

УДК 621.452.3.017-047.44

doi: 10.32620/aktt.2024.sup2.12

А. В. ДУНАЙ

АТ «Елемент», Одеса, Україна

Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна

МЕТОДИ АНАЛІЗУ ПІСЛЯПОЛЬОТНИХ ДАНИХ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА ТВ3-117В

Розглянуто методи аналізу післяпольотних даних газотурбінних двигунів, зокрема типова методика діагностування приведених параметрів до стандартних атмосферних умов, використання діагностичної регресійної моделі, методи факторного аналізу, метод головних компонентів, трендовий аналіз по r -критерію та S -критерію. Основну увагу приділено методам факторного аналізу та трендового аналізу, які дозволяють суттєво підвищити точність і надійність діагностики технічного стану двигуна. Використання методів факторного аналізу у поєднанні з трендовим аналізом забезпечує більш точне виявлення довгострокових тенденцій та взаємозв'язків між різними параметрами роботи двигуна, що сприяє поліпшенню процесу діагностики та прогнозування. Розглянуто переваги комплексного використання методів факторного аналізу та трендового аналізу для моніторингу і діагностики технічного стану газотурбінного двигуна ТВ3-117В, що підвищує надійність, безпеку та економічну ефективність його експлуатації. Визначено основні параметри двигуна ТВ3-117В, які мають бути відібрані для трендового контролю. Виявлено, що нейромережеві технології та нечітка логіка можуть бути надмірними для аналізу експлуатаційних даних газотурбінних двигунів через високі вимоги до обчислювальних ресурсів. Розглянуто програмне забезпечення розробки АТ «Елемент», що призначено для оцінки та аналізу післяпольотних даних авіаційних двигунів і даних стендових випробувань. З'ясовано, що програмне забезпечення для аналізу експлуатаційних даних двигунів потребує вдосконалення з метою зниження впливу людського фактору та підвищення автоматизації процесів діагностики. Автоматизація аналізу даних та інтеграція складних діагностичних моделей може суттєво підвищити точність і надійність інтерпретації баз даних. Описано доцільність використання діагностичних моделей двигунів, побудованих або за даними статистичної обробки баз даних, або на основі імітаційних моделей. З'ясовано, що зіставлення даних імітаційного моделювання з базами даних стендових випробувань двигунів показує високий ступінь відповідності діагностичної моделі реальній поведінці двигуна. Наведено рекомендації щодо оптимального застосування методів аналізу експлуатаційних даних для підвищення надійності, безпеки та економічної ефективності авіаційних двигунів ТВ3-117В.

Ключові слова: газотурбінний двигун; ТВ3-117В; післяпольотні дані; база даних; факторний аналіз; трендовий аналіз; діагностика; моніторинг технічного стану.

Вступ

Аналіз післяпольотних даних газотурбінного двигуна (ГТД) відіграє важливу роль при його діагностиці та експлуатації. Вибір оптимальних методів аналізу даних двигуна дозволяє підвищити ряд його важливих показників. За допомогою аналізу експлуатаційних даних можливо виявити і усунути проблеми, які мають вплив на ресурс двигуна, що в свою чергу збільшує показники надійності та довговічності двигуна. Крім того, вчасне виявлення відхилень в роботі двигуна за допомогою отриманих баз даних його роботи дозволяє реалізувати заходи щодо підвищення безпеки польотів. Також діагностика і обслуговування ГТД на основі аналізу його баз даних дозволяє підвищити економічну ефективність шляхом зменшення витрат на технічне обслуговування і ремонт двигунів.

Таким чином, вибір ефективних методів аналізу післяпольотних даних газотурбінного двигуна є важливим фактором для підвищення надійності, економічної ефективності та безпеки літальних апаратів, що оснащені даним двигуном.

Постановка задачі дослідження

Об'єктом дослідження є дані стендових випробувань газотурбінного двигуна ТВ3-117В. Дослідження охоплює бази даних, що включають параметри роботи двигуна, такі як температура, тиск, оберти, витрата палива та інші показники. Аналіз цих даних дозволяє оцінити технічний стан двигуна, виявити можливі відхилення та аномалії.

