

УДК 681.3.069:681.3.015

Ю.М. Чоха, канд. техн. наук

МЕТОДОЛОГІЯ СТРАТЕГІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВІАЦІЙНИХ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ ЗА ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ З КОНТРОЛЕМ РІВНЯ ЛЬОТНОЇ ПРИДАТНОСТІ

НАУ, кафедра збереження льотної придатності авіаційної техніки

E-mail: zlp@nau.edu.ua

Запропоновано методологію концептуально нової стратегії експлуатації авіаційних газотурбінних двигунів з використанням критерія рівня льотної придатності.

Offered methodology to conceptual new strategy to usages aircraft gas turbine engine with use criterion level available.

Постановка проблеми

Відповідно до ГОСТ 24212-80 стратегія експлуатації технічного об'єкта являє собою систему правил керування технічним станом (ТС) об'єкта під час його використання за призначенням, при технічному обслуговуванні (ТО) і ремонті. Згідно з працею [1] стандартизовано такі види стратегій: до відпрацювання ресурсу (строку служби), до передвідмовного стану (або за ТС з контролем параметрів), до відмови (або за ТС з контролем рівня надійності). За основні ознаки, що характеризують стратегію експлуатації авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД), беруть характер і повноту інформації про їх поточний ТС та надійність, яка використовується у разі призначення періодичності й обсягу регламентних (ремонтних) робіт. Досконалість й ефективність виду стратегії та програми її реалізації визначається ступенем взаємодії між об'єктивно існуючим процесом зміни ТС ГТД і процесом його експлуатації, призначеним для збереження (підтримки) його льотної придатності (ЛП) та працездатності (справності). На сьогодні більшість авіакомпаній використовують стратегію експлуатації і програму ТО ГТД за ресурсом (строком служби), що базуються на періодичному виконанні заданих обсягів профілактично-відновлювальних (ремонтних) робіт через заздалегідь запланований час напрацювання (чи календарний строк) незалежно від їх фактичного поточного ТС.

Таким чином, забезпечується дуже слабка взаємодія між зазначеними процесами підтримки справності й надійності ГТД, що експлуатуються, та ефективністю їх використання. Найбільш тісний зв'язок між цими процесами дозволяють забезпечити програми ТО ГТД, що базуються на стратегії експлуатації за ТС із контролем параметрів. У цьому разі в процесі експлуатації ГТД обсяг і зміст профілактично-відновлювальних (ремонтних) робіт призначається відповідно до визначеного методами і засобами діагностики реального (поточного) ТС екземпляру ГТД (і/або їх конструктивних вузлів, елементів).

Проведені розрахунки та практика передових світових авіакомпаній показують, що у разі впровадження стратегії експлуатації об'єктів авіаційної техніки за ТС можна скоротити витрати на їх ТО на 30–40% [2; 3].

Оскільки більшість сучасних авіаційних ГТД, що експлуатуються в авіакомпаніях України, належать до типу двигунів низького рівня контролепридатності, а оцінювання їх ТС існуючими методами і засобами здійснюється лише на першому рівні глибини діагностування (об'єкт у цілому), застосування для них стратегії експлуатації за ТС з контролем параметрів виявляється неможливим. У зв'язку з цим упровадження розроблених автором інтелектуальних методів поточного контролю та діагностування до вузла (елемента) проточної частини ГТД [4; 5] спільно з системою діагностування „діагноз–якість–надійність” [6] дозволяє запропонувати концептуально нову стратегію експлуатації ГТД до передвідмовного стану, а саме стратегію експлуатації ГТД за ТС з контролем рівня ЛП.

Модель стратегії експлуатації газотурбінних двигунів за технічним станом з контролем рівня льотної придатності

Основною характерною та відмінною рисою нової стратегії експлуатації є визначення і контроль поточного рівня ЛП конкретного екземпляру ГТД, що знаходиться в умовах регулярної експлуатації. Методика оцінки рівня ЛП авіаційного ГТД базується на використанні концепції системи поточного контролю та діагностування проточної частини ГТД щодо визначення поточних величин показників технічного діагнозу ($K_{\Sigma}(t_i)$), якості ТС ($W_{si}[K_{\Sigma}(t_i)]$), надійності функціонування ($P_{si}[K_{\Sigma}(t_i)]$) [6] та її реалізації в концептуальній моделі стратегії експлуатації ГТД за ТС з контролем рівня ЛП, яка зображена на рис. 1.

