

КИЇВСЬКИЙ МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

На правах рукопису

ТЕРЕЙКОВСЬКИЙ Ігор Анатолійович

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ КОНТРОЛЮ ТА ПОВ'ЯЗАНИХ З НИМ
ПРОФІЛАКТИЧНИХ РОБІТ АГРЕГАТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ
СИСТЕМ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Спеціальність 05.22.14 "Експлуатація повітряного транспорту"

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ 1997



00751092 (O)

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі технічної експлуатації літальних апаратів та авіаційних двигунів Київського міжнародного університету цивільної авіації

Науковий керівник: заслужений діяч науки України, дійсний член Академії транспорту Росії, доктор технічних наук професор Комаров Андрій Олександрович

Офіційні опоненти: заслужений діяч науки України, доктор технічних наук, професор Ігнатів Володимир Олексійович, кандидат технічних наук Горобійов Михайло Владиславович

Провідна організація: Український центр по науково - методичному забезпеченню експлуатації авіаційної техніки УкрЦЕАТ

Захист відбудеться " " _____ 1997 р. о 15 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01.35.04 в Київському міжнародному університеті цивільної авіації за адресою: 252058, Київ-58, проспект Космонавта Комарова, 1, КМУЦА.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці КМУЦА

Автореферат роз'яснено " " _____ 1997 року.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради, доктор технічних наук

М.С.Кулик

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ Однією з головних проблем процесу становлення вітчизняних конкурентоспроможних авіакомпаній являється підвищення ефективності використання повітряних суден (ПС). Подолання цієї проблеми неможливе без вирішення задачі вдосконалення стратегій проведення технічного обслуговування (ТО) "за станом" ПС в процесі технічної експлуатації (ПТЕ), суттєвим моментом якої є вдосконалення системи розрахунку оптимального режиму контролю (ОРК) та профілактичних робіт (ПР), що проводяться на основі результатів контролю. Вдосконалити систему розрахунку ОРК необхідно для агрегатів функціональних систем (ФС) ПС через те, що такі агрегати безпосередньо впливають на безпеку польотів, ефективність використання ПС, а в їх ПТЕ використовуються системи розрахунку ОРК. Але досвід показує, що існуючі системи ОРК недостатньо враховують комплексну дію збуджуючих оптимізацію факторів (ЗОФ) та не адаптовані до умов використання, а також не пристосовані для оптимізації варіюваних факторів, наприклад, вибору оптимального методу контролю (ОМК).

Проведені дослідження базуються на сучасній методології оптимізації РК, розробленій у працях Є.Ю. Барвиловича, І.А. Віргера, В.О. Ігнатова, А.О. Комарова, Н.Н. Смірнова, В.В. Уланського та багатьох інших. Ця робота є частиною комплексних досліджень, котрі виконуються на кафедрі технічної експлуатації літальних апаратів та авіаційних двигунів під керівництвом д-ра техн. наук., проф. А.О. Комарова.

Метою даної роботи є розробка системи оптимізації режиму контролю (РК) та пов'язаних з ним ПР, агрегатів ФС ПС, яка враховує комплексну дію ЗОФ, а також адаптована до умов використання.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі задачі:

1. На основі аналізу ЗОФ провести обґрунтування базового процесу оптимізації та розробити ряд показників, які зможуть враховувати комплексну дію декількох ЗОФ.

2. Побудувати імітаційну модель, яка дозволить провести числові експерименти з розрахунку ОРК, беручи до уваги комплексну дію ЗОФ.

3. Провести дослідження залежності ОРК агрегатів ФС ПС, в тому

числі тих, що знаходяться на експлуатації, від дії ЗОФ.

4. Вазуючись на результатах дослідження залежності ОРК від дії ЗОФ, розробити систему вибору ОМК із декількох можливих методів контролю (МК).

НАУКОВА НОВИЗНА РОБОТИ

1. Проведено обґрунтування базового процесу оптимізації РК та розроблено ряд показників, які враховують комплексну дію ЗОФ.

2. Розроблена імітаційна модель, яка дозволяє проводити розрахунки ОРК при комплексній дії ЗОФ та адаптована до використання на персональних електронно-обчислювальних машинах (ПЕОМ).

3. Розроблена методологія визначення ОРК при дії ЗОФ.

4. Побудовані залежності, які дозволяють якісно оцінити вплив основних ЗОФ на ОРК.

5. Розроблена система вибору ОМК із декількох можливих МК.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РОБОТИ

1. Створений комплекс прикладних програм для ПЕОМ, який дозволяє розрахувати ОРК агрегатів ФС ПС в експлуатації.

2. Розроблені практичні рекомендації щодо розрахунків ОРК аксіально-поршневих насосів і фільтрів тонкої очистки паливної системи літака Ту-154.

РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Основні результати роботи були використані при розробці:

- лабораторної роботи для студентів;
- рекомендації щодо створення адаптивних регламентів ТО для пасажирських ПС;
- рекомендацій щодо оптимізації РК конструкцій укріплення телеретрансляторів.

АПРОВАЦІЯ РОБОТИ

Основні результати роботи доповідались та одержали позитивну

оцінку на XV науково-технічній конференції наукових колективів КМУЦА (квітень 1995 р.), міжнародній науково-технічній конференції "Аероновігація-96". Робота в цілому дотримувалась та обговорювалась на об'єдналому засіданні кафедр механічного факультету КМУЦА.

ПУБЛІКАЦІЇ

За матеріалами дисертації опубліковано 4 роботи.

ОБ'ЄМ І СТРУКТУРА ДИСЕРТАЦІЇ

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти глав, заключення, списку літератури, що включає 168 найменувань, і додатків. Вона викладена на 152 сторінках друкованого тексту. Робота містить 20 додатків та ілюстрована 45 рисунками.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі дано обґрунтування актуальності теми, її роль та місце у вдосконаленні системи технічної експлуатації ПС, приведені основні моменти, що визначають мету та задачі дослідження.

У першій главі визначені структура, мета та задачі системи оптимізації РК та пов'язаних з ним ПР агрегатів ФС ПС.Г. Оведено аналіз процесу контролю технічного стану (ТС), пов'язаних з ним ПР та обґрунтована необхідність вирішення задачі оптимізації РК. Показано, що оптимізація РК класифікується як умовна, особливість якої у можливості розміщення оптимума на кордоні дозволеної області. Для знаходження оптимума використаний метод дихотомії. Обґрунтовано вживання основного та обмежувачих критеріїв оптимізації в такому вигляді:

$$\begin{cases} S_c \rightarrow \min, \\ \lambda_{\max} \leq \lambda_{\text{тр}}, \\ P_{\min} \geq P_{\text{тр}}, \end{cases}$$

де S_c - приведені сумарні вартісні втрати, пов'язані з контролем, ПР, проведеними за результатами контролю та усунення наслідків відмов; $\lambda_{\max}(\lambda_{\text{тр}})$ - максимальна (вимагаєма) інтенсивність відмов протягом інтервалу часу оптимізації; $P_{\min}(\lambda_{\text{тр}})$ - мінімальна (вимагаєма) ймовірність безвідмовної роботи агрегату в польоті.

Табл. 1 P_{1min} названі критичними показниками надійності.

Проведений аналіз та структуризація ЗОФ. Основними ЗОФ являються ТС і динаміка ТС, загальні обмеження процесу функціонування та РК агрегатів, помилки оцінки визначаючого ТС параметра (ВП) при контролі, обмеження РК, вартісні показники втрат в ПТЕ, обмежуючі показники надійності. Обгрунтовано використання оптимізаційної моделі, що базується на марківській апроксимації змін TC. Визначена мета та завдання дослідження.

У другій главі подана оцінка статистичних характеристик процесу змін TC агрегатів ФС ПС. Обгрунтовано рішення характеризувати зміну TC агрегатів ФС ПС динамікою ВП. Як базова модель апроксимації динаміки ВП прийнята модель стаціонарного марківського ланцюга першого порядку. Проаналізовані особливості функції розподілення при марківській апроксимації динаміки ВП. Вихідними даними для оцінки параметрів моделі є статистичні дані динаміки ВП, зареєстровані під час контролю ТС. Існують два основні способи реєстрації: індивідуальний та знеособлений. Індивідуальний спосіб дозволяє одержати значення контрольованих параметрів кожного агрегату. У випадку знеособленого способу відомий тільки розподіл значень контрольованих параметрів множини агрегатів в моменти контролю. Вихідні дані, одержані за допомогою індивідуального способу, називають повними, а за допомогою знеособленого - агрегованими. Розроблена стратегія оцінки параметрів марківської моделі апроксимації, що адаптована до вигляду вихідних даних. У випадку повних даних, коли маємо n реалізацій породжуючих марківський ланцюг випадкового процесу із спостережними станами, які спостерігаються в моменти $t=0 \dots k$, оцінка вірогідності проводиться таким чином:

$$P_{1j} = \frac{\sum_{t=1}^k n_{1j}(t) / \sum_{t=0}^{k-1} n_1(t-1),$$

де $n_{1j}(t)$ - кількість реалізацій, що спостерігаються в стані i в момент $(t-1)$ і в стані j в момент t .

У випадку агрегированих даних маємо кількість спостережних реалізацій $n_1(t_k)$ в заданих квантованих рівнях $i \in \{1, N\}$ в кожний момент спостереження $t_k \in [0, T]$, причому T - період спостереження; $N(t_k)$ - загальна кількість спостережних агрегатів; K - загальна кількість спостережень.

