

УДК 558.588.8

В.П. Квасніков, д.т.н., В.В. Жигинас, О.В. Кіпров, Б.М. Сорока**РОЗРОБКА ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ**Національний авіаційний університет
Державне підприємство «Завод 410 Цивільної авіації», e-mail:kvp@nau.edu.ua

У роботі досліджено проблеми якості ремонту і технічного обслуговування авіаційної техніки. Запропоновано комплексне оцінювання забезпечення якості відновлення авіаційної техніки. Розглянуто основні проблеми виконання якісного відновлення авіаційної техніки.

Ключові слова: технології ремонту, старіння вузлів конструкцій, собівартість ремонту.

Вступ. Основним недоліком існуючої стратегії ремонту є визначення об'єму ремонтних робіт незалежно від індивідуального напрацювання виробу і його технічного стану. Як наслідок, вартість ремонту не залежить від напрацювання і технічного стану виробу.

Підвищення якості і зниження витрат на ремонт може бути досягнуте шляхом впровадження гнучких технологій ремонту з урахуванням напрацювання, технічного стану і доопрацювань виробів по бюлетенях.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Прогресивна стратегія ремонту припускає таку сукупність правил призначення переліку та об'єму ремонтно-відновних робіт (технологій ремонту), які враховують вплив ремонтного виробу на рівень безпеки і регулярності польотів, характер зміни показників надійності виробів в процесі експлуатації, витрати на виконання ремонтно-відновних операцій або заміни блоку на першу категорію [1, 2].

Ціллю роботи є вироблення рекомендацій та впровадження нової стратегії ремонту виробів авіаційної техніки, які дозволять визначити об'єми робіт залежно від вироблення ресурсу виробом і його технічним станом.

Однією з основних умов впровадження прогресивної стратегії ремонту є створення на інформаційної служби надійності і діагностики. Залежно від рівня контролепридатності виробу можуть бути реалізовані два види прогресивної стратегії ремонту. Перший вид застосовний для виробів з високим рівнем контролепридатності. Відмінною рисою цього виду стратегії є проведення попередньої дефектації та визначення варіанту технології ремонту за результатами вхідного контролю без розбирання. Другий вид застосовують для виробів з низьким рівнем контролепридатності. Тут попередня дефектація і вибір варіанту технології проводиться після повного або часткового розбирання блоку за допомогою внутрішнього контролю [2].

Основний матеріал дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів. Розгляду підлягають можливі технології ремонту при організації технічної експлуатації відповідно до варіанту W_1 . Технологію T_1 виконують для виробів з високим рівнем контролепридатності. Залежно від напрацювання виробу можливі три варіанти виконання цієї технології. Перший варіант виконують для блоків з часом напрацювання t_1 , де t_1 визначають із співвідношення $t_1 \leq 0,66t_p$, тут t_p - час призначення першого капітального ремонту виробу.

При першому варіанті технології T_1 виконують наступні операції: приймання, попереднє очищення, відновлення поверхонь, вхідний контроль. За результатами вхідного контролю призначають розбирання з глибиною, потрібною для заміни елемента, що відмовив; здійснюють пошук дефекту і заміну елемента (вузла), що відмовив. У разі потреби роблять доопрацювання по бюлетеню і далі регулювання, зборку, підготовку до випробування, кліматичні випробування, випробування в комплекті і вихідний контроль. За відсутності особистого клейма у оператора після вихідного контролю виконують перевірку виробу службою відділу технічного контролю і далі монтаж і випробування на літаках, а для виробів, які прибули для відновлення без паспорту слідує відправка без монтажу [3].

Другий варіант технології T_1 виконують для блоків з напрацюванням t_2 , де t_2 визначають із співвідношення $0,66t_p < t_2 \leq kt_p$, тут k - номер капітального ремонту, після якого спостерігається ріст інтенсивностей відмов за рахунок старіння елементів (вузлів). При другому варіанті технології виконують ті ж види робіт, що і при першому варіанті, а також додаткові роботи, пов'язані із заміною ресурсних елементів. В цьому випадку глибину розбирання визначають за результатами вхідного контролю і по переліку необхідних заміни ресурсних елементів. Третій варіант технології T_1

можливий на підприємствах, що мають ІСН. За результатами роботи ІСН визначають перелік блоків, для яких після k -го капітального ремонту спостерігається ріст інтенсивності відмов елементів (вузлів) за рахунок старіння і так далі. Тут для кожного типу блоків визначають час t_3 із співвідношення $kt_p < t_3 \leq t_{pc}$, де t_{pc} - ресурс на блок, призначений ЗВ.

Третій варіант технології T_1 відрізняється від другого тим, що за допомогою ІСН визначають перелік додаткових заміни елементів (вузлів) для відновлення виробу з необхідною якістю. В цьому випадку глибина розбирання і об'єм заміни визначається за допомогою ІСН. Цей об'єм робіт потребує постійного контролю і корекції залежно від результатів аналізу характеристик надійності ІС.

Визначимо витрати на виконання ремонту по різних варіантах технології T_1 . Розпочнемо з визначення витрат з «поновлюючої» і «сингулярною» технологіям ремонту.

