

УДК 629.735.083 (045)

¹М.В. Корсуненко
²І.А. Слепухіна, канд. фіз.-мат. наук
³В.С. Шаповаленко
⁴О.І. Юрченко

МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

^{1,3,4} НАУ, кафедра збереження льотної придатності авіаційної техніки, e-mail: zlp@nau.edu.ua

² НАУ, кафедра загальної фізики, e-mail: zlp@nau.edu.ua

Розглянуто проблеми збереження льотної придатності повітряних суден на підставі моделювання процесів формування якості технічного обслуговування авіаційної техніки. Побудовано моделі, які враховують вплив експлуатаційних факторів, властивості та можливості авіаційного обслуговуючого персоналу на якість технічного обслуговування.

Вступ

Важлива проблема в цивільній авіації – забезпечення надійності складних функціональних систем авіаційної техніки (АТ) в процесі експлуатації, дослідження яких зводиться до розгляду надійності технічних систем з урахуванням діяльності обслуговуючого персоналу та своєчасності виконання ними технічного обслуговування (ТО).

Постановка завдання

На стадії експлуатації АТ ергономічне забезпечення складається переважно із контролю та керування якістю діяльності авіаційних фахівців, підтримки їх у працездатному психофізіологічному стані, створення умов для постійного підвищення якості роботи.

Комплекс методів, засобів та організаційно-технічних заходів дозволить експлуатанту забезпечити:

- оптимальний контроль і керування якістю діяльності авіаційних фахівців;
- контроль функціонального стану ергатичних елементів й підтримку необхідного рівня їх працездатності;
- стійку напрямленість фахівців на високоефективну працю та удосконалення методів використання її результатів на основі створення системи керування якістю ТО АТ.

Побудова моделей типових функціональних структур комплексу робіт з ТО АТ і математичне моделювання процесів технічної експлуатації виробів АТ дозволяє на більш високому рівні керувати якістю ТО АТ та розроблювати плани ТО повітряних суден (ПС), урахуваючи вплив експлуатаційних факторів, властивостей та можливостей обслуговуючого персоналу.

Розробка моделі формування якості робіт

Модель типової структури робіт являє собою функціональну мережу у вигляді графа робіт, функціонування якого описується графом подій

у вигляді напівмарковського процесу з кінцевою кількістю станів ергатичної системи (рис. 1), де вершини графа робіт – операції, дуги – причинно-наслідкові зв'язки, вершини графа подій – завершення подій, дуги – спосіб виконання робіт або їх характеристики.

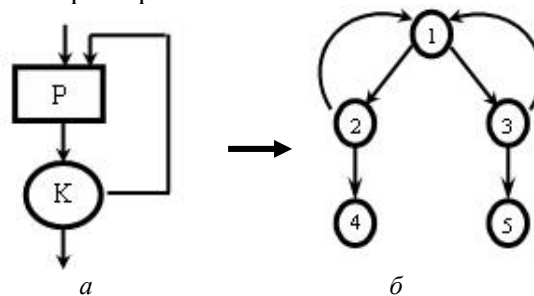


Рис. 1. Перетворення робочої операції (P) з функціональним контролем (K) у граф подій:

a – граф робіт; б – граф подій;

1–5 – можливі стани системи

Вихідними показниками конкретної операції, що належать до складу типової функціональної структури й на основі котрих проводиться обчислення результуючих показників, є ймовірність безпомилкового виконання операцій β' , математичне сподівання часу виконання операції MT , дисперсія часу виконання операції DT .

Результуючими показниками типових структур є ймовірність безпомилкового виконання типової функціональної структури β'_s , математичне сподівання часу виконання структури робіт MT_s , дисперсія часу виконання типової функціональної структури робіт DT_s .

Побудову математичних моделей типових функціональних структур робіт авіаційних фахівців при ТО ПС та оцінку результуючих показників здійснювали в такому порядку.

1. На основі інженерно-логічного аналізу процесу виконання структури робіт склали граф робіт, який було перетворено у граф подій.
2. На дугах графа подій проставляли ймовірнісні й часові характеристики та здійснювали нумерацію вершин графа.

Вихідним вершинам присвоєно номери від 1 до S , початковим вершинам – від $S+1$ до $S+V$, а перехідним (транзитивним) вершинам – від $S+V+1$ до N , де N – кількість вершин у графі.

3. У процесі побудови математичних моделей типових функціональних структур брали припущення про сталість імовірнісних й часових елементарних операцій.

4. Збільшення вершин проводили на підставі перетворення вихідного графа до еквівалентного графа, який не вміщує транзитивних вершин.

