УДК 677.84.05

Г.Ф. Конахович, д.т.н.
І.О. Козлюк, д.т.н.
О.І. Варченко

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАНТІВ ПОБУДОВИ СИСТЕИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

Національний авіаційний університет, м. Київ, tks@nau.edu.ua

Розглянуто усі можливі варіанти побудови системи технічного обслуговування й ремонту авіаційної техніки на прикладі експлуатації авіаційних радіоелектронних систем.

***Ключові слова**: авіаційна техніка, авіаційни радіоелектронни системи.*

Вступ. Невід'ємною складовою процесу експлуатації авіаційної техніки є авіаремонтне виробництво . Тому, під час перспективного планування діяльності авіаремонтних заводів необхідно визначити їх місце в загальній системі технічного обслуговування та ремонту авіаційної техніки , яка прийнята в тій чи іншій країні.

Аналіз досліджень і публікацій. Найбільшу популярність серед сучасних технологій побудови систем технічного обслуговування та ремонту *ERP* – системи, що дозволяють управляти ресурсами підприємства та , які надають в оперативному режимі цілісну інформацію про діяльність компанії. Концепція *ERP* виросла з рішення завдання планування виробництва – *MRP*. Основоположником цього напрямку виступила компанія *SAP* (її світова частка по *ERP* – додатках перевищує 50%). Суть переходу від *MRP* до *ERP* полягає в тім, що ядро системи побудоване навколо фінансового модуля, оскільки всі, в остаточному підсумку, зав'язується на вартісні витрати.

Однієї із широко розповсюджених у цей час *ERP* – систем по ИЛП ТЕ ВР є система *AMOS* (*Aircraft Maintenance & Engineering System*), розроблена австрійсько-швейцарською фірмою *SwissAviationSoftware* [65]. Ця система повністю відповідає стандартам *ISO9000, EASA, JAA, ATA,* використовується більш ніж в 50 авіакомпаніях, що експлуатує літаки *Boeing, Airbus, MD, Fokker* і ін. Система *AMOS* дозволяє: вести супровід усього процесу ТО, моніторингу виконання окремих операцій ТЕ; вести робочу документацію по ТЕ й відмовах; виконувати всі логістичні функції по керуванню матеріальними ресурсами; виконувати загальні функції по керуванню, плануванню й діагностичному забезпеченню всіх робіт з ТЕ.

Інший широко розповсюдженої *ERP* – системою по супроводу ТЕ й ремонту авіаційної техніки є система *CAMP* (*A Complete Aircraft Management Solution*), розроблена французькою фірмою *CAMP System Intrnational* совместно з концерном *Airbus* [1]. Ця система використовується в більш ніж 40 авіакомпаніях, що експлуатує літаки *Airbus*, *Bombardier* і ін. Її модулі й виконувані функції схожі із системою *AMOS* при трохи відмінному інтерфейсі для користувачів.

Однієї з розповсюджених *ERP* – систем по ИЛП ТЕ цивільних і військових літаків США є система *DRIL* (*Defense Repair Information Logistics System*), розроблена фірмою *Total Quality Systems Inc*.

Авіакомпанії "*Air France*" і "Аерофлот" для підтримки експлуатації літаків Airbus уводять систему *AMASIS (Aircraft Maintenance And Spares Information System)*.

Широко використовується авіакомпаніями США система *TRAX*, розроблена компанією *TRAX USA Corp*. Ця система дозволяє супроводжувати процес експлуатації всієї лінійки літаків *Boeing*, *SRJ* і *DC*. Системи *TRAX* і *DRIL* мають схожі функціональні можливості із системами *AMOS* і *CAMP*.

Постановка завдання. Аналіз сучасних шляхів побудови системи технічного обслуговування та ремонту дозволяє виявити фактори які впливають на організацію ремонту авіаційної техніки. Для цього необхідно розглянути усі можливі варіанти побудови системи ТОІР. Розгляд будемо вести на прикладі експлуатації авіаційних радіоелектронних систем.

Виклад основного материалу дослідження. Особливістю РЭС як об'єктів експлуатації є те, що усі РЭС мають вбудовані системи контролю ВСК і виконані за блоково-модульним принципом. Кожна РЭС має один або декілька блоків яких легко зняти (ЛЗБ) з різною мірою резервування. Цей блок складається з набору структурно-знімних одиниць (СЗО), що є модулями або платами. Такі плати (модулі) є типовими для заміни у блоці і є легкодоступні.