Предметом дослідження є методи аналізу баз даних газотурбінного двигуна ТВ3-117В. Вони включають в себе техніки та підходи до збору, обробки та

інтерпретації даних, отриманих під час експлуатації двигуна. Основна увага приділяється інструментам та алгоритмам, які використовуються для виявлення аномалій, прогнозування відмов та оптимізації технічного обслуговування. До предмета дослідження також входять питання підвищення точності та ефективності аналізу даних для покращення моніторингу і діагностики стану двигуна. Крім того, увага приділяється програмному забезпеченню, яке дозволяє виконувати аналіз та інтерпретацію експлуатаційних даних ГТД.

Метою дослідження є огляд існуючих методів аналізу баз даних газотурбінного двигуна ТВЗ-117В та розробка рекомендацій щодо їх оптимального застосування для підвищення безпеки, надійності та економічної ефективності експлуатації авіаційних двигунів. Будуть розглянуті підходи до збору, обробки та аналізу даних, виявлені ключові параметри, що впливають на стан двигуна, та запропоновані методи їх оцінки та діагностики.

Завдання дослідження методів аналізу баз даних двигуна ТВЗ-117В полягають у наступному:

1. Проведення огляду існуючих методів аналізу післяпольотних даних газотурбінних двигунів.
2. Ідентифікація основних параметрів, які найбільше впливають на роботу двигуна ТВЗ-117В і потребують регулярного моніторингу.
3. Проведення порівняльного аналізу розглянутих методів.
4. Аналіз інструменту розробки АТ «Елемент», що призначений для обробки і перегляду польотних даних, зареєстрованих регуляторами авіаційних двигунів.
5. Розробка рекомендацій щодо поліпшення аналізу післяпольотних даних двигуна ТВЗ-117В.

Огляд методів аналізу даних двигуна ТВЗ-117В

У роботі [1] наведені методики діагностування ГТД на основі баз даних реєстрації основних параметрів, таких як частота обертання ротора високого тиску $N_{ВТ}$, частота обертання ротора низького тиску $N_{НТ}$, тиск повітря за компресором високого тиску $P_{КВТ}$, температура паливного насоса-дозатора $T_{НД}^*$, тиск повітря на вході в двигун $P_{ВХ}$, температура повітря на вході в двигун $T_{ВХ}^*$.

Типова методика полягає у приведенні вказаних параметрів до стандартних атмосферних умов за формулами (1) – (4)

$$N_{НТпр} = N_{НТВим} \cdot \sqrt{288 / (T_{ВХ}^* + 273)}, \quad (1)$$

де $N_{НТпр}$ – приведення значення частоти обертання ротора високого тиску;

$N_{ВТВим}$ – виміряне значення частоти обертання ротора високого тиску.

$$N_{НТпр} = N_{НТВим} \cdot \sqrt{288 / (T_{ВХ}^* + 273)}, \quad (2)$$

де $N_{НТпр}$ – приведення значення частоти обертання ротора низького тиску;

$N_{НТВим}$ – виміряне значення частоти обертання ротора низького тиску.

$$P_{КВТпр} = P_{КВТВим} \cdot 760 / P_{ВХ} + 101 \quad (3)$$

де $P_{КВТпр}$ – приведення значення тиску повітря за компресором високого тиску;

$P_{КВТВим}$ – виміряне значення тиску повітря за компресором високого тиску.

$$T_{НДпр}^* = \left[(T_{НДвим}^* + 273) \cdot \frac{288}{T_{ВХ}^* + 273} - 273 \right], \quad (4)$$

де $T_{НДпр}^*$ – приведення значення температури паливного насоса-дозатора;

$T_{НДвим}^*$ – виміряне значення температури паливного насоса-дозатора.

Наведена методика характеризується неповнотою, пов'язаною з доволі наближеним урахуванням ходу дросельних характеристик реального двигуна. З'ясовано, що використання діагностичної регресійної нелінійної моделі дозволяє суттєво зменшити дисперсію залишкових відхилень і тим самим підвищити надійність результатів діагностики. Проте недоліком регресійних моделей є те, що вони засновані на методі найменших квадратів, внаслідок чого вони мають високу чутливість до нецензурованих викидів у вихідних даних та вимагають їх попередньої обробки.