5. Після перетворення вихідного графа ймовірнісні і часові характеристики розраховували за узагальненими формулами [1]:

$$\beta'_S = \sum_{S+i \in R} W_{S+i} a_{S+i}^j \frac{1 - (a_{S+i}^{S+i})^m}{1 - a_{S+i}^{S+i}};$$

$$MT_S = \sum_{S+i \in R} MW_{S+i} \left(Mt_{S+i} + ML_{S+i} (m) \sum_{j=1}^{S+i} MT_{S+i}^j Ma_{S+i}^j \right);$$

$$\ddot{A}T_S = \sum_{S+i \in R} (MW_{S+i})^2 \left\{ \ddot{A}t_{S+i} + \ddot{A}L_{S+i} \left[\ddot{A}T_{S+i} + (MT_{S+i})^2 \right] + [ML_{S+i}]^2 \ddot{A}T_{S+i} \right\},$$

де $R = \{1, \dots, j, \dots, S\}$ – множина вершин у вихідному графі; $\{W_{S+i}\} = \{W_{S+1}, \dots, W_{S+i}, \dots, W_{S+V}\}$ – множина ймовірнісних переходів за один хід з вершини f до вершин $(S+i) \in R$; $\{a_{S+i}^{S+i}\} = \{a_{S+1}^{S+1}, \dots, a_{S+i}^{S+i}, \dots, a_{S+V}^{S+V}\}$ – множина ймовірностей переходів за один хід з вершин $(S+i) \in R$ до вершин $(S+i) \in A$; $A = \{1, \dots, j, \dots, S\}$ – множина кінцевих вершин, які відповідають можливим виходам закінчення структури; $\{T_{S+i}^j\} = \{T_{S+i}^1, \dots, T_{S+i}^j, \dots, T_{S+i}^S\}$ – множина значень часових витрат на один хід переходу з вершини $(S+i) \in R$ до вершин $j \in A$; $\{T_{S+i}\} = \{T_{S+1}, \dots, T_{S+i}, \dots, T_{S+V}\}$ – множина значень часових витрат на один хід переходу з вершини f до вершин $(S+i) \in R$.

Процес підготовки ПС до вильоту або проведення ТО й усунення несправностей за оперативними видами ТО за відсутності контролю якості їх виконання здійснюється моделями, наведеними в табл. 1:

- комплекс робочих операцій, які виконуються послідовно;
- паралельне виконання робочих операцій;
- діагностування технічного стану виробів АТ з відновленням.

Одним з основних способів підвищення надійності діяльності виконавця є введення різних форм контролю за безпомилковістю його роботи [2].

При періодичних видах ТО АТ контроль якості виконання робіт здійснюється різними способами:

– контроль правильності виконання комплексу робочих операцій;

– контроль правильності функціонування технічних систем (РКД – діагностичний контроль);

– перевірка справності технічних засобів, які використовуються при контролі (РКР – функціональний контроль).

Моделі формування якості робіт за періодичними видами ТО надано в табл. 2.

У разі сприятливого результату контролю діяльність вважається закінченою, а несприятливого результату – повторно виконується блок P , за котрим впливає контроль, і т.д. Кількість циклів повторень обмежено величиною $m = 2$.

На рис. 2 показано результати моделювання ймовірнісних і часових характеристик моделей

