

УДК 681.3.069:681.3.015

В.О. ІГНАТОВ, Ю.М. ЧОХА, О.І. ЧУМАК, О.П. ФЕДОРЧУК*Національний авіаційний університет, Київ, Україна***ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ПОТОЧНОГО КОНТРОЛЮ
ТА ДІАГНОСТУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ГТД**

Обґрунтовується актуальність інтелектуалізації процесів експлуатації АТ, пропонується структурна модель експертної системи діагностування на прикладі конкретного зразка АТ - газотурбінного двигуна.

експертна система діагностики, експлуатація авіаційної техніки, газотурбінний двигун

Вступ

Однією з головних задач при експлуатації авіаційних ГТД є ефективний контроль їх параметрів і діагностика поточного технічного стану конструктивних вузлів і елементів протягом усього періоду їх використання за призначенням. В питаннях удосконалення методів контролю і діагностування ГТД виконується досить багато робіт, проте розробці і упровадженню нових інформаційних технологій, математичних моделей об'єктів контролю і діагностування, синтезу алгоритмів контролю параметрів, підтримки і прийняття експлуатаційних рішень авіаперсоналом приділяється недостатня увага [1, 2], а існуючі методики контролю технічного стану ГТД по виміряним у польоті параметрам не повною мірою враховують комплексний вплив основних експлуатаційних факторів на проточну частину [3]. Головною особливістю переважної більшості ГТД, що знаходяться в регулярній експлуатації, є те, що вони відносяться до типу двигунів з низьким рівнем контролепридатності.

Крім того, на борту ПС, що експлуатуються, практично відсутні надійні та ефективні засоби об'єктивного контролю, орієнтовані на сучасні інформаційні технології й обчислювальну техніку. У цих умовах розробка і упровадження в процеси експлуатації АТ нових методів поточного діагностування конструктивних вузлів та елементів проточної

частини сучасних ГТД на основі використання інтелектуальних інформаційних технологій у вигляді експертних систем діагностування для забезпечення реалізації стратегії експлуатації ГТД за технічним станом є актуальною науково-технічною проблемою. Вони дозволяють суттєво розширити інформаційну діагностичну базу ГТД, охопити широкий спектр розв'язання експлуатаційних задач і підвищити ефективність існуючих систем контролю, оперативність і глибину діагностування авіадвигунів з автоматичним виробленням експлуатаційних рішень-рекомендацій авіаперсоналу як у польоті, так і в наземних умовах реальної експлуатації, що цілком задовольняє міжнародні вимоги ISO – 9000–2000 та ICAO SARPS щодо забезпечення ефективності процесів експлуатації й безпеки польотів АТ [4].

**1. Обґрунтування структури системи
інтелектуальної діагностики ГТД
в експлуатації**

Система технічного діагностування сучасних ГТД у загальному випадку складається з процесів одержання діагностичної інформації, її перетворення, обробки й аналізу, визначення технічного стану двигунів і їхніх функціональних систем, керування технічним діагностуванням і вироблення експлуатаційних рішень.

Експертна система діагностики, яка представляє собою частину загальної системи технічної діагнос-

тики, має декілька специфічних особливостей використання, пов'язаних з одержанням і обробкою діагностичної інформації, а також застосування методів керування технічним станом об'єктів АТ.

Особливе значення має структура системи діагностики типових ГТД у процесі їхньої експлуатації.

Саме тут реалізація процесу діагностування, крім забезпечення підтримки і відновлення рівня надійності ГТД, безпосередньо визначає рівень безпеки польотів. Структурна схема використання експертної системи діагностики ГТД в експлуатації представлена на рис. 1.

