

УДК 681.3.069:681.3.015

**КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ПОГЛИБЛЕНОГО  
ДІАГНОСТУВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ АВІАТЕХНІКИ****В. В. Козлов**, канд. техн. наук; **Т. О. Семитківська**, канд. техн. наук;  
**Ю. М. Чоха**, д-р. техн. наук

Національний авіаційний університет

vladimirvkozlov@yandex.ru

*Розглянуто методологічні етапи здійснення універсального комплексного контрольо-розрахункового методу та 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 контрольо-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 об'єкти авіатехніки (АТ) — як повітряні судна в цілому, так і їх конструктивні частини (такі, як планер, силова установка, функціональні системи) — належать до складних динамічних технічних об'єктів. Після їх виготовлення та в період регулярного використання за призначенням виникає необхідність визначення поточного технічного стану (ТС) кожного окремого екземпляру об'єкта АТ і прийняття щодо нього конкретного експлуатаційного рішення. Таким чином, авіаційному персоналу, який здійснює експлуатацію типової АТ, постійно необхідно шукати відповідь на два традиційних запитання: «У якому технічному стані знаходиться даний об'єкт АТ?» та «Що робити далі з цим об'єктом АТ?». При цьому методи і засоби, які використовуються для отримання відповіді на перше питання, розробляються в межах наукового напрямку «технічна діагностика», а для пошуку відповіді на друге запитання застосовуються методи і засоби підтримки прийняття рішень.

У праці [1, с. 24] справедливо зазначено, що «... процеси прийняття рішень тільки тоді стають реально працюючими, коли вони набувають чітко визначену послідовність організаційно-технологічних етапів».

Серед значної кількості існуючих методів і засобів контролю та діагностування об'єктів АТ, 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. Прийняття рішення при цьому

забезпечується шляхом використання авіаперсоналом бортових (типу МСРП, БАСК, БУР і т. п.), наземних (типу «Луч», «Аналіз», «Контроль» і т. п.) або наземно-бортових (EIDS, XMAN, «Експерт» і т. п.) систем контролю та діагностування (СКД) для типових об'єктів АТ. Проте, враховуючи ту обставину, що переважна більшість сучасних складних авіаційних об'єктів експлуатації (таких, як авіадвигуни та їх функціональні системи) обладнуються незначною кількістю засобів прямого вимірювання параметрів, ефективність існуючих штатних СКД і якість аналізу параметричної інформації залишаються на низькому рівні, що призводить до несвоєчасного 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 експлуатації складних кошторисних об'єктів АТ, знижується рівень безпеки польотів повітряних суден.

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.

**Модель реалізації ККР методу  
діагностування**

Одним з перспективних шляхів вирішення вказаної проблеми для процесів поточного діагностування складних об'єктів АТ низького рівня

контролепридатності й оперативного прийняття рішення є розроблення нових комплексних розрахунково-інформаційних (PI) методів з глибиною діагностування до конструктивного вузла (елемента), які реалізуються в середовищі гібридних динамічних автоматизованих систем діагностування та підтримки прийняття рішення (АСД ППР). У зв'язку з цим розроблені концептуальна інформаційна модель застосування ав-

томатизованої оцінки поточного ТС складного об'єкта АТ з використанням наземних та бортових АСД ППР і її методологічна модель (рис. 1), яка ґрунтується на застосуванні нових PI методів діагностування конструктивних вузлів (елементів) типових складних динамічних об'єктів АТ та інформаційних технологій, які реалізують їх у середовищі АСД ППР типу «Експерт — об'єкт АТ».

