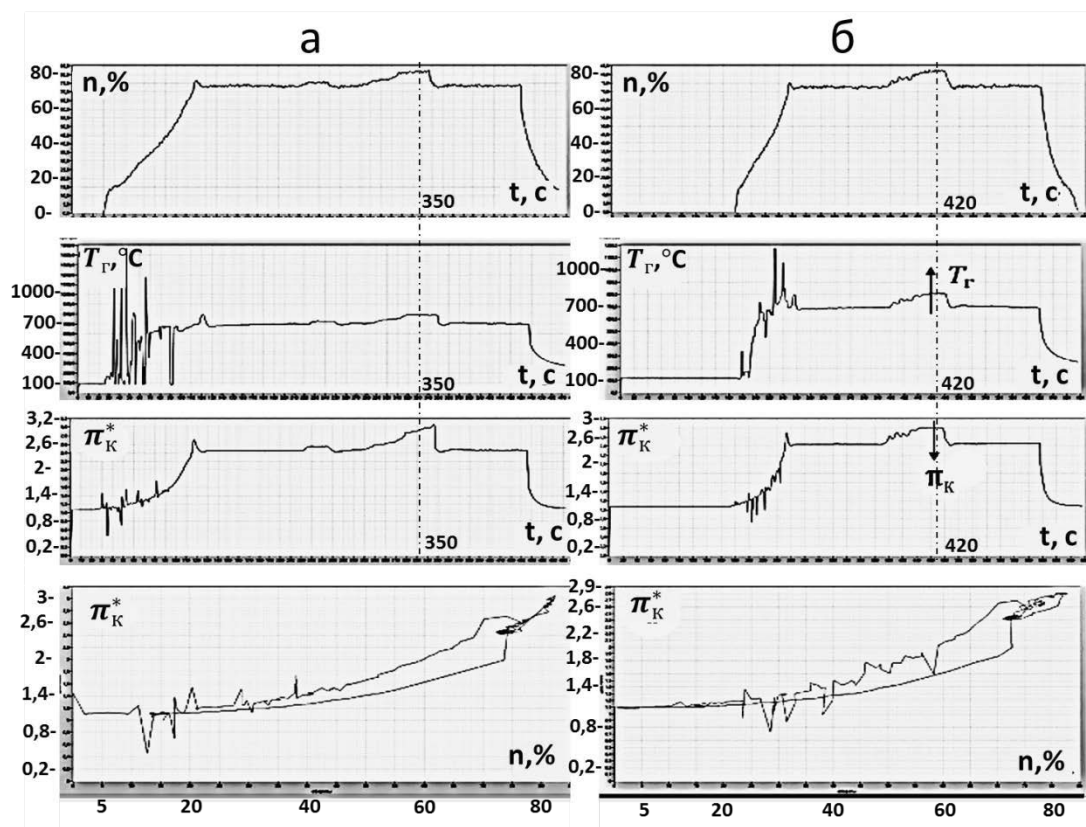


Рис. 10. Графики параметров АД полученные в ходе натурных испытаний:
а – номинальная характеристика НА; б – ухудшенная характеристика НА

Таким образом, смещение характеристики НА компрессора на раскрытие ниже номинального значения на 4° (что не допустимо в эксплуатирующих организациях и контролируется в регламентный период) уменьшило КЗГДУ на 9 %. Что условно приблизило линию рабочих режимов компрессора к границе неустойчивой работы (помпажу) с 15 до 6 %.

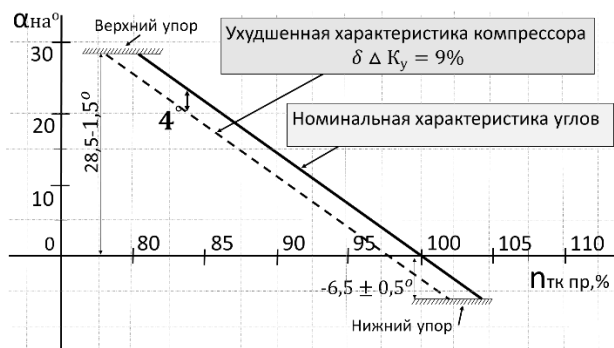


Рис. 11. График полученной характеристики компрессора

Полученные результаты свидетельствуют о том, что разработанный алгоритм контроля способен определять состояния компрессора

АД и выявлять его дефекты на ранней стадии их развития, а также отслеживать изменение характеристики направляющего аппарата в период эксплуатации АД с минимальными трудозатратами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы была разработана модель контроля технического состояния АД типа ГТД ТВЗ-117 по комплексным термагазодинамическим параметрам на основе системы диагностических уравнений, полученных с помощью метода малых отклонений. Данная модель позволит повысить точность контроля технического состояния АД за счет использования комплексного параметра – КЗГДУ компрессора, а также обеспечить выявление дефектов на ранней стадии их возникновения, с возможностью одновременного контроля двух уровней снижения запаса газодинамической устойчивости, предкритического и критического состояний компрессора.