До складу СЗО входять різні кількості аналогових або цифрових невідновних елементів (НЕ). Відповідно до побудови РЕС визначають три можливі рівні операцій по підтримці і

відновленню їх працездатності. Операції першого рівня дозволяють проводити відновлення працездатності шляхом їх заміни на працездатні. На другому рівні робитися відновлення працездатності блоку шляхом заміни СЗО, що відмовила, на працездатну. На третьому рівні робитися відновлення СЗО шляхом заміни в нім НЕ, що відмовило, або групи НЕ [2].

Кількість операції і їх перелік в тому або іншому підрозділі визначає варіант побудови системи ТОІР. Для класифікації можливих варіантів побудови систем ТОІР виконаємо аналіз можливих станів блоку РЕС, в яких він може знаходитися в процесі експлуатації.

На рис. 1 показаний граф можливих станів блоку РЕС.

Тут позначення мають наступний сенс: S_1 - використання блоку РЕС у складі БКСЦПНО за призначенням; S_2 - контроль працездатності РЕС за допомогою ТСК; S_{21} - заміщення шляхом перемикання на резервний блок блоку РЕС, що відмовив; S_3 - демонтаж блоку РЕС, визнаного за результатами контролю ТСК непрацездатним; S_{31} - заміна демонтованого блоку на працездатний; S_{32} - монтаж заміненого з обмінного фонду блоку на борт ПС; S_4 - контроль працездатності демонтованого блоку за допомогою наземних засобів;

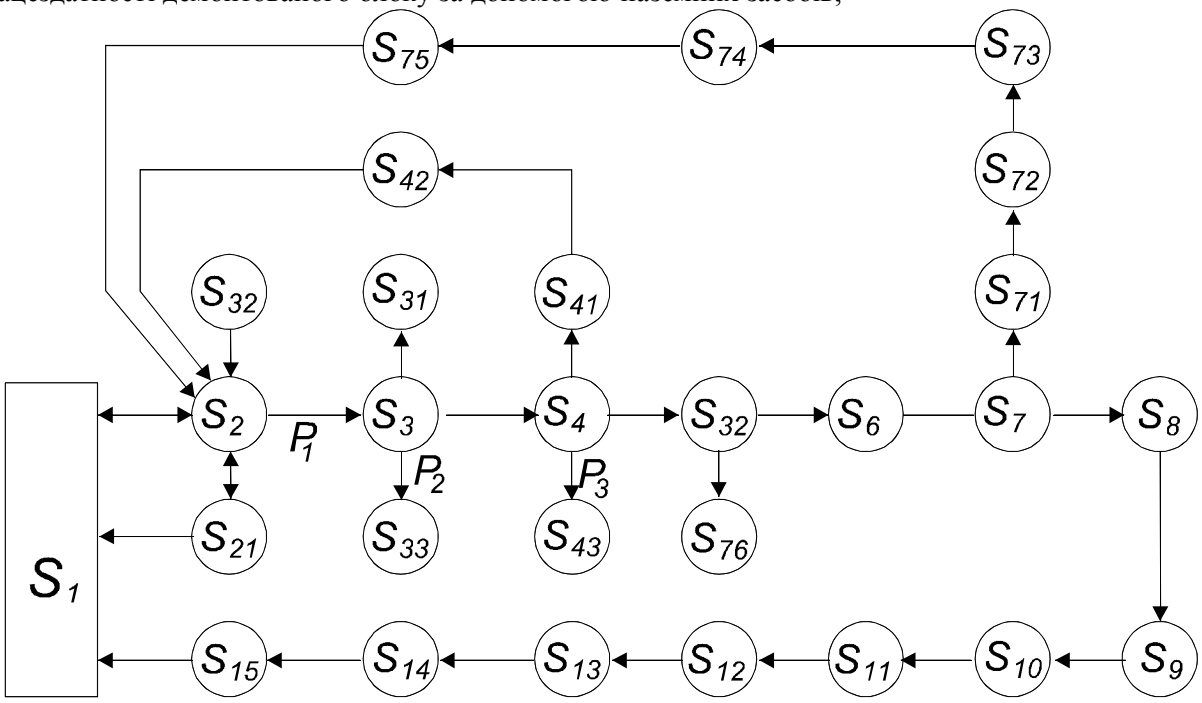

Рис. 1. Граф можливих станів блоку РЕС.