Оцінка ймовірності переходу із стану i в стан j проводиться таким чином:

$$P_{ij} = \left(\sum_{k=0}^K \left(\sum_{j=1}^n P_{ij}^k \times (t_k - t_{k-1}) \right) \right) / (K \times t_{cp}),$$

де t_{cp} - середньоарифметичний час між сусідніми спостереженнями, що обчислюється за формулою

$$t_{cp} = \left(\sum_{k=0}^K (t_k - t_{k-1}) \right) / K;$$

де P_{ij}^k - ймовірність переходу із стану i в стан j протягом часового інтервалу $(t_k - t_{k-1})$, що обчислюється за допомогою формули

$$p_i(t_k) = \sum_{j=1}^N p_j(t_{k-1}) \times P_{ij}^k, \quad i, j \in \{1..N\},$$

де $p_i(t_k)$ - ймовірність перебування в стані i при $(k-1)$ спостереженні, причому $q_i(t_k) \approx \pi_i(t_k) / N(t_k)$.

Для виявлення ЗОФ, які збуджують динаміку ТС, сформульоване визначення базової динаміки ВП при марківській апроксимації. Базовою називається динаміка, апроксимована стаціонарним поглинаючим марківським ланцюгом першого порядку з однаковими інтенсивностями переходів при умові перебування агрегату в початковий момент часу в найкращому (з точки зору ТС) першому стані.

Третя глава присвячена розробці оптимізаційної моделі та структури експерименту оптимізації РК. Розроблений математичний апарат розрахунку критерія оптимізації, основою якого є вираз:

$$\begin{cases} \delta S_C / \delta D = 0, \\ \delta S_C / \delta PK = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де S_C - критерій оптимізації, D - приведений профілактичний допуск, PK - приведений період контролю.

В свою чергу маємо:

$$S_C = C_C / T_C = (C_K \times P_K + C_{np} \times P_{np} + C_B \times P_B) / T_C; \quad (2)$$

$$D = D' / (P_{max} - P_{min}); \quad (3)$$

$$PK = PK' / T; \quad (4)$$

$$T_C = T \times P_C; \quad (5)$$

$$P_{np} + P_B + P_C = 1, \quad (6)$$

де S_C - сумарні вартісні втрати, пов'язані з контролем, проведен-

ням ПР і усуненням наслідків відмов; T_4 - очікуване напрацювання; $C_K, C_{\text{пр}}, C_B$ - одиничні вартісні втрати контролю, ПР і відмов; D' - профілактичний допуск; $\Pi_{\text{max}}, \Pi_{\text{min}}$ - кордони області працездатного стану; PK' - період контролю; T - заданий період напрацювання, а P_C - ймовірність його спрацювання; $P_K, P_{\text{пр}}, P_B$ - ймовірність контролю, ПР і відмов;

Звідси одержуємо:

$$C_K \sum_{k=1}^{T-1} \Pi [Q_B^i Q_{\text{пр}}^{i-1}] + C_{\text{пр}} \sum_{k=1}^{T-1} P_{\text{пр}} \Pi [Q_B^i Q_{\text{пр}}^{i-1}] + C_B \sum_{k=1}^T P_B \Pi [Q_B^{i-1} Q_{\text{пр}}^{i-1}]$$

$$S_C = \dots ;$$

$$PK' \times \sum_{k=1}^T \Pi [Q_{\text{пр}}^i \times Q_B^{i-1}] \quad (7)$$

$$1 - P_{\text{пр}} - Q_{\text{пр}}; \quad (8)$$

$$1 - P_B - Q_B. \quad (9)$$

Для розрахунку ймовірності величин $P_K, P_{\text{пр}}, P_B, P_C$ при фіксованому РК використана марківська модель динаміки ВП. Вирази (1-9) є основою математичного апарату моделі оптимізації РК. Область використання оптимізаційної моделі обмежена можливостями адекватного опису зміни ТС марківською моделлю динаміки ВП, розрахунком вартісних втрат, необхідністю враховувати, крім напрацювання, календарний час експлуатації. Оптимізаційна модель доведена до практичної реалізації, якою є програмне забезпечення ПЕОМ.

Для скорочення обсягів експериментів, необхідних для дослідження впливу ЗОФ, використаний ряд показників, наприклад безрозмірна швидкість параметра (БСП), яка обчислюється за формулою

$$БСП = R / (\Pi / \Lambda_{\text{спв}}),$$

де R - обмежуючий залишок напрацювання (інтервал напрацювання на якому проводиться оптимізація); Π - ширина поля працездатності; $\Lambda_{\text{спв}}$ - середня інтенсивність поступових відмов (ПВ).

Комплексна дія ПВ і раптових відмов (РВ) оцінюється таким показником:

$$K_{\text{пр}} = \Lambda_{\text{спв}} / \Lambda_{\text{спрв}},$$

де $\Lambda_{\text{спрв}}$ - середня інтенсивність РВ.

