

КИЇВСЬКИЙ МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

На правах рукопису

ТАМАРГАЗІН Олександр Анатолійович

СТАТИСТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ І ПРОГНОЗУВАННЯ
ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ АВІАЦІЙНИХ
ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ У ПРОЦЕСІ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Спеціальність: 05.22.14. - "Експлуатація повітряного транспорту"

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Київ 1997

Роботу виконано на кафедрі авіаційних двигунів
Київського міжнародного університету цивільної авіації

Науковий керівник кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник,
Кучер Олексій Григорович

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор Комаров Андрій Олександрович

кандидат технічних наук,
Сікорський Євген Олександрович

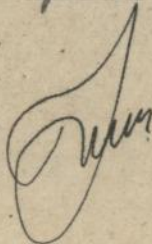
Провідна організація Авіаційний науково - технічний комплекс
ім. О.К.Антонова

Захист дисертації відбудеться "26" червня 1997 року о 15 годині на
засіданні спеціалізованої вченої Ради Д01.35.04 при Київському
міжнародному університеті цивільної авіації за адресою:
252058 м. Київ-58, просп. Космонавта Комарова, 1. КМУЦА.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Київського
міжнародного університету цивільної авіації.

Автореферат розісланий "23" травня 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої Ради,
доктор технічних наук



М.С.Кулик

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00753629 (W)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

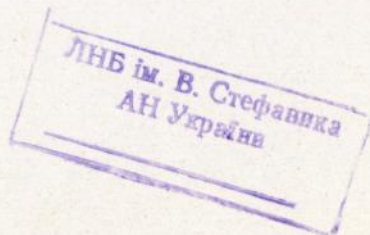
Проблема підвищення ефективності експлуатації повітряного транспорту при забезпеченні високого рівня безпеки польотів безпосередньо пов'язана з розробкою та впровадженням у практику експлуатації нових методів та засобів контролю і управління рівнем надійності повітряних кораблів та авіаційних *газотурбінних двигунів* (ГТД).

Для контролю за діяльністю експлуатаційних підприємств у галузі технічної експлуатації *авіаційної техніки* (АТ), сертифікації повітряних кораблів, вияву впливу різноманітних експлуатаційних факторів на їх надійність необхідно забезпечити постійне надходження інформації про відмови та несправності до керівництва аерокомпаній, у Департамент авіаційного транспорту, авіаремонтні та авіабудівні організації, де виробляються і приймаються рішення, спрямовані на підтримку заданого рівня надійності АТ та забезпечення безпеки польотів. Підтримка високого рівня надійності повітряних кораблів вимагає постійної розробки та впровадження в експлуатаційних підприємствах різноманітних заходів по удосконаленню АТ та запобіганню її відмовам.

Для оцінки впливу впроваджених заходів на надійність АТ необхідний постійний контроль і аналіз їх економічної ефективності, що ґрунтуються на сучасних методах прийняття рішень. Поява двигунів нового покоління, оснащених електронними приладами, що дозволяють вводити, обробляти і зберігати великий обсяг параметричної та службової інформації під час польоту, надає можливість використовувати для оцінки їх технічного стану показники якості функціонування.

Тому постає проблема створення методів і засобів контролю та прогнозування показників надійності авіаційних ГТД з використанням сучасних інформаційних технологій.

Метою дисертаційної роботи є розробка методів і засобів статистичного контролю і прогнозування показників надійності авіаційних ГТД з використанням глобальної інформаційної системи, що реалізує комплексний підхід до управління технічним станом авіаційної техніки.



Поставлена мета досягається рішенням наступних задач:

- розробкою моделі замкнутої автоматизованої системи управління надійністю авіаційних ГТД, що описує взаємодію усіх суб'єктів, що приймають участь у процесі створення, виробництва і експлуатації двигунів, а також державного регулювання та сертифікації;
- розробкою математичного та інформаційного забезпечення процесів оцінки, контролю та прогнозування рівня надійності авіаційних ГТД і їх комплектуючих виробів, розпізнавання ранніх стадій зниження показників надійності та аналізу їх динаміки в процесі експлуатації;
- розробкою засобів розрахункової оцінки показників якості функціонування перспективних авіаційних двигунів підвищеної контролездатності;
- розробкою і впровадженням в експлуатаційних підприємствах цивільної авіації комплексів програм, що реалізують технологічні процеси збору, обробки і аналізу даних про відмови і несправності авіаційних ГТД, а також автоматизованого пошуку відмов двигунів;
- розробкою комплексу програм аналізу даних про надійність парку авіаційних двигунів на рівні експлуатаційного підприємства, виробника та Державного Департаменту авіаційного транспорту;
- розробкою комплексу програм для обліку відмов і заходів по підтримці заданого рівня надійності авіаційних ГТД, удосконалення регламенту технічного обслуговування двигунів в організаціях - виробниках;
- розробкою методики оцінки ефективності заходів, що розробляються і впроваджуються у виробництво по підтримці та підвищенню встановленого рівня надійності авіаційних двигунів;
- розробкою методики та програмного забезпечення для експертизи проектів заходів в умовах колективного прийняття рішень на рівні виробника та Державного Департаменту авіаційного транспорту України.

