

А.С. Бологін, Ю.О. Манулін, Г.Т. Горохов

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ПРИКЛАДНА СТАТИСТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ СТРАТЕГІЙ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПЛАНЕРА ВІЙСЬКОВО-ТРАНСПОРТНИХ ВЕРТОЛЬОТІВ

Предмет досліджень полягає в розробці статистичної моделі оцінки діяльності інженерно-авіаційної служби (ІАС) під час застосування різних стратегій технічної експлуатації планера та агрегатів його систем військово-транспортних вертольотів. Для вибору раціональних шляхів впровадження стратегій технічної експлуатації на практиці доцільно підготовку прийняття рішень здійснювати за результатами оцінок, які отримано за допомогою моделі. В основу наукової новизни моделі покладено метод логічного аналізу критеріїв оцінки ефективності діяльності ІАС, а також метод апроксимації напівмарківських процесів у структурі імітаційної моделі системи масового обслуговування. Врахування в прикладній статистичній моделі особливостей технічної експлуатації парку військово-транспортних вертольотів дає змогу отримати науково обґрунтовані рішення стосовно стратегій технічної експлуатації планера та агрегатів його систем.

Ключові слова: планер вертольота, стратегії технічної експлуатації, системи масового обслуговування.

Вступ

Прикладна статистична модель вертольотів повинна передбачати можливість оцінки ефективності діяльності ІАС з підтримки рівня надійності конструкції планера вертольотів під час дії різноманітних факторів, що виникають у процесі експлуатації та обумовлюють експлуатаційні властивості вертольотів, до яких слід віднести [1, с. 29; 2, с. 65]:

температура та вологість повітря, атмосферні опади, швидкість та склад пилу повітря;

можливість своєчасного усунення пошкоджень конструкції;

пристосування експлуатаційних технологій до технічної експлуатації та військового ремонту з мінімальними значеннями працевитрат, часових показників, обсягів і вартості використаних матеріалів.

Прикладна статистична модель вертольотів повинна дати змогу отримати оцінку ефективності стратегій технічної експлуатації, яка впроваджена в практику діяльності фахівцями ІАС під час вирішення актуальних завдань забезпечення справності необхідної кількості N_0 вертольотів у заданому командуванням місці за період часу ΔT на момент часу $T_{Зад}$ як у разі стаціонарного застосування сил і засобів ІАС, так і нестаціонарного режиму роботи ІАС в умовах ведення бойових дій.

Особливість виконання завдання щодо справності N_0 вертольотів полягає в прийнятті рішення індивідуального вибору із загального

парку просторово-розподілених M одиниць вертольотів тільки конкретних N_0 одиниць, з яких N_B вертольотів знаходиться на базових аеродромах та N_{OP} – на оперативних аеродромах:

$$N_0 = N_B + N_{OP}.$$

У теперішній час в основу діяльності ІАС з підтримки справності старіючого парку вертольотів покладено стратегію C_Φ , яка спрямована на виконання фіксованого обсягу робіт стосовно підтримки ресурсу напрацювання та продовження строків служби вертольотів.

Окрім вказаної стратегії існують стратегії, в основу яких покладено методи експлуатації за технічним станом [3, с. 23; 4, с. 11].

Методичні положення щодо напрямку робіт під час експлуатації за технічним станом повітряних суден Збройних Сил України приведено в нормативному документі [5, с. 30].

Характерні особливості методів та обсягу робіт, які потрібно виконувати ІАС у випадку застосування двох видів стратегій експлуатації за технічним станом C_{TC}^I , C_{TC}^{II} , полягає в наступному [6, с. 30].

Стратегія C_{TC}^I передбачає виконання робіт із визначення технічного стану шляхом контролю показників надійності, які отримано в результаті обробки даних щодо до відмов. Стратегія C_{TC}^{II} – за результатами оцінки значень параметрів, які характеризують технічний стан планера до передвідмов елементів конструкції.

Постановка завдання та його актуальність.

Практична проблема впровадження в діяльність ІАС замість існуючої стратегії C_Φ двох інших видів стратегій C_{TC}^I та C_{TC}^{II} потребує розробки прикладної статистичної експлуатаційної моделі, за допомогою якої можливо провести порівняльний аналіз ефективності стратегій.