Показник $P_{\text{зо}}(i)$ характеризує ймовірність знаходження ВП в стані i в початковий момент часу. Достовірність оцінки ВП при контро-

лі оцінюється ймовірністю помилок першого (пропуск цілі) та другого (хибна тривога) роду (P_{01} , P_{02}). Початковими економічними показниками є вартості втрат, пов'язані з усуненням наслідків відмови та проведення ПР, що приведені до вартості втрат при проведенні контролю, тобто

$$C_B = C_B' / C_K;$$

$$C_{ПР} = C_{ПР}' / C_K.$$

Відправною точкою дослідження є вивчення базового процесу оптимізації. Базовим називається процес оптимізації РК невідновлюваних агрегатів ФС ПС з базовою динамікою ВП, контроль якого характеризується відсутністю помилок оцінки ВП. Стратегія дослідження передбачає вивчення поверхні відгуку на зміну РК, прогнозування динаміки вивчаних характеристик РК та ОРК, критеріїв оптимізації, прогноз корекції ОРК в залежності від реального ТС. Для узагальнення результатів досліджень використовані відносні показники типу

$$K_B = K_B' / K_D, \quad (10)$$

де K_B , K_D - характеристики базового та досліджуваного процесів.

Побудований план проведення досліджень типу гіпер-геліо-латинський квадрат. Ідея плану полягає у вивченні ОРК при базовому процесі оптимізації та особливостей ОРК під впливом ЗОФ. Планом передбачене підтвердження показників, які характеризують дію ЗОФ.

Четверта глава присвячена обробці результатів досліджень, наведених на вивчення ОРК агрегатів ФС ПС.

Доказана можливість використання при розрахунках ОРК запропонованих в роботі показників, які характеризують дію ЗОФ. Обчислена залежність динаміки ВП від показника ВСП при базовій динаміці. На рис.1 показані графічні залежності приведеного математичного оцікування ВП від приведеного напрацювання для різних ВСП. Такі залежності дозволяють наглядно виявити вплив ВСП на динаміку ТС.

Вивчався ОРК базового процесу оптимізації. Побудовані залежності (рис.2-4), що дозволяють якісно оцінювати ОРК і критичні показники надійності базового процесу при різних ВСП, приведених вартостях відмов та ПР. Виявлено, що при базовому процесі для кожного співвідношення вартісних втрат існують верхня границя $ВСП-ВСП_w$, вище якої потрібен безперервний контроль, і нижня границя $ВСП-ВСП_n$, нижче якої контроль економічно недоцільний. Величина $ВСП_w$ зростає із зменшенням приведеної вартості відмов та із збіль-

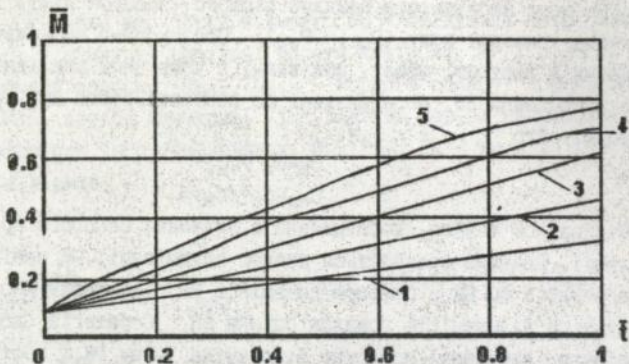


Рис. 1. Залежність приведенного математичного очікування ВП від приведенного напруження: 1 - БСП=0.2, 2 - БСП=0.4, 3 - БСП=0.6, 4 - БСП=0.8, 5 - БСП=1.

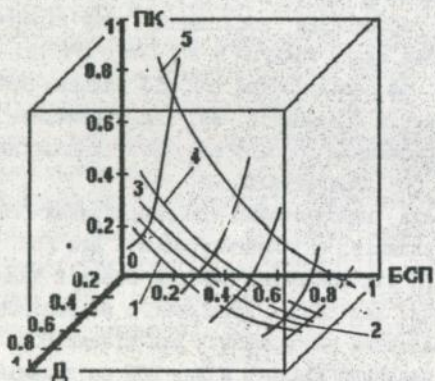


Рис. 2. Залежність ОРК від БСП: 1 - $C_{пр}=50$, 2 - $C_{пр}=100$, 3 - $C_{пр}=500$, 4 - $C_{пр}=1000$, 5 - $C_{пр}=2500$, $C_в=5000$.

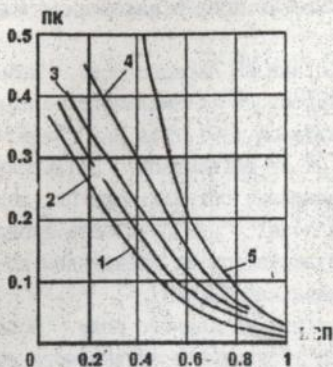


Рис. 3. Залежність оптимального ПК від БСП: 1 - $C_{гпр}=50$, 2 - $C_{гпр}=100$, 3 - $C_{гпр}=500$, 4 - $C_{гпр}=1000$, 5 - $C_{гпр}=2500$, $C_D=5000$.

