

УДК 629.735

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Е.А. КОНЯЕВ, Ш. АРДЕШИРИ, В.Ф. БАНБАН, П. ДЖАФАРИ

В статье анализируются методы оценки степени загрязнения проточной части авиационных ГТД.

Ключевые слова: авиационный двигатель, проточная часть, загрязнение, методы оценки, качество очистки.

Степень загрязненности проточной части может быть выявлена непосредственно (инструментальными методами, визуально при осмотре оптическими приборами), либо косвенным путем - по изменению газодинамических параметров двигателя.

В качестве косвенной оценки загрязненности проточной части могут служить критерии, используемые для контроля состояния судовых газотурбинных установок (ГТУ)[1]. Здесь степень загрязнения проточной части одновальной установки определяется по величине температуры газов перед турбиной.

Для двухвальных ГТУ показателем загрязнения проточной части, кроме того, считается изменение частот вращения роторов высокого и низкого давлений. Разная степень загрязнения компрессоров приводит к изменению отношения их частот вращения, называемого скольжением роторов, которое является вполне определенным для каждого режима работы установки.

При изменении скольжения от нормируемых значений необходимо промыть проточную часть. Для контроля за изменением скольжения на практике используют графические или табличные зависимости [1].

Загрязнения на лопатках компрессора изменяют их геометрию, форму межлопаточных каналов, чистоту поверхности.

При загрязнении КНД снижается его КПД, уменьшается степень сжатия и расход воздуха $\pi_{\text{кнд}}^*$ и G_B , что, в свою очередь, ведет к увеличению $T_{\text{г}}^*$ и $T_{\text{твд}}^*$. Таким образом, отмечается непрерывное повышение температуры газа за турбиной $T_{\text{т}}^*$.

Удельный расход топлива $C_{\text{уд}} = G_{\text{т}}/R$ при загрязнении КНД возрастает, что объясняется ухудшением аэродинамики потока, увеличением профильных потерь, возникновением локальных и общих срывов потока, снижением устойчивости работы компрессора.

Рассмотрим влияние загрязнений на работу КВД. Если ГТД управляется по программе $n_{\text{квд}} = \text{const}$, то загрязнение КВД приводит к увеличению подачи топлива и температуры газов перед турбиной $T_{\text{г}}^*$.

Эффективность удаления загрязнения была оценена на примере промывок парка двигателей НК-8-2У, имевших различную наработку. Обработка статистических данных показала, что в результате очистки проточной части в наземных условиях для режима $n_{\text{нд}} = 90\%$ снижение часового расхода топлива в среднем составило $\Delta G_{\text{тп}} = 275$ кг/ч при увеличении тяги $R = 4,71$ кН [2].

На рисунке приведены расчетные зависимости тяги R и часового расхода топлива $G_{\text{т}}$ двигателя НК-8-2У по частоте вращения $n_{\text{вд}}$ ротора высокого давления до и после промывки проточной части для крейсерского режима полета ($H = 11$ км, $M = 0,8$). Как видно, загрязнение приводит к увеличению расхода топлива и снижению тяги при неизменной частоте вращения ротора высокого давления $n_{\text{вд}}$.

Поскольку значение потребной тяги $R_{\text{кр}}$ для осуществления полета должно быть неизменным (участок 3-4) как для загрязненного, так и промытого двигателя, было установлено, что эффект от промывки обусловлен двумя причинами. Во-первых, за счет улучшения характеристик двигателя (отрезок 1-2) и, во-вторых, вследствие необходимости изменения режима работы ГТД для поддержания заданной скорости полета путем сохранения установленной потребной тяги $R_{\text{кр}}$ (отрезок 2'-5). Таким образом, суммарное изменение расхода топлива по указанным причинам составляет $\Delta G_{\text{т}\Sigma} = \Delta G'_{\text{т}} + \Delta G''_{\text{т}} = 100 + 50 = 150$ кг/ч.

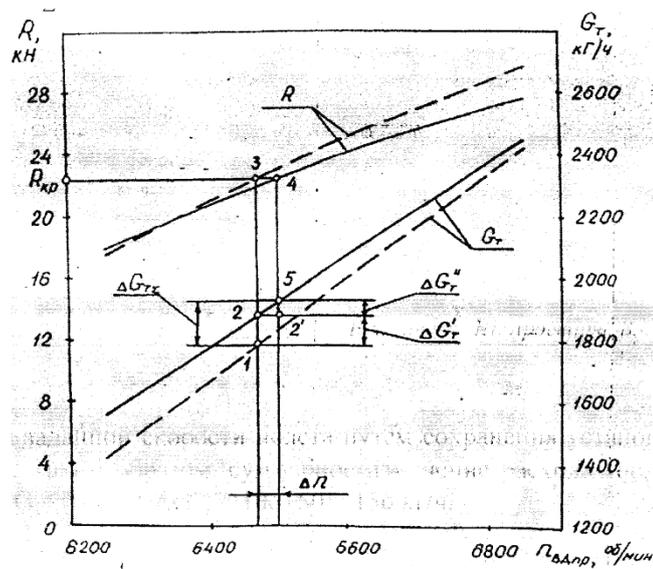


Рисунок. Дроссельные характеристики двигателя НК-8-2У ($H=11000$ м, $M = 0,8$): сплошная линия – загрязненный двигатель; пунктир – очищенный двигатель

Анализ характера загрязнений основных узлов ГТД показывает, что для очистки последних требуется применение комплексного технологического процесса, предусматривающего эффективное удаление различных типов вредных отложений. Это влечет за собой необходимость использования универсальных технологий промывки и моющих средств [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Горелов В.И. Эксплуатация корабельных газотурбинных установок. - М.: Воениздат, 1972.
2. Банбан В.Ф., Колобанов В.Ю., Турко В.П. Влияние промывки авиадвигателей на эффективность их использования в эксплуатации // Авиационная промышленность. - 1992. - № 4.

AVIATION ENGINE AIR-GAS CHANNEL CONTAMINATION DIAGNOSTIC CHARACTER

Konyaev E.A., Ardeshiri Sh., Banban V.F., Djafari P.

The aviation engine air-gas channel contamination rate estimation methods are explored in the article.

Key words: aviation engine, air-gas channel, contamination, estimation methods, cleaning quality.

Сведения об авторах

Коняев Евгений Алексеевич, 1937 г.р., окончил РИИГА (1959), доктор технических наук, профессор кафедры авиатопливообеспечения и ремонта ЛА МГТУ ГА, автор более 200 научных работ, область научных интересов - диагностика авиационных ГТД, авиационная химмотология топлив и масел эксплуатация воздушного транспорта.

Ардешери Шади, окончила МГТУ ГА (2011), аспирантка МГТУ ГА, автор 2 научных работ, область научных интересов - эксплуатация воздушного транспорта.

Банбан Виктор Федорович, 1961 г.р., окончил РКИИГА (1983), кандидат технических наук, заместитель директора авиакомпании Волга-Днепр, автор 10 научных работ, область научных интересов – эксплуатация воздушного транспорта.

Джафари Педрам, 1985 г.р., окончил МГТУ ГА (2008), аспирант МГТУ ГА, автор 3 научных работ, область научных интересов – эксплуатация воздушного транспорта, вибрационная диагностика механизмов и машин.