S_{41} - заміна виробу, визнаного НСЕК-1 непрацездатним на працездатне із запасів ОФ; S_{42} - монтаж заміненого виробу (блоку); S_5 - контроль працездатності і діагностування блоку за допомогою НСЕК-2 (другого рівня); S_6 - розбирання блоку, визнаного НСЕК непрацездатним;

S_7 - пошук СЗО, що відмовило, у блоці; S_{71} - заміна СЗО, що відмовило, на працездатний із запасів ОФ; S_{72} - зборка блоку; S_{73} - налаштування і регулювання блоку; S_{75} - контроль працездатності блоку за допомогою НСЕК-1; S_{76} - монтаж блоку після відновлення;

S_8 - діагностування СЗО за допомогою НСЕК-3 (третього рівня); S_9 - пошук місця відмови;

S_{10} - заміна невідновного елементу (НЕ), що відмовив; S_{11} - зборка блоку; S_{12} - налаштування і регулювання блоку; S_{13} - контроль працездатності блоку; S_{14} - монтаж блоку після ремонту на борт ПС; S_{15} - контроль працездатності блоку після ремонту; S_{33}, S_{43} - відновлення блоку; S_{70} - відновлення субблоку (СЗО).

Крім того, при класифікації можливих варіантів побудови систем ТОІР необхідно враховувати клас значущості виробу РЕС з точки зору впливу на безпеку польотів. Тут виділяють два класи значущості виробів. Вироби, що входять в ПДН, з яким дозволений виліт з транзитного аеропорту, і клас виробів, відмова яких потрапляє в розряд неприпустимих несправностей [3].

Отже, на першому кроці класифікації виробів введемо першу класифікаційну ознаку, ознаку значущості виробу (i = I - відмова блоку представляє неприпустиму несправність; j = 2 - відмова блоку входить в ПДН).

Другою класифікаційною ознакою βj слід вважати ремонтопридатність виробу (j = I - виріб (блок) не підлягає відновленню і вимагає заміни усього блоку після відмови; j = 2 - блок підлягає відновленню шляхом заміни ССУ, що відмовила, ремонт СЗО не робиться; j = 3 - блок може бути відновлений шляхом ремонту СЗО).

Третьою класифікаційною ознакою є наявність гарантії заводу-виготівника (ЗВ) на блок k = I - блок знаходитися на гарантії заводу-виготівника або k = 2 - ремонтного заводу (АРЗ), k = 3 - блок без гарантії).

Четвертою класифікаційною ознакою є ознака місця відновлення блоку v = I - відновлення блоку робиться на ЗВ; v = 2 - відновлення блоку робиться на АРЗ; v = 3- відновлення блоку здійснюється у базовому аеропорту (БАП) центру ТОІР).

П'ятою класифікаційною ознакою є місце фіксації факту відмови блоку РЭС r = I - факт відмови, у тому числі неправдивого, зафіксований при підльоті або під час стоянки в транзитному аеропорту; r = 2 - факт відмови виявлений у БАП).

Шостою класифікаційною ознакою є характеристика наземних засобів експлуатаційного контролю, що знаходяться в АТБ аеропорту, де сталася відмова, F_ξ (ξ = I - НСЕК в АТБ відсутні; ξ = 2 - НСЕК виконують функції контролю працездатності на першому рівні - ЛСБ; ξ = 3 - НСЕК дозволяють робити контроль ЛСБ і пошук несправностей з глибиною до ССЕ; ξ = 4 - НСЕК дозволяють робити контроль працездатності ЛСБ і пошук несправностей з глибиною до СЗО і НЕ).

Аналіз можливих комбінацій, вказаних вище класифікаційних ознак дозволяє сформувати чотири базові варіанти побудови системи ТОІР.

<u>Визначення 1</u> Під базовим варіантом побудови системи ТОІР розумітимемо таку організацію експлуатації РЕС, при якій виконується цілком певний перелік операцій ТЕ за місцем виникнення відмови. Тобто кількість операцій ТЕ, що характеризуються станами S_{ig} графа, зображеного на рис.2.1, виконуваних в аеропорту виникнення відмови, постійно для кожного різновиду вибраного базового варіанту.

<u>Визначення 2</u> Похідним різновидом базового варіанту називатимемо варіант побудови системи ТОІР, в якій місце відновлення виробу РЕС визначається його ознаками.

Наприклад, варіант $A_i B_3 C_1 D_1 E_2 F_1$ визначає відновлення блоку на ЗІ (D_1), оскільки блок має гарантію ЗІ (ознака C_1).

<u>Визначення 3</u> Конкуруючими різновидами базового варіанту називатимемо варіант побудови системи ТОІР, при якій місце відновлення виробу визначається в результаті техніко-економічного обгрунтування.

Розглянемо основні базові варіанти побудови системи ТОІР, утворені відповідно до приведених вище визначень.