Наукова новизна

- розроблена модель процесу управління надійністю авіаційних ГТД на всіх стадіях їх життєвого циклу;
- розроблені засоби розрахунку показників якості функціонування перспективних авіаційних двигунів підвищеної контролездатності та їх функціональних систем, які дозволяють розпізнавати ранні стадії погіршення надійності та прогнозувати їх технічний стан;

- розроблена методика оцінки ефективності заходів, що розробляються та впроваджуються у виробництво по підтримці та підвищенню заданого рівня надійності авіаційної техніки;
- розроблена методика для експертизи проєктів заходів в умовах колективного прийняття рішень.

Практична цінність

- розроблено інформаційне, математичне та програмне забезпечення для оцінки, контролю, прогнозу та аналізу даних про надійність парку повітряних кораблів, впроваджене в ЦТОіРАТ БДАП авіакомпанії "Авіалінії України", що дозволило перевести понад 500 агрегатів літака Ту-154Б на експлуатацію по фактичному рівню надійності;
- розроблена комплексна автоматизована система контролю надійності та діагностування двигунів ПС-90А, що дозволила здійснювати контроль технічного стану і виявляти відмови на ранніх стадіях їх розвитку, яка впроваджена в АТК авіапідприємства "Шереметьєво-2";
- розроблена автоматизована система збору та аналізу даних про відмови та заходи по їх усуненню двигунів ПС-90А, впроваджена в АТ "Авиадвигатель" (м.Пермь), яка дозволила вчасно приймати рішення та опрацьовувати профілактичні заходи, спрямовані на запобігання повторним відмовам та здійснення оперативного контролю за їх виконанням в експлуатації.

Апробація роботи

Основні результати дисертаційної роботи доповідалися і отримали позитивну оцінку на Першій всеукраїнській конференції "Технічна діагностика та неруйнівний контроль в Україні" КБ "Південне" ім.М.К.Янгеля (Дніпропетровськ, вересень 1994 р.); Міжнародній НТК "Сучасні науково-технічні проблеми цивільної авіації" (м.Москва, травень 1996 р.); Конгресі двигунобудівників України "Двигуни ХХІ віку". (Київ-Харків-Рибаче, вересень 1996 р.); щорічних звітних науково - технічних конференціях МУЦА (м.Київ, 1993-1997 рр.).

За результатами проведених досліджень розроблено автоматизовані системи, впроваджені у виробництво в БДАП авіакомпанії "Авіалінії України", АТК авіапідприємства "Шереметьєво-2" (м.Москва) та АТ "Авиадвигатель" (м.Пермь).

Публікації

По темі дисертації опубліковано 3 статті, депоновано в ДНТБ України 3 статті, опубліковано 7 тез доповідей, підготовано 22 звіти.

Структура та обсяг роботи

Дисертаційна робота складається з передмови, чотирьох глав, висновків, переліку посилань із 117 найменувань, та додатка. Загальний обсяг роботи - 220 сторінок, в тому числі 32 малюнки і додаток на 29 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У передмові обгрунтована актуальність теми, показані основні положення, що визначають наукове та практичне значення роботи.

У першій главі розглядається стан проблеми забезпечення безпеки польотів у *цивільній авіації* (ЦА), та аналізуються шляхи реалізації її вимог. Показано, що у теперішній час рівень безпеки польотів ЦА не можна визнати задовільним. Так, по даним останніх років, кількість катастроф на 100 тисяч годин нальоту в ЦА країн СНД більша, ніж у економічно розвинутих країнах, таких як США, Франція, Німеччина в 2.5-3 рази. Таке становище в значній мірі зумовлене низькою надійністю авіаційних ГТД і є однією із найактуальніших проблем ЦА, що важко вирішується. Ця проблема носить комплексний характер і має відношення до всіх стадій життєвого циклу двигуна.

В нинішній час слабкою ланкою процесу забезпечення заданого рівня надійності АТ є його недостатня інформаційна підтримка. Особливо це стосується прогнозування та вияву ранніх стадій погіршення надійності, об'єктивності в оцінці ефективності рішень, що приймаються.

На основі проведеного аналізу визначена мета та сформульовані основні задачі, які необхідно вирішити для досягнення цієї мети.