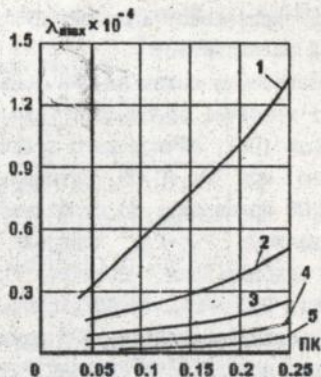


Рис. 4. Залежність максимальної інтенсивності відмов від РК: 1 - $D=0.2$, 2 - $D=0.4$, 3 - $D=0.6$, 4 - $D=0.8$, 5 - $D=1$, БСП=0.4.

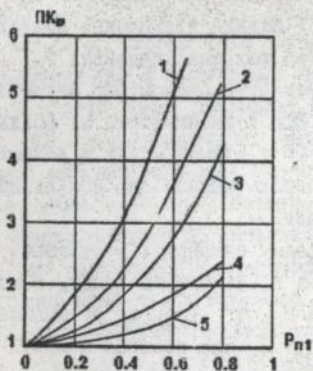


Рис. 5. Залежність відносного оптимального ПК від помилки оцінки ВП 1-го роду: 1 - БСП=0.2, 2 - БСП=0.4, 3 - БСП=0.6, 4 - БСП=0.8, 5 - БСП=1.

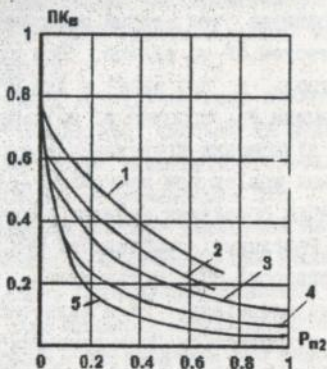


Рис. 6. Залежність відносного оптимального ПК від помилки оцінки ВП 2-го роду: 1 - БСП=0.2, 2 - БСП=0.4, 3 - БСП=0.6, 4 - БСП=0.8, 5 - БСП=1.

шенням приведеної вартості ПР. Збільшення $ВСП_n$ підкоряється зворотній залежності.

Розглянуто вплив на ОРК помилок оцінки ВП першого роду. Побудовані графічні залежності (рис.5) відносного оптимального періоду контролю (ПК), обчисленого згідно з виразом (10), від P_{n1} . Виявлено, що при $P_{n1} < 0,05$ оптимальний ПК не змінюється. Збільшення $P_{n1} > 0,05$ призводить до стабільного зменшення оптимального ПК, доки при деякому $P_{n1} - P_{n1}^3$ контроль і пов'язані з ним ПР стають економічно недоцільними. Величина P_{n1}^3 збільшується зі зменшенням показників $ВСП$ і C_{np} та збільшенням показника C_B .

Розглянуто вплив на ОРК помилок оцінки ВП другого роду. Встановлено, що для всіх значень P_{n2} , крім 1, динаміка приведеного математичного очікування ВП не залежить від цієї ймовірності. Побудовані графічні залежності (рис.6) відносного оптимального ПК ($ПК_B$), обчисленого згідно з виразом (10), від P_{n2} . Виявлено, що з ростом P_{n2} приведений оптимальний ПК збільшується, а величина оптимального приведенного профілактичного допуску (D) зменшується. Присутність навіть невеликої P_{n2} в $[0,01 - 0,02]$ змінює показники ОРК. При фіксованому значенні P_{n2} змінення ОРК проходить тим інтенсивніше, чим менший показник $ВСП$ і більше відношення приведених вартостей ПР та відмов. При достатньо великих значеннях P_{n2} (P_{2m}) контроль і пов'язані з ним ПР можуть бути економічно недоцільні. Величина P_{2m} зростає зі збільшенням $ВСП$ і зменшується зі збільшенням відношення приведених вартостей ПР і відмов. Але в деяких випадках навіть при величині $P_{n2} = 1$ контроль економічно доцільний, що означає обмеження залишку напрацювання.

Розглянуті особливості ОРК у випадку наявності ненульової інтенсивності РВ. Встановлено, що для $K_{np} < 1$ ОРК не існує, а можливість оптимізації ПК з'являється при $K_{np} > 1$, тому що зі зменшенням K_{np} відбувається "розмазування" оптимума, яке полягає в малій різниці сумарних вартісних втрат ОРК і неоптимального РК.

Розглянутий адаптивний спосіб визначення ОРК, в якому передбачається врахування інформації, одержаної впродовж останнього контролю, тобто врахування ймовірності перебування ВП в одному із визначених станів марківського процесу. Змінюючи стан марківського процесу, в якому перебуває ВП в початковий момент часу (P_{s0}), можна обчислити ОРК для всіх випадків, які можуть бути одержані вна-

лідок контролю. Результати цього обчислення зведені до таблиці.