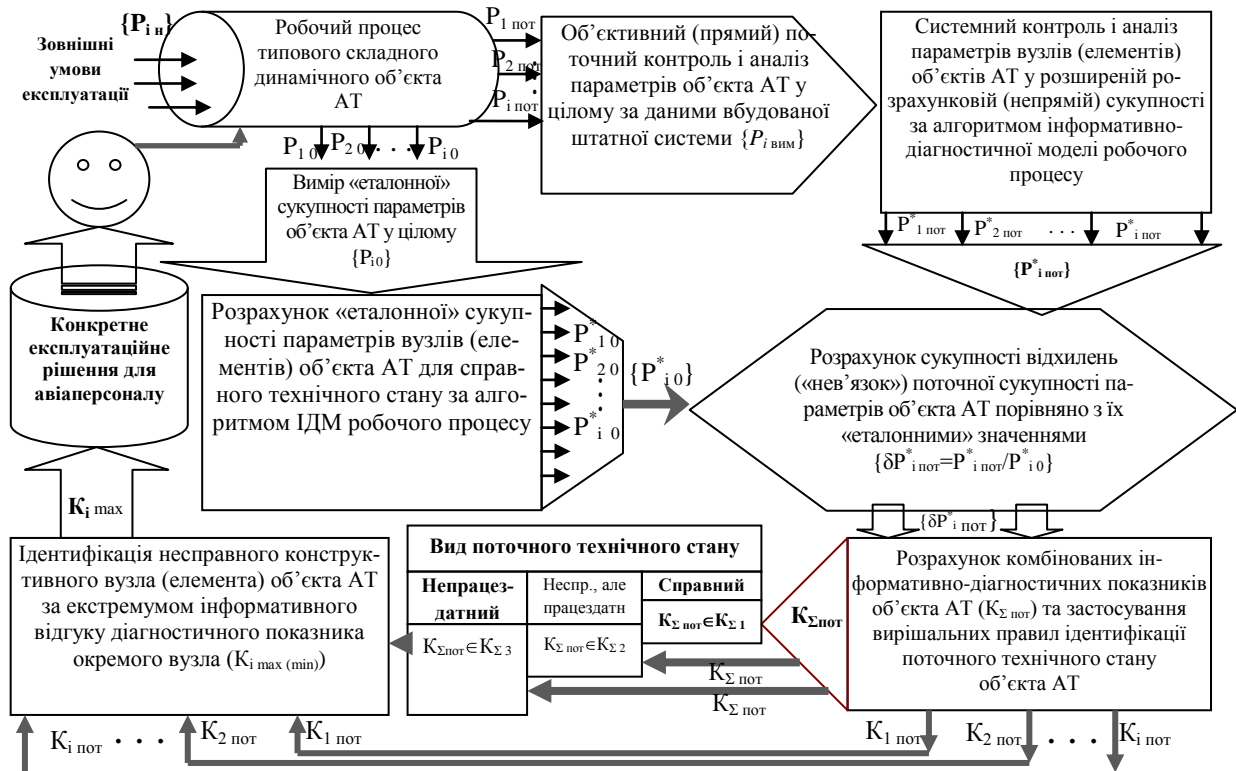


Рис. 1. Методологічна модель застосування комплексного контрольно-розрахункового методу поглибленого діагностування типових складних об'єктів АТ

На основі даної моделі комплексного інформаційно-аналітичного підходу до процесів діагностування типових складних об'єктів АТ пропонується до реалізації новий універсальний комплексний контрольно-розрахунковий (ККР) метод оперативної оцінки їх поточного ТС, який, на відміну від існуючих імовірнісних методів параметрично-трендового діагностування, забезпечує послідовне комплексне детерміноване визначення виду поточного технічного діагнозу екземплярів об'єктів АТ у цілому і на поглиблених рівнях (до вузла/елемента) з одночасною пропозицією відповідних технологічних рекомендацій авіаційному персоналу з бази знань середовища АСД ППР. Це дозволяє істотно (у декілька разів) підвищити рівень якості аналізу параметричної інформації та знизити тривалість і трудомісткість процесів діагностування складних

динамічних об'єктів без їх конструктивних доопрацювань.

Реалізація ККР методу базується на детермінованому системному аналізі параметрів у розширеному діагностичному просторі, яке забезпечується застосуванням робочих алгоритмів аналітичних (багатопараметричних) інформативно-діагностичних моделей (ІДМ) їх робочих процесів, спеціалізованих баз знань авіаційних фахівців, інформативно-пошукових методів ідентифікації поточного ТС кожного екземпляру об'єктів, що діагностуються, методик прогнозування динаміки деградації ТС автоматизованих індикативних засобів оперативного інформування авіаційному персоналу про результати діагностування з наданням йому конкретних технологічних рекомендацій для прийняття експлуатаційних рішень.

Особливостями реалізації даного методу на кожному з чотирьох умовних етапів процесу діагностування типового складного об'єкта АТ є (рис. 2):

**I етап** — формування бази поточних даних екземпляру типового об'єкта АТ у вигляді сукупності  $\{P_{i \text{ вим}}\}$  вимірних і зареєстрованих штатною СКД поточних усереднених значень параметрів та умов зовнішнього середовища на установленому режимі роботи даного екземпляру об'єкта АТ; приведення вимірних параметрів до стандартних атмосферних умов і діагностичного режиму; подання сукупності  $\{P_{i \text{ вим.пр}}\}$  на вхід бази знань АСД ППР типу «Експерт — об'єкт АТ»;

**II етап** — кардинальне розширення поточної інформативно-діагностичної бази екземпляру об'єкта АТ шляхом реалізації спеціального розрахункового алгоритму багатопараметричної ІДМ його робочого процесу та формування розширеної поточної сукупності  $\{P_{ip}^*\}$  розрахункових параметрів, які характеризують поточний ТС як даного об'єкта АТ у цілому, так і його вузлів (елементів); подання сукупності  $\{P_{ip}^*\}$  на вхід блоку порівняння значень параметрів у базі знань АСД ППР;

**III етап** — визначення виду поточного технічного діагнозу екземпляру об'єкта АТ шляхом порівняння поточної  $\{P_{ip}^*\}$  сукупності значень

параметрів з «еталонною» сукупністю  $\{P_{i0}^*\}$  тих самих параметрів того самого екземпляру об'єкта АТ, які виміряні і розраховані заздалегідь на початку його експлуатації і характеризують його справний ТС та зберігаються в архівному блоці бази знань АСД ППР.

