

УДК 629.735.03(045)

**КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ
СУЧАСНИХ СИЛОВИХ УСТАНОВОК В УМОВАХ ЇХ РЕГУЛЯРНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ****Ю. М. Чоха**, д-р техн. наук, проф.; **В. В. Козлов**, канд. техн. наук, доц.
В. В. Лефтор

Національний авіаційний університет

vladimirvkozlov@yandex.ru

Запропоновано обґрунтування необхідності застосування комплексного підходу до поточного поглибленого оцінювання технічного стану сучасних авіадвигунів та функціональних систем, що забезпечують їх роботу.

Ключові слова: авіаційна силова установка, експлуатація, модель, параметрична інформація, діагностика.

Suggested rationale for an integrated approach to the current depth evaluation of technical nents of modern aircraft engines and functional systems that ensure their work

Keywords: aircraft power plant, operation, model, parametrical information, diagnostics.

Вступ

Сучасні системи, методи, технології та засоби контролю і діагностування авіаційних силових установок (СУ) застосовуються для оцінювання їх технічного стану (ТС) та його управління у процесах технічного обслуговування (ТО) і льотно-технічної експлуатації (ЛТЕ) шляхом постійного контролю й аналізу параметричної інформації прямого вимірювання протягом усього періоду регулярного використання за призначенням.

Під час удосконалення методів та засобів оцінювання ТС сучасних газотурбінних двигунів (ГТД) виконується досить багато науково-технічних робіт. Проте недостатня увага приділяється питанням розроблення і впровадження нових експлуатаційних технологій, синтезу розрахунково-інформаційних алгоритмів контролю й аналізу параметрів, розширення інформативно-діагностичної бази штатних систем контролю та діагностування (СКД) СУ, забезпечення високого рівня автоматизованого збирання й оброблення необхідної діагностичної інформації та оперативності оцінювання поточного ТС вузлів і елементів двигунів, вибору оптимальних способів її подання авіаційного персоналу для підтримки прийняття ним адекватних експлуатаційних рішень.

Водночас існуючі методики діагностування СУ повітряних суден (ПС), що знаходяться в умовах регулярної експлуатації, за виміряними у польоті параметрами, досить громіздкі, неоперативні та не дозволяють повною мірою враховувати комплексний вплив експлуатаційних чинників на динаміку деградації їх поточного ТС. Це пов'язано, насамперед, з низьким рівнем контролепридатності переважної більшості СУ, які експлуатуються на ПС авіакомпаній України (АІ-25, Д-30КП, ТВ3-117СБ та ін.), а також з низьким ступенем автоматизованого інформаційного за-

безпечення процесів управління їх ТС. Крім того, ще однією причиною, що обмежувала використання ефективних розрахунково-інформаційних методів поглибленого оцінювання поточного ТС авіаційних СУ, була відсутність на більшості ПС автоматизованих бортових СКД на базі міні-ЕОМ. Введення в експлуатацію ПС з сучасними інформаційними засобами об'єктивного контролю ГТД, обладнаними електронними системами збирання і оброблення діагностичної інформації, а також наявність автоматизованих робочих місць з ПЕОМ в авіапідприємствах, відкривають реальні перспективи впровадження принципово нових методів оперативного поглибленого діагностування, експлуатаційних технологій та індикативних засобів своєчасного інформування авіаційного персоналу про виникнення несправностей у кожному окремому екземплярі СУ, що діагностується.

Обґрунтування концептуально нової моделі комплексної оцінки технічного стану авіаційної силової установки в експлуатації

Розроблення і реалізація концептуально і методологічно нових підходів до здійснення процесів оперативного діагностування на поглиблених рівнях сучасних ГТД та їх функціональних систем передбачає розв'язання ряду наукових, технічних і організаційних задач.

Перша група таких задач пов'язана з необхідністю розроблення адекватних аналітичних інформаційно-діагностичних моделей на основі експертного аналізу робочих процесів, їх регулярної експлуатації, створення нових практичних методів і технологій ідентифікації поточного виду ТС конструктивних вузлів (елементів) та їх ефективного використання в реальних експлуатаційних умовах. При цьому зрозуміло, що поглиблення технічного діагнозу і підвищення його

якості та оперативності пов'язано із застосуванням методів (методик), запропонованих для аналізу зафіксованих невідповідних малих відхилень значень контрольованих і розрахункових параметрів та діагностичних ознак конструктивних вузлів окремих екземплярів СУ, що діагностуються. Необхідно також вирішити низку методичних питань, що стосуються встановлення зв'язку глибини діагностування з розрахунково-інформаційними (РІ) методами, сучасними технологіями та засобами відображення інформації та забезпечення високого рівня якості аналізу параметрів. Дуже важливими є такі задачі, що пов'язані з обґрунтуванням необхідності підвищення існуючих ступенів інформатизації та автоматизації процесів ЛТЕ і ТО авіаційних об'єктів і можливістю організаційного впровадження нових методик і технологій у структуру їх експлуатаційного супроводження.

