

УДК 681.3.069:681.3.015

## МОДЕЛІ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЬНО-РОЗРАХУНКОВОГО МЕТОДУ ПОГЛИБЛЕНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ АВІАДВИГУНІВ

Ю. М. Чоха, д-р техн. наук

Національний авіаційний університет

vladimirvkozlov@yandex.ru

*Розглянуто методологічні етапи здійснення універсального комплексного контрольно-розрахункового методу і особливості його практичної реалізації в середовищі автоматизованих розрахунково-інформаційних систем для забезпечення оперативної поглибленої оцінки поточного технічного стану типових складних об'єктів авіатехніки.*

**Ключові слова:** універсальний комплексний контрольно-розрахунковий метод, діагностування динамічних об'єктів авіатехніки.

*We consider some methodological steps of the implementation of the universal integrated method to provide enhanced operational assessment of the current technical condition of modern aircraft engines.*

**Keywords:** universal complex examining-calculation method, diagnostic of dynamic objects of aircraft.

### Вступ

Сучасні авіадвигуни належать до складних динамічних технічних об'єктів авіатехніки (АТ).

Серед значної кількості існуючих методів і засобів контролю та діагностування авіадвигунів, які застосовуються в процесах їх технічного обслуговування і льотно-технічної експлуатації для управління поточним ТС, найбільш поширеним є постійний параметричний контроль з реєстрацією даних від вбудованих штатних систем з подальшою оцінкою наявності (або відсутності) тренда контрольованих параметрів методами ймовірнісної статистики.

Проте, враховуючи ту обставину, що переважна більшість сучасних авіадвигунів та їх функціональних систем обладнуються незначною кількістю засобів прямого вимірювання параметрів, ефективність існуючих штатних СКД і якість аналізу параметричної інформації залишаються на низькому рівні, що призводить до несвочасного виявлення несправностей конструктивних вузлів (елементів) цих об'єктів АТ і неможливості оперативного прийняття авіаційним персоналом відповідних експлуатаційних рішень. Як наслідок, збільшується кількість відмов і дострокового припинення їхньої експлуатації.

Тому особливо важливим і актуальним питанням для авіаційної галузі є вирішення науково-прикладної проблеми підвищення ефективності штатних систем контролю параметрів і якості аналізу параметричної інформації складних динамічних об'єктів АТ для забезпечення оперативної підтримки прийняття авіаційним персоналом експлуатаційних рішень як у польоті, так і в міжпольотний період при виконанні оперативного технічного обслуговування.

### Моделі практичної реалізації комплексного методу діагностування авіадвигунів

Виходячи із суті запропонованої моделі реалізації комплексного контрольно-розрахункового (ККР) методу поточного контролю і оцінки ТС складних динамічних об'єктів АТ [1], пропонуються функціонально-аналітична (рис. 1) і структурно-інформаційна моделі автоматизованої системи діагностування та підтримки прийняття рішень (АСД ППР) типу «Експерт — об'єкт АТ» (рис. 2), які пояснюють процеси взаємодії бази знань і функціонування АСД ППР у процесах діагностування екземплярів об'єктів АТ.

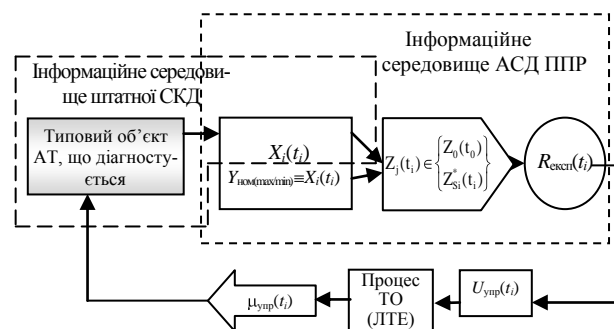


Рис. 1. Функціонально-аналітична модель реалізації ККР методу

При цьому прикладна модель АСД ППР типового об'єкта АТ повинна задовольняти наступним аналітичним моделям його технічних станів:

1. Аналітична інформативно-діагностична модель робочого процесу об'єкта АТ для справного (еталонного) технічного стану (ТС):

$$Z_0 \ t_0 = f \quad X_i = Y_{i1} ; t_0 \ .$$

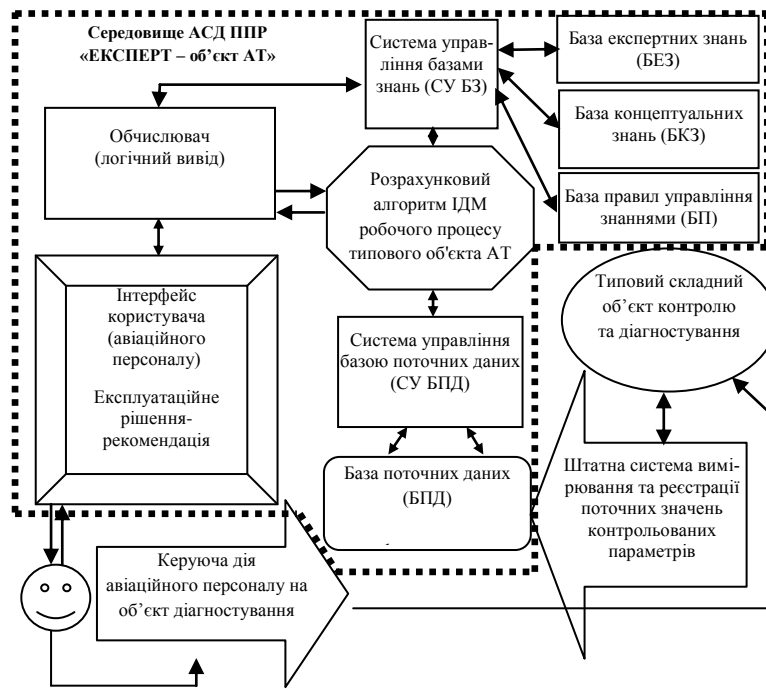


Рис. 2. Структурно-інформаційна модель АСД ППР типу «Експерт — об'єкт АТ»

2. Аналітична інформативно-діагностична модель робочого процесу об'єкта АТ для несправного ТС:  $Z_{Si}^* t_0 = f X_i \geq Y_{\max}; t_i$ , або  $Z_{Si}^* t_i = f X_i \leq Y_{\min}; t_i$ .

3. Аналітична інформативно-діагностична модель робочого процесу об'єкта АТ для поточного ТС:

$$Z_j t_j = f X_j = Y_i; t_i \in \in Z_0 t_0 \hat{=} Z_{Si}^* t_i.$$

Граничні умови:

– множина несправних ТС  $S_i$  об'єкта АТ кінцева:

$$S_i \in S, i=1, 2, \dots, |O| \dots;$$

– множина окремих експлуатаційних несправностей  $O_i$  об'єкта АТ кінцева:

$$O_i \in O, i=1, 2, \dots, |O| \dots;$$

– забезпечується повна сумісність АСД ППР зі штатною СКД, тобто має місце відповідність бази знань (БЗ), що міститься в АСД ППР

$$(БЗ|_{АСД\ ППР} Y_{i11}; Y_{\max}; Y_{\min})$$

у середовищі бази поточних даних (БПД), сформованою штатною СКД типового об'єкта АТ (БПД|<sub>СКД</sub>  $X_i t_i$  :

$$БЗ|_{АСД\ ППР} Y_{i11}; Y_{\max}; Y_{\min} = БПД|_{СКД} X_i t_i.$$

– усі окремі екземпляри об'єктів АТ, що діагностуються, належать до класу об'єктів безперервної дії, тобто значення контрольованих параметрів і діагностичних ознак об'єктів змінюються за часом їх напрацювання безперервно:

$$X_i = f t_i ;$$

– рішення-рекомендації для авіаційного персоналу з питань експлуатації  $R_{\text{аєн}} t_i$  під час роботи АСД ППР залежать від значення функціоналу  $Z_j t_j$ , який оцінює вид поточного технічного стану об'єкта діагностування (тобто, вид його технічного діагнозу):

$$R_{\text{аєн}} t_i = f Z_j t_j.$$

#### Умови практичного використання ККР методу

Для практичного застосування даного методу діагностування потрібно виконання таких умов:

– визначення Замовником конкретних типів об'єктів АТ, які потребують оперативного діагностування та автоматизованої підтримки прийняття рішення в умовах експлуатації;

– наявність теоретичних і практичних основ побудови спеціалізованих гібридних динамічних автоматизованих систем діагностування складних об'єктів;

– наявність сформованого колективу фахівців-розробників (експертів, інженерів по знаннях і системних програмістів);

– забезпечення фінансової підтримки;

– реалізація прикладних методик синтезу адекватних багатопараметричних інформативно-діагностичних моделей робочих процесів типових об'єктів АТ;

– використання спеціальних методів оперативної ідентифікації виду поточного ТС окремих екземплярів об'єктів діагностування без їх демонтажу;

- застосування сучасного програмного забезпечення для моделювання середовищ спеціалізованих баз знань автоматизованих систем;
- використання новітніх інструментальних засобів обробки і відображення різних видів інформації.