У другій главі на основі аналізу властивостей надійності основних стадій життєвого циклу авіаційних ГТД та їх комплектуючих виробів, видів забезпечення надійності, аналізу причин виникнення відмов та несправностей двигунів і кладена методика побудови замкнутої автоматизованої системи управління надійністю авіаційних ГТД в ЦА.

Під час побудови моделі системи управління надійністю авіаційних двигунів розглядаються базисні множини, що включають: експлуатаційні підприємства (M_1); центри обробки даних (M_2); особи та організації, що приймають рішення (M_3); організації, що формують вимоги до надійності авіаційних двигунів (M_4); розробників заходів по підвищенню рівня надійності авіаційних ГТД (M_5) (рис.1).

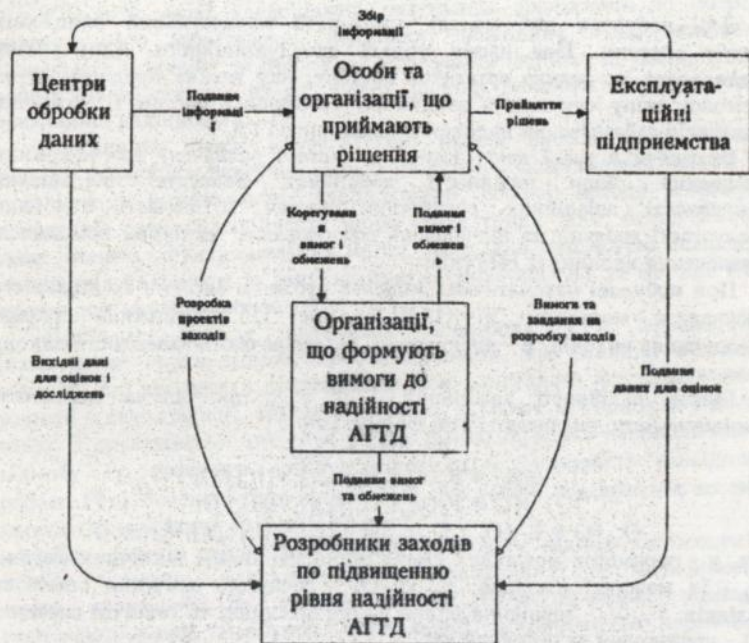


Рис. 1. Структурна схема системи управління надійністю авіаційних ГТД

В базисних множинах виконуються роботи, що виражаються кортежем

$$x_i = (a_i, b_i, T_i),$$

де i - індекс роботи; a - вектор параметрів, що характеризують результат роботи; b - вектор ресурсів, виділених для виконання роботи та досягнення результату; T - час, необхідний для виконання роботи.

Математична модель системи управління надійністю авіаційних ГТД представлена кортежем $S = (M_i, R_j)$, де R_j - відношення між елементами базисної множини, $i=\{1, 2, 3, 4, 5\}$, $j=\{12, 15, 23, 25, 31, 34, 35, 43, 45, 53\}$.

Для побудови цієї моделі розглянуто математичний опис усіх об'єктів системи. При цьому модель експлуатаційного підприємства розглядалася як велика ергатична система, яку можна представити як взаємопов'язану сукупність авіаційних ергатичних систем і технічних комплексів забезпечення надійності авіаційних ГТД.

Виходячи з такої декомпозиції в системі визначені два напрямки підвищення рівня надійності авіаційних двигунів: збільшення ефективності авіаційних ергатичних систем в області технічної експлуатації двигунів та підвищення ефективності технічних комплексів забезпечення надійності двигунів.

При побудові математичних моделей суб'єктів системи їх діяльність описувалася кортежем $S = (U, W, E)$, де U - множина входів, W - множина виходів, E - відношення, що визначають залежність виходу від входу.

Рівень надійності авіаційних ГТД $P_{гтд}$, як оцінка діяльності авіапідприємств, визначається за формулами

$$P_{гтд} = f(x, y, Q_{xy});$$

$$x(t) = F_x(x_0, t, U_a[t_0, t], V_a[t_0, t]);$$

$$y(t) = F_y(y_0, t, U_T[t_0, t], V_T[t_0, t]);$$

$$Q_{xy}(t) = F_Q(Q_0, t, U_a[t_0, t], V_a[t_0, t], U_T[t_0, t], V_T[t_0, t]),$$

де x, y - параметри можливих станів організаційних і технічних систем; Q_{xy} - їх можливі наслідки; x_0, y_0, Q_0 - початкові значення станів та наслідків; V_a, V_T - зовнішній вплив на організаційні та технічні системи; t_0, t - початковий та поточний час.

