

УДК 681.3.069 : 681.3.015

Ю.Н. ЧОХА, О.И. ЧУМАК

Национальный авиационный университет, Украина

СТРАТЕГИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАЦИОННЫХ ГТД ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ С КОНТРОЛЕМ УРОВНЯ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ

Предлагается методология концептуально новой стратегии эксплуатации авиационных ГТД с использованием критерия уровня летной годности.

газотурбинные двигатели, диагностика, летная годность, надежность функционирования, качество технического состояния

Вступление

В соответствии с ГОСТ 24212-80 стратегия эксплуатации технического объекта представляет собой систему правил управления техническим состоянием (ТС) данного объекта в процессах его использования по назначению, при техническом обслуживании (ТО) и ремонте.

В настоящее время стандартизированы следующие виды стратегий: а) до отработки ресурса (срока службы); б) до предотказного состояния (или по ТС с контролем параметров); в) до отказа (или по ТС с контролем уровня надежности) [1].

В качестве основного признака, который характеризует стратегию эксплуатации авиационных ГТД, принимают характер и полноту информации о их текущем ТС и надежность, которая используется при назначении периодичности и объема регламентных (ремонтных) работ.

Совершенство и эффективность вида стратегии и программы его реализации определяется степенью взаимодействия между объективно существующим процессом изменения ТС авиадвигателя и процессом его эксплуатации, предназначенным для сохранности (поддержки) его летной годности и работоспособности (исправности). В настоящее время боль-

шинство авиакомпаний использует стратегию эксплуатации и программу ТО ГТД по ресурсу (сроку службы), которые базируются на периодическом выполнении заданных объемов профилактически-восстановительных (ремонтных) работ через заранее запланированное время наработки (или календарного срока) независимо от их фактического текущего ТС.

При этом обеспечивается очень слабое взаимодействие между указанными процессами поддержания исправности и надежности эксплуатирующихся ГТД и эффективностью их использования.

Установлено, что наиболее тесную связь между этими процессами позволяют обеспечить программы ТО ГТД, которые базируются на стратегии эксплуатации по ТС с контролем параметров. В этом случае в процессе эксплуатации авиадвигателя объем и содержание профилактически-восстановительных (ремонтных) работ назначаются в соответствии с определенными методами и средствами диагностики реальным (текущим) ТС данного экземпляра ГТД (и/или их конструктивных узлов, элементов). Проведенные расчеты и практика передовых мировых авиакомпаний показывают, что при внедрении стратегии эксплуатации объектов авиатехники по ТС можно сократить затраты на их ТО на 30 – 40% [2, 3].

Но учитывая то, что большинство современных авиационных ГТД, которые эксплуатируются в авиакомпаниях Украины, относятся к типу двигателей низкого уровня контролепригодности, а оценка их ТС существующими методами и средствами осуществляется лишь на 1-м уровне глубины диагностирования (объект в целом), применение для них стратегии эксплуатации по ТС с контролем параметров оказывается невозможным.

В связи с этим внедрение разработанных авторами интеллектуальных методов текущего контроля и диагностирования до узла (элемента) проточной части ГТД [4, 5] в совокупности с системой диагностирования «диагноз – качество – надежность» [6] позволяет предложить концептуально новую стратегию эксплуатации ГТД до предотказного состояния, а именно стратегию эксплуатации авиадвигателей по ТС с контролем уровня летной годности (ЛГ).

Модель стратегии эксплуатации ГТД по ТС с контролем уровня ЛГ

Основной характерной и отличительной особенностью новой стратегии эксплуатации является определение и контроль текущего уровня ЛГ конкретного экземпляра ГТД, который находится в условиях регулярной эксплуатации. Методика оценки уровня ЛГ авиационного ГТД базируется на использовании концепции системы текущего контроля и диагностирования проточной части ГТД относительно определения текущих величин показателей технического диагноза ($K_{\Sigma}(t_i)$), качества ТС ($W_{si}(K_{\Sigma u}(t_i))$), надежности функционирования ($P_{si}(K_{\Sigma u}(t_i))$) [6] и ее реализации в концептуальной модели стратегии эксплуатации ГТД по ТС с контролем уровня ЛГ, которая представлена на рис. 1.

