



О. М. Баранік



В. Г. Березанський



А. В. Даценко



О. М. Тесніков

## ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПУ СПІВВІДНЕСЕННЯ ДЛЯ ВИБОРУ ПРОГРАМИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КЕРОВАНИХ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ПРИ ПЕРЕХОДІ НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ ЗА ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ

У статті розглядається сучасний стан наявного запасу керованих авіаційних засобів ураження та проблематика переходу авіаційних керованих ракет на експлуатацію за технічним станом. Показана можливість використання принципу співвіднесення для вибору програми технічної експлуатації керованих авіаційних засобів ураження при переході на експлуатацію за технічним станом. Принцип співвіднесення дає змогу враховувати необхідні та достатні умови для вибору схем контролю технічного стану керованих авіаційних засобів ураження у разі невизначеної інформації про механізми впливу на їх технічний стан.

*К л ю ч о в і с л о в а:* керовані авіаційні засоби ураження, принцип співвіднесення, програма технічної експлуатації, експлуатація за технічним станом, функтор.

**Постановка проблеми.** Існуючі запаси керованих авіаційних засобів ураження є спадщиною запасів повітряних армій колишнього Радянського Союзу, які базувалися на території України. Угрупування авіації у той час на території України складалося близько з 1400 бойових літаків і вертольотів. Незважаючи на високу інтенсивність польотів з виконанням практичних пусків керованих авіаційних ракет, їхні запаси відновлювалися недостатньо. Наприкінці 90-х років виникла проблема продовження термінів експлуатації ракет, що надійшли на озброєння у 1975–1983 роках, або виведення їх із експлуатації.

У зв'язку з реформуванням Повітряних Сил ЗС України (ПС), яке проводилось до початку 2014 року в основному за рахунок скорочення чисельності складу, а не шляхом переозброєння на нові зразки керованих авіаційних засобів ураження (КАЗУ), потрібно прогнозувати їх строки служби з урахуванням параметрів ракет, які не контролюють протягом експлуатації.

З початком проведення антитерористичної операції та операції об'єднаних сил (ООС) на Сході України ситуація почала змінюватися. Сьогодні вітчизняне конструкторське бюро "Південне" розробляє концепцію надзвукової авіаційної протикорабельної керованої ракети "Блискавка" для потреб ПС. Однак час розроблення від макета до прийняття виробу на озброєння ПС складатиме не менше 5 років. Тому виникає необхідність продовження встановлених строків служби для КАЗУ з науково-обґрунтованим переходом на експлуатацію за їх технічним станом. Зміна системи технічної експлуатації КАЗУ потребує удосконалення схем контролю та програм контролю технічного стану виробів з метою підвищення їх інформативності та достовірності контролю складових елементів ракет при продовженні встановлених строків їх служби.

Сучасні запаси авіаційних керованих ракет характеризуються двома особливостями.

По-перше, надмірністю запасів авіаційних керованих ракет, які потребують постійного продовження строків служби, що обумовлено такими факторами:

– оборонним характером Військової Доктрини України, отже, істотним скороченням угруповання ударної авіації;

– зміною задач ПС, системи їхньої бойової готовності й розгортання у випадку виникнення воєнної загрози чи початку бойових дій;

– виведенням з бойового складу більшості літаків 2-го та 3-го поколінь.

По-друге, критичністю запасів за термінами експлуатації (зберігання) разом із збереженням достатнього запасу ресурсу за іншими показниками (налітування під літаком-носієм, кількість посадок), що обумовлене:

- відсутністю відновлення парку ракет через надзвичайно обмежене їхнє застосування в процесі учбово-бойової підготовки;

- відсутністю методик (технологій) і промислової бази для проведення робіт із продовження призначеного (технічного) ресурсу та утилізації.

Планомірна оптимізація бойового складу ПС ЗС України, застосування авіаційних ракет під час проведення ООС та у процесі бойової підготовки авіації ПС в останні роки, відсутність постачань КАЗУ – все це призвело до того, що відновлення (оновлення) парку таких авіаційних засобів у даний час практично не відбувається.