Показники адаптивності ОРК Таблиця

ВАРТІСТЬ		ПРОЦЕС		ОПТИМІЗАЦІЯ		
C_v	C_{np}	P_{s0}	БСП	Д	ПК	S_c
1000	50	5	0,40	0,20	0,0200	0,03727
1000	50	4	0,40	0,40	0,0625	0,02165
1000	50	3	0,40	0,40	0,1000	0,01549
1000	50	2	0,40	0,40	0,1875	0,01149
1000	50	1	0,40	0,40	0,2000	0,00531

Розроблена система визначення ОМК. Характеристиками МК є вартість його проведення (C_k') та величини ймовірності помилок ВП першого та другого роду. Для і-го МК мінімум приведених сумарних втрат досягається при ОРК. Визначення СМК із множин МК, що допускається, полягає в розрахунку сумарних вартісних втрат ОРК (S_c^{opt}) кожного МК і вибору того МК, сумарні вартісні втрати ОРК якого найменші. Цей МК і є оптимальним. Побудовані графічні залежності (рис.7,8) S_c^{opt} від P_{n1} , P_{n2} . Визначення ОМК за допомогою рис.7,8 зводиться до вибору МК з мінімальною S_c^{opt} . Достоїнствами такого визначення ОМК є простота і наглядність.

В п'ятій главі приведені результати досліджень щодо визначення ОРК аксіально-поршневих насосів гідравлічної системи та фільтрів тонкої очистки паливної системи. Вибір цих агрегатів обумовлений їх великим впливом на безпеку польотів і економічність ПТЕ.

Обґрунтування ВП аксіально-поршневих насосів базується на тому, що узагальнюючим параметром, характеризуючим ТС цих насосів є об'ємний коефіцієнт корисної дії (ККД), мінімальне значення якого вказане в технічній документації. Але провести контроль об'ємного ККД впродовж експлуатації досить тяжко, що свідчить про недоцільність його використання в якості ВП. Водночас, хоча об'ємний ККД і залежить від багатьох параметрів, найважливішим із них є зазор у парі циліндр-поршень при фіксованій температурі робочої рідини. Відомо залежність об'ємного ККД від зазору в парі циліндр-поршень. Тому в якості ВП аксіально-поршневих насосів вибираємо величину зазору в парі циліндр-поршень. В технічній літературі приводиться

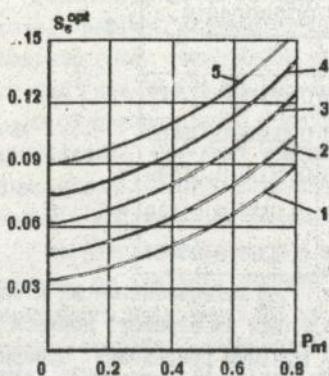


Рис. 7. Залежність сумарних втрат ОРК від похибок оцінки ВП 1-го роду:
 1 - $C_{\sigma} : C_{\sigma_{гр}} = 4000:80$, 2 - $C_{\sigma} : C_{\sigma_{гр}} = 5000:100$
 3 - $C_{\sigma} : C_{\sigma_{гр}} = 6000:120$, 4 - $C_{\sigma} : C_{\sigma_{гр}} = 8000:160$,
 5 - $C_{\sigma} : C_{\sigma_{гр}} = 10000:200$, БСП=0.4.

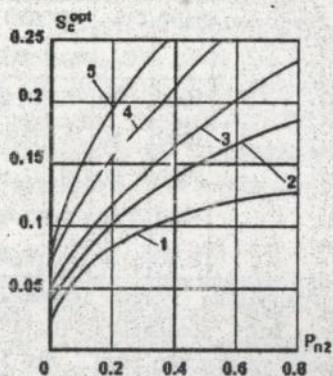


Рис. 8. Залежність сумарних втрат ОРК від похибок оцінки ВП 2-го роду:
 1 - $C_{\sigma} : C_{\sigma_{гр}} = 4000:80$, 2 - $C_{\sigma} : C_{\sigma_{гр}} = 5000:100$,
 3 - $C_{\sigma} : C_{\sigma_{гр}} = 6000:120$, 4 - $C_{\sigma} : C_{\sigma_{гр}} = 8000:160$,
 5 - $C_{\sigma} : C_{\sigma_{гр}} = 10000:200$, БСП=0.4.

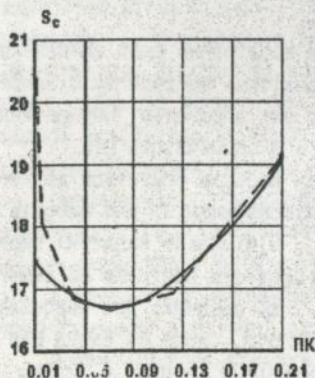


Рис. 9. Залежність сумарних втрат при ТО насівів від ПК: $D=0.2$.