Як складник запропонованої системи розглядаються функціональні схеми, інформаційні потоки та основні принципи роботи з базами, що зберігають дані про різноманітні аспекти діяльності суб'єктів системи і технічний стан підконтрольного парку авіаційних двигунів. При побудові моделей керуючих органів системи розглянуті засоби прийняття рішень по під'єднанню рівня надійності авіаційних ГТД, в тому числі модель прийняття рішень при обмежених ресурсах та стохастична модель прийняття рішень. В основу цих моделей покладено прагнення максимувати критерій оптимальності $P_{гтд}$.

Комплексність запропонованої системи полягає в тому, що на кожному ієрархічному рівні впроваджується декілька взаємопов'язаних підсистем, причому в кожній підсистемі здійснюється збирання, узагальнення та аналіз інформації.

Наводяться схеми декомпозиції системи за інформаційною, функціональною, організаційною та часовою ознакою.

У третій главі представлені результати досліджень по розробці математичного забезпечення надійності авіаційних ГТД, включаючи визначення основних та приватних показників надійності, розлізнавання раних стадій погіршення надійності, аналізу динаміки і прогнозування показників надійності.

Розглянуто прості і узагальнені моделі відмов комплектуючих виробів авіаційних двигунів, оцінка імовірності безвідмовної роботи при випадковому інтервальному напрацюванні, основні методи розрахунку показників схемної надійності: метод структурних схем, метод логічних схем, схемно - функціональний метод. Докладно розглянуто визначення показників надійності за результатами експлуатації АТ та методів вияву причинно - наслідкових зв'язків.

Під час аналізу надійності авіаційних ГТД враховуються різноманітні групи відмов, такі, як відмови, що виникли в польоті, відмови, що викликали достроковий зйом двигуна чи агрегата, відмови, усунені в експлуатації, виявлені на землі, відмови, що виникли в польоті тощо. З урахуванням цих груп відмов розраховуються напрацювання на відмову T_0 , параметр потоку відмов $\omega(t)$, імовірність безвідмовної роботи $P(t)$, інтенсивність відмов $\lambda(t)$, що також поділяються по типам наробіток, причинам та видам відмов.

Для оцінки параметрів законів розподілу відмов застосовуються методи моментів, максимальної правдоподібності та модифікований метод квантілей. За основні закони були прийняті розподіли: експоненціальний, Вейбулла, нормальний, логарифмічно нормальний. При цьому використовуються критерії згоди: χ^2 (хі-квадрат), Смірнова - Колмогорова та інші. Для розрахунку довірчих інтервалів застосовуються процентні точки розподілу Стьюдента і F-розподілу.

Однією з основних задач роботи є прогнозування та контроль показників надійності авіаційних ГТД. Для цього використовуються методи, що базуються на основі розподілу Пуассона, екстраполяцій λ - характеристики та функції розподілу відмов і регресійного аналізу.

Прогнозування та контроль числа можливих відмов на підставі розподілу Пуассона здійснюється на базі статистики відмов за будь-який підконтрольний період експлуатації у випадку, якщо закон розподілу відмов експоненційний

$$P_{\text{доп}} = \frac{1}{n!} \sum_{n=0}^{n_{\text{доп}}} (\bar{\omega}_{\text{опт}} t_{\text{сух},k})^n \exp(-\bar{\omega}_{\text{опт}} t_{\text{сух},k}),$$

де $t_{\text{сух},k} = \sum T_{i,k}$ (при $i = \overline{1, N}$) - сумарна наробітка вироб за підконтрольний період; N - кількість підконтрольних виробів; $P_{\text{доп}}$ - допустима імовірність безвідмовної роботи елемента, яку можна прийняти рівною $P_{\text{доп}} = 0,975$.

Прогноз надійності з використанням показника інтенсивності відмов заснований на розділенні та розрахунку раптових і поступових відмов (постійної та змінної інтенсивності) і екстраполяції змінної інтенсивності.

Прогноз надійності на основі екстраполяції функцій розподілу відмов реалізований для відмов з законами розподілу Вейбулла та нормального.

Використовуючи одержані імовірності безвідмовної роботи в системі розраховується необхідна кількість запчастин $n_{\text{зап}} = (1 - P_{\text{доп}}) N_k(t_k)$, де $N_k(t_k)$ - кількість справних елементів для парку двигунів на момент контролю рівня надійності.

Впровадження в експлуатацію двигунів підвищеної контролездатності дозволило використовувати при оцінці їх технічного стану показники якості функціонування (ЯФ), які бувають точнісні, імовірні, інформаційні та вартісні. В роботі розглянуті імовірні показники ЯФ, що найбільш повно відповідають вимогам обліку всіх факторів, які впливають на роботу двигуна.