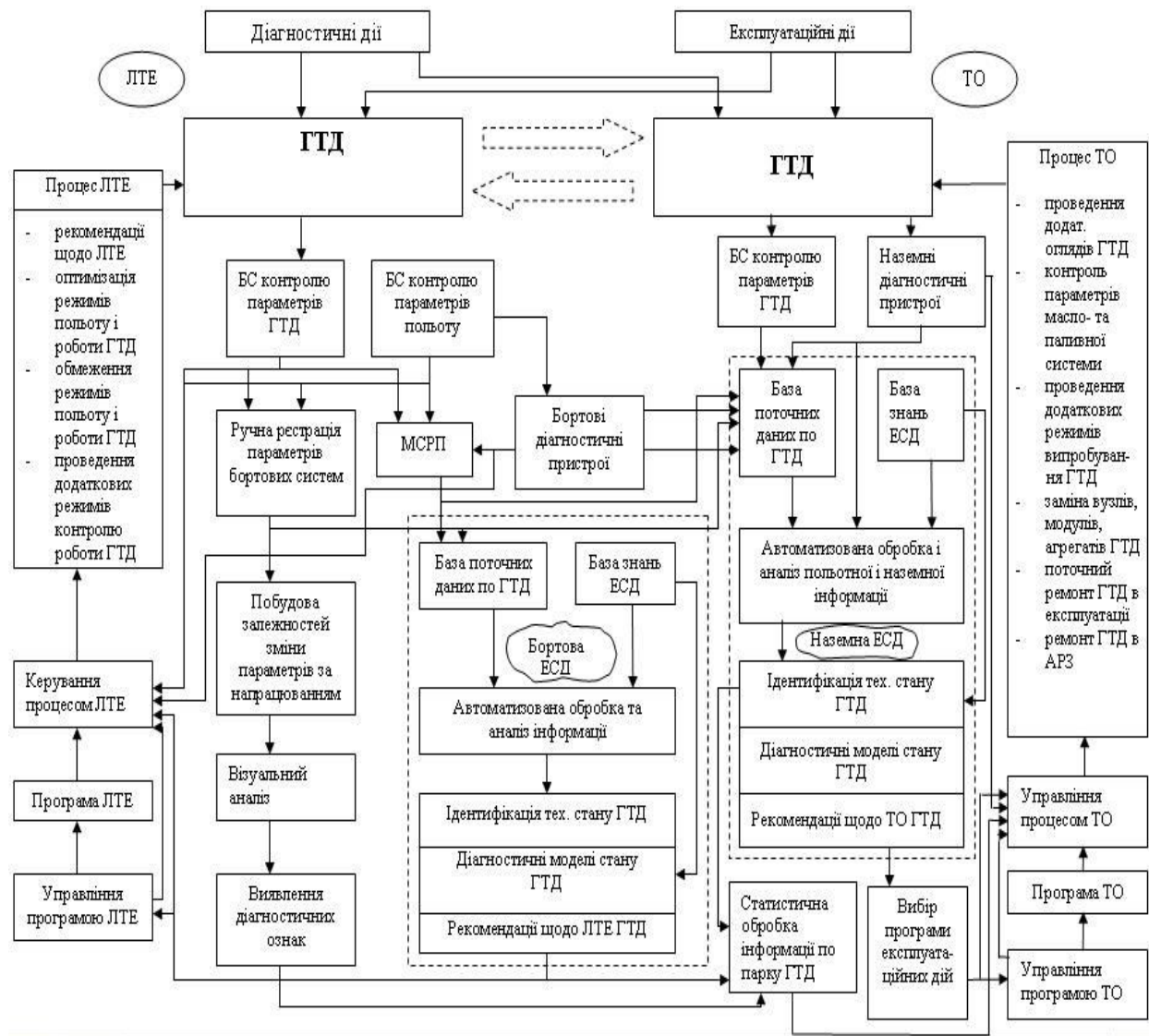


Рис. 1. Структура системи технічної діагностики ГТД в експлуатації з використанням бортової та наземної інтелектуальних (експертних) систем

Тут у повному обсязі використовується експертна система діагностування з уточненими базами знань, моделями станів і математичної діагностичної моделі.

Важливим моментом запропонованої інтелектуальної системи діагностики є те, що хоча в її основу покладена стратегія ТО за станом з контролем пара-

метрів, все-таки одночасно з її допомогою можливе використання стратегії ТО за станом з контролем рівня льотної придатності [5]. Така можливість реалізується при зниженні встановленого рівня ЛП нижче заданої межі. Обмін між інформаційними базами даних і статистична обробка інформації з парку однотипних ГТД, що знаходяться в експлуатації, до-

зволяє в принципі виявити потенційно ненадійні вузли й елементи двигуна і зробити їхню своєчасну доробку, щоб виключити появу несправності в процесі експлуатації, а в базі знань експертної системи мати алгоритм ідентифікації нового виду несправності.

Тому алгоритми обробки діагностичної інформації експертними системами передбачають аналіз структури часових рядів параметрів і, зокрема, виявлення їхньої кількісної зміни, що дозволяє конкретизувати керування процесом технічного обслуговування окремого екземпляру авіадвигуна.