Визначено, що подальше зменшення дисперсії залишкових відхилень та ідентифікація стану об'єкта за рахунок виключення не пов'язаних з його станом факторів може бути досягнуто на основі застосування до вибірки параметрів реєстрації методів головних компонентів (МГК) та факторного аналізу (МФА).

У роботі [2] визначено, що параметри газотурбінного двигуна ТВЗ-117В, відібрані для трендового контролю, мають характеризувати технічний стан двигуна в процесі його експлуатації з метою аналізу довготривалої зміни цих параметрів для оцінки та продовження ресурсу. Для цієї задачі доцільним є використання груп параметрів, які характеризують температурний режим двигуна, вібростан двигуна та трансмісії, частоту обертання роторів двигуна, потужність. Така сукупність параметрів забезпечує достовірність трендового контролю.

Трендовий аналіз заснований на аналізі статистичних характеристик результатів реєстрації контрольованих параметрів з метою визначення їхньої стаціонарності. Тренд-аналіз виконується для вибраного інтервалу зареєстрованих параметрів БД. Базові налаштування роботи алгоритму тренд-аналізу встановлюються

за результатами відпрацювання реальної інформації.

Наведено критерії проведення тренд-аналізу: г-критерій Хальда-Аббе, що належить до непараметричних методів тренд-аналізу оцінки приналежності двох вибірок однієї генеральної сукупності, які потребують знання статистичних характеристик аналізованого параметра, та S-критерій, що належить до параметричних методів тренд-аналізу оцінки випадковості розбіжності між заданими математичним очікуванням та середнім вибіркоvim.

У роботі [3] розглянуто підхід, що ґрунтується на використанні нейромережових моделей двигунів. Даний підхід полягає у представленні моделі авіаційного двигуна, у тому числі і ТВ3-117, у вигляді «сірого» ящика за допомогою нейронної мережі, що має відому структуру зі значним числом параметрів і коефіцієнтів. Реалізація такого методу дозволяє адаптувати математичну модель двигуна до індивідуального авіаційного двигуна. Алгоритм роботи запропонованої математичної моделі наведено у роботі [4].

Результати аналізу методів

1. Використання методів факторного аналізу для аналізу даних газотурбінного двигуна ТВ3-117В характеризується рядом переваг у порівнянні з діагностичною регресійною моделлю і типовою методикою діагностування ГТД.

Методи факторного аналізу дозволяють суттєво зменшити дисперсію залишкових відхилень. Це досягається за рахунок виділення загальних факторів, які мають найбільший вплив на параметри, що аналізуються, і врахування їх у моделі. В результаті, отримані результати діагностики стають більш надійними та точними, що дозволяє краще ідентифікувати аномальні відхилення та встановлювати їх причини.

МФА враховує вплив змінних умов експлуатації, що є важливим для точної діагностики стану двигуна. Це дозволяє підвищити надійність оцінок технічного стану двигуна навіть у змінних умовах експлуатації.

Застосування МФА дозволяє виділити групи аномальних відхилень, що значно полегшує ідентифікацію стану двигуна.

Крім того, МФА дозволяє виключити з аналізу фактори, що не пов'язані безпосередньо з технічним станом двигуна, завдяки чому зменшується кількість помилкових висновків і підвищується точність діагностики.

У свою чергу типова методика діагностування ГТД ефективна лише за малих відхилень і не враховує складніші нелінійні взаємозв'язки між параметрами, а діагностичні регресійні моделі потребують

додаткової попередньої обробки даних і мають обмеження у випадку складних і нелінійних взаємозв'язків.

Таким чином, методи факторного аналізу забезпечують більш точну та надійну діагностику технічного стану двигуна ТВ3-117В, дозволяючи ефективно враховувати змінні умови експлуатації та зменшуючи вплив не пов'язаних з станом двигуна факторів.

2. Поєднання трендового аналізу з МФА забезпечує комплексний підхід до аналізу даних двигуна, що дозволяє більш точно та надійно оцінювати його стан. Трендовий аналіз може виявляти загальні тенденції, тоді як МФА допомагає зрозуміти взаємозв'язки між різними параметрами і виділити основні фактори, що впливають на ці тенденції. Це підвищує точність діагностики та ефективність прогнозування.