Саме тут найбільш ефективним вважається комплексний підхід [1...3]. З одного боку, він уже визначений тим, що процес поглибленого параметричного діагностування, який являє собою обов'язкову частину процесу експлуатації будь-яких сучасних об'єктів авіаційної техніки (АТ), необхідно будувати на основі реалізації найбільш прогресивної стратегії експлуатації АТ за ТС, що забезпечує найтісніший зв'язок між процесами ЛТЕ і ТО кожного окремого об'єкта АТ.

При цьому специфіка розв'язання цих задач полягає в оптимальному використанні бортових і наземних автоматизованих штатних СКД. Воно дозволяє одержувати достатній первинний обсяг параметричної інформації, необхідної для підтримки прийняття авіаційним персоналом адекватного експлуатаційного рішення як щодо можливості подальшого безпечного використання кожного окремого об'єкта АТ, так і забезпечення скорочення експлуатаційних витрат на підтримку заданого рівня його льотної придатності (ЛП).

З іншого боку, комплексність повинна забезпечуватися зв'язками процесів регулярної експлуатації з процесами проектування і виробництва цих об'єктів АТ. Адже загальновідомо, що поточне оцінювання ТС об'єкта експлуатації є одним з основних чинників забезпечення його надійності та підтримки рівня ЛП, які закладаються під час проектування, забезпечуються в процесі серійного виробництва, контролюються й підтримуються в процесах регулярної експлуатації. Тому врахування зазначених особливостей при розробленні концептуальної моделі застосування нового розрахунково-інформаційного (комплексного контрольовано-розрахункового — ККР) методу оперативного поглибленого діагностування складного динамічного об'єкта АТ із ви-

користанням середовища автоматизованої системи діагностування і підтримки прийняття рішень (АСД ППР) типу «ЕКСПЕРТ-об'єкт АТ» [3] забезпечує необхідну комплексність розв'язання розглянутих науково-технічних і організаційних задач.

Отже, одним з перспективних і ефективних шляхів щодо вирішення існуючої проблеми підвищення якості аналізу параметричної інформації у процесах поточного поглибленого діагностування сучасних авіаційних СУ низького рівня контролепридатності та забезпечення високої оперативності прийняття авіаційним персоналом адекватних експлуатаційних рішень є розроблення нових комплексних РІ методів з глибиною діагностування до конструктивного вузла (елемента), що реалізується в середовищах спеціалізованих гібридних динамічних АСД ППР [4].

Зважаючи на вищезазначені недоліки існуючих прикладних методів параметричного діагностування, пропонується концептуально нова модель (рис. 1) реалізації ККР методу [3] оперативного поглибленого оцінювання поточного ТС сучасної СУ. Вона ґрунтується на застосуванні розрахункових алгоритмів інформативно-діагностичних моделей (ІДМ) робочих процесів типових видів СУ, визначених як для умов їх справного ТС, так і для умов поточного та несправного ТС. При цьому модель справного ТС екземпляра СУ, що діагностується, характеризується «еталонною» сукупністю значень його параметрів $\{P_{i0}^*\}$. Поточний ТС цього ж екземпляра СУ характеризується сукупністю поточних значень цих же параметрів $\{P_{i\text{пот}}^*\}$. При порівнянні поточної та «еталонної» сукупностей, що зареєстровані на певних ustalених діагностичних режимах роботи даного екземпляру СУ, розраховується сукупність відхилень («нев'язок») значень цих параметрів $\{\delta P_{i\text{пот}}^* = P_{i\text{пот}}^* / P_{i0}^*\}$. При цьому застосовуються спеціальні вирішальні правила ідентифікації виду поточного ТС як цього екземпляру СУ в цілому ($K_{\Sigma\text{пот}}$), так і його окремих конструктивних вузлів (елементів) за знаком та екстремумом інформаційного відгуку («портрета») діагностичного показника окремого вузла (елемента) ($K_{i\text{max/min}}$). У результаті цього аналізу виробляється конкретне експлуатаційне рішення для авіаційного персоналу, яке ґрунтується на одержаному поточному результаті ідентифікації виду ТС даної СУ, що діагностується.

Таким чином, однією з основних відмінностей розглянутої моделі від існуючих підходів параметричного трендового діагностування є застосування методу умовного порівняння ІДМ робочого процесу об'єкта АТ, що знаходиться у справному («еталонному») ТС з ІДМ робочого процесу цього ж об'єкта, що знаходиться в поточному ТС (рис. 2).