Діагностування в процесі ТО повинно не тільки підтвердити зміну технічного стану, яке зареєстровано за допомогою бортових систем у польоті при аналізі часових діагностичних рядів, але і забезпечити збільшення глибини діагнозу. Воно полягає в переході від інтегральної оцінки ТС ГТД до визначення стану конструктивних вузлів двигуна і навіть його елементів (деталей) [6]. Цей процес здійснюється за рахунок реалізації експертизи за трьома основними напрямками:

- одержання діагностичної інформації від додаткових джерел;
- аналіз стану ГТД за даними спеціальних діагностичних впливів;
- аналіз структури зміни значень контрольованих параметрів і діагностичних ознак.

Використання додаткових (до наявних штатних) джерел діагностичної інформації зв'язане з їх істотно різною інформативністю до характерних видів несправностей і ступеня їхнього розвитку. Особливу цінність тут здобувають різні вмонтовані діагностичні пристрої у внутрішніх порожнинах ГТД (наприклад, діагностика стану опор роторів, маслосистеми й інших елементів ГТД).

Застосування спеціальних діагностичних впливів зв'язане з тим, що в наземних умовах неможливо забезпечити повною мірою експлуатаційний спектр впливів на ГТД. Іншою особливістю цього напрямку є виявлення «прихованих» дефектів і визначення за-

пасів різних характеристик двигуна по різним параметрам (наприклад, запасів газодинамічної стійкості компресорів).

Аналіз структури зміни значень контрольованих параметрів і діагностичних ознак дозволяє усунути інваріантність у визначенні технічного стану двигуна (або вузла) за рахунок формування більш чітких і логічних образів несправностей. Тут, поряд з вимірами і розрахунками для усталених режимів, можуть бути використані спеціальні методи аналізу структури параметрів на неусталених перехідних режимах роботи двигуна.

Реалізація зазначених напрямків забезпечується за рахунок використання спеціальних алгоритмів обліку додаткової інформації в експертних системах діагностики з наступним аналізом її впливу на інтегральну чи диференціальну характеристику ГТД, яка цікавить авіафахівця.

Процес розпізнавання несправних станів ГТД включає визначення експертною системою комплексних діагностичних показників і порівняння їх з характеристиками моделей несправних станів [6]. Проведена в такий спосіб ідентифікація ТС об'єкта дозволяє конкретизувати керування процесами льотно-технічної експлуатації і технічного обслуговування ГТД (рис. 1). При цьому процес ідентифікації здійснюється на двох етапах. На першому використовується інформація, яка отримана й оброблена в польоті, і за результатами цього етапу визначаються діагностичні впливи, здійснюється керування програмою і процесом ТО на другому етапі.

Схема підтримки експертною системою діагностування ГТД прийняття екіпажем експлуатаційного рішення в умовах польоту представлена на рис. 2.

Вона базується на методиці ідентифікації експертною системою технічного стану двигуна за даними поточної польотної інформації і виробленню рекомендацій екіпажу для прийняття (чи підтримки) рішення в умовах обмеженого проміжку часу. Це так званий прискорений алгоритм визначення експлуатаційного рішення.

При цьому розрізняються три основних види розвитку несправності: прискорений (раптовий), уповільнений (поступовий) і перемежований. При ідентифікації раптового ушкодження ГТД дроселюється, а якщо ознаки цієї несправності зберігаються, то він вимикається. У залежності від виниклих наслідків несправності екіпаж приймає рішення або про зміну режиму польоту ПС, або про виконання вимушеної

посадки в найближчому аеропорту (чи придатній площадці). При ідентифікації інших видів несправності, а також, якщо розпізнавання її виду неможливо, ГТД переводиться на знижений режим і здійснюється оцінка його стану в наземних умовах з використанням наземної експертної системи діагностування із залученням інших діагностичних методів і засобів.



Рис. 2. Схема використання ЕС діагностування в процесі льотно-технічної експлуатації ГТД (I етап діагностування ГТД)