### **Інформаційні технології реалізації ККР методу в середовищі АСД ППР типу «Експерт — об'єкт АТ»**

Для апробації ККР методу і виконання зазначених умов його реалізації на конкретному складному об'єкті АТ (типів авіадвигунів) розроблені:

1. Прикладні методики та розрахункові алгоритми аналітичних ІДМ робочих процесів двоконтурних газотурбінних двигунів [2], в яких використовується повна система нелінійних рівнянь і критеріїв динамічної подібності, що описує параметри на вході і виході кожного конструктивного вузла проточної частини, враховує їх спільну роботу і закони управління на усталених режимах роботи. Це дозволяє істотно (більш, ніж на порядок) розширити інформативно-діагностичну базу об'єктів АТ низького рівня контролепридатності і дає можливість визначити зміну параметрів вузлів (елементів) залежно від різновидів можливих експлуатаційних пошкоджень. Працездатність і адекватність ІДМ забезпечується реалізацією методу лінійної оптимізації параметрів з обмеженням за технічними умовами, а їх підтвердження здійснюється порівнянням отриманих результатів аналітичного моделювання з відомими тестовими експериментальними даними по окремих типах авіадвигунів, отриманих в ОКБ їх виробників, а також з даними комплексних експериментальних досліджень, виконаних на натурному газодинамічному стенді типового авіадвигуна;

2. Алгоритм реалізації нового виду інформативно-пошукового підходу для оперативного автоматизованого розпізнавання у вигляді комбінованого функціонально-тестового (КФТ) методу ідентифікації [3]. Цей метод, на відміну від існуючих функціональних або тестових методів ідентифікації, ґрунтується на використанні послідовної комбінації спеціальних розрахунково-функціональних алгоритмів і вирішальних тестових правил для ідентифікації виду поточного ТС як окремих екземплярів складних об'єктів АТ, які діагностуються в цілому, так і їх конструктивних вузлів. Даний метод реалізований у вигляді робочих алгоритмів і адаптований у межах вищерозглянутого ККР методу діагностування об'єктів АТ на чотирьох умовних етапах із застосуванням чітких вирішальних правил на прикла-

ді діагностування типових складних об'єктів АТ (типу авіадвигунів);

3. Узагальнений алгоритм розв'язання задачі діагностики типових складних динамічних об'єктів АТ до вузла ККР методом в поєднанні з алгоритмами реалізації КФТ методу ідентифікації на прикладах різнотипних двигунів і автоматизований інформативно-діагностичний сигналізатор [3] з варіантами баз знань і програмного забезпечення, які практично реалізують їх в середовищі АСД ППР типу «Експерт — об'єкт АТ» для підтримки прийняття експлуатаційних рішень.

### **Висновки**

Результати тестової апробації запропонованого методу демонструють його працездатність, достовірність, ефективність і можливість реалізації в реальних умовах експлуатації складних об'єктів АТ на авіапідприємствах. При цьому показано, що використання автоматизованих АСД ППР на всіх етапах процесу оцінки ТС силової установки до конструктивного вузла дозволяє забезпечити збільшення рівня його оперативності в 3,3 разу (для силової установки Як-40) і в 2,7 разу (для силової установки Іл-76), а рівень якості аналізу параметричної інформації в процесах діагностування таких складних об'єктів АТ підвищується в два рази.

Це призводить до кардинального якісного підвищення рівня параметричної інформативності процесів їх діагностування від існуючого низького до високого рівня без значних економічних витрат і дозволяє значною мірою знизити показники тривалості і трудомісткості цього процесу.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Чоха Ю. М. Реалізація комплексного контрольно-розрахункового методу діагностування в середовищі експертної системи типового ГТД / Ю. М. Чоха, В. А. Лихоманенко, О. П. Федорчук // Труды Національної академії оборони України. — 2005. — Вип. 58. — С. 297–302.
2. Чоха Ю. М. Математична діагностична модель робочого процесу ТРДД з низьким рівнем контролепридатності / Ю. М. Чоха // Вестник двигателестроения. — 2003. — № 1. — С. 100–103.
3. Пат. 34671 Україна, МПК G07C 3/00. Спосіб комбінований функціонально-тестовий оперативної оцінки технічного діагнозу газотурбінного двигуна і його конструктивних вузлів проточної частини / Ю. М. Чоха — Опубл. 26.08.2008, Бюл. № 16.
4. Пат. 30615 Україна, МПК G07C 3/14. Сигналізатор автоматизований інформативно-діагностичний для оперативної оцінки технічного діагнозу складних динамічних об'єктів технічної експлуатації / Ю. М. Чоха. — Опубл. 11.03.2008, Бюл. №5.