Після визначення сукупності відносних відхилень  $\delta P_i = P_{ip}^* / P_{i0}^*$ , що характеризують наявність або відсутність істотних відхилень параметрів, і застосування спеціальних вирішальних правил визначається як загальний технічний діагноз даного екземпляру об'єкта АТ, так і його оцінка на поглиблених рівнях (до конструктивного вузла / елемента); представлення результатів оцінки поточного діагнозу на вхід блоку експлуатаційних рішень бази знань АСД ППР;

**IV етап** — визначення експлуатаційного рішення і технологічних рекомендацій авіаційного персоналу за результатами оцінки поточного технічного діагнозу шляхом надання спеціального інформаційного повідомлення і набору технологічних операцій, які заздалегідь розроблені для кожного можливого варіанта технічного діагнозу типового об'єкта АТ і зберігаються в архіві бази знань АСД ППР.

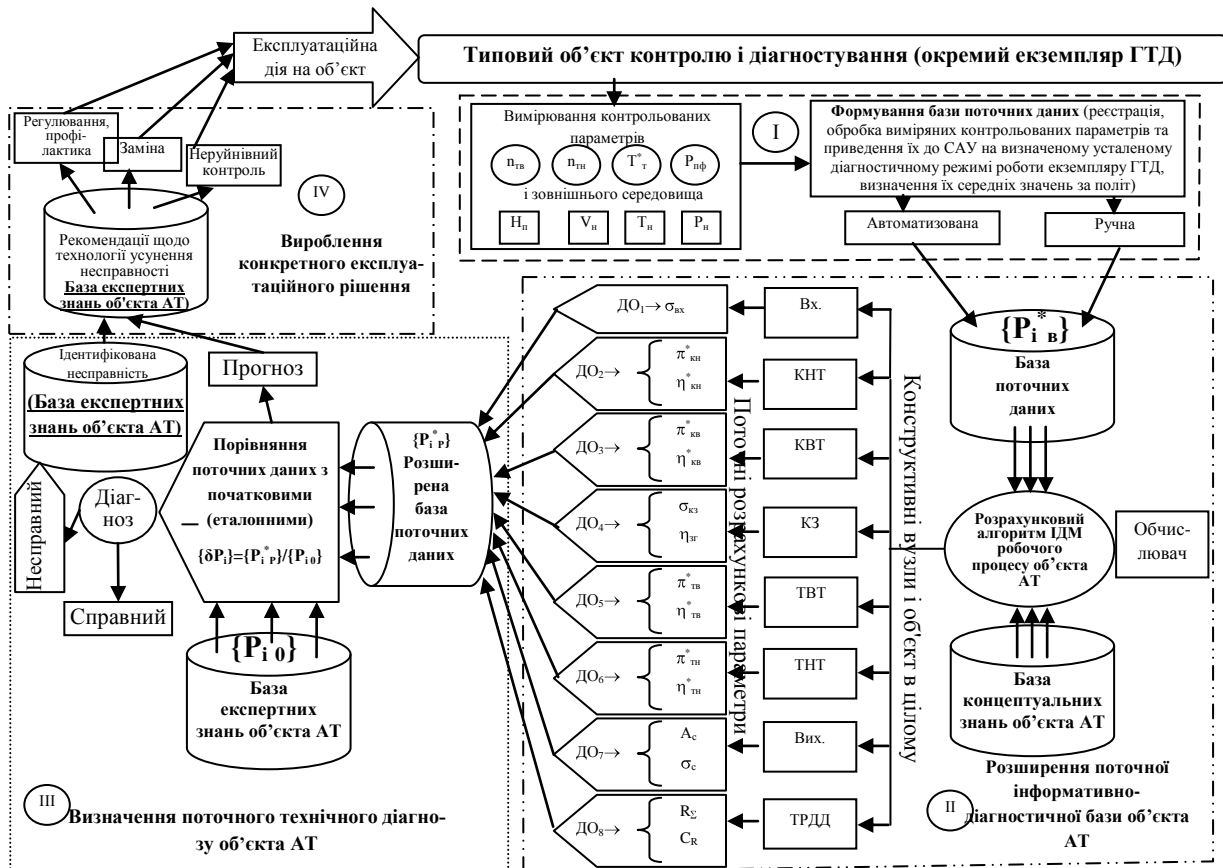


Рис. 2. Модель реалізації ККР методу діагностування складного динамічного об'єкта АТ (на прикладі авіадвигуна)