В загальній формі показник ЯФ є математичним сподіванням сумісної функції розподілу параметрів, від яких залежить показник

$$K = M[P(x_1, \dots, x_n)] = \int \dots \int P(x_1, \dots, x_n) q(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n.$$

В роботі запропоновано декілька показників ЯФ:

- імовірність знаходження параметрів в межах заданих допусків на протязі підконтрольного періоду експлуатації

$$K_1 = P(\Pi_{i \text{ min}} \leq \Pi_i \leq \Pi_{i \text{ max}});$$

- умовна імовірність знаходження параметрів в межах допуску на заданому режимі роботи

$$K_j = P(\Pi_j \text{ min} \leq \Pi_j \leq \Pi_j \text{ max} | \alpha_{\text{рул}}), \quad K_j = \int_{\alpha_{\text{min}}}^{\alpha_{\text{max}}} P(\Pi_j \text{ min} \leq \Pi_j \leq \Pi_j \text{ max}) q(\alpha_{\text{рул}}) d\alpha_{\text{рул}};$$

- імовірність статистики критерія Аббе

$$K_R = P(R < R_{кр}), R = \frac{1}{2} \frac{\sum_{i=1}^{k-1} (X_{i,1} - X_1)^2}{\sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X}_{op})^2}, X_i = \Pi_i - \Pi_B$$

де $R_{кр}$ - критичне значення, $\Pi_B = \frac{1}{5} \sum_{i=0}^5 \Pi_i$ - базове значення параметр

При багатокритеріальній оцінці використовується показник імовірності виконання функціонального завдання мінімальний із сукупності

$$K = \min(K_i), i = \overline{1, m}$$

Для вилучення збійних значень використовується критерій виключення різких відхилень нормованих вибірових параметрів від їх базових значень.

Проведені дослідження показали, що розподіл параметрів, що вимірюються на двигуні, добре описується нормальним законом. При цьому функцію залежності середніх значень контрольованих параметрів від часу можна апроксимувати прямою лінією, а середньоквадратичне відхилення параметрів з високою вірогідністю можна прийняти постійним

$$K_i = \Phi\left(\frac{\Pi_{пред} - (\hat{a} + \hat{b}t)}{S}\right), \text{ де } S = \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (\Pi_i - \varphi(t_i))^2},$$

$$\varphi(t_i) = \hat{a} + \hat{b}t_i, \hat{a} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \Pi_i - \hat{b}\bar{t}, \hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^k \Pi_i(t_i - \bar{t})}{\sum_{i=1}^k (t_i - \bar{t})^2}, \bar{t} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k t_i,$$

$\Pi_{пред}$ - граничне значення параметра, $\Phi(\bullet)$ - інтеграл імовірності.

Використовуючи одержану лінійну нормальну модель показників ЯФ можна також прогнозувати час безвідмовної роботи двигуна

$$t = f^{-1}(K_s) = \frac{\Pi_{пред} - S\psi(K_s) - \hat{a}}{\hat{b}},$$

де $\psi(\bullet) = \Phi^{-1}(\bullet)$, K_s - задане граничне значення коефіцієнта ЯФ.

В роботі також запропоновані показники ЯФ для приведеної тяги $K_p = P(P_{пр} \geq P_{пр. \min} |\alpha_{руд})$, що характеризує двигун з позиції безпеки польотів, та показник ЯФ для питомої витрати палива $K_c = P(C_{уд. пр} \leq C_{уд. пр. \max} |\alpha_{руд})$, що характеризує роботу двигуна з економічної точки зору.

Показник ЯФ для приведеної тяги розраховується тільки для режимів, на яких виконувався зліт (максимальний, проміжний, номінальний), а показник ЯФ для питомої витрати палива визначається на всіх режимах роботи двигуна від запуску до зупинки. Для розрахунку цих показників в системі реалізований газодинамічний розрахунок двигуна ПС-90А. На відміну від раніше розглянутих, ці показники ЯФ є функцією режиму роботи двигуна.

Показники ЯФ у загальному випадку є випадковими величинами. Тому для них розраховується розсіювання

$$S_i^2 = \int_{\alpha_{\text{min}}}^{\alpha_{\text{max}}} [K_i(\alpha_{\text{PTA}}) - \bar{K}_i]^2 q_i(\alpha_{\text{PTA}}) d\alpha_{\text{PTA}}$$

та довірна імовірність виконання завдання

$$P(K_i \geq K_{\text{н}}) = \int_{K_{\text{н}}}^{\infty} \Phi \left[\frac{K_i - \bar{K}_i}{S_i} \right] dK_i$$

і прогноз часу нормальної роботи

$$t_i = K^{-1}(K_{\text{н}})$$

В дисертаційній роботі запропонований ряд комплексних показників ЯФ для двигуна ПС-90А, що визначаються для злітного, номінального та крейсерського режимів, а також показники ЯФ для різноманітних функціональних систем двигуна ПС-90А (маслосистеми, роторів низького та високого тиску, системи механізації компресора, систем запуску та реверсу, тощо), аналіз динаміки зміни яких сприяє ранньому вияву несправностей. Найбільш простими з цих показників є показники ЯФ для роторів двигуна, які становлять імовірність того, що час вібгу ротора буде не меншим граничного. Приклад реалізації такого процесу представлений на рис.2.