Вирішення практичних проблем ІАС у випадку дослідження стратегій C_Φ , C_{TC}^I , C_{TC}^{II} передбачає використання наукового підходу згідно з методами теорії дослідження операцій. Для цього необхідно задати цільову функцію, яка задана на множині різноманітних факторів, що впливають на процес технічної експлуатації вертольотів.

У наукових підходах теорії дослідження операцій показано загальні шляхи отримання результатів пошуку оптимальних рішень. Для задоволення на практиці вимогам ІАС стосовно дослідження стратегій C_Φ , C_{TC}^I , C_{TC}^{II} у цільовій функції $W = f(K_{СПР}, K_{ТВ}, K_B)$ як аргументи використано показники оцінки діяльності ІАС: $K_{СПР}$ – коефіцієнт середньої справності парку вертольотів; $K_{ТВ}$ – коефіцієнт технічного використання вертольотів; K_B – коефіцієнт вартості робіт під час експлуатації вертольотів.

Кількість показників в аргументах цільової функції можливо збільшити в разі необхідності оцінки діяльності ІАС за іншими показниками [6, с. 150].

Актуальність постановки завдання розробки прикладної статистичної моделі для пошуку оптимального значення цільової функції $W_{ОРТ}$ пояснюється відсутністю в теперішній час відповідних математичних моделей оцінки стратегій C_Φ , C_{TC}^I , C_{TC}^{II} для їх використання фахівцями ІАС.

Аналіз попередніх досліджень. Проблемні питання побудови систем експлуатації літальних апаратів розглянуто в цілому ряді робіт, де на основі методів статистичної обробки даних експлуатації, методів опису марківських та напівмарківських ймовірностних моделей отримано відповідні результати щодо стратегій експлуатації складних технічних систем.

У роботі [7, с. 67] запропоновано варіант побудови моделі системи технічної експлуатації вертольотів із застосування методу статистичного моделювання на основі марківського процесу.

Також марківські процеси для опису систем масового обслуговування замкнутого типу під час ремонту літаків, регламентних та профілактичних робіт досліджено в [8, с. 272].

Розробка та аналіз напівмарківської моделі системи підтримки літальних комплексів в готовності до застосування детально розглянуто в [9, с. 236]. При цьому значну увагу приділено вибору показників ефективності та узагальненому показнику надійності експлуатації.

Необхідно підкреслити, що для напівмарківських моделей існують тільки окремі результати досліджень, які дають змогу виразити в аналітичному вигляді характеристики системи при заданих умовах задач: кількості каналів обслуговування, параметрів потоку заявок, типу закону розподілу часу обслуговування [10, с. 257].

До однієї з проблем розробки статистичних моделей оцінки систем експлуатації відноситься дослідження достовірності результатів обробки даних, які мають невеликий обсяг.

Методика розрахунків при обмеженій інформації щодо даних експлуатації розглянута в роботі [11, с.33]. При цьому отримано аналітичні співвідношення розрахунків мінімаксних строків проведення профілактик і гарантованих значень показників надійності під час застосування стратегій експлуатації.

Результати досліджень, які отримано у вищевказаних роботах, можливо розглядати як базові для проведення в подальшому відповідних досліджень стосовно стратегій C_Φ , C_{TC}^I , C_{TC}^{II} експлуатації планера військово-транспортних вертольотів.

Мета статті передбачає дослідження методів побудови математичного забезпечення прикладної статистичної моделі оцінки стратегій експлуатації планерів військово-транспортних вертольотів.

Виклад основного матеріалу

Для отримання науково обґрунтованих результатів оцінки стратегій експлуатації планера вертольотів та вибору оптимального значення $W_{ОРТ}$ розроблено структурну схему логічного порівняльного аналізу стратегій, яка передбачає проведення оцінки стратегій на основі попередньо знайдених значень коефіцієнтів $K_{СПР}$, $K_{ТВ}$, K_B .

Обчислення значень $K_{СПР}$, $K_{ТВ}$, K_B виконується на основі імітаційного моделювання діяльності ІАС відповідно до стратегій C_Φ , C_{TC}^I , C_{TC}^{II} .

Вхідними даними для імітаційного моделювання є результати попередньої статистичної обробки даних експлуатації. Визначаються особливості значень параметрів напівмарківських процесів, які у формалізованому вигляді можуть описувати діяльність ІАС. У подальшому виконується вибір методів апроксимації напівмарківських процесів шляхом їх

формального опису у вигляді суми марківських процесів. Апроксимація здійснюється на основі використання результатів роботи [12, с. 74].