Зазначені обставини спричинили складну ситуацію, що обумовлена:

- не використанням повною мірою ресурсів КАЗУ за налітуванням під літаком-носієм і кількістю посадок у випадку закінчення термінів їхнього зберігання у різних ступенях готовності;

- відсутністю гнучкої програми технічної експлуатації КАЗУ (експлуатації за технічним станом або рівнем надійності), тому що всі їх типи експлуатуються (зберігаються) тільки до витрати призначеного ресурсу, жорстко визначеного керівними документами.

Отже, подальша експлуатація існуючих КАЗУ можлива тільки після визначення їхнього реального технічного стану (рівня контролепридатності) з високим ступенем достовірності, тому актуальним є питання щодо переходу на експлуатацію КАЗУ за технічним станом.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Необхідність контролю технічного стану озброєння і військової техніки (ОВТ) при переході на експлуатацію за технічним станом доведена у працях [2–9]. Аналіз даних джерел свідчить, що в них не розглянуто питання визначення поточного стану ОВТ одноразового застосування та техніки, яка відпрацювала встановлені терміни експлуатації, до якої віднесені КАЗУ.

При переході на експлуатацію за технічним станом КАЗУ виникає необхідність проведення контролю технічного стану елементів, пристроїв ракет та складових частин ракет, які не контролюються протягом експлуатації [1].

Для усього існуючого парку КАЗУ, що є на озброєнні ПС ЗС України, характерні такі особливості контролю технічного стану [10]:

- забезпечення інструментального контролю параметрів складових частин ракети;

- наявність у складі засобів ураження пристроїв, технічний стан яких може бути визначений тільки органолептичними методами (зовнішнім оглядом);

- відсутність можливості проконтролювати стан деяких пристроїв в умовах експлуатації; до таких пристроїв віднесені порохові заряди двигуна та порохові акумулятори тиску, запобіжно-виконавчі механізми, вибухові речовини бойових частин ракет (бомб), повітряно-арматурні блоки.

Наприкінці 70-х – початку 80-х років М. М. Смирнов виклав методологічні основи теорії технічної експлуатації літаків і розроблення стратегій обслуговування та ремонту авіаційної техніки [11]. Були розглянуті питання формування ефективних програм і режимів технічного обслуговування, а також інформаційного забезпечення при застосуванні стратегій обслуговування та ремонту літаків за станом. У працях [12, 13] Є. Ю. Барзилович і В. Ф. Воскобоев розглянули теоретичні питання обґрунтування необхідних умов переведення авіаційної техніки на експлуатацію за технічним станом.

Безпосередньо удосконалювання системи технічної експлуатації КАЗУ (на прикладі керованих авіаційних ракет) розглянуто у праці [14], в якій досліджено можливість скорочення вибірок ракет, що піддаються контролю технічного стану під час їх зберігання у різних ступенях готовності до застосування, та використання критерію Вальда для прийняття рішення про технічний стан парку ракет. Основним параметром технічного стану парку ракет у працях О. І. Буравльова є рівень справності (надійності), визначений на основі контролю надійності вибірки ракет із деякої партії. Описана ним адаптивна система технічної експлуатації керованих авіаційних ракет являє собою сукупність взаємозалежних виробів, засобів їхньої експлуатації, виконавців і документації, взаємодія яких відбувається відповідно до завдань кожного етапу експлуатації.

У статтях [15, 16] розглянуто саме контроль технічного стану КАЗУ при переведенні їх на експлуатацію за технічним станом. У статті [15] удосконалена математична модель функціонування

технічної експлуатації КАЗУ, а у статті [16] запропонований метод вибору показників для оцінювання технічного стану авіаційного ракетного озброєння. Розроблена модель разом з методом вибору показників контролю є універсальною стосовно до варіантів побудови програми технічної експлуатації КАЗУ і дозволяє у межах однієї програми досліджувати її показники. Однак вона не дає відповіді на питання, яку саме з множини варіантів програм вибрати за умови невизначеного впливу факторів різної природи для здійснення комплексу робіт щодо технічного обслуговування і ремонту КАЗУ.