<u>Базовий варіант</u> W_0. Цей варіант є сингулярним по відношенню до інших варіантів. Для цього варіанту визначальними класифікаційними ознаками є значення A_2 і E_1. Підпорядкованою ознакою є ознака F_1, значення інших ознак не грають ролі. Шифр варіанту має вигляд $A_i B_j C_k D_v E_1 F_1$. Стани, в яких можуть знаходитися блоки РЭС при організації ТОІР відповідно до цього варіанту набуватимуть значень $S_{w0} = \{S_1, S_2, S_{21}\}$.Такий варіант може бути застосований при організації експлуатації виробів РЕС, що входять в ПДН, в транзитному аеропорту. При такому варіанті побудови системи ТОІР в транзитному аеропорту не робиться

ніяких робіт по ТЕ, за винятком контролю на борту. Обмінний фонд для блоків РЕС не створюється.

Базовий варіант W_1.

Визначальними класифікаційними ознаками для цього варіанту є значення A_2 і F_1. Шифр цього базового варіанту має вигляд $W_1^Б = A_i B_j C_k D_v E_2 F_1$ для базового аеропорту або $W_1^T = A_1 B_j C_k D_v E_1 F_1$ для транзитного аеропорту.

Організація системи ТОІР відповідно до цього варіанту здійснюється в транзитному аеропорту для виробів, що входять в перелік неприпустимих несправностей, або у базовому аеропорту для усіх виробів за відсутності НСЕК. Використання варіанту W_1 вимагає формування оптимального обмінного фонду (ОФ) на рівні ЛСБ в транзитному або базовому аеропорту. Стани, в яких можуть знаходитися блоки РЕС при організації ТОІР відповідно до цього варіанту набувають значень $S_{w1} = \{S_1, S_2, S_3, S_{31}, S_{32}\}$ Операції по відновленню блоку $\{S_4 \overset{\rightarrow}{} S_{31}\}$, що відмовив, або S_{33} виконуються на ЗІ або АРЗ відповідно до значення індексів S_{33} і *k* і *v*.

Похідні і конкуруючі різновиди базового варіанту організації системи ТОИР приведені в табл. 2.1.

Базовий варіант W_2.

Визначальними класифікаційними ознаками цього варіанту є значення E_2 і F_2. Шифр цього базового варіанту має вигляд $W_2 = A_i B_j C_k D_v E_2 F_2$. Організація системи ТОІР відповідно до варіанту W_2 характерна для базового аеропорту за наявності в його АТБ НСЕК першого рівня. В цьому випадку в АТБ виконуються операції, що характеризуються станами $S_{w2} = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_{41}, S_{42}\}$. Операції по відновленню блоку, що відмовив, що характеризуються станами $\{S_5 \overset{\rightarrow}{} S_{13}\}$ або S_{43}, виконуються на ЗІ або АРЗ відповідно до значень індексів *k* і *v*.

Застосування варіанту W_2 вимагає формування оптимального обмінного фонду на рівні ЛСБ у базовому аеропорту. Похідними і конкуруючими різновидами базового варіанту W_2 є варіанти організації системи ТОІР з шифрами, вказаними в таблиці 2.1.

Для різновиду з шифром $A_i B_1 C_k D_1 E_2 F_2$ характерне те, що відновлення неремонтопридатного блоку (*j* = I), що відмовив, робиться шляхом заміни його на працездатний з числа тих, що зберігаються в ОФ АТБ за рахунок ЗІ, якщо *k* = I, або за рахунок АТБ, якщо *k* = 3.

Базовий варіант W_3.

Визначальними класифікаційними ознаками для цього варіанту є значення E_2 і F_3. Шифр цього базового варіанту має вигляд $W_3 = A_i \bar{B}_1 C_k D_v E_2 F_2$. Організація системи ТОІР відповідно до варіанту W_3 характерна для базового аеропорту за наявності в його АТБ НСЕК другого рівня. В цьому випадку в АТБ виконуються операції, що характеризуються станами $S_{W3} = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_{71}, S_{72}, S_{73}, S_{74}, S_{75}\}$.

Операції по ремонту СЗО, що відмовили, робляться на ЗІ і АРЗ відповідно до значень індексів *k* і *v*. Застосування варіанту W_3 вимагає формування оптимального обмінного фонду на рівні ЛСБ і СЗО у базовому аеропорту.