МФА дозволяє виділити основні фактори, які мають найбільший вплив на роботу двигуна. Це зменшує розмірність даних і дозволяє зосередитися на найважливіших параметрах, що підлягають аналізу.

Після виділення ключових факторів за допомогою МФА, можна застосувати трендовий аналіз до цих факторів. Це дозволяє виявити довгострокові тенденції в основних параметрах роботи двигуна, що є важливим для прогнозування і діагностики.

Отже, поєднання трендового аналізу з МФА для аналізу післяпольотних даних двигуна ТВ3-117В, а також баз даних стендових випробувань, є доцільним завдяки здатності цих методів доповнювати один одного. Трендовий аналіз виявляє довгострокові зміни та тенденції, тоді як факторний аналіз дозволяє виділити ключові фактори, що впливають на роботу двигуна. Це забезпечує комплексний підхід до діагностики та прогнозування технічного стану, що підвищує надійність, безпеку та економічну ефективність експлуатації двигуна.

3. Використання нейромережових технологій і застосування правил нечіткої логіки для контролю і діагностики технічного стану авіаційного двигуна ТВ3-117 є актуальним у режимі реального часу безпосередньо на борту літального апарату. При аналізі даних, отриманих після польоту або стендових випробувань, задача негайної обробки не є актуальною.

Нейромережові технології вимагають значних обчислювальних ресурсів та складних алгоритмів навчання, що може бути недоцільно для аналізу вже зібраних даних після польоту або стендових випробувань, коли оперативність не є ключовим фактором.

Програмне забезпечення для аналізу баз даних ТВ3-117В

Програма універсального переглядача баз даних

випробувань «base» розробки АТ «Елемент», що призначена для оцінки і аналізу експлуатаційних даних авіаційних двигунів, дозволяє виконувати візуальний аналіз та перегляд баз даних випробувань двигунів у графічній та табличній формах, виводити інформацію на друк, а також виконувати експорт даних.

Основне вікно програми складається з основної області виведення графіку значень зареєстрованих параметрів і сигналів регулятора ГТД, а також списків

аналогових і дискретних параметрів, які виведені на графік.

Лінійка меню і поле кнопок управління, дозволяють виконувати маніпуляції з графіком або таблицею параметрів для спрощення інтерпретації поведінки ГТД.

Загальний інтерфейс програмного забезпечення наведено на рисунку 1.