**Метою статті** є обґрунтування можливості використання принципу співвіднесення для вибору програми технічної експлуатації КАЗУ при переході на експлуатацію за технічним станом.

**Виклад основного матеріалу.** Система технічної експлуатації – складна система, що функціонує в умовах впливу зовнішнього середовища. Відповідно до принципу зовнішнього доповнення (основний принцип системного підходу) основна мета функціонування системи технічної експлуатації задається метою системи – керуючою структурою більш високого рівня [9]. У випадку керування без зворотного зв'язку система технічної експлуатації функціонує за заданим алгоритмом (за жорсткою програмою). Якщо керування відбувається зі зворотним зв'язком у системі, оператор (особа) приймає рішення відповідно до значення параметра керування. В останньому випадку необхідна інформаційна система для визначення параметрів керування з відповідними алгоритмами адаптації програми технічної експлуатації.

Загальна структурна схема адаптивної системи керування технічним станом відображає особливість реалізації даної системи для існуючих типів КАЗУ та засобів їхньої експлуатації. Її реалізація можлива тільки за умови адаптації програми технічної експлуатації (рис. 1), де  $M$  – модель керування (сукупність моделей);  $P_{\Omega}^*$  – розподіл імовірностей станів виробу;  $E$  – цілі керування (система показників ефективності);  $\Omega$  – умови зовнішнього середовища;  $\Phi$  – принципи керування;  $R$  – якість керування.

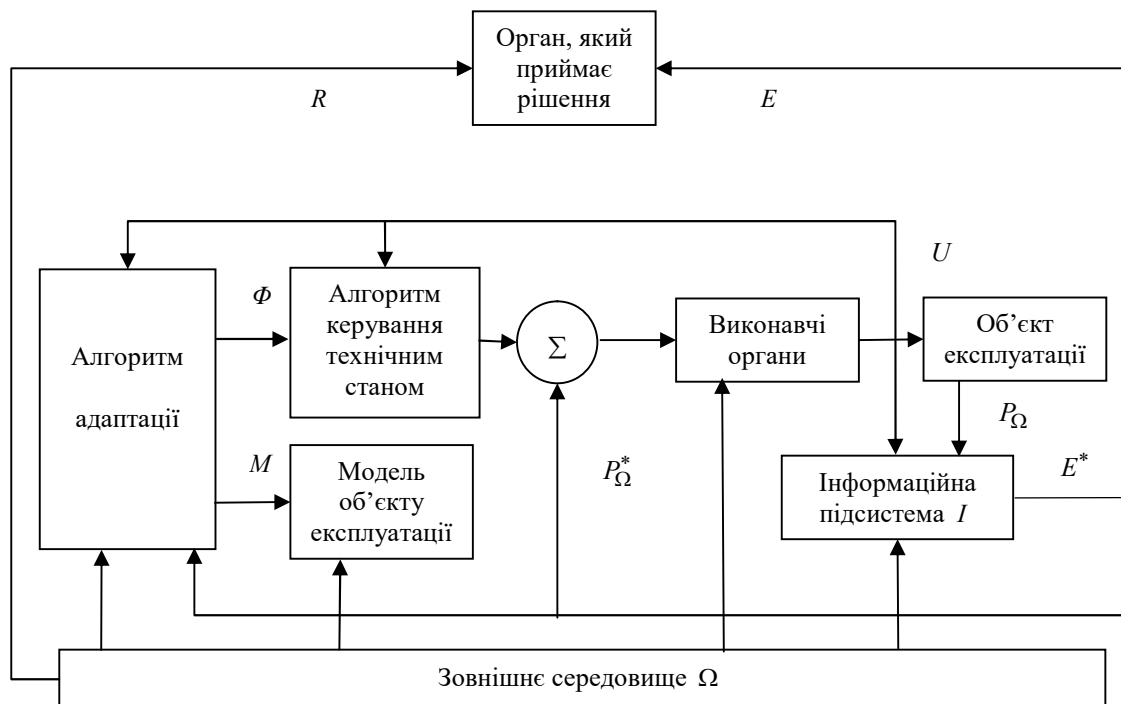


Рис. 1. Структурна схема адаптивної системи керування технічним станом КАЗУ

Систему технічної експлуатації КАЗУ можна подати через граф переходів з одного стану в інший [15]. Під час життєвого циклу КАЗУ може перебувати у семи станах.