Таким чином, принципово більш висока ефективність ККР методу порівняно з існуючими полягає в поєднанні сучасних інформаційних технологій у вигляді сформованої бази знань, спеціальних розрахункових алгоритмів, вирішальних правил і їх програмного забезпечення, які реалізуються в середовищі АСД ППР типу «Експерт — об'єкт АТ», з детермінованим інформаційним середовищем штатної СКД екземпляру типового об'єкта АТ. Таке поєднання інформаційних середовищ забезпечує високу оперативність оцінки виду поточного ТС, підтримку прийняття авіаційним персоналом рішення і мінімальні працевитрати на процес діагностування складних об'єктів АТ на поглиблених рівнях, а також кардинальне підвищення рівнів параметричної інформативності об'єктів АТ та якості аналізу їх параметрів без істотних конструктивних доопрацювань, а також практичну можливість реалізації їх експлуатації за ТС з контролем параметрів. Однією з основних відмінностей ККР методу від існуючих є застосування методу порівняння ІДМ робочого процесу об'єкта АТ, який знаходиться в справному (еталонному) ТС з ІДМ робочого процесу цього ж об'єкта, що знаходиться в поточному ТС (рис. 3) [2].

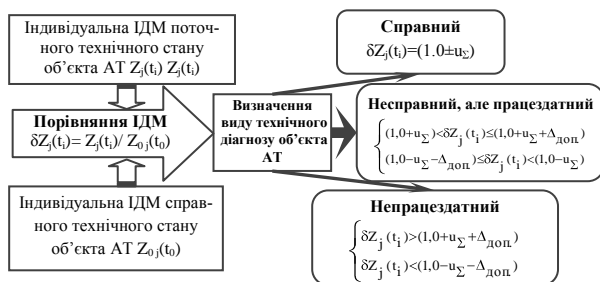


Рис. 3. Модель застосування методу порівняння ІДМ робочого процесу типового об'єкта АТ

Це дає можливість комплексно і більш глибоко, ніж зараз, контролювати й оцінювати зміни ТС вузлів окремих екземплярів об'єктів АТ без їх конструктивних доопрацювань в умовах реальної експлуатації. Аналітична структура моделі умовного порівняння ІДМ поточного та еталонного ТС має такий вигляд:

$$\delta z_j t_i = \frac{z_j t_i}{z_0 t_0} = \delta \varphi_j \delta x_i + \delta y_i + u_{\Sigma} ,$$

де  $\delta x_i$ ,  $y_i$  — відповідно відносні відхилення поточних значень вимірюваних і розрахункових контрольованих параметрів об'єкта АТ від їх початкових значень, які відповідають ТУ;  $u_{\Sigma}$  — сумарна похибка вимірювання (розрахунку)  $i$ -х параметрів ІДМ.

## Висновки

До переваг розглянутого ККР методу діагностування складних динамічних об'єктів АТ із застосуванням середовищ автоматизованих систем підтримки прийняття рішень варто віднести:

- універсальність застосування методу для різнотипових об'єктів АТ;
- оперативність визначення оцінки поточного технічного стану кожного окремого екземпляру об'єкта АТ, що діагностується, без його демонтажу з повітряного судна в умовах експлуатації з визначенням конкретних технологічних рекомендацій авіаційному персоналу для підтримки прийняття експлуатаційного рішення;
- мінімальні працевитрати на технологію діагностування складного об'єкта АТ у цілому і окремих конструктивних вузлів;
- забезпечення діагностування типових об'єктів АТ на поглиблених рівнях (до конструктивного вузла / елемента);
- кардинальне підвищення рівнів параметричної інформативності, контролепридатності та експлуатаційної технологічності без істотних конструктивних доопрацювань сучасних об'єктів АТ;
- значне підвищення рівнів автоматизації та інформаційного забезпечення процесів діагностування складних динамічних об'єктів АТ;
- практичне забезпечення можливості реалізації стратегії експлуатації об'єктів АТ за технічним станом з контролем параметрів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Морозов А. А. Ситуационные центры: информационные технологии будущего / А. А. Морозов, В. А. Ященко. — К.: Изд-во СП «Интертехнодрок», 2008. — 332 с.
2. 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.
3. Пат. 30615 Україна, МПК G07C 3/14. Сигнализатор автоматизований інформативно-діагностичний для оперативної оцінки технічного діагнозу складних динамічних об'єктів технічної експлуатації / Ю. М. Чоха. — Опубл. 11.03.2008. Бюл. № 5.
4. 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.

Стаття надійшла до редакції 23.06.2012.