Похідними і конкуруючими різновидами базового варіанту W_3 є різновиди організації системи ТОІР з шифрами, вказаними в табл. 1. Варіант $A_i B_2 \bar{C}_2 \bar{D}_2 E_2 F_3$ організації системи ТОІР передбачає відновлення такою, що відмовила неремонтопридатною СЗО (*j* = 2) шляхом заміни її на працездатну з числа тих, що зберігаються в ОФ АТБ за рахунок ЗІ, якщо *k* = I, і за рахунок АТБ, якщо *k* = 3.

Таблиця 1

Організації системи ТОІР

Позначення базового варіанту	Шифр базового варіанту	Шифр різновидів базового варіанту	Шифр конкуруючих різновидів
W_0	$A_iB_jC_kD_\upsilon E_1F_1$	Варіант сингулярний і різновидів не має	Варіант сингулярний
W_1	$A_iB_jC_kD_\upsilon E_2F_1$	$A_iB_1C_1D_1E_2F_1$ $A_iB_2C_1D_1E_2F_1$ $A_iB_2C_2D_2E_2F_1$ $A_iB_3C_1D_1E_2F_1$ $A_iB_3C_2D_2E_2F_2$	$A_iB_2C_3D_1E_2F_1$ $A_iB_2C_3D_2E_2F_1$ $A_iB_3C_3D_1E_2F_1$ $A_iB_3C_3D_2E_2F_1$
W_2	$A_iB_jC_kD_\upsilon E_2F_2$	$A_iB_1C_kD_1E_2F_2$ $A_iB_2C_1D_1E_2F_2$ $A_iB_2C_2D_2E_2F_2$ $A_iB_3C_1D_1E_2F_2$ $A_iB_3C_2D_2E_2F_2$	$A_iB_2C_3D_1E_2F_2$ $A_iB_2C_3D_2E_2F_2$ $A_iB_3C_3D_1E_2F_2$ $A_iB_3C_3D_2E_2F_2$
W_3	$A_iB_2C_kD_\upsilon E_2F_3$	$A_iB_2C_1D_1E_2F_3$ $A_iB_2C_2D_2E_2F_3$	$A_iB_2C_3D_2E_2F_3$ $A_iB_2C_3D_3E_2F_3$
W_4	$A_iB_3C_kD_\upsilon E_2F_4$	$A_iB_3C_1D_1E_2F_4$ $A_iB_3C_2D_2E_2F_4$	$A_iB_3C_3D_2E_2F_4$ $A_iB_3C_3D_3E_2F_4$

Базовий варіант W_4.Визначальними класифікаційними ознаками для цього варіанту є значення B_3 , E_2 і F_4. Шифр цього базового варіанту має вигляд $W_4A_iB_3C_kD_\upsilon E_2F_4$. Організація системи ТОІР відповідно до варіанту W_4 характерна для базового аеропорту, що входить в центр ТОІР, за наявності в нім НСЭК трьох рівнів. В цьому випадку усі операції по технічному обслуговуванню і ремонту виробів можуть виконуватися в АТБ центру ТОІР. Перелік операцій, характерних для цього варіанту має вигляд $S_{w4} = \left\{ S_i, i = \overline{1,15} \right\}$.

Застосування варіанту W_4 вимагає формування в центрі ТОІР оптимального обмінного фонду на рівні ЛСБ, СЗО і ремонтних комплектів (РК) з оптимальним числом НЕ.

Для оцінки доцільності застосування того або іншого варіанту побудови системи ТОІР необхідно враховувати особливості країни в якій здійснюється експлуатація авіаційної техніки та особливо наявність у неї авіаремонтного виробництва.

Висновки. Таким чином , наведені варіанти побудови системи технічного обслуговування та ремонту дозволяють визначити роль та місце авіаремонтних підприємств країни у процесі експлуатації повітряних суден з метою забезпечення безпеки польотів та отримання максимального прибутку. Використання отриманих результаті дозволить сформувати програму діяльності авіаремонтного підприємства на близьку та далеку перспективу.

Список літературних джерел

1. Уланский В.В., Конахович Г.Ф., Мачалин И.А. Организация системы технического обслуживания и ремонта радиоэлектронного комплекса самолета Ту-204: Учебное пособие. – Киев:КИИГА,1991.-104с.

2. Конахович Г.Ф., Козлюк И.А. Оптимизация процессов эксплуатации перспективных воздушных судов по технико-экономическим критериям // Проблеми інформатизації та управління. – К.:НАУ, 2005. – С. 79-85.

3. Конахович Г.Ф. Повышение эффективности обслуживания и ремонта технических систем на основе контроля и диагностирования. – Киев: Знание, 1989. – 24 с.