При розрахунку показників ЯФ двигуна ПС-90А всі параметри, що вимірюються, приводяться до САУ та режиму. Приведення до режиму здійснюється з використанням апроксимації характеристик двигуна поліномами першого та другого ступеня.

Внаслідок аналізу надійності підконтрольного парку АТ здійснюється розробка та впровадження в експлуатацію різноманітних заходів, ефективність яких пропонується визначати з використанням коефіцієнтів, що розраховуються на базі показників надійності авіаційних ГТД:

$$K_{\text{н}} = \frac{X_{\text{ю}} - X_{\text{н}}}{X_{\text{н}}}, \quad K_{\text{н}} = \frac{X_{\text{ю}} - X_{\text{н}}}{X_{\text{н}}}$$

де $K_{эфij}$ - коефіцієнт ефективності i -го заходу по j -му показнику надійності ГТД, X_{j0} - значення j -го показника за звітний період, X_{jB} - значення j -го показника за базовий період; $K_{пр\ эфijk}$ - коефіцієнт відхилення ефективності i -го заходу по j -му показнику надійності ГТД за звітний період від очікуваного значення, X_{jkpr} - значення j -го показника, що прогнозується за звітний період на базі k -го базового періоду.

Двигатель № 3193004 (Борт 96005 СУ-1) на 16.01.1996 г.

Выбор КИД = $f(Pol)$

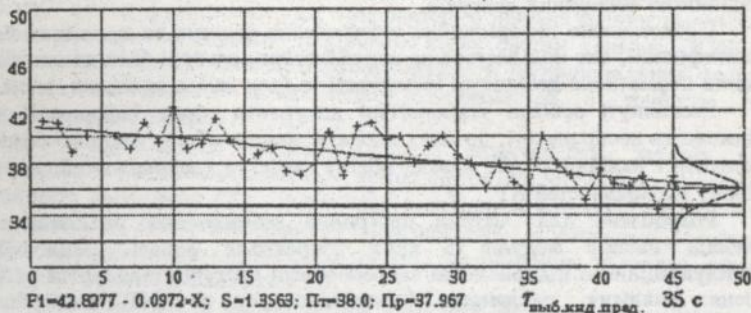


Рис. 2. Зразок реалізації процесу зміни параметра при оцінці показника якості функціонування

Раз і з цими коефіцієнтами в системі пропонується використовувати незалежну експертизу проектів заходів. При цьому на базі аналізу відмов та вже впроваджених заходів розробляються проекти заходів, що оцінюються незалежними експертами за заданими критеріями. У вигляді оцінок проектів застосовуються абсолютні, нормовані по індивідуальним ваговим коефіцієнтам, нормовані по вибірці, ранжирувані, багатокритеріальні та комплексні оцінки, з урахуванням поправок на експертів, які знижують їх систематичні помилки.

У четв'ятій главі дається опис апаратної конфігурації, програмного забезпечення та структури інформаційних і робочих файлів розробленої системи.

Розроблена система охоплює основні задачі, що вирішуються під час експлуатації авіаційних ГТД. Вона є складовою частиною загальної системи управління льотною і технічною експлуатацією АТ (СУЛІТЕ АТ), тому вона представлена в роботі як мінімальна конфігурація СУЛІТЕ АТ для експлуатаційного підприємства.

Розглядається функціональна структура СУЛІТЕ АТ та підсистем, що, входять до складу розробленої системи управління надійністю авіаційних двигунів і є складовою частиною СУЛІТЕ АТ. Обґрунтовується вибір програмного забезпечення, на базі якого буде створено середовище, у якому функціонує система управління надійністю авіаційних двигунів.

Представлено інформаційне забезпечення системи та принципи його класифікації, яке поділяється на кодифікатори, основні бази даних, бази даних нормативно-довідкової інформації та бази даних вихідних форм.

Розглянуті основні технологічні документи збору інформації про відмови та несправності, до яких входять: картка обліку події по безпеці польотів і надійності АТ, картка обліку заміन та несправностей, картка обліку несправностей АТ.