Пошук оптимального значення цільової функції W_{OPT} відбувається в два етапи.

На першому етапі визначається оптимальне значення W_{OPT} для кожної стратегії C_Φ , C_{TC}^I ,

C_{TC}^{II} на множині значень коефіцієнтів $K_{СПР}$, $K_{ТВ}$, K_B .

Умовний перелік позначень аргументів цільової функції $W = f(K_{СПР}, K_{ТВ}, K_B)$ наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Позначення аргументів цільової функції $W = f(K_{СПР}, K_{ТВ}, K_B)$

Стратегії	Коефіцієнт справності	Коефіцієнт технічного використання	Коефіцієнт вартості
C_Φ	$K_{СПР}$	$K_{ТВ}$	K_B
C_{TC}^I	$K_{СПР}^I$	$K_{ТВ}^I$	K_B^I
C_{TC}^{II}	$K_{СПР}^{II}$	$K_{ТВ}^{II}$	K_B^{II}

Джерело: розроблено авторами

Проводиться порівняльний аналіз стратегій C_{TC}^I , C_{TC}^{II} відносно стратегії C_Φ , яка застосовується ІАС у теперешній час. Доцільно для стратегії C_Φ прийняти значення ефективності $W = 1.0$.

Застосування стратегії C_{TC}^I потребує обчислювання значень показників надійності експлуатації вертольотів. Мінімальну дискретність проведення розрахунків для прийняття рішень щодо продовження експлуатації слід вважати один раз на добу ($\Delta t_1 = 1 \text{ доба}$).

У результаті збільшуються, у порівнянні зі стратегією C_Φ , часові витрати $\bar{T}_P$ для перевірки працездатності агрегатів, що приводить до незначного зменшення $K_{ТВ}^I$ на частковий показник приросту $\Delta K_{ТВ}$ і, відповідно, має місце співвідношення $K_{ТВ}^I < K_{ТВ}$.

Крім цього, внаслідок значних працевитрат під час перевірки агрегатів, ресурсні показники яких відрізняються від ресурсних показників вертольоту, можливо очікувати збільшення загальних часових витрат $\bar{T}_P$ для перевірки працездатності.

Також при роботах на оперативних аеродромах значно зростають працевитрати особового складу внаслідок зменшення на (15...20 %) продуктивності праці з причин відсутності стаціонарної електромережі, необхідних стендів та обладнання.

Однак, можливо прогнозувати зменшення загальних часових витрат $\bar{T}_P$ на підставі того, що відбувається зменшення кількості робіт, які передбачено стратегією C_Φ і, які необхідно виконувати по завершенні фіксованого інтервалу

часу. Відповідно, відбудеться збільшення $K_{ТВ}^I$ на приріст $\Delta K_{ТВ}$. В результаті $K_{ТВ}^I > K_{ТВ}$.

Остаточне значення часткового показника $\Delta K_{ТВ}$ визначається часовими витратами Δt_1 на отримання показників надійності.

Стосовно справності та вартості зберігаються приблизно однакові співвідношення: $K_{СПР}^I \approx K_{СПР}$, $K_B^I \approx K_B$.

Застосування стратегії C_{TC}^{II} потребує доставки діагностичної апаратури для перевірки працездатності агрегатів, ресурсні показники яких відрізняються від ресурсних показників вертольотів. Залежно від кількості вертольотів N_{OP} на оперативних аеродромах збільшуються на Δt_2 часові витрати $\bar{T}_P$ для перевірки працездатності агрегатів, що приводить до співвідношення $K_{ТВ}^{II} < K_{ТВ}$.

Стосовно коефіцієнта вартості збільшується значення $K_B^{II} > K_B$ внаслідок додаткових витрат на доставку діагностичної апаратури до оперативних аеродромів.

Коефіцієнт справності залишається приблизно однаковим $K_{СПР}^{II} \approx K_{СПР}$.

Для отримання на другому етапі кількісних оцінок оптимальних значень коефіцієнтів $K_{СПР}$, $K_{ТВ}$, K_B необхідно застосувати методи пошуку оптимальних значень багатокритеріальної задачі, які спрямовано на забезпечення максимальних значень показників ($K_{СПР}, K_{ТВ} \rightarrow \max$) та мінімальних значень показника $K_B \rightarrow \min$.