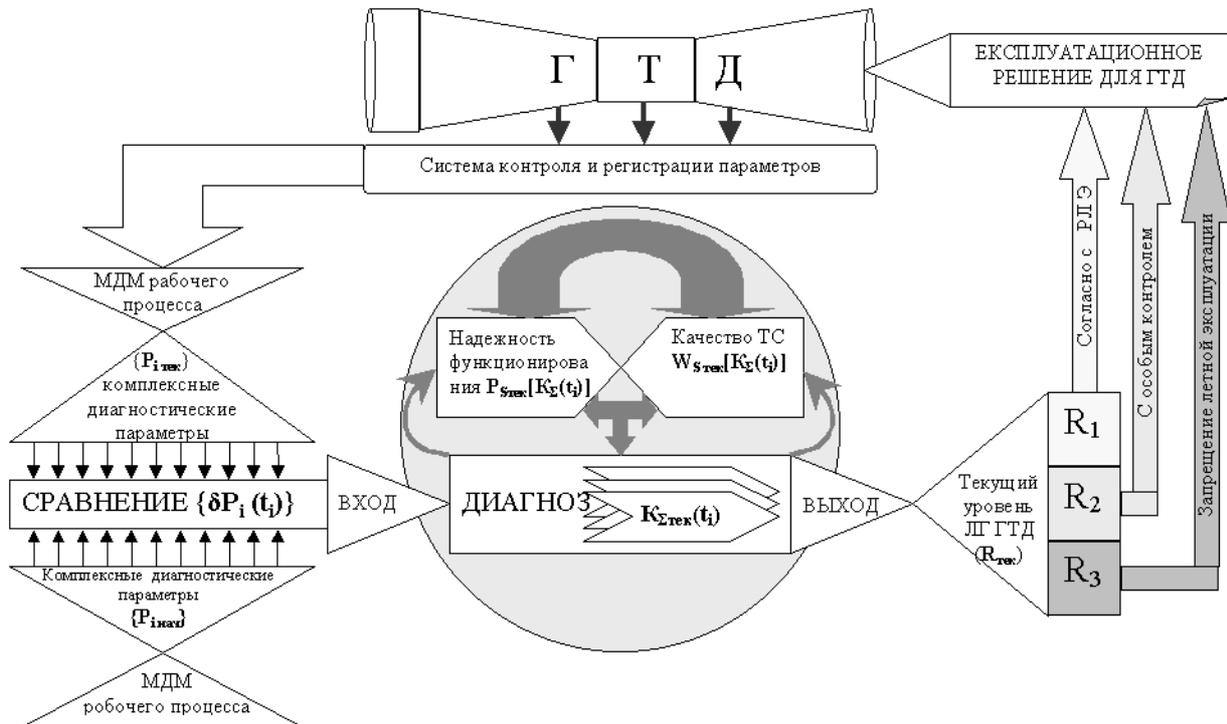


Рис. 1. Концептуальная модель стратегии эксплуатации ГТД по ТС с контролем уровня ЛГ

Ранжирование принципиальных уровней ЛГ в этой модели показано в табл. 1.

Итак, методика определения текущего уровня ЛГ авиационного ГТД состоит в следующем:

– определяется текущее значение показателя уровня ЛГ ($R_{мек}$) по соотношению:

$$R_{мек} = \sqrt{(1 - K_{\Sigma мек})^2 + W_{S мек}^2 + P_{S мек}^2}, \quad (1)$$

где $K_{\Sigma мек}$ – текущее значение показателя технического диагноза; $W_{S мек}$ – текущее значение показателя качества ТС; $P_{S мек}$ – текущее значение показателя надежности функционирования;