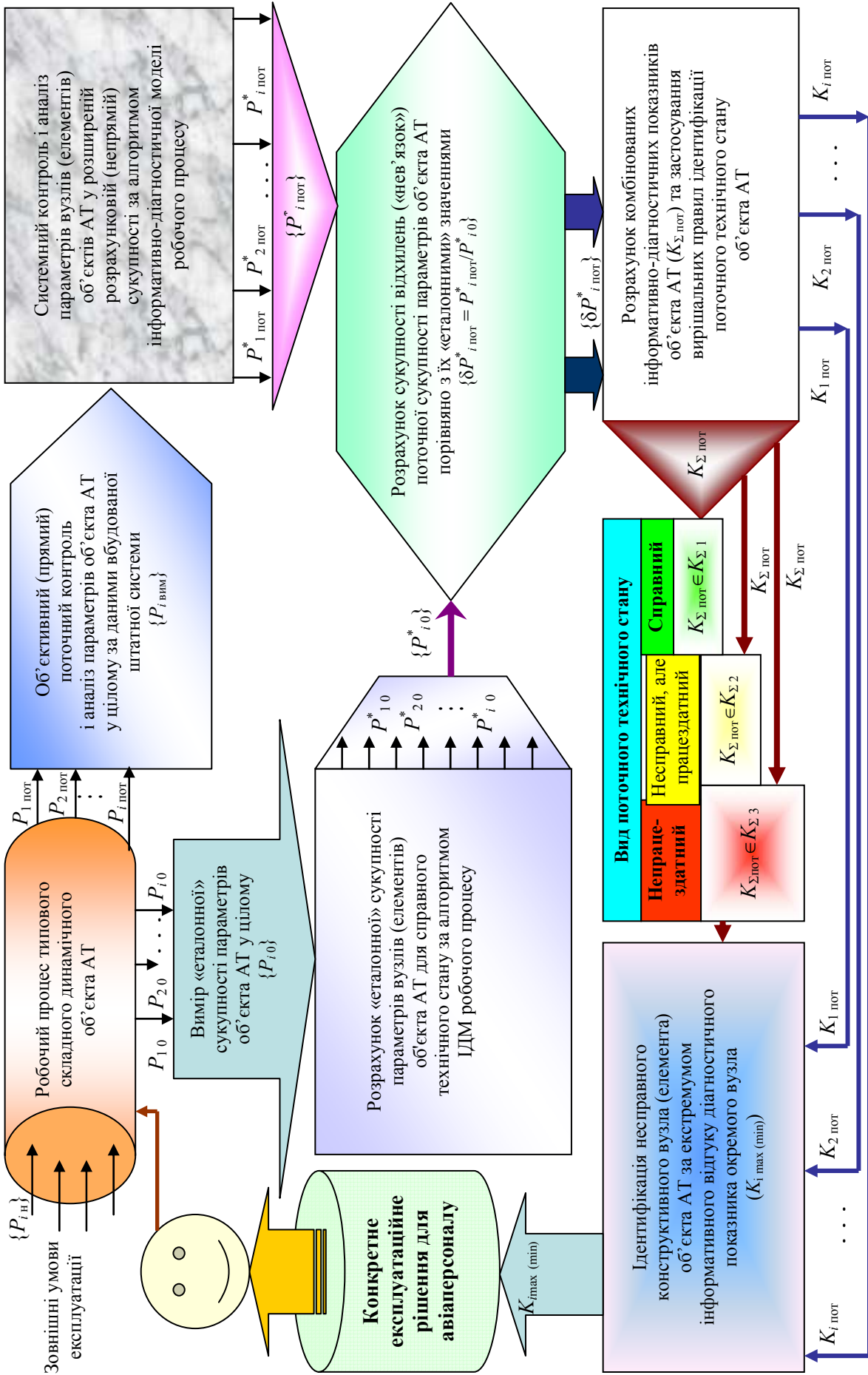


Рис. 1. Нова концептуальна модель комплексного поглибленого оперативного діагностування сучасних авіаційних силових установок