Практическим результатом проведенного исследования является: газовочное испытание двигателя ТВЗ-117 с номи-

нальной и ухудшенной характеристикой НА и разработанное программное обеспечение стенда двигателя с целью получения коэффициента запаса газодинамической устойчивости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Машошин О. Ф.** Диагностика авиационной техники: учеб. пособие. М.: МГТУ ГА, 2007. 206 с. [O. F. Mashoshin, *Diagnostics of aviation equipment*, (in Russian). Moscow: MGTU GA, 2007.]
2. **Сиротин Н. Н., Марчуков Е. Ю.** Основы конструирования, производства и эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей и энергетических установок в системе CALS технологий. Эксплуатация и надежность ГТД и ЭУ. Книга 3. М.: Наука, 2012. 615 с. [N. N. Sirotin, E. Ju. Marchukov, *Fundamentals of design, production and operation of aviation gas turbine engines and power plants in the CALS technology system. Operation and reliability of GTE and PP*. Moscow: Nauka, 2012.]
3. **Нечаев Ю. Н., Федоров Р. М.** Теория авиационных газотурбинных двигателей. Часть 1. М.: Машиностроение, 1977. 153 с. [Yu. N. Nechaev, R. M. Fedorov, *Theory of aviation gas turbine engines. Part 1*, (in Russian). Moscow: Mashinostroenie, 1977.]
4. **Лозинский Л. П., Янко А. К.** Оценка технического состояния авиационного ГТД. М.: Транспорт, 1982. 160 с. [L. P. Lozinsky, A. K. Yanko, *Evaluation of the technical condition of the aircraft GTE*, (in Russian). Moscow: Transport, 1982.]
5. **Павленко Д. В.** Закономерности изнашивания рабочих лопаток компрессора вертолетных двигателей, эксплуатирующийся в условиях запыленной атмосферы // Вестник двигателестроения. 2016. № 1. С. 42–51. [D. V. Pavlenko, "The laws of wear of the compressor rotor blades of the helicopter engines that are operated under the dust conditions", (in Russian), in *Vestnik Dvigatellestroeni*, no. 1, pp. 42-51, 2016.]
6. **Двирник Я. В., Павленко Д. В.** Предельное состояние осевого компрессора ГТД эксплуатируемого в условиях запыленной атмосферы // Вестник двигателестроения. Запорожье АО «Мотор Сич». 2018. С. 97–107. [I. V. Dvirnik, D. V. Pavlenko, "The Limit state of the axial compressor GTE operated in a dusty atmosphere", (in Russian), in *Vestnik dvigatellestroenia. Zaporozhye JSC "Motor Sich"*, pp. 97-107, 2018.]
7. **Черкез А. Я.** Инженерные расчеты газотурбинных двигателей методом малых отклонений. М.: Машиностроение, 1975. 380 с. [A. Ya. Cherkez, *Engineering calculations of gas turbine engines by the method of small deviations*, (in Russian). M.: Mashinostroenie, 1975.]
8. **Ахмедзянов А. М.** Диагностика состояния ВРД по термогазодинамическим параметрам. М.: Машиностроение, 1983. 206 с. [A. M. Ahmedzanov, *Diagnostics of the WFD thermodynamic parameters*, (in Russian). Moscow: Mashinostroenie, 1983.]
9. Материал из сайта National Instruments [Электронный ресурс] URL: www.ni.com.

ОБ АВТОРАХ

ПОТАПОВ Вячеслав Александрович, мл. науч. сотрудник НИЛ, УО БГАА. Дипл. инженер по эксплуатации приборного оборудования (ВАРБ, 2011). Дипл. магистр. техн. наук по технической эксплуатации и техническому обеспечению вооружения и военной техники (ВАРБ, 2019).

САНЬКО Андрей Анатольевич, проф. каф. ВС и АО, УО БГАА. Дипл. инженер по эксплуатации приборного оборудования (ВАРБ, 1998). Канд. техн. наук по технической эксплуатации и техническому обеспечению вооружения и военной техники (ВАРБ, 2010). Иссл. в обл. технической диагностики и технической эксплуатации авиационных систем.

ШЕЙНИКОВ Алексей Алексеевич, доц. каф. АТ и В, УО ВАРБ. Дипл. инженер по эксплуатации приборного оборудования (ВАРБ, 2002). Канд. техн. наук по технической эксплуатации и техническому обеспечению вооружения и военной техники (ВАРБ, 2013). Иссл. в обл. технической диагностики и технической эксплуатации авиационных систем.

METADATA

Title: Control of the technical condition of the compressor of the TV3-117 gas turbine engine to change the reserve of its gas-dynamic stability

Authors: V. A. Potapov¹, A. A. Sanko², A. A. Sheinikov³

Affiliation:

^{1,2} Belarusian State Aviation Academy (BGAA), Republic of Belarus.

³ Military Academy of the Republic of Belarus" (VARB), Republic of Belarus.

Email: ¹ Potapstark@gmail.ru, ² min.777.144@mail.ru, ³ hobat097@yandex.ru

Language: Republic of Belarus.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 23, no. 3 (85), pp. 88-95, 2019. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: The article presents the results of the analysis of changes in the state of the compressor of the TV3-117 engine from the time of operation and the angles of installation of its guide apparatus. The proposed method of recognition of technical condition of the compressor is a complex thermodynamic parameter - the ratio of the stock of gas-dynamic stability using the method of small deviations. The results of gas tests of the gas turbine engine, with the nominal and "degraded" characteristics of the compressor according to the proposed method.

Key words: parameters of the gas turbine engine; gas dynamic stability reserve; characteristics of the compressor guide apparatus; surging.

About authors:

POTAPOV, Vyacheslav Aleksandrovich, Junior researcher of the research laboratory, BGAA. Dipl. engineer for the operation of instrumentation (VARB, 2011). Dipl. master of technical science (VARB, 2019).

SANKO, Andrei Anatolievich, Prof. aircraft and aircraft equipment, BGAA. Dipl. engineer for the operation of instrumentation (VARB, 1998). Cand. tech. Sci. (VARB, 2010).

SHEINIKOV, Alexey Alekseevich, Associate Professor of the Department. aircraft and weapons, VARB. Dipl. engineer for the operation of instrumentation equipment (VARB, 2002). Cand. tech. Sci. (VARB, 2013).