Таблица 1

Ранги принципиальных уровней ЛГ ГТД

Уровни ЛГ ГТД (R_i)	Векторное представление показателя уровня ЛГ (\vec{R}_i)	Диапазон абсолютных значений показателя уровня ЛГ $\{R_i\}$	Характеристика уровня ЛГ ГТД и эксплуатационное решение
1. Достаточный (R_1)	$\vec{R}_1 = \vec{K}_{\Sigma 1} + \vec{W}_{S1} + \vec{P}_{S1}$	$\sqrt{\left(1 - K_{\Sigma 1 \left(\frac{\min}{\max}\right)}\right)^2 + W_{S1 \min}^2 + P_{S1 \min}^2} \leq R_1 \leq \sqrt{K_{\Sigma 0}^2 + W_{S0}^2 + P_{S0}^2}$	Техническое состояние проточной части ГТД: «исправный», «хорошей» степени качества ТС и «заданного» уровня надежности функционирования. <u>Режим ЛТЭ</u> : согласно с РЛЭ без ограничений. <u>Режим ТО</u> : по регламенту ОТО.
2. Допустимый (R_2)	$\vec{R}_2 = \vec{K}_{\Sigma 2} + \vec{W}_{S2} + \vec{P}_{S2}$	$\sqrt{\left(1 - K_{\Sigma 2 \left(\frac{\min}{\max}\right)}\right)^2 + W_{S2 \min}^2 + P_{S2 \min}^2} \leq R_2 < \sqrt{\left(1 - K_{\Sigma 1 \left(\frac{\min}{\max}\right)}\right)^2 + W_{S1 \min}^2 + P_{S1 \min}^2}$	Техническое состояние проточной части ГТД: «неисправный», но «работоспособный», «удовлетворительного» качества ТС и «допустимого» уровня надежности функционирования. <u>Режим ЛТЭ</u> : с ограничением <u>Режим ТО</u> : по регламенту ОТО с особым контролем.
3. Недопустимый (R_3)	$\vec{R}_3 = \vec{K}_{\Sigma 3} + \vec{W}_{S3} + \vec{P}_{S3}$	$R_3 < \sqrt{\left(1 - K_{\Sigma 2 \left(\frac{\min}{\max}\right)}\right)^2 + W_{S2 \min}^2 + P_{S2 \min}^2}$	Техническое состояние проточной части ГТД: «неработоспособный», «неудовлетворительного» качества ТС и «недопустимого» уровня надежности функционирования. <u>Режим ЛТЭ</u> : запрет ЛТЭ. <u>Режим ТО</u> : по регламенту ПТО.

– если текущее значение показателя уровня ЛГ ($R_{мек}$), которое определено по (1), находится в пределах 1-го уровня ЛГ (табл. 1)

$$R_{мек} \in \{R_1\}, \quad (2)$$

то оно отвечает «достаточному» уровню ЛГ ГТД (табл. 1, п. 1), что характеризуется «докритическим» диапазоном в системе диагностирования, при котором его ТС оценивается как «исправное», «хорошей» степени качества и «заданного» уровня надеж-

ности функционирования, а эксплуатационное решение состоит в разрешении осуществления режимов ЛТЭ данного экземпляра ГТД в соответствии с руководством по летной эксплуатации (РЛЭ), а его ТО производят в соответствии с регламентом оперативного ТО (ОТО) типового ГТД;

– если текущее значение показателя уровня ЛГ ($R_{мек}$), которое определено по (1), находится в пределах 2-го уровня ЛГ (табл. 1)

$$R_{тек} \in \{R_2\}, \quad (3)$$

то оно отвечает «допустимому» уровню ЛГ ГТД, которое характеризуется «критическим» диапазоном в системе диагностирования (табл. 1, п. 2), при котором его ТС оценивается как «неисправное», но «работоспособное», «удовлетворительной» степени качества и «допустимого» уровня надежности функционирования, а эксплуатационное решение состоит в разрешении осуществления режимов ЛТЭ данного экземпляра ГТД с ограничениями определенных параметров, а его ТО производят в соответствии с регламентом ОТО с особым контролем динамики деградации ТС идентифицированного неисправного конструктивного узла (элемента) диагностируемого ГТД;