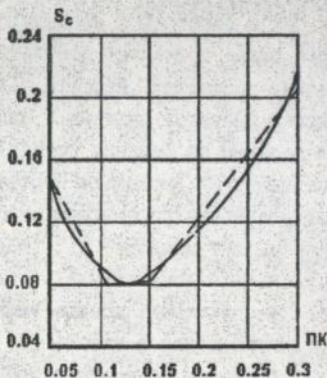


Рис. 10. Залежність сумарних втрат при ТО фільтрів від ПК: $D=0.8$.

Результати: - - - модельні, ——— апроксимовані.

реалізація процесу зміни завору, яка апроксимована нами стаціонарним марковським процесом. Розраховані економічні показники $C_B=1000$, $C_{пр}=50$. Результати оптимізаційного експерименту показали, що оптимальний $D=0,2$, а залежність сумарних вартісних втрат від ПК при цьому допуску показана на рис.9 і апроксимована виразом

$$S_c = 1,8 \times 10^{-2} - 5,8 \times 10^{-6} \times ПК + 7 \times 10^{-9} \times ПК^2$$

За рис.9 оптимальний ПК є [0,07, 0,05]. Звідси фізичні показники ОРК: $D' = 3,6 \times 10^{-3}$ мм і $ПК' \in [500, 300]$ год.

На практиці для оцінки ТС фільтрів використовують такі діагностичні параметри, як $\tau_{пкф}$ - час заповнення внутрішнього об'єму фільтра при зануренні за допомогою приладу контролю фільтрів (ПКФ) в рідину АМФ-10 та перепад тиску на фільтрі (ΔP) при фіксованій температурі робочої рідини. Параметр $\tau_{пкф}$ вимірюється в секундах і характеризує гідравлічний опір фільтра, який при постійному статичному перепаді тиску і в'якості залежить від його забрудненості. Відмова фільтра у польоті фіксується за перепадом тиску, а контроль фільтра при ТО проводиться за допомогою параметра $\tau_{пкф}$.

Таким чином, при виборі в якості ВП ΔP виникає задача його розрахунку за значенням $\tau_{пкф}$, а також знаходження значення $\tau_{пкфП}$, при якому спрацьовує датчик перепаду тиску на фільтрі. Відоме вирішення такої задачі у вигляді

$$\Delta P_T = \Delta P_0 / (\tau_{пкф0} / \tau_{пкфТ}),$$

де ΔP_0 , ΔP_T , $\tau_{пкф0}$, $\tau_{пкфТ}$ - відповідно перепад тиску і $\tau_{пкф}$ на новому фільтрі і на фільтрі після напрацювання T , причому

$$\tau_{пкфП} = (\Delta P_{П} / \Delta P_0) \times \tau_{пкф0},$$

де $\tau_{пкф0}$ - $\tau_{пкф}$ нового фільтра згідно з технічною документацією, а $\Delta P_{П}$ - перепад тиску, при якому спрацьовує датчик.

Відома аналітична функція для апроксимації перепаду тиску на фільтрі в процесі експлуатації. Вона обчислюється за формулою

$$\Delta P_T = \Delta P_0 / (1 - k^2 \times T)^2, \quad (11)$$

де k^2 - константа фільтрації, яка залежить від типу фільтра і параметрів забрудненості, а для конкретного типу фільтра тільки від параметрів забрудненості. Значення k обчислюється за формулою

$$k = T / (1 - (\tau_{пкф0} / \tau_{пкфТ})^{0,5}).$$

Вираз (11) є аналітичною функцією зміни ΔP_T в процесі експлуатації. Аналітична залежність $\Delta P_T = f(T)$ паливних фільтрів тонкої очистки знайдена за допомогою виразу (11) на основі обробки ста-

тистичних експлуатаційних даних, має вигляд:

$$\Delta P_T - \Delta P_0 / (1 - 0,001407637 \times T)^2$$

Розраховані економічні показники $C_B - 500$, $C_{пр} - 10$. Результати оптимізаційного експерименту показали, що оптимальний приведений допуск $D - 0,8$, а залежність сумарних вартісних втрат від ПК при цьому допуску показана на рис.10 і апроксимована виразом

$$S_C - 1,7 \times 10^{-1} - 7 \times 10^{-3} \times ПК + 1,3 \times 10^{-4} \times ПК^2 - 5,3 \times 10^{-7} \times ПК^3$$

Виходячи з рис.10 оптимальний ПК є [0,1, ..., 17]. Відповідні фізичні величини $D' - 0,4$ кгс/см² і $ПК' - [30, 50]$ год.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

1. Проведена структуризація ЗОФ агрегатів ФС ПС. Розроблений ряд показників, які характеризують комплексний вплив декількох ЗОФ, що дозволило різко зменшити обсяг необхідних для вивчення ОРК розрахунків. Основним показником є безрозмірна швидкість параметра. Сформульоване визначення базової динаміки ВП та базового процесу оптимізації. Розроблена методика оцінки впливу ЗОФ виходячи з величини відхилення ОРК при дії ЗОФ від ОРК у базовому випадку оптимізації.