Вартість правильного відновлення згідно «поновлюючої» технології визначається з виразу:

$$C_{ПВ}^{T_1} = \sum_{i=1}^8 C_{Si} + (1 - P_{НО}^{HCЭK-1}) \sum_{j=9}^{16} C_{Sj} + P_{НО}^{HCЭK-3} \left(\sum_{K=18}^{22} C_{SK} + C_{S9} \right), \text{ де } C_{Si} - \text{ вартість виконання } S_i - \text{ операції ремонту.}$$

Вартість відновлення згідно «сингулярної» технології ремонту визначається з виразу:

$$C_{ПВ}^{T_1} = \sum_{i=1}^3 C_{Si} + 1 - P_{ЛО}^{HCЭK-1} (C_{S3} + C_{S7}) + (1 - P_{ЛО}^{HCЭK-1}) (C_{S4} + C_{S5} + C_{S6}).$$

Визначимо вартість ремонту, що відповідає другому варіанту технології T_1 :

$$C_{\gamma_{22}^{T_1}}^{T_1} = \sum_{i=1}^8 C_{Si} + (1 - P_{НО}^{HCЭK-3}) \sum_{j=9}^{16} C_{Sj} + P_{НО}^{HCЭK-3} \left(\sum_{K=18}^{22} C_{SK} + C_{S9} \right) + C_{S23}, \text{ де } C_{S23} - \text{ вартість заміни ресурсних}$$

$$\text{елементів, певних ЗВ; } C_{\gamma_{21}^{T_1}}^{T_1} = \sum_{i=1}^3 C_{Si} + C_{S23} + P_{ЛО}^{HCЭK-1} (C_{S3} + C_{S7}) + (1 - P_{ЛО}^{HCЭK-1}) (C_{S4} + C_{S5} + C_{S6}).$$

Вартість ремонту блоку згідно з третім варіантом технології, визначається з виразів:

$$C_{\gamma_{32}^{T_1}}^{T_1} = C_{\gamma_{42}^{T_1}}^{T_1} = C_{\gamma_{22}^{T_1}}^{T_1} + C_{S24}, \text{ де } C_{S24} - \text{ вартість додаткової заміни ресурсних елементів,}$$

$$\text{виявлених за час експлуатації виробів; } C_{\gamma_{31}^{T_1}}^{T_1} = C_{\gamma_{41}^{T_1}}^{T_1} = C_{\gamma_{21}^{T_1}}^{T_1} + C_{S24}$$

Використовуючи отримані вище вирази, можна визначити прямі і непродуктивні витрати експлуатаційного підприємства на ремонт блоків. Запишемо вирази для визначення прямих витрат при організації ремонту за прогресивною технологією T_1 . Так, при «поновлюючій» технології прямі витрати визначаються з виразу: $C_{П}^{T_1} = \sum_{i=1}^{16} C_{Si6}$. Непродуктивні витрати,

пов'язані з помилками контролю при ремонті за прогресивною технологією T_1 , визначаються з вираження: $\Delta C_{T_1}^K = P_{НО}^{HCЭK-3} \sum_{K=18}^{22} C_{SK}$. Непродуктивні витрати, пов'язані з хибними зніманнями працездатних блоків з борту ПС, при організації системи ТОiP згідно стратегії W_1 і використанні прогресивної технології ремонту T_1 , визначаються з виразу:

$$\Delta C_{T_1}^{BCK} = C_{ЛВ}^{T_1} = \sum_{i=1}^3 C_{Si} + (1 - P_{ЛО}^{HCЭK-1}) \sum_{j=4}^6 C_{Sj} + P_{ЛО}^{HCЭK-1} (C_{S3} + C_{S7})$$

Отримані вище вирази дозволяють зробити оцінку собівартості ремонту блоків за прогресивною технологією при різних варіантах побудови системи ТОiP.

Собівартість ремонту для потоку блоків при організації системи ТОiP згідно варіанту W_2 визначається з виразу $C_{T_1}^{W_2} = C_{T_1}^{W_1} - C_{ЛВ}^{T_1} P_{ЛС}^*(t_n) = C_{ПВ}^{T_1} P_{ПС}^*(t_n)$. Собівартість ремонту при організації системи ТОiP згідно варіанту W_3 визначається з виразу $C_{T_1}^{W_3} = C_{ПВ}^{T_1} - \sum_{i=1}^6 C_{Si}$.

Знаючи собівартість ремонту, яка отримана вище, легко визначити, собівартість ремонту для інших варіантів технології T_1 . Приведені річні витрати на ремонт блоків згідно прогресивної технології T_1 при організації системи згідно варіанту W_1 визначаються з виразу:

$$3_{T_1}^{W_1} = N_2 C_{T_1}^{W_1} + (E_H + E_{PK}) K_{PK} + (E_H + E_A) (K_{HCЭK-1} + K_{HCЭK-2} + K_{HCЭK-3}) + (E_H + E_H) K_{ИСН},$$

де $K_{НСЭК-2}$ - капітальні вкладення в автоматизовані НСЭК-2; $K_{ИСН}$ - капітальні вкладення в

ИСН на базі локальної обчислювальної мережі, об'єднуючою ИСН з НСЭК; E_H - норма відрахувань; E_{II} - число блоків i -го типу, при впровадженні прогресивної технології ремонту T_1 .