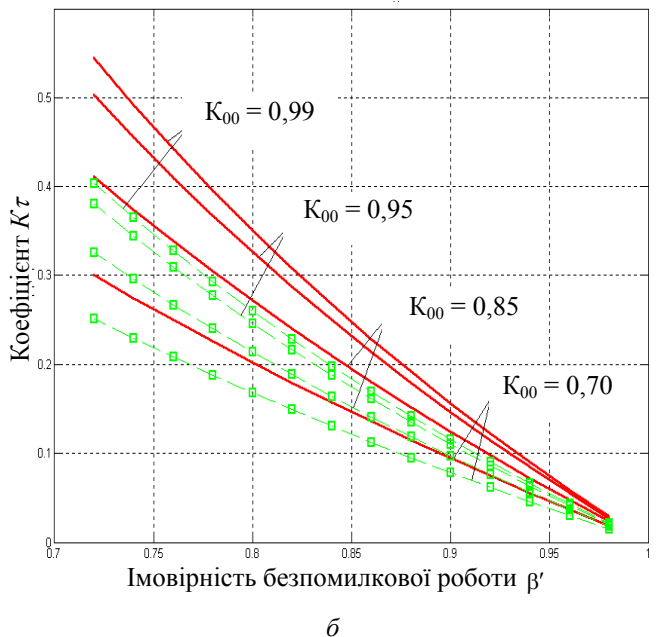
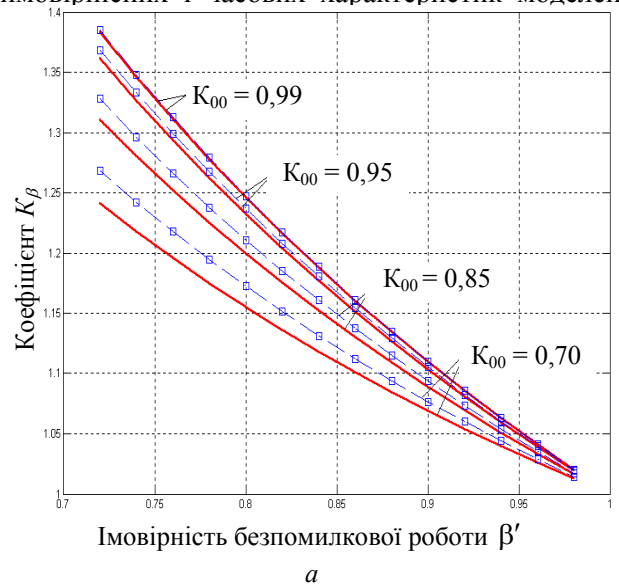
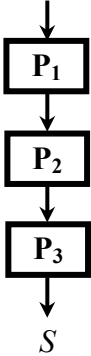
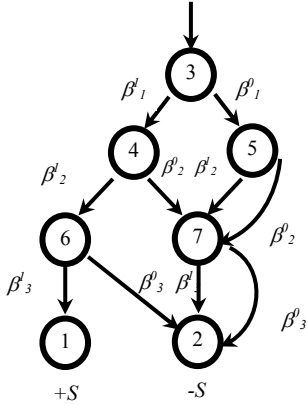
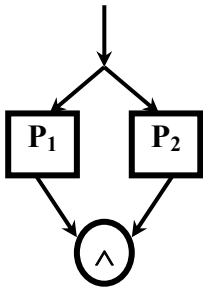
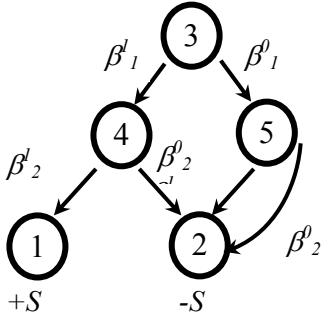
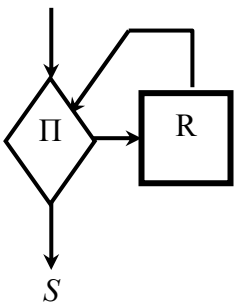
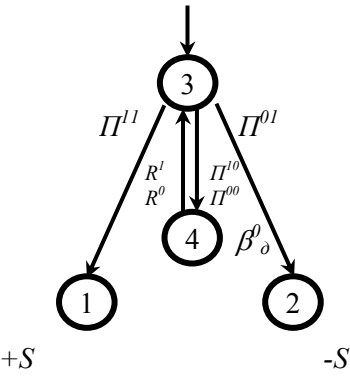


Рис. 2. Зміювання коефіцієнтів K_β та K_τ від ймовірнісних (а) і часових (б) характеристик якості роботи

Таблиця 1

Моделі формування якості робіт за оперативними видами ТО ПС

Граф робіт	Граф подій	Математична модель функціональної структури
Послідовне виконання комплексу робочих операцій		
		$\beta_S^1 = a = \prod_{i=1}^n \beta_i^1;$ $MT_S = \sum_{i=1}^n MT_i;$ $DT_S = \sum_{i=1}^n DT_i$
Паралельне виконання комплексу робочих операцій		
		$\beta_S^1 = \prod_{i=1}^n \beta_i^1;$ $MT_S = \max\{MT_1, MT_2\};$ $DT_S = \max\{DT_1, DT_2\}$
Діагностування технічного стану виробів АТ з відновленням		
		$\beta_S^1 = \Pi^{11} + (\Pi^{10} + \Pi^{00}) \times$ $\times \frac{R^1 \Pi^{11}}{1 - (R^1 \Pi^{10} + R^0 \Pi^{00})};$ $MT_S = MT_b + M_b +$ $+ (MT_R + MT_\delta) \frac{1}{1 - M_{b1}};$ $DT_S = DT_\delta + M_b^2 \{ (DT_R + DT_\delta) +$ $+ (MT_\delta + MT_R)^2 \} \frac{M_{b1}}{(1 - M_{b1})^2}$