У цій моделі ранжування принципів рівнів ЛП здійснюється згідно з таблицею. Графічна інтерпретація застосування вищезазначеної стратегії зображена на рис. 2, 3.

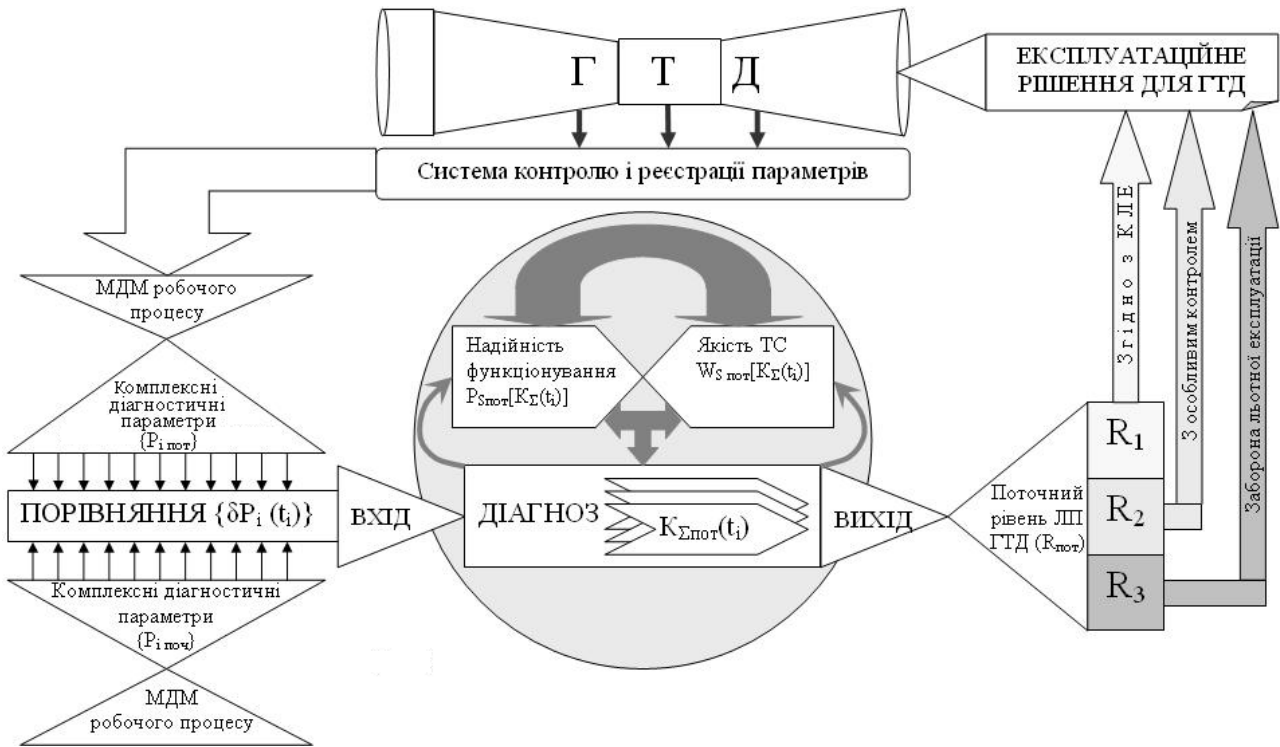


Рис. 1. Концептуальна модель стратегії експлуатації ГТД за ТС з контролем рівня ЛП: МДМ – математична діагностична модель