Визначимо середні вартості відновлення блоків при організації ремонту згідно технології T_2 . Вартість правильного відновлення блоків, що поступили без ВС, згідно «поновлюючою» технології T_2 визначається з виразу: $C_{ПВ}^{T_2} = \sum_{i=1}^5 C_{Si} + (1 - P_{НО}^{НСЭК-3}) \sum_{j=6}^{12} C_{Sj} + P_{НО}^{НСЭК-3} [C_{S6} + C_{S7} + C_{S8} + \sum_{K=15}^{18} C_{SK}]$

Вартість відновлення згідно «сингулярної» технології T_2 визначається з виразу:

$$C_{ЛВ}^{T_2} = \sum_{i=1}^4 C_{Si} + (1 - P_{ЛО}^{НСЭК-3}) \sum_{j=5}^3 C_{Sj} + P_{ЛО}^{НСЭК-3} (C_{S9} + C_{S10})$$

Прямі витрати при організації ремонту згідно технології T_2 визначаються з виразу: $C_{II}^{T_2} = \sum_{i=1}^{12} C_i$. Непродуктивні витрати, пов'язані з помилками контролю при ремонті за

прогресивною технологією T_2 визначаються з виразу: $\Delta C_{T_2}^K = P_{НО}^{НСЭК-3} \sum_{K=15}^{18} C_{S5}$

Собівартість ремонту для потоку блоків [4] при ремонті за прогресивною технологією T_2 і організацією

системи визначається $C_{T_2}^{W1} = C_{ПВ}^{T_2} P_{ПС}^*(t_n) + C_{ЛВ}^{T_2} P_{ЛС}^*(t_n) = P_{ПС}^*(t_n) [\sum_{i=1}^5 C_{Si} + (1 - P_{НО}^{НСЭК-3}) \sum_{j=6}^{12} C_{Sj} +$

$$P_{НО}^{НСЭК-3} (\sum_{K=15}^{18} C_{SK} + \sum_{v=6}^8 C_{Sv})] + P_{ЛС}^*(t_n) [\sum_{i=1}^4 C_{Si} + (1 - P_{ЛО}^{НСЭК-3}) \sum_{j=5}^8 C_{Sj} + P_{ЛО}^{НСЭК-3} (C_{S9} + C_{S10})]$$

Собівартість ремонту для потоку блоків при організації системи варіанту W_2 і застосуванні технології T_2 визначається з виразу: $C_{T_2}^{W2} = \sum_{i=1}^5 C_{Si} + (1 - P_{НО}^{НСЭК-3}) \sum_{j=6}^{12} C_{Sj} + P_{НО}^{НСЭК-3} (\sum_{v=6}^8 C_{Sv} + \sum_{K=15}^{18} C_{SK})$

Собівартість ремонту для потоку блоків при організації системи згідно варіанту W_1 визначається з виразу: $C_{T_2}^{W3} = C_{T_2}^{W2} - \sum_{i=1}^3 C_{Si}$. Приведені витрати [5] на ремонт блоків згідно

прогресивної технології T_2 при організації системи ТОіР згідно варіанту W_1 визначаються з

$$\text{виразу: } Z_{T_2}^{W1} = N_3 C_{T_2}^{W1} + (E_H + E_{PK}) K_{PK} + (E_H + E_A) (K_{НСЭК-3} + K_{ОТК}) + (E_H + E_{II}) K_{ИСН}$$

де $K_{ОТК}$ - капітальні вкладення в комплексні автоматизовані засоби контролю ВТК; N_3 - кількість однотипних блоків, що поступають для ремонту на АРЗ впродовж року, при організації ремонту згідно прогресивної стратегії ремонту з використанням технології T_2 .

Висновки. Таким чином, слід зазначити, що для вдосконалення прогресивних технологій ремонту передбачається використати в якості НЕЭК гнучкі автоматизовані робочі місця ГАНСЕК, об'єднані в єдину з ИСН локальну обчислювальну мережу. Для вирішення питання про економічну доцільність впровадження в технологічний процес ГАНСЕК необхідно порівняти між собою приведені витрати на ремонт блоків при діючій і при прогресивній технології ремонту.

Список літературних джерел

1. Бугайко Д.О. Аналіз тенденції та перспективи розвитку світової цивільної авіації / Д.О. Бугайко // Електронне наукове фахове видання „Проблеми системного підходу в економіці” Національного авіаційного університету. – 2007. – №2.
2. Борисов К.С. Организация ремонта и технического обслуживания оборудования / К. С. Борисов – М.: Машиностроение, 1973. – 359 с.
3. Подреза С.М. Перспективне планування авіаремонтного виробництва та економічна оцінка його ефективності // Автореф. ... канд. екон.наук. – К., 1997. – 24 с.
4. Костромина Е.В. Авиатранспортный маркетинг – М.: НОУ ВКШ „Авиабизнес”, 2003. – 384 с.