Розроблене для системи програмне забезпечення реалізоване в вигляді набору модулів з яких збираються робочі місця. Для експлуатаційного підприємства запропоновані наступні стандартні робочі місця: аналітик, рекламація (встановлюються в УНТД), керівник (встановлюється в осіб, безпосередньо зацікавлених в одержанні оперативної інформації про технічний стан АТ), виконавць (встановлюється в цих періодичного та оперативного технічного обслуговування, лабораторіях) планово диспетчерський відділ (встановлюється в ПДВ), адміністратор системи (встановлюється на серверах, що містять бази даних системи).

На рівні Департаменту авіаційного транспорту, розробника, виготівників та науково-дослідних центрів розроблену систему пропонується впроваджувати в їх локальні обчислювальні мережі окремими програмними модулями в залежності від потреб кожного об'єкта системи.

Докладно розглянута побудова кожного модуля і описані функції які вони виконують.

Розглянуто порядок обміну інформацією між суб'єктами розробленої системи та наведено зразки реалізації системи в експлуатаційних підприємствах ЦА і на підприємствах виробниках АТ.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Запропонована структурно-функціональна модель замкнутої автоматизованої системи управління надійністю авіаційних ГТД оптимальної схеми, що розроблена з використанням сучасних концепцій теорії управління, теорії систем та інформатики.

2. Розроблено математичне забезпечення автоматизованої системи управління надійністю авіаційних ГТД в експлуатації, що базується на модифікованих, у напрямку зниження трудоемкості обчислювальних процедур імовірно-детермінованих методах обробки інформації.

3. Розроблено метод розрахунку показників якості функціонування авіаційних ГТД підвищеної контролездатності. Запропоновані нові критерії якості функціонування, використані в процесі оцінки та аналізу динаміки зміни по наробітку технічного стану систем двигуна ПС-90А, що дозволяє прогнозувати показники надійності функціональних систем ГТД та здійснювати локалізацію несправностей з точністю до контрольованої системи.

4. Запропонована методика оцінки ефективності заходів що впроваджуються в експлуатацію, з метою підтримки чи збільшення рівня надійності авіаційних ГТД. Розроблена методика проведення експертизи цих заходів, що реалізована в програмному забезпеченні системи обробки експертних оцінок заходів по підтриманню заданого рівня надійності авіаційних двигунів.

5. Розроблений та впроваджений комплекс програм, що здійснюють мережеві принципи обробки інформації про надійність авіаційних двигунів. Комплекс програм дозволяє реалізувати:

- принципи безперервного відстеження динаміки зміни показників надійності авіаційних ГТД;
- методи вияву раних стадій погіршення надійності;
- прогнозування рівня надійності двигунів;
- оцінку ефективності заходів, спрямованих на підтримку та підвищення рівня надійності авіаційних двигунів;
- контроль рівня надійності агрегатів для забезпечення можливості переведення їх на експлуатацію по фактичному рівню надійності.

6. Підтверджена вірогідність та ефективність розроблених алгоритмів контролю та прогнозування показників надійності авіаційних ГТД з використанням реальних експлуатаційних даних. Розроблені методи і алгоритми, що реалізують представлені у вигляді методичного та програмного забезпечення автоматизованої системи "Надійність

авіаційних ГТД", яка відповідає основним виробничим вимогам, до яких необхідно віднести універсальність, прийнятну точність та простоту у застосуванні.

7. Розроблено понад двадцять комплексів задач, реалізованих в автоматизованих системах контролю і забезпечення заданого рівня надійності двигунів та повітряних кораблів, що експлуатуються в авіа підприємствах України, а також для оцінки та управління технічним станом перспективних двигунів підвищеної контролездатності.

8. Основні результати дисертаційної роботи впроваджені в Бориспільському державному авіаційному підприємстві авіакомпанії "Авіалінії України", авіаційному технічному комплексі "Шереметьєво-2" авіакомпанії "Аерофлот", Державному Департаменті авіаційного транспорту України, Пермському авіаційному підприємстві - розробнику двигунів АТ "Авиадвигатель" та в навчальному процесі КМУЦА.

Основні результати дисертації опубліковані в наступних роботах:

1. Кучер А.Г., Тамаргазин А.А. Оценка качества функционирования систем авиационных ГТД. //Проблемы управления технической эксплуатацией авиационной техники. Сб. науч. Тр. - К.: КМУГА, 1996 - С.73-84
2. Кучер А.Г., Тамаргазин А.А. Независимая экспертиза проектов мероприятий в задачах коллективного принятия решений. //Проблемы эксплуатации и надежности авиационной техники. Сб. науч. Тр. - К.: КМУГА, 1997 - С.82-86
3. Тамаргазин А.А. Определение показателей качества функционирования авиационного ГТД в процессе эксплуатации. //Проблемы эксплуатации и надежности авиационной техники. Сб. науч. Тр. - К.: КМУГА, 1997 - С.78-81
4. Тамаргазин А.А. Информационно-аналитическая система сбора и обработки данных об отказах и неисправностях авиационной техники. - К.: Деп. в ГНТБ Украины №1523-УК94, 1994.
5. Тамаргазин А.А. Организация информационных потоков государственной службы по надзору за надежностью авиационной техники и безопасностью полетов. - К.: Деп. в ГНТБ Украины №1524-УК94, 1994.
6. Тамаргазин А.А. Эксплуатационные показатели надежности авиационных двигателей. - К.: Деп. в ГНТБ Украины №1525-УК94, 1994.