Ранги принципів рівнів ЛП ГТД

Рівень ЛП ГТД, R_i	Векторне подання показника рівня ЛП \vec{R}_i	Діапазон абсолютних значень показника рівня ЛП $\{R_i\}$	Характеристика рівня ЛП ГТД та експлуатаційне рішення
I. Достатній R_1	$\vec{R}_1 = \vec{E}_{\Sigma 1} + \vec{W}_{S1} + \vec{P}_{S1}$	$\sqrt{\left(1 - K_{\Sigma 1 \langle \min \rangle}^{\max}\right)^2} + W_{S1 \min}^2 + P_{S1 \min}^2 \leq R_1 \leq \sqrt{K_{\Sigma 0}^2 + W_{S0}^2 + P_{S0}^2}$	Технічний стан проточної частини ГТД: справний, гарної якості та заданого рівня надійності функціонування. Режим ЛТЕ → згідно з КЛЕ без обмежень. Режим ТО → за регламентом ОТО
II. Допустимий R_2	$\vec{R}_2 = \vec{E}_{\Sigma 2} + \vec{W}_{S2} + \vec{P}_{S2}$	$\sqrt{\left(1 - K_{\Sigma 2 \langle \min \rangle}^{\max}\right)^2} + W_{S2 \min}^2 + P_{S2 \min}^2 \leq R_2 < \sqrt{\left(1 - K_{\Sigma 1 \langle \min \rangle}^{\max}\right)^2} + W_{S1 \min}^2 + P_{S1 \min}^2$	Технічний стан проточної частини ГТД: несправний, але працездатний, задовільної якості та допустимого рівня надійності функціонування. Режим ЛТЕ → з обмеженням. Режим ТО → за регламентом ОТО з особливим контролем
III. Недопустимий R_3	$\vec{R}_3 = \vec{E}_{\Sigma 3} + \vec{W}_{S3} + \vec{P}_{S3}$	$R_3 < \sqrt{\left(1 - \hat{E}_{\Sigma 2 \langle \min \rangle}^2\right)^2} + W_{S2 \min}^2 + P_{S2 \min}^2$	Технічний стан проточної частини ГТД: непрацездатний, незадовільної якості та недопустимого рівня надійності функціонування. Режим ЛТЕ → заборона ЛТЕ. Режим ТО → за регламентом ПТО