Стан  $A_1$  об'єднує такі види станів КАЗУ: зберігання, технічне обслуговування, політ під літаком-носієм. Кількість виробів у стані  $A_1$  складає  $N_1$ . При планово-попереджувальній системі експлуатації у стані  $A_1$  знаходяться тільки ті вироби, які мають запас технічного ресурсу (термін зберігання засобу

не перевищує  $T_n$ ). При експлуатації за технічним станом у  $A_1$  можуть знаходитися, крім виробів із запасом ресурсу, і вироби, термін зберігання яких перевищує  $T_n$ .

Стан  $A_2$  – несправний виріб, несправність виявлена за результатами контролю технічного стану. Кількість виробів у стані  $A_2$  складає  $N_2$ . Потім приймається рішення: або направляти КАЗУ до ремонту ( $A_4$ ), або він підлягає списанню ( $A_5$ ).

Стан  $A_3$  – несправний виріб, термін зберігання перевищив призначений ресурс  $T_n$ . Кількість складає  $N_3$ . При переході до цього стану виріб готують до списання.

Стан  $A_4$  – виріб знаходиться на ремонті (виведений із зберігання). Кількість –  $N_4$ .

Стан  $A_5$  – несправний виріб, не підлягає відновленню, тому його списують. Кількість –  $N_5$ .

Стан  $A_6$  – використання виробу за призначенням. Кількість –  $N_6$ .

Стан  $A_7$  – виріб знаходиться на заводі-виробнику, може бути закуплений (поставлений у підрозділи) і введений до експлуатації (стан  $A_1$ ).

Для розроблення математичної моделі системи експлуатації КАЗУ пропонується використовувати метод динаміки середніх.

Диференціальні рівняння, що описують середню кількість КАЗУ у кожному стані, мають такий вигляд:

$$A_i \frac{\partial N_i(t)}{\partial t} = -N_i(t) \sum_{j=1}^n \lambda_{ij}(t) + \sum_{j=1}^n N_j(t) \cdot \lambda_{ji}(t), \quad (1)$$

де  $i \neq j$  – номери станів;  $\lambda_{ij}(t), \lambda_{ji}(t)$  – інтенсивності переходів зі стану  $i$  (зі стану  $j$ ) у стан  $j$  (у стан  $i$ );  $N_i(t), N_j(t)$  – середні кількості засобів у станах  $i$  та  $j$  у момент часу  $t$ ;  $n$  – кількість станів, що розглядається.

Протягом часу дослідження  $T$  функціонування угруповання авіації забезпечується наявністю  $N_0$  КАЗУ певного типу. Рівень готовності запасів виробів є достатнім, якщо у запасах знаходиться  $N_1$  справних.

Граф багаторежимної експлуатації КАЗУ зображений на рис. 2.