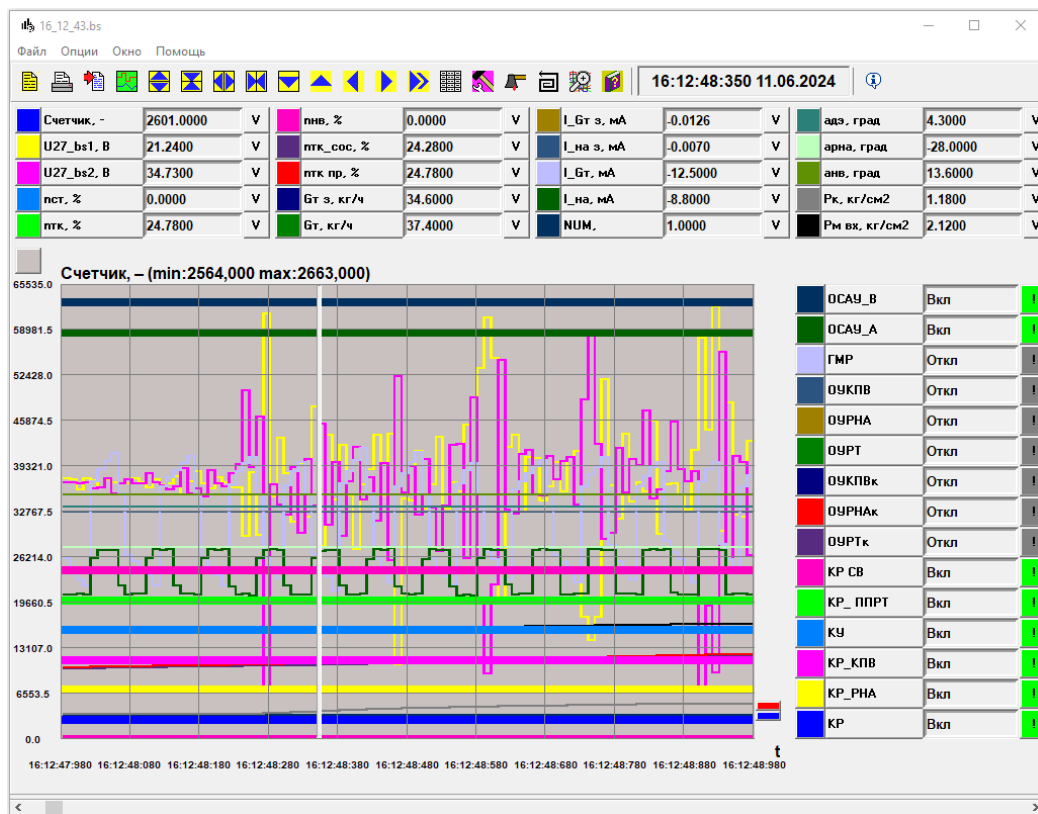


Рис. 1. Інтерфейс програми універсального переглядача баз даних випробувань «base»

У роботі [5] наведено особливості реалізації даної програми, зокрема використання для обробки нереляційної бази даних власної розробки.

Недоліком даного програмного забезпечення є можливість виконувати оцінку стану двигуна виключно за допомогою візуального аналізу. За відсутності автоматичного аналізу поведінки двигуна збільшується вірогідність помилкових висновків внаслідок людського фактору.

У роботі [6] вказано, що для зниження впливу значного розкиду параметрів бази даних у сучасних автоматичних системах контролю і діагностики, додатково до формул зведення, використовують діагностичні моделі двигунів, побудовані або за даними статистичної обробки баз даних, або на основі імітаційних моделей. Зіставлення даних імітаційного моделювання з базами даних стендових випробувань двигунів показує високий ступінь відповідності реальній поведінці двигуна.

Доцільно сформулювати гіпотезу щодо підвищення ефективності інтерпретації поведінки ГТД на основі післяпольотних даних внаслідок інтеграції діагностичної моделі до програми перегляду баз даних.

Висновки

Результати показали, що поєднання трендового аналізу з МФА є ефективним для комплексного аналізу даних двигуна ТВЗ-117В. Трендовий аналіз допомагає виявляти довгострокові тенденції, тоді як МФА розкриває взаємозв'язки між різними параметрами та виділяє ключові фактори, що впливають на ці тенденції. Це сприяє більш точній та надійній діагностиці та прогнозуванню технічного стану двигуна.

Для аналізу післяпольотних даних, де оперативність не є критичною, нейромережеві технології та

нечітка логіка є надмірними через високі вимоги до обчислювальних ресурсів.

З метою зниження впливу людського фактору програмне забезпечення розробки АТ «Елемент», що призначене для аналізу експлуатаційних даних двигунів, доцільно вдосконалити. Автоматизація аналізу даних та інтеграція діагностичних моделей можуть суттєво підвищити точність і надійність інтерпретації баз даних. В подальших дослідженнях доцільно приділити особливу увагу інтеграції діагностичних моделей ГТД до програми переглядача баз даних.

Отже, в результаті дослідження сформульовані рекомендації, які полягають у застосуванні методів факторного аналізу у поєднанні з трендовим аналізом, а також удосконалення програмного забезпечення для автоматизації аналізу даних та зниження імовірності помилок.

Конфлікт інтересів

Автор заявляє, що немає конфлікту інтересів щодо цього дослідження, фінансового, особистого, авторського чи іншого, який міг би вплинути на дослідження та його результати, представлені в цій статті.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Наявність даних

Рукопис не має супутніх даних.

Використання штучного інтелекту

Автор підтверджує, що він не використовував методи штучного інтелекту при створенні представленої роботи.

Автор прочитав та погодився з опублікованою версією рукопису.