Застосування методів теорії масового обслуговування під час імітаційного моделювання потребує початкові дані:

інтенсивності вхідних потоків відмов λ_B та бойових пошкоджень $\lambda_{БП}$;

інтенсивності вихідних потоків виконаних заявок на усунення відмов μ_B та бойових пошкоджень $\mu_{БП}$;

кількість каналів обробки заявок n (кількість робочих груп спеціалістів, задіяних для відновлення вертольотів, та їх чисельний склад);

обсяг фінансового забезпечення, який надано для виконання завдань відновлення вертольотів і який співвідноситься з вартістю робіт $B_{ЗД}$;

кількість та територіально просторове розташування вертольотів на оперативних аеродромах $N_{ОП}$ відносно базових N_B ;

заданий момент часу $T_{ЗД}$ виконання структурними підрозділами ІАС вхідних потоків заявок λ_B , $\lambda_{БП}$.

Пошук значення $W_{ОРТ}$ відбувається з урахуванням обмежень на діапазони змін показників $K_{СПР}$, $K_{ТВ}$, K_B .

Використання фахівцями ІАС структурної схеми логічного аналізу потребує розробки відповідного математичного забезпечення для реалізації на практиці прикладної статистичної моделі.

Структура математичного забезпечення складається з окремих модулів (рис.1).

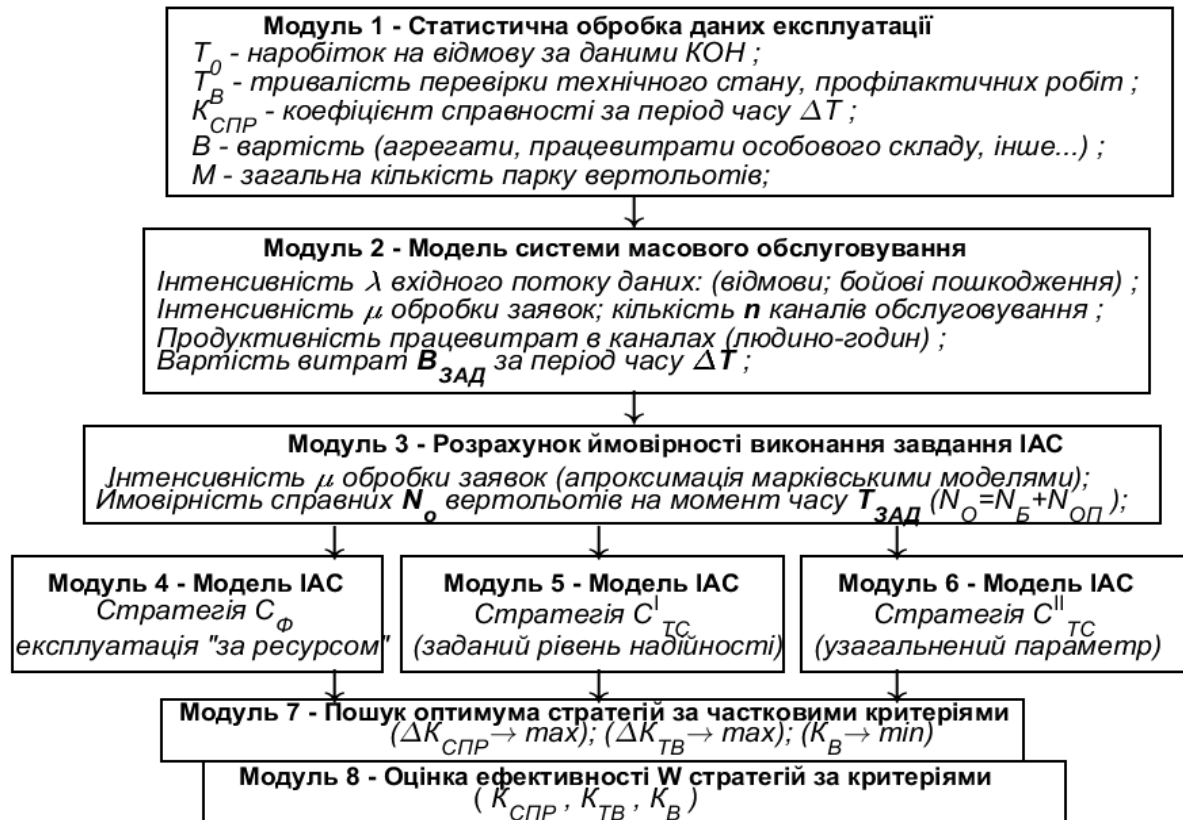


Рис.1. Модульна структура прикладної статистичної моделі аналізу діяльності ІАС для оцінки трьох типів систем технічного обслуговування вертольотів.