Таблиця 2

Моделі формування якості робіт за періодичними видами ТО ПС

Граф робіт	Граф подій	Математична модель функціональної структури
Контроль правильності виконання робочих операцій		
		$\beta_{PK}^1 = \frac{\beta_s^1 K^{11} (1 - M_b^{m+1})}{1 - (\beta_s^1 K^{10} + \beta_s^0 K^{00})};$ $MT_{SK} = (MT_S + MT_K) \frac{1}{1 - M_b};$ $DT_{SK} = \frac{M_b}{(1 - M_b)^2} [DT_S + DT_K + (MT_S + MT_K)^2];$ $M_b = \beta_s^1 K^{10} + \beta_s^0 K^{00}$
Діагностичний контроль		
		$\beta_S^1 = \beta^1 K^{11} + (\beta^1 K^{10} + \beta^0 K^{00}) \times \frac{\beta_{\Delta}^1 \beta^1 K^{11} \{1 - [\beta_{\Delta}^1 \beta^1 K^{10} + (1 - \beta_{\Delta}^1 \beta^1) K^{00}]^{m+1}\}}{1 - [\beta_{\Delta}^1 \beta^1 K^{10} + (1 - \beta_{\Delta}^1 \beta^1) K^{00}]};$ $MT_S = MT + MT_K + M_b (MT_{\Delta} + MT + MT_K) \frac{1}{1 - M_{b1}};$ $DT_S = DT + DT_K + \frac{M_{b1}}{(1 - M_{b1})^2} \times [(DT_K + DT_{\Delta} + DT) M_b^2 + (MT_K + MT_{\Delta} + MT)^2]$
Функціональний контроль		
		$\beta_S^1 = \beta^1 K^{11} + (\beta^0 K^{00} + \beta_1 K^{10}) \times \frac{\beta_{P_2}^1 K^{11} [1 - (\beta_{P_2}^1 K^{10} + \beta_{P_2}^0 K^{00})^{m+1}]}{1 - (\beta_{P_2}^1 K^{10} + \beta_{P_2}^0 K^{00})};$ $MT_S = MT + MT_K + M_{b1} (MT_{P_2} + MT_K) \frac{1}{1 - M_{b1}};$ $DT_S = (DT + DT_K) + \frac{M_{b1}}{(1 - M_{b1})^2} \times [(DT_K + DT_{P_2}) M_b^2 + (MT_K + MT_{P_2})^2]$

діагностичного контролю РКД при ймовірностях правильності діагностування

$$\beta_d = 0,8;$$

$$\beta_d = 0,95.$$

Під час використання цих характеристик імовірність безпомилкового виконання структури робіт оцінюють за формулами

$$\beta'_s = \beta' K_\beta;$$

$$MT_{S_{PKD}} = MT + MT_K + K_\tau (MT + MT_d + MT_K),$$

де K_β , – визначають за графіком відповідної моделі.

Вихідна інформація про характеристики може бути недостатньо точною, що знижує якість результатів розрахунку.

У процесі експлуатації виробів АТ вихідні характеристики уточнюються, й показники типових функціональних структур стають більш адекватними реальному процесу їх функціонування.

Висновок

Моделі типових функціональних структур комплексу робіт з ТО АТ сприяють проведенню оцінювання якості роботи авіаційних фахівців усіх категорій і враховувати складові технологічного процесу ТО АТ. Використання цих моделей на практиці забезпечить можливість керування якістю процесів технічного обслуговування АТ й сприяє збереженню льотної придатності ПС.

Література

1. Губинский А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. – Л.: Наука, 1982. – 269 с.
2. Бурлаков В.И., Юрченко О.И., Корсуненко М.В. Вибір та обґрунтування показників якості робіт при ТО АТ //Виробництво та експлуатація авіаційної техніки: Матеріали VI міжнар. наук.-техн. конф. «Авіа-2004». – К.: НАУ, 2004. – Т.3. – С. 36.44–36.48.

Стаття надійшла до редакції 12.09.05.

Н.В. Корсуненко, И.А. Слепухина, В.С. Шаповаленко, Е.И. Юрченко

Модели управления качеством технического обслуживания авиационной техники

Рассмотрены проблемы сохранения летной годности воздушных судов на основе моделирования процессов формирования качества технического обслуживания авиационной техники. Построены модели, учитывающие влияние эксплуатационных факторов, свойств и возможностей авиационного обслуживающего персонала на качество технического обслуживания.

M.V. Korsunenکو, I.A. Slepukhina, V.S. Shapovalenko, O.I. Yourchenko

Models of quality maintenance service aviation equipment management

Autors have considered the problems of the retention of the airworthiness of air vessels on the basis of the simulation of the processes of the formation of the quality of the maintenance aviation equipment. Models are built, considering the influence of operational factors, properties and the possibilities of the aviation service personnel.