7. Кучер А.Г., Снегирев Н.А., Тамаргазин А.А. Комплексная система диагностирования и выявления неисправностей газотурбинных двигателей по полетной информации //Тезисы докладов первой всеукраинской конференции "Техническая диагностика и неразрушающий контроль в Украине" КБ "Южное" им. М.К.Янгеля (Днепропетровск, сентябрь 1994 г.). Тез. докл. - Д.: Б.и., 1994. - С.36-37
8. Кучер А.Г., Снегирев Н.А., Тамаргазин А.А. Комплексная система контроля технического состояния авиационных ТД повышенной контролепригодности в процессе эксплуатации. //Международная научно-техническая конференция "Современные научно-технические проблемы ГА" (Москва, май 1996 г.): Тез. Докл. - М.: МИИГА, 1996. - С.98
9. Кучер А.Г., Тамаргазин А.А., Снегирев Н.А. Диагностирование авиационных двигателей повышенной контролепригодности. //Конгресс двигателестроителей Украины "Двигатели XXI века". (Киев-Харьков-Рыбачье, сентябрь 1996 г.): Тез. докл. - Х: ХАИ, 1996. - С.53
10. Тамаргазин А.А., Кучер А.Г., Снегирев Н.А. Экспертная система диагностирования авиационных двигателей. //Конгресс двигателестроителей Украины "Двигатели XXI века". (Киев-Харьков-Рыбачье, сентябрь 1996 г.): Тез. докл. - Х: ХАИ, 1996. - С.51
11. Кучер А.Г., Снегирев Н.А., Тамаргазин А.А. Разработка структуры информационной базы системы сбора и обработки информации об отказах и неисправностях авиадвигателей //Отчетная НТК университета (Киев, май 1994 г.): Тез. докл. - К: КМУГА, 1994. - С.21
12. Кучер А.Г., Снегирев Н.А., Тамаргазин А.А. Информационная база систем управления надежностью авиационной техники //Отчетная НТК научных коллективов КМУГА (Киев, апрель 1995 г.): Тез. Докл. - К: КМУГА, 1995. - С.22
13. Снегирев Н.А., Тамаргазин А.А. Автоматизированный поиск неисправностей авиационных двигателей на базе адаптивного статистического метода //Отчетная НТК научных коллективов КМУГА (Киев, апрель 1995 г.): Тез. Докл. - К: КМУГА, 1995. - С.20

АННОТАЦИЯ

Тамаргазин А.А. Статистический контроль и прогнозирование показателей надежности авиационных ГТД в процессе эксплуатации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.14: "Эксплуатация воздушного транспорта". Киевский международный университет гражданской авиации, Киев, 1997.

В работе рассмотрены методы и средства статистического контроля и прогнозирования показателей надежности авиационных ГТД с использованием глобальной информационной системы, реализующей комплексный подход к управлению техническим состоянием двигателей. Разработаны методы оценки показателей качества функционирования авиационных ГТД, оценки эффективности мероприятий по поддержанию заданного уровня надежности.

Ключевые слова: авиационные двигатели, управление надежностью, теория надежности, качество функционирования.

ANNOTATION

Tamargazin A.A. Statistical checking and forecasting of reliability factors aircraft engines in the process of usages. Thesis for the Candidate of Science (Engineering) Speciality 05.22.14. "Air Transport Operation". Kiev International University of Civil Aviation, Kiev, 1997.

In work are considered methods and statistical checking facilities and forecasting of factors aircraft engine reliability with using a global information system, realizing complex approach to management of technical condition engines. Designed methods of evaluation factors quality of operation aircraft engines, evaluations of efficiency actions on the maintenance given their reliability level.

Key words: aircraft engines, reliability management, theory of reliability, quality of operation.

Підписано до друку 21.05.97. Формат 60x84/16. Папір друкарський.
Офсетний друк. Ум.фарбовідб.5.Ум.друк.арк.0,93. Обл. вид.арк.1,0.
Тираж 100 прим. Замовлення № 123-І. Ціна . Вид. № 62/ІУ.

Видавництво КМУЦА.

252008. Київ-58, проспект Космонавта Комарова,1.

AB 37.951