Джерело: розроблено авторами.

Модуль 1 – коефіцієнт середньої справності $K_{СПР}$ обчислюється відповідно до співвідношення [2, с. 150]:

$$K_{СПР} = \frac{K_{штат} \cdot \Delta T - \sum_{i=1}^k K_{npi} \cdot t_{npi}}{K_{штат} \cdot \Delta T},$$

де $K_{штат}$ – кількість вертольотів згідно зі штатним списком; K_{npi} – кількість вертольотів, що знаходяться на простой внаслідок капітального та військового ремонту, регламентних робіт, несправного стану з будь-яких причин; t_{npi} – час простою i -го вертольота; k – кількість простоїв вертольотів за період часу ΔT .

Коефіцієнт технічного використання K_{TB} обчислюється відповідно до співвідношення:

$$K_{TB} = \frac{\bar{T}_B}{\bar{T}_B + \bar{T}_P + \bar{T}_{PP}},$$

де $\bar{T}_B$ – середній наробіток на відмову; $\bar{T}_P$ – середній час перевірки працездатності та ремонту; $\bar{T}_{PP}$ – середній час профілактичних робіт (змащення, регулювання, попереджувальні заміни агрегатів та тощо).

Коефіцієнт технічного використання K_{TB} дає змогу оцінити готовність до використання вертольотів.

Розрахунок значень $\bar{T}_B$, $\bar{T}_P$, $\bar{T}_{PP}$ виконується шляхом статистичної обробки бази даних існуючої системи експлуатації парку вертольотів.

Коефіцієнт вартості K_B характеризує економічну удосконаленість стратегій експлуатації та передбачає обчислення вартості сумарних витрат B , що приходяться на час нальоту T_{EKC} вертольоту під час експлуатації:

$$K_B = \frac{B}{T_{EKC}},$$

де $B = B_{ЗАК} + B_{OC} + B_{ПМ} + B_{ВР}$; $B_{ЗАК}$ – вартість закупівлі запасних частин, агрегатів; B_{OC} – витрати на особовий склад робочих груп із N_{OC} осіб; $B_{ПМ}$ – витрати на пально-мастильні матеріали, спецрідини; $B_{ВР}$ – витрати на військовий ремонт.

До однієї з основних складових частин коефіцієнта вартості K_B слід віднести витрати B_{OC} на особовий склад, який залучено для виконання робіт. Оцінку витрат B_{OC} отримують на основі значень питомих працевитрат [2, с. 65].

Чисельне значення N_{OC} обумовлено кількістю осіб $Ш$ від ремонтних підрозділів авіаційних підприємств, кількістю P особового складу ІАС, в тому числі E осіб технічних екіпажів вертольотів, що знаходяться на простой в кількості K_{np} внаслідок несправного стану, регламентних робіт, військового чи капітального ремонтів:

$$N_{OC} = Ш + P + E \cdot K_{np}.$$

Модуль 2 – математичне забезпечення модуля передбачає визначення для моделі ІАС параметрів вхідних пуасонівських потоків заявок на ремонт пошкоджень та параметрів пуасонівських чи ерлангових потоків відновлення справного стану.

Модель ІАС можливо досліджувати як систему марківського типу обслуговування заявок.

Для дискретного вхідного пуасонівського потоку подій з інтенсивністю λ ймовірність

надходження в систему m заявок протягом деякого часу t дорівнює:

$$P_m(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^m}{m!} \cdot e^{-\lambda \cdot t}.$$

Математичне сподівання кількості подій у пуасонівському потоці в інтервалі $[0, t]$ дорівнює:

$$M_t(m) = \lambda \cdot t.$$

Особливість вихідних потоків обслуговування заявок засобами ІАС на відновлення справного стану вертольотів полягає в можливості виникнення залежності проміжків часу між послідовними випадками обслуговування. Вказана особливість приводить до виникнення ефектів післядії, які перетворюють математичні співвідношення марківської системи в напівмарківську систему.

У цьому разі доцільно застосовувати в математичному забезпеченні модуля потоки Ерланга для формалізованого опису процесу відновлення.