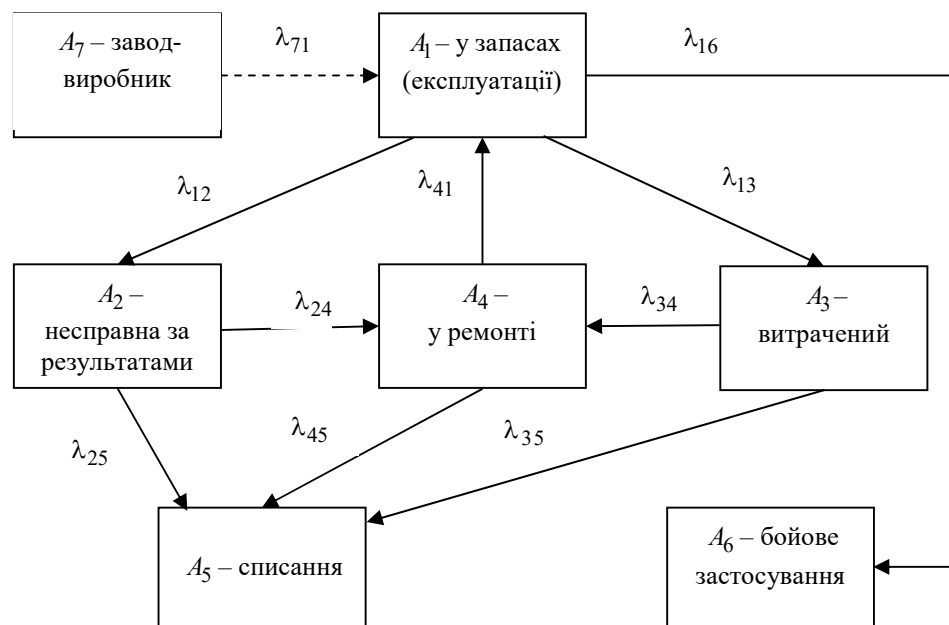


Рис. 2. Граф багаторежимної експлуатації КАЗУ

Система диференціальних рівнянь середніх чисел щодо станів для графа моделі (рис. 2), який розглядається, має такий вигляд:  $\lambda_i = \text{const}$ ,

$$\begin{cases} \dot{N}_1 = -(\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{16})N_1 + \lambda_{41}N_4 + \lambda_{71}N_7; \\ \dot{N}_2 = -(\lambda_{24} + \lambda_{25})N_2 + \lambda_{12}N_1; \\ \dot{N}_3 = -(\lambda_{34} + \lambda_{35})N_3 + \lambda_{13}N_1; \\ \dot{N}_4 = -(\lambda_{41} + \lambda_{45})N_4 + \lambda_{24}N_2 + \lambda_{34}N_3; \\ \dot{N}_5 = \lambda_{25}N_2 + \lambda_{35}N_3 + \lambda_{45}N_4; \\ \dot{N}_6 = \lambda_{16}N_1; \\ \dot{N}_7 = -\lambda_{71}N_7. \end{cases} \quad (2)$$

Зважаючи на те, що не можна стверджувати про постійність інтенсивностей переходів у моделі (1), система рівнянь (2) може бути розв'язана тільки шляхом чисельного інтегрування. Тоді на  $k$ -му кроці інтегрування час перебування засобу ураження у відповідному стані розраховується як

$$\bar{t}_{p,k}^{(k)} = \frac{1}{N_1^{(k-1)}} \left( \bar{t}_p^{(k-1)} \left( N_1^{(k-1)} - \Delta N_3^{(k-1)} - \Delta N_2^{(k-1)} + \Delta N_4^{(k-1)} - \Delta N_6^{(k-1)} \right) + T_n \Delta N_7^{(k-1)} \right), \quad (3)$$

де  $\Delta N_3^{(k-1)}$ ;  $\Delta N_2^{(k-1)}$ ;  $\Delta N_6^{(k-1)}$  – кількість КАЗУ, які перейшли до станів 2, 3 та 6 зі стану 1 на  $k$ -му кроці інтегрування;  $\Delta N_4^{(k-1)}$ ;  $\Delta N_7^{(k-1)}$  – кількість КАЗУ, які перейшли зі станів 4 та 7 до стану 1 на  $k$ -му кроці інтегрування.

Наведена математична модель експлуатації КАЗУ спонукає звернутися у виборі програми їх технічної експлуатації до принципу співвіднесення.