Література

1. Миргород, В. Ф. Сравнительный анализ методов диагностирования технического состояния двигателя газотурбинного привода по данным регистрации [Текст] / В. Ф. Миргород, & Г. С. Ранченко // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – № 2 (28). – С. 70–74.
2. Алгоритмы наземного контроля технического состояния двигателя ТВ3-117ВМА-СБМ1 на самолете Ан-140 по параметрической полетной информации, зарегистрированной на эксплуатационный бортовой накопитель [Текст] / В. М. Бойко, Н. Д. Багаутдинов, В. А. Седристый [и др.] // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – № 9 (35). – С. 135–139.

3. Владов, С. І. Використання нейромережевих технологій для контролю і діагностики технічного стану авіаційного двигуна ТВ3-117 [Текст] / С. І. Владов, Д. О. Васильєв, & О. О. Бражчик // *Об'єднані наукою: перспективи міждисциплінарних досліджень: матеріали VII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених*. – К. – 2020. – С. 179–181.

4. Застосування правил нечіткої логіки в задачі ідентифікації технічного стану авіаційного двигуна ТВ3-117 [Текст] / Ю. М. Шмельов, С. І. Владов, А. С. Хебда, & К. Г. Котляров // *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Сер. : Технічні науки*. – 2018. – Т. 29(68), № 3(2). – С. 34–40.

5. Волков, Д. И. Оптимизация объема нереляционной базы данных и времени доступа к данным при множественных частотах регистрации параметров [Текст] / Д. И. Волков, & Н. Н. Лопунова // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2018. – № 7 (151). – С. 107–111.

6. Разработка автоматизированного наземного комплекса диагностирования силовой установки (НКДСУ) для обеспечения наземного контроля технического состояния двигателя ТВ3-117ВМА-СБМ1 на самолете Ан-140 по параметрической полетной информации, зарегистрированной на эксплуатационный бортовой накопитель, в обеспечение перевода двигателя на эксплуатацию по техническому состоянию [Текст] / В. М. Вершина, В. А. Седристый, А. А. Горячий, & С. В. Епифанов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2008. – № 9 (56). – С. 185–187.

References

1. Mirgorod, V. F., & Ranchenko, G. S. Srovnitel'nyj analiz metodov diagnostirovaniya tehnikeskogo sostojaniya dvigatelja gazoturbinnogo privoda po dannym registracii [Comparative analysis of methods for diagnosing the technical condition of a gas turbine drive engine according to registration data]. *Aviacionno-kosmichna texnika i tehnologiya - Aerospace Technic and Technology*, 2006, no. 2 (28), pp. 70–74.
2. Boiko, V. M., Bagautdinov, N. D., Sedristyi, V. A., Garyachii, A. A., & Epifanov, S. V. Algoritmy nazemnogo kontrolja tehnikeskogo sostojaniya dvigatelja TV3-117VMA-SBM1 na samolete An-140 po parametricheskoj poletnoj informacii, zaregistririrovannoj na jekspluatacionnyj bortovoj nakopitel' [Algorithms for ground control of the technical condition of the TV3-117VMA-SBM1 engine on the An-140 aircraft based on the parametric flight information registered on the operational on-board storage device]. *Aviacionno-kosmichna texnika i tehnologiya - Aerospace Technic and Technology*, 2006, no. 9 (35), pp. 135–139.
3. Vladov, S. I., Vasylyev, D. O., & Brazhnyk, O. O. Vykorystannya neyromerezhevykh tekhnolohiy dlya kontrolyu i diahnostyky tekhnichnoho stanu aviatsiynoho

dvyhuna TV3-117 [The use of neural network technologies to control and diagnose the technical condition of the TV3-117 aircraft engine]. *Obiednani naukoiu: perspektyvy mizhdystsypinarnykh doslidzhen: materialy VII Vseukr. nauk.-prakt. konf. studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh* [Unified Science: Perspectives of Interdisciplinary Researches: Proceedings of the VII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates, and Young Scientists], Kyiv, 2020, pp. 179-181.

4. Shmel'ov, Yu. M., Vladov, S. I., Khebda, A. S., & Kotlyarov, K. H. Zastosuvannya pravyl nechitkoyi lohiky v zadachi identyfikatsiyi tekhnichnoho stanu aviatyynoho dvyhuna TV3-117 [Application of the rules of urban logic in the problem of identification of the technical state of the aviation engine TV3-117]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V. I. Vernadskoho. Seriya: Tekhnichni nauky* [Scientific Notes of V.I. Vernadsky Taurida National University. Series: Technical Sciences], 2018, vol. 29(68), no. 3(2), pp. 34-40.