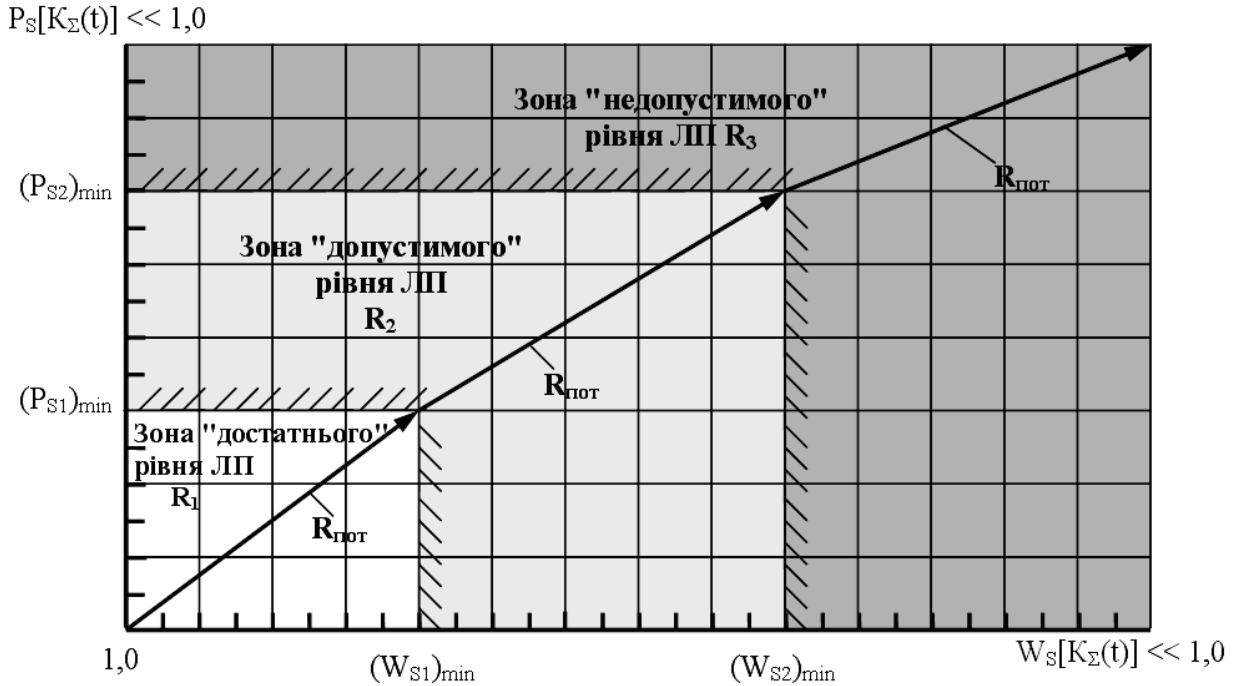


Рис. 2. Графічне визначення поточного рівня ЛП ГТД як об'єкта експлуатації з використанням концепції системи поточного контролю та діагностування типу „діагноз–якість–надійність” у двовимірній системі координат

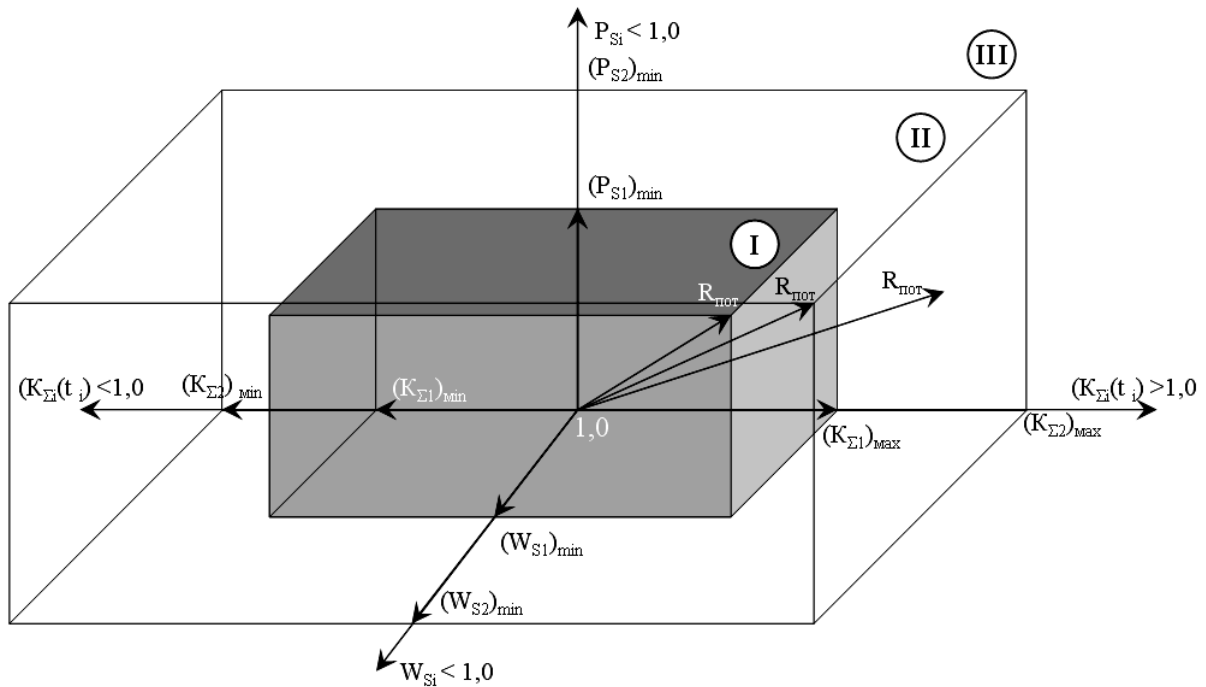


Рис. 3. Графічне визначення поточного рівня ЛП ГТД з діагностуванням до вузла проточної частини у тривимірній системі координат:
I, II, III – рівень ЛП ГТД

Отже, методика визначення поточного рівня ЛП авіаційного ГТД полягає у такому.