– если текущее значение показателя уровня ЛГ ($R_{тек}$), которое определено по (1), попадает в пределы 3-го уровня ЛГ (табл. 1, п. 3)

$$R_{тек} \in \{R_3\}, \quad (4)$$

то оно отвечает «недопустимому» уровню летной годности ГТД, которое характеризуется «закритическим» диапазоном в системе диагностирования, при котором его техническое состояние оценивается как «неработоспособное», «неудовлетворительной» сте-

пени качества и «недопустимого» уровня надежности функционирования, а эксплуатационное решение состоит в безусловном запрете ЛТЭ данного экземпляра ГТД и обязательном проведении на нем комплекса профилактически – восстановительных работ по форме регламента периодического технического обслуживания (ПТО) или по форме ремонта типового ГТД.

Графическая интерпретация применения вышеупомянутой стратегии представлена на рис. 2 и 3.

Выводы

Предложенная стратегия эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей по техническому состоянию с контролем уровня летной годности, которая реализована в виде концептуальной модели и методике аналитического и графического определения текущего показателя уровня летной годности ГТД, позволяет оперативно принимать авиаперсоналу эксплуатационное решение относительно реализации текущих режимов летно-технической эксплуатации конкретного экземпляра ГТД, который диагностируется, и режимов проведения на нем технического обслуживания.

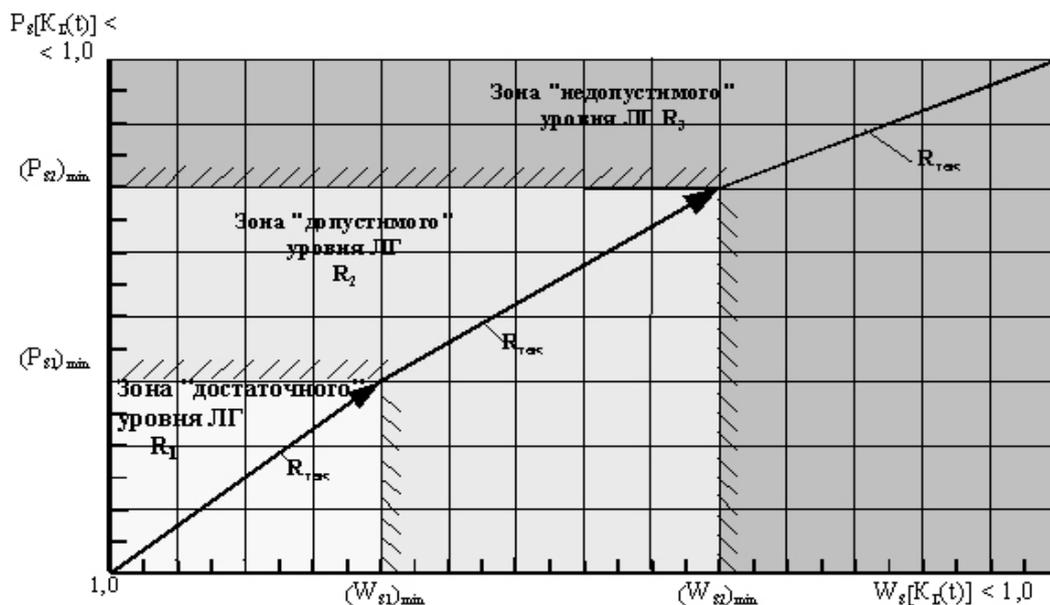


Рис. 2. Графическое определение текущего уровня летной годности ГТД как объекта эксплуатации с использованием концепции системы текущего контроля и диагностирования типа «диагноз – качество – надежность» в двухмерной системе координат