Переваги потоків Ерланга полягають у можливості апроксимації реальних вихідних потоків обробки заявок у вигляді суми незалежних пуасонівських потоків на час обслуговування заявок. Таким чином, полумарківська модель перетворюється на марківську [12, с. 57].

Величина похибки апроксимації визначається правильністю вибору значення порядку ерлангівського розподілу.

Для отримання значень параметрів функцій розподілу ймовірностей технічного стану стосовно потоків пуасонівського типу чи типу ерланга доцільно використати критерій χ^2 як міри розбіжностей згідно з формулою Пірсона.

Модуль 3 – для виконання розрахунків ймовірностей виконання завдань ІАС необхідно визначити такі початкові дані стратегій C_Φ , C_{TC}^I , C_{TC}^{II} :

N_0 – кількість вертольотів у справному стані, які знаходяться в системі ІАС; t_{CP} – середній час поміж заявками на ремонт; $\lambda = \frac{1}{t_{CP}}$ – інтенсивність

вимог на виконання ремонту; k – кількість груп особового складу ІАС, які працюють одночасно та паралельно. Кожна група в даний момент часу ремонтує тільки один вертоліт і створює один канал обслуговування заявок; тривалість робочого дня групи спеціалістів ІАС – $t_{РОБ} = 10 \text{ годин} / \text{доба}$; t_P – середній час ремонту вертольоту. Середній час є випадкова величина. Доцільно прийняти показниковий закон розподілу часу ремонту з функцією розподілу $F = 1 - e^{-\mu t}$, де величина

$\mu = \frac{1}{t_p}$ є інтенсивність ремонту, яка зворотня середньому часу ремонту однією групою одного вертольота.

Модулі 4, 5, 6 реалізують методи теорії масового обслуговування для аналізу та оцінки трьох типів стратегій технічного обслуговування вертольотів.

Математична модель системи масового обслуговування в модулях 4, 5, 6 досліджується на двох ярусах: на першому ярусі розглядається потік заявок на виконання ремонту в разі відмов елементів планера, на другому ярусі розглядається потік заявок на виконання поточного ремонту бойових пошкоджень.

Модуль 5 – особливістю процесу обчислень у модулі є визначення значення $\bar{T}_P$ для стратегії C_{TC}^I , яке передбачає наявність часу на проведення контрольно-відновлюваних робіт при переведенні вертольотів на експлуатацію за технічним станом та в подальшому проведення контрольно-технічних оглядів.

Особливість конструкції вертольотів полягає в наявності агрегатів, що мають ресурсні показники відмінні від ресурсних показників вертольоту та потребують під час контрольно-технічних оглядів значних працевитрат.

Визначення аналітичних співвідношень для законів функцій розподілу часу виконання оглядів передбачає статистичний аналіз даних експлуатації вертольотів.

Модуль 6 – експлуатація вертольотів за технічним станом згідно зі стратегією C_{TC}^II потребує наявності засобів контролю узагальненого параметра оцінки наближення силових елементів та агрегатів планера до граничного стану.

Встановлення закону розподілу ймовірності можливого зменшення значення $\bar{T}_P$ на основі збільшення інтервалів, яке передбачається поміж

точками контролю, потребує статистичного аналізу результатів імітаційного моделювання діяльності ІАС в процесі контролю узагальненого параметра.

Модуль 7 та модуль 8 реалізують методи пошуку оптимальних значень критеріїв оцінки стратегій технічної експлуатації на основі обчислення цільової функції, а також прийняття рішення щодо вибору стратегії на основі використання результатів виконаного логічного аналізу значень критеріїв.

Таким чином, процес практичної реалізації прикладної статистичної моделі передбачає виконання робіт з наповнення та статистичної обробки баз даних технічної експлуатації вертольотів, а також отримання відповідних оцінок ефективності в результаті імітаційного моделювання стратегій.

Висновок

Науковим результатом досліджень прикладної статистичної моделі оцінки стратегій технічної експлуатації планера військово-транспортних вертольотів є розроблений метод логічного аналізу критеріїв оцінки ефективності діяльності інженерно-авіаційної служби, а також метод апроксимації полумарковських процесів у структурі імітаційної моделі системи масового обслуговування.

Запропоновані методи доцільно покласти в основу розробки математичного забезпечення прикладної статистичної моделі, що дасть змогу на практиці обґрунтовано вибрати стратегію технічної експлуатації. При цьому передбачається дотримання оптимальних строків підтримки справності старіючого парку вертольотів з найменшими витратами.