2. Побудована оптимізаційна модель, яка дозволяє згідно з певними характеристиками ПТЕ розрахувати ОРК агрегатів ФС ПС з врахуванням ЗОФ. Основою оптимізаційної моделі є марківська модель апроксимації динаміки ВП. Розроблена стратегія марківської апроксимації динаміки ВП, адаптована до різних типів початкових даних, що забезпечує добру пристосованість моделі до практичних задач.

3. Проведені дослідження ОРК як базового процесу оптимізації, так і випадків, які відрізняються від базового. Побудовані залежності, що дозволяють якісно оцінити вплив основних ЗОФ на ОРК агрегатів ФС ПС.

4. Розроблена система визначення ОМК із декількох можливих МК. Суть системи полягає в розрахунку ОРК кожного можливого МК і визначенні того МК, який забезпечує необхідний рівень надійності, а його проведення пов'язане з найменшими сумарними вартісними втратами.

5. Розроблена методологія адаптації розрахунку ОРК до результатів останнього контролю. Адаптація полягає в перерахунку ОРК із

врахуванням останньої проконтрольованої величини ВП.

6. Проведені розрахунки ОРК агрегатів ФС ПС, які знаходяться на експлуатації: аксіально-поршневих насосів гідравлічної системи літака Ан-24 та фільтрів тонкої очистки паливної системи літака Ту-154.

Список робіт, опублікованих за темою дисертації:

1. Терейковский И.А. Оптимизация режима выполнения технического обслуживания агрегатов авиационной техники // Проблемы управления технической эксплуатацией авиационной техники. Сб. науч. тр. - К.: КМУТА, 1996. - С.17-25.

2. Новиков И.М., Терейковский И.А., Черненко Ж.С. Планирование использования воздушных судов с помощью ЭВМ // Проблемы управления технической эксплуатацией авиационной техники. Сб. науч. тр. - К.: КМУТА, 1996. - С.3-9.

3. Терейковский И.А., Датта П. О модели оптимизации режима контроля агрегатов функциональных систем воздушных судов // Проблемы информатизации и управления. Сб. науч. тр. - К.: КМУТА, 1997. - С. 172-173.

4. Терейковский И.А. Формирование показателей характеризующих комплексное действие факторов возмущающих процесс оптимизации режима контроля // Проблемы информатизации и управ. зня. Сб. науч. тр. - К.: КМУТА, 1997. - С. 173-174.

5. Комаров А.А., Терейковский И.А. Математические методы моделирования при оптимизации режима контроля гидравлических устройств // Тез. докл. на научн.-техн. конференции КМУТА за 1994 год. - К.: КМУТА, 1995. - С.24.

6. Датта П., Терейковский И.А. Исследование коэффициента готовности от характеристик системы обслуживания // Тез. докл. международной на научн.-техн. конференции " Проблемы совершенствования систем аэронавигационного обслуживания и управления подвижными объектами" "Аэронавигация - 96". - К.: КМУТА, 1996. - С.64.

АННОТАЦИЯ

Терейковский И.А. Оптимизация режима контроля и связанных с ним профилактических работ агрегатов функциональных систем возду -

них судов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.14 "Эксплуатация воздушного транспорта", Киевский международный университет гражданской авиации. Киев, 1997.

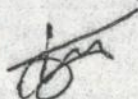
В диссертационной работе рассмотрены вопросы оптимизации режима контроля агрегатов функциональных систем воздушных судов. В результате теоретико-экспериментальных исследований разработана система оптимизации режима контроля, базирующаяся на использовании параметров, учитывающих комплексное воздействие возмущающих оптимизацию факторов.

ANNOTATION

Terejkovsky I.A. The optimization of the control mode and connected to it preventive jobs of the airplane functional systems. Dissertation for the Degree of the Candidate of Science (Engineering) on Speciality 05.22.14 "Air Transport Operation", Kiev International University of Civil Aviation, Kiev, 1997.

The problems of the control mode optimization of the airplane functional systems are considered in this thesis. The systems of the control mode optimization, based on the usage of parameters, which take into account the complex impact of the excited factors are worked out as result of the theoretical-experimental research.

Ключові слова: оптимізація, режим контролю, агрегати функціональних систем, марківська модель, визначаючий параметр.



Підписано до друку 19.05.97. Формат 60x84/16. Папір друкарський.
Офсетний друк. Ум. фарбов. і д. б. Ум. друк. арк. 0,93. Обл. - вид. арк. 1,0.
Тираж 100 прим. Замовлення № 120-І. Ціна . Вид. № 60/ІУ.

Видавництво КМУЦА.

252058. Київ-58, проспект Космонавта Комарова, І.



AB 38.454