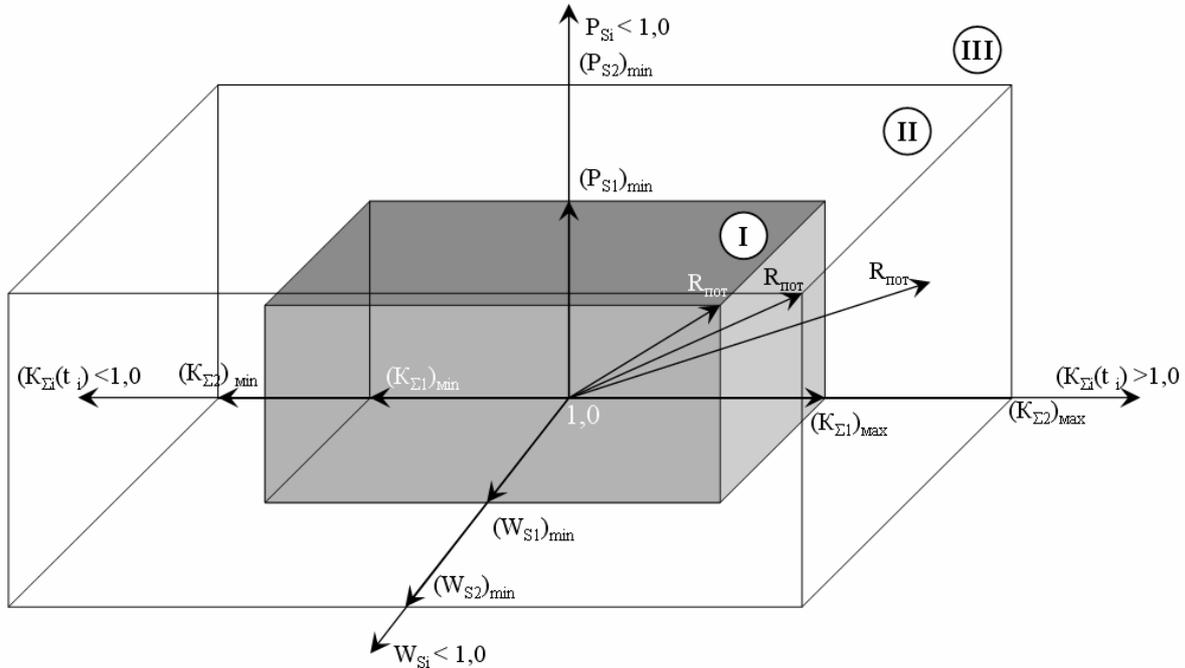


Рис. 3. Графическое определение текущего уровня ЛГ ГТД с диагностированием до узла проточной части в трехмерной системе координат

Литература

1. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. –М.: Транспорт, 1987. – 272 с.
2. Игнатов В.А., Тараненко А.Г. Авиационные системы диагностирования. – К.: КИИГА, 1991. – 104 с.
3. Безпека авіації / В.П. Бабак, В.П. Харченко, В.О. Максимов та ін.; За ред. В.П. Бабака. – К.: Техніка, 2004. – 584 с.
4. Чоха Ю.М., Лихоманенко В.А., Федорчук О.П. Реалізація комплексного контроль-но-розрахункового методу діагностування в середовищі експертної системи типового ГТД // Труды аціональної академії

оборони України. – К.: НАОУ, 2005. – Вип. № 58. – С. 297-302.

5. Чоха Ю.М., Смаглюк В.М., Хабаров Ю.В. Алгоритм реалізації комбінованого функціонального методу ідентифікації несправного вузла типового ТРДД // Збірн. наук. праць ЦНДІ ЗС України. – К.: ЦНДІ ЗС України, 2005. – № 3. – С. 160-170.

6. Чоха Ю.Н., Чумак О.И. Обоснование математической модели динамической системы диагностики ГТД // Авиационно-космическая техника и технология. – 2006. – № 1. – С. 68-71.

Поступила в редакцию 5.04.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.С. Кулик, Национальный авиационный университет, Киев.