Напрямок подальших досліджень полягає в корегуванні методів та алгоритмів імітаційного моделювання системи ІАС шляхом застосування методів обробки експертних оцінок з метою уточнення законів функцій розподілу, які отримано в результаті статистичної обробки даних експлуатації.

Список літератури

1. Шпилев К.М. Эксплуатация летательных аппаратов в горно-пустынной местности. – М.: Воениздат, 1991. – 224 с.
2. Инженерно-авиационная служба и инженерно-авиационное обеспечение боевых действий частей авиации Вооруженных Сил / под ред. доцента Панфилова Ю.В. – К.: Киевское ВВАИУ, 1987. – 196 с.
3. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.
4. Барзилович Е.Ю., Воскобоев В.Ф. Эксплуатация авиационных систем по состоянию : (Элементы теории). – М.: Транспорт, 1981.–197 с.
5. Військовий стандарт 01.204.001 (Видання 2) Інженерно-авіаційне забезпечення. Порядок переведення військової авіаційної техніки на експлуатацію за технічним станом. Терміни та визначення. – МО України, чинний від 04.09.2019.

6. Організація експлуатації військової авіаційної техніки : підруч. / [В. І. Соловйов, І. П. Коровін, С. М. Коротін та ін.]; за ред. В. І. Соловйова. – К.: НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2016. – 196 с.
7. Сафонов І.Є., Коротін С.М., Радько О.В. Моделювання роботи системи технічної експлуатації військово-транспортних вертольотів на основі марковського процесу з дискретними станами та безперервним часом. Науково-практичний журнал “Повітряна міць України” №1 (4) 2023, Національний університет оборони України. – С. 67–72.
8. Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1969. – 324 с.
9. Волков Л.И. Управление эксплуатацией летательных комплексов: Учеб. пособие. – М.: Высш. школа, 1981. – 368 с.
10. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. – 2-е изд. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
11. Барзилович Е.Ю., Каштанов В.А. Организация обслуживания при ограниченной информации о надежности системы. – М.: Сов. Радио, 1975. – 135 с.
12. Шуенкин В.А., Донченко В.С. Прикладные модели теории массового обслуживания: Учеб. пособие. – К.: НМК ВО, 1992. – 398 с.

Надійшла до редколегії 28.09.2023

Схвалена до друку 10.11.2023

Відомості про авторів:

Бологін Андрій Сергійович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
начальник науково-дослідного управління
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-0656-7799>

Манулін Юрій Олексійович

начальник науково-дослідного відділу
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9676-4846>

Горохов Георгій Тітович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1479-816X>

Information about the authors:

Andriy Bolohin

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Head of Research Management
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0656-7799>

Yurii Manulin

Head of Research Department
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9676-4846>

Heorhii Horokhov

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Leading Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1479-816X>

APPLIED STATISTICAL MODEL FOR ASSESSMENT OF STRATEGIES FOR MAINTENANCE OF MILITARY TRANSPORT HELICOPTERS

A. Bolohin, Y. Manulin, H. Horokhov

The subject of the research is the development of an applied statistical model for evaluating the activities of the engineering and aviation service during the application of various strategies for the technical operation of the glider and units of its systems of military transport helicopters. In order to choose rational ways of implementing the strategy of technical operation, it is advisable in practice to provide for obtaining evaluations of their effectiveness. The applied statistical model of helicopters allows you to get an assessment of the effectiveness of the strategy, which can be implemented in the practice of the aviation engineering service when solving the actual tasks of ensuring the serviceability of the required number of helicopters at the specified moment of time in the place specified by the command, as in the case of stationary use of forces and means, as well as the non-stationary mode of work of the engineering and aviation service in the conditions of conducting hostilities.

The definition of the strategy is based on the search for the optimal value of the objective function, the arguments of which are the criteria: the coefficient of average serviceability of the helicopter park; coefficient of technical use of helicopters; coefficient of the cost of work during the operation of helicopters.

The scientific novelty of the model is based on the method of logical analysis of the criteria for evaluating the effectiveness of the engineering and aviation service, as well as the method of approximation of semi-Markov processes in the structure of the simulation model of the mass service system. Taking into account in the applied statistical model the features of the technical operation of the fleet of military transport helicopters makes it possible to obtain scientifically based decisions regarding the strategy of the technical operation of the glider and its system units.

Keywords: helicopter glider, technical operation strategies, mass service systems.