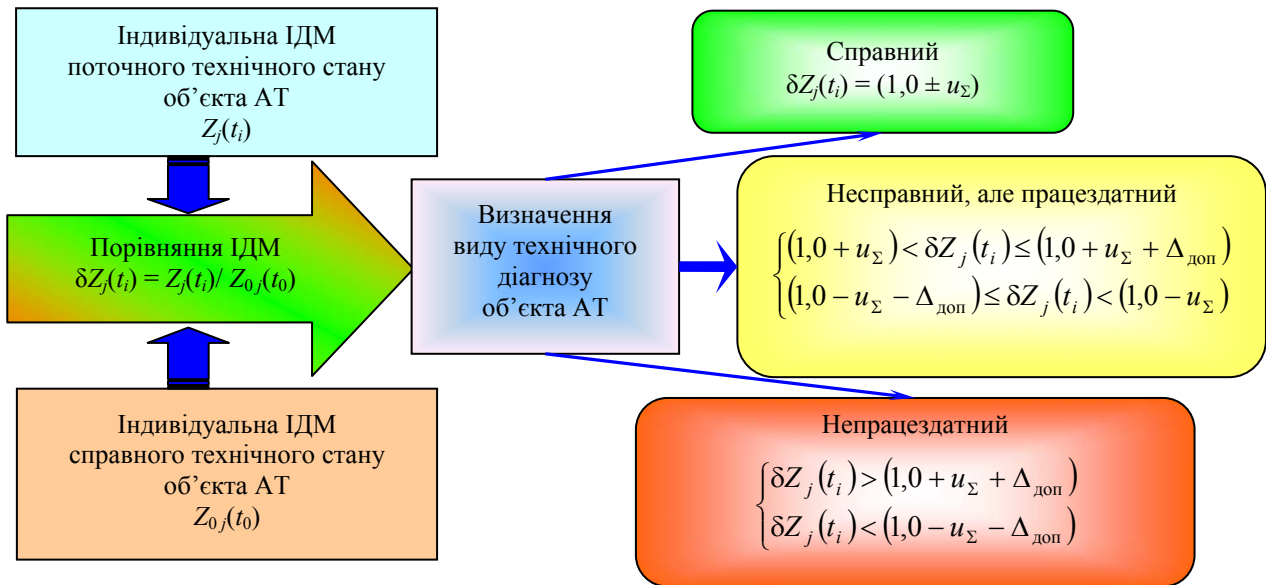


Рис. 2. Схема реалізації методу умовного порівняння ІДМ робочих процесів екземпляра типової СУ

Такий концептуально і методологічно новий підхід до процесу діагностування дозволяє комплексно і більш глибоко, ніж у поточний час, контролювати й оцінювати зміни ТС вузлів (елементів) кожного окремого екземпляра СУ без їх конструктивних доробок і розбирань в умовах реальної експлуатації.

Аналітична структура моделі умовного порівняння ІДМ поточного та «еталонного» ТС типового об'єкта АТ має такий вигляд:

$$\delta Z_j(t_i) = Z_j(t_i) / Z_0(t_0) = \delta \varphi_j [\delta x_j + \delta y_j + u_z],$$

де δx_j , δy_j — відповідно відносні відхилення поточних значень вимірюваних та розрахованих контрольованих параметрів об'єкта АТ від їх початкових («еталонних») значень, що відповідають технічним умовам; u_z — сумарна систематична похибка вимірювання (розрахунку) j -х параметрів ІДМ.

Висновок

Розроблення та впровадження принципово нових інформативно-діагностичних автоматизованих систем поточного поглибленого контролю і діагностування таких складних динамічних авіаційних об'єктів, як силові установки, дає змогу суттєво розширити можливості реалізації більш ефективних експлуатаційних технологій підтримки прийняття рішень авіаційним персоналом.

Упровадження нових розрахунково-інформаційних методів ідентифікації характерних експлуатаційних пошкоджень вузлів і елементів проточної частини сучасних ГТД та функціональних систем, що забезпечують їх роботу, на ранніх стадіях розвитку, дає змогу значно підвищити якість аналізу великих обсягів параметричної інформації і ефективність використання середовищ спеціалізованих АСД ППР типу «ЕКСПЕРТ-ГТД», а також застосування нових інструментально-технологічних засобів профілактики і усунення ідентифікованих несправностей без конструктивних доробок та розбирання силових установок в умовах регулярної експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лозицкий Л. П. Оценка технического состояния авиационных ГТД /Л. П. Лозицкий, А. К. Янко, В. Ф. Лапшов. — М. : Транспорт, 1982. — 160 с.
2. Кулик Н. С. Параметрические методы оценки технического состояния авиационных ГТД в эксплуатации /Н. С. Кулик. — К. : КИИГА, 1993. — 139 с.
3. Чоха Ю. М. Прикладні автоматизовані системи діагностування та підтримки прийняття експлуатаційних рішень: методи, моделі, інформаційні технології /Ю. М. Чоха, В. В. Кретов. — К. : Ін-т «Україна», 2010. — 488 с.
4. Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем /Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. — СПб. : Питер, 2001. — 384 с.

Стаття надійшла до редакції 15.05.2012.