5. Volkov, D. I., & Lopunova, N. N. Optimizatsiya ob"ema nerelyatsionnoi bazy dannykh i vremeni dostupa k dannyim pri mnozhestvennykh chastotakh registratsii

parametrov [Optimization of database size and data access time to store parameters with multiple recording frequencies]. *Aviatsiino-kosmichna tekhnika i tekhnologiya - Aerospace Technic and Technology*, 2018, no 7 (151), pp. 107-111. DOI: 10.32620/akt.2018.7.16.

6. Vershina, V. M., Sedristyi, V. A., Goryachii, A. A., & Epifanov, S. V. Razrabotka avtomatizirovanogo nazemnogo kompleksa diagnostirovaniya silovoi ustanovki (NKDSU) dlya obespecheniya nazemnogo kontrolya tekhnicheskogo sostoyaniya dvigatelya TV3-117VMA-SBM1 na samolete An-140 po parametricheskoi poletnoi informatsii, zaregistrirovannoi na ekspluatatsionnyi bortovoi nakopitel', v obespechenie perevoda dvigatelya na ekspluatatsiyu po tekhnicheskomu sostoyaniyu [Development of an automated ground-based power plant diagnostic complex to provide ground monitoring of the technical condition of the TV3-117VMA-SBM1 engine on the An-140 aircraft using parametric flight information registered to the operational on-board storage device, in order to ensure the transfer of the engine to operation based on technical condition]. *Aviatsiino-kosmichna tekhnika i tekhnologiya - Aerospace Technic and Technology*, 2008, no 9 (56), pp. 185-187.

Надійшла до редакції 21.06.2024, розглянута на редколегії 15.08.2024

METHODS OF ANALYSIS AFTER FLIGHT DATA OF TV3-117V GAS TURBINE ENGINE

Andrii Dunai

The methods of analyzing post-flight data of gas turbine engines are considered, in particular, a typical method of diagnosing parameters reduced to standard atmospheric conditions, the use of a diagnostic regression model, the methods of factor analysis, the method of principal components, and trend analysis according to the r-criterion and S-criterion. The main attention is paid to the methods of factor analysis and trend analysis, which significantly increase the accuracy and reliability of diagnostics of the technical condition of engines. The use of factor analysis methods in combination with trend analysis provides a more accurate identification of long-term trends and relationships between various parameters of engine operation, which contributes to improving the diagnostic and forecasting processes. The advantages of the complex use of factor analysis and trend analysis methods for monitoring and diagnosing the technical condition of TV3-117V gas turbine engines, which increase the reliability, safety, and economic efficiency of their operation, are considered. The main parameters of the TV3-117V engine, which should be selected for trend control, were determined. Neural network technologies and fuzzy logic may be overkill for the analysis of the operational data of gas turbine engines because of the high demands on computing resources. The software developed by JSC "Element" is considered, and it is intended for the evaluation and analysis of post-flight data of aircraft engines and bench test data. It was found that software for the analysis of the operational data of engines needs improvement to reduce the influence of human factors and increase the automation of diagnostic processes. The automation of data analysis and integration of complex diagnostic models can significantly increase the accuracy and reliability of database interpretation. The expediency of using diagnostic models of engines, built either according to the statistical processing data of databases or based on simulation models, is described. It was found that a comparison of the simulation simulation data with engine bench test databases showed a high degree of correspondence between the diagnostic model and the real behavior of the engine. Recommendations for the optimal application of operational data analysis methods to increase the reliability, safety, and economic efficiency of TV3-117V aircraft engines are given.

Keywords: gas turbine engine; TV3-117V; after flight data; database; factor analysis; trend analysis; diagnostics; technical condition monitoring.

Дунай Андрій Віталійович – аспірант, Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна; інженер електронік АТ «Елемент», Одеса, Україна.

Andrii Dunai – PhD Student of the Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine; Electronic Engineer of JSC "Element", Odesa, Ukraine, e-mail: adunay99@gmail.com, ORCID: 0009-0009-8639-7777.