Для реалізації технічної експлуатації КАЗУ з використанням згаданого принципу [17] розглянемо у загальному вигляді об'єкт  $\Sigma$  (систему технічної експлуатації), що перетворює вхідний сигнал (фактори, що на нього впливають)  $U$  у вихідний сигнал (параметри стану)  $Y$ . Якщо ввести множини  $U$  та  $Y$ , що поєднують усі вхідні сигнали, то можна записати

$$U \xrightarrow{f} Y, \quad (4)$$

де  $f$  – відображення, які переводять кожен елемент (вхідний сигнал, вплив фактора) множин  $U$  в елемент (вихідний сигнал, параметр стану) множин  $Y$ . Припустимо, що запис (4) відображає всі властивості об'єкта  $\Sigma$ .

Нехай до об'єкта  $\Sigma$  висуваються деякі вимоги. Природною і цілком коректною формою таких вимог є задання еталонного (ідеального) об'єкта  $\Sigma'$  з відображенням

$$U' \xrightarrow{f'} Y', \quad (5)$$

де  $f'$  – деяке еталонне відображення, що ставить кожному елементу з  $U'$  у відповідність деякий елемент  $Y'$ .

Сукупність  $U'$ ,  $Y'$  та  $f'$  формально відтворює необхідні властивості об'єкта і подає модель у інформаційній області.

Зіставлення зображень  $f$  та  $f'$  можливе, якщо ввести два відображення  $\alpha$  і  $\beta$ , що зв'язують відповідно  $U$  і  $U'$ , а також  $Y$  та  $Y'$ . Принципу співвіднесення двох систем за вхідними і вихідними множинами відповідає діаграма, наведена на рис. 3.

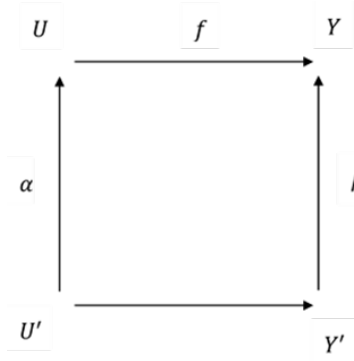


Рис. 3. Діаграма співвіднесення двох програм експлуатації КАЗУ

Напрямок відображення  $\alpha$  указує на те, що для будь-якого елемента множини  $U'$  знайдеться відповідний елемент множини  $U$ , але не навпаки. Дійсно, у процесі експлуатації КАЗУ вони піддаються впливу факторів, які неможливо передбачити у моделі. Аналогічне відображення  $\beta$  дозволяє стверджувати, що множина  $Y'$  не менше множини  $Y$ . В іншому випадку, у разі комутативності діаграми об'єкта  $\Sigma$ , одержуючи на вході сигнали, що не завжди можна привести до вхідних сигналів еталона, діаграма об'єкта формує на вході сигнали, що приводяться завжди до вхідних сигналів еталона.

Розглянемо алгоритм контролю, що здійснює обробку вхідних і вихідних сигналів незалежно від наступного порівняння результатів обробки (рис. 4).

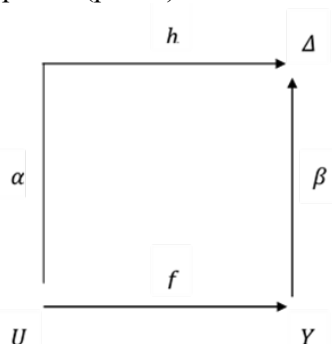


Рис. 4. Програма технічної експлуатації з незалежною обробкою параметрів

На рис. 4  $h, k$  – відображення алгоритму контролю. При цьому позитивний результат контролю (наприклад, підтвердження справного стану) відповідає комутативності діаграми (рис. 3).

Поєднуючи діаграми, подані на рис. 3 і 4, одержимо діаграму (рис. 5), що є діаграмою контролю технічного стану об'єкта  $\Sigma$  з напрямками реалізаціями  $h$  і  $k$ .