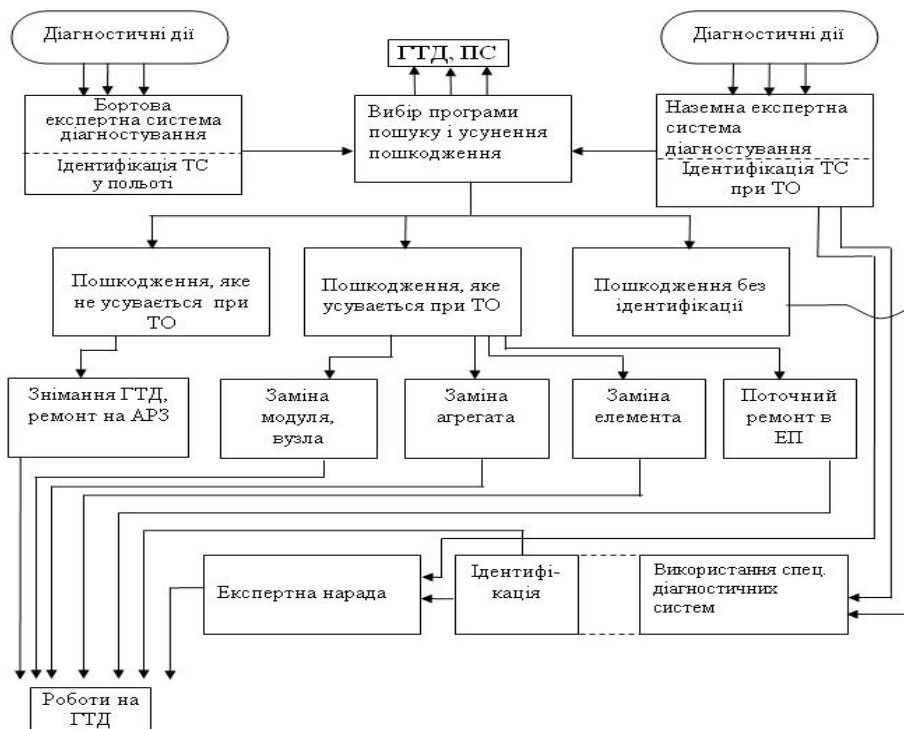


Рис. 3. Схема використання ЕС діагностування в процесі ТО ГТД (II етап діагностування ГТД)

При ідентифікації ушкодження з поступовим (накопичувальним) видом розвитку рішення про продовження польоту приймається в залежності від швидкості його розвитку. Перемежована несправність у більшості випадків усувається зміною режиму роботи двигуна або режиму польоту ПС. В усіх випадках після посадки ПС виконується поглиблене діагностичне обстеження при його ТО з метою з'ясування об'єктивних причин виникнення несправності з використанням усіх наявних засобів діагностики і здійснюється відновлення справності силової установки ПС.

На другому етапі за результатами ідентифікації ТС ГТД у польоті здійснюється поглиблена діагностика і призначається програма діагностичних впливів (рис. 3).

При ідентифікації несправності без розпізнавання здійснюється використання інших діагностичних методів і засобів. У випадку неоднозначності трактування результатів аналізу, а також у складних ситуаціях рішення виробляється експертною нарадою авіаперсоналу експлуатаційного підприємства і заводу-виробника із залученням співробітників науково-дослідних організацій.

Висновки

Сучасні міжнародні вимоги щодо підвищення ефективності процесів експлуатації АТ, зниження впливу «людського фактору» на безпеку польотів висувають на перший план актуальність вирішення цих проблем шляхом використання нових інформаційних технологій у вигляді інтелектуальних (експертних) систем поточного контролю та діагностування зразків авіатехніки.

У поточний час для практичної реалізації ЕСД для конкретних типових авіаційних об'єктів експлу-

атації необхідна безпосередня зацікавленість керівників авіакомпаній та Державіаслужби України, які можуть виступати замовниками і координаторами застосування нових інформаційних технологій у практиці експлуатації сучасної АТ.

Література

1. Игнатов В.А. Экспертные системы технического обслуживания. – К.: О-во «Знание», 1985. – 20 с.
2. Морозов А.О., В'юн В.І., Кузьменко Г.Є. Интеллектуализация информационных систем: ориентация на формування знань в процесах аналізу «інформаційних згорток» // Математичні машини і системи. – 2005. – № 2. – С. 140-146.
3. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.
4. Дмитрієв С.О., Чоха Ю.М. Актуальні проблеми експлуатації авіатехніки в цивільній авіації України // Стратегія розвитку України. – 2003. - № 1. – С. 56-64.
5. Чоха Ю.Н., Чумак О.И. Стратегия эксплуатации авиационных ГТД по техническому состоянию с контролем уровня летной годности // Авиационно-космическая техника и технология. – 2006. – № 2. – С. 75-79.
6. Чоха Ю.М., Смаглюк В.М., Хабаров Ю.В. Алгоритм реалізації комбінованого функціонально-тестового методу ідентифікації несправного вузла типового ТРДД // Збірн. наук. праць ЦНДІ ЗС України. – 2005. – № 3. – С. 160-170.

Надійшла до редакції 31.05.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.С. Кулик, Національний авіаційний університет, Київ.