Показника рівня ЛП $R_{\text{пот}}$ визначають за співвідношенням

$$R_{\text{під}} = \sqrt{(1 - \hat{E}_{\Sigma \text{під}})^2 + W_{S \text{під}}^2 + D_{S \text{під}}^2},$$

де $K_{\Sigma \text{пот}}$, $W_{S \text{пот}}$, $P_{S \text{пот}}$ – поточні значення показників відповідно до технічного діагнозу, якості ТС та надійності функціонування.

Якщо поточне значення показника рівня ЛП $R_{\text{пот}}$ знаходиться в межах I рівня ЛП (див. таблицю), тобто

$$R_{\text{під}} \in \{R_1\},$$

то воно відповідає достатньому рівню ЛП ГТД, що характеризується докритичним діапазоном у системі діагностування, при якому ТС оцінюється як справний, задовільного ступеня якості та заданого рівня надійності функціонування.

Експлуатаційне рішення полягає у дозволі здійснення режимів льотно-технічної експлуатації (ЛТЕ) даного екземпляра ГТД згідно з керівництвом льотної експлуатації (КЛЕ), а його ТО здійснюють згідно з регламентом оперативного ТО (ОТО) типового ГТД.

Якщо поточне значення показника рівня ЛП $R_{\text{пот}}$ знаходиться в межах II рівня ЛП, тобто

$$R_{\text{під}} \in \{R_2\},$$

то воно відповідає допустимому рівню ЛП ГТД, що характеризується критичним діапазоном у системі діагностування, при якому ТС оцінюється як несправний, але працездатний, задовільного ступеня якості і допустимого рівня надійності функціонування.

Експлуатаційне рішення полягає в дозволі здійснення режимів ЛТЕ даного екземпляра ГТД з обмеженнями певних параметрів, а його ТО здійснюють згідно з регламентом ОТО з особливим контролем динаміки деградації ТС ідентифікованого несправного конструктивного вузла (елемента) ГТД, що діагностується.

Якщо поточне значення показника рівня ЛП $R_{\text{пот}}$ потрапляє в межі III рівня ЛП, тобто

$$R_{\text{під}} \in \{R_3\},$$

то воно відповідає недопустимому рівню ЛП ГТД, що характеризується закритичним діапазоном у системі діагностування, при якому ТС оцінюється як непрацездатний, незадовільного ступеня якості й недопустимого рівня надійності функціонування. Експлуатаційне рішення полягає у безумовній забороні ЛТЕ даного екземпляра ГТД та обов'язковому проведенні на ньому комплексу профілактично-відновлювальних робіт за формою регламенту періодичного ТО (ПТО) або за формою ремонту типового ГТД.

Висновки

Запропонована методологія стратегії експлуатації авіаційних ГТД за ТС з контролем рівня ЛП, яка реалізована у вигляді концептуальної моделі та методики аналітичного й графічного визначення поточного показника рівня ЛП ГТД, дозволяє оперативно приймати авіаційному персоналу експлуатаційне рішення щодо реалізації поточних режимів ЛТЕ конкретного екземпляру ГТД, що діагностується, та режимів проведення на ньому ТО.

Література

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 контрольо-розрахункового методу діагностування в середовищі експертної системи типового ГТД // Тр. Нац. акад. оборони України. – 2005. – № 58. – С. 297–302.
5. Чоха Ю.М., Смаглюк В.М., Хабаров Ю.В. Алгоритм реалізації комбінованого функціонального методу ідентифікації несправного вузла типового ТРДД // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – 2005. – №3. – С. 160–170.
6. Чоха Ю.М. Концепція системи поточного контролю та діагностування ГТД "діагноз – якість – надійність" // Вестн. двигателестроения. – Запоріжжя: ОАО "Мотор Січ". – 2006. – №1. – С. 53–58.

Стаття надійшла до редакції 10.03.06.