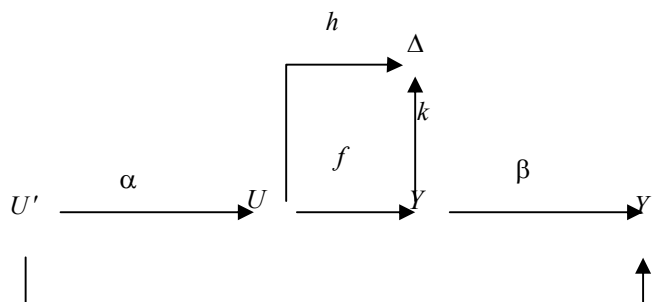


Рис. 5. Об'єднана діаграма функціонування системи технічної експлуатації КАЗУ

Оператор у процесі контролю технічного стану об'єкта реалізує відображення  $h$  і  $k$  на сигналах  $u \in U$ , а потім порівнює результати цих відображень.

Уведемо два функтори [18]  $B$  і  $\Gamma$  за правилом

$$(\alpha, f', \beta) \xrightarrow{B} f; (\alpha, f', \beta) \xrightarrow{\Gamma} (h, k), \quad (6)$$

що означає існування деякого відображення  $B$ , яке переводить трійку відображень  $\alpha, f', \beta$  разом з множинами, на яких вони визначені, у відображення  $f$  з відповідними множинами. Аналогічно формується функтор  $\Gamma$ .

Об'єднання на основі правила (6) дає діаграму (рис. 6).

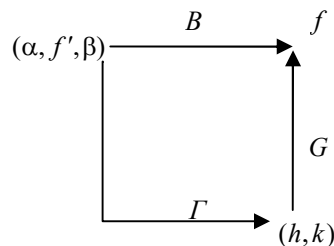


Рис. 6. Об'єднана діаграма функціонування системи технічної експлуатації КАЗУ на основі функторів

Існування реалізації алгоритму контролю через відображення  $h$  і  $k$  (рис. 4) пов'язане з існуванням функтора  $G$ , що переводить пари  $(h, k)$  у  $f$ . Іншими словами, діаграма (рис. 6) повинна бути комутативною.

Сформуємо результат. Контроль відображення  $f$  об'єкта в змісті комутативності (рис. 3) за результатами використання відображень  $h, k$  за вхідними і вихідними сигналами можливий тільки в тому випадку, якщо існує такий функтор  $G$ , що переводить пари відображень  $(h, k)$  разом з відповідними множинами у відображення  $f$  разом із вхідними і вихідними множинами.

Якщо використовувати поняття композиції відображень, то для рис. 5 можна записати

$$f' = \beta \cdot f \cdot \alpha. \quad (7)$$

Це означає, що відображення  $f'$  є композицією трьох послідовних відображень  $\alpha, f, \beta$ . Діаграма на рис. 5, як і діаграма на рис. 3, є умовною і в загальному вигляді відображає суть того чи іншого методу контролю.

З іншого погляду, процес експлуатації КАЗУ, записаний виразом (6), порушує питання про перевірку цієї рівності за умови, що пряма інформація про відображення  $f$  або цілком відсутня, або істотно обмежена. Замість її можливо використовувати інформацію про множини  $U$  та  $Y$ .

Дійсно, з рис. 3 впливають співвідношення

$$y = fu, \quad u = \alpha u', \quad y' = \beta y, \quad y' = f'u'. \quad (8)$$

Дані співвідношення впливають внаслідок відсутності інформації про  $f$  в алгоритмі контролю або неможливості його використання. Відображення  $\alpha, \beta, f'$  у тій чи іншій формі задані.

Процедура контролю полягає у перевірці одночасного виконання другого, третього і четвертого співвідношень на сигналах  $u \in U, y \in Y$ , тобто контроль зводиться до перевірки умови, яка впливає зі співвідношень (8):

$$\beta y = f' \cdot \gamma \cdot u, \tag{9}$$

де  $\gamma$  – відображення, що дозволяє за множиною сигналів  $U$  оцінити сигнали  $u'$ .

Якщо вдається сформулювати комутативну діаграму (рис. 3), то квантор  $\Delta$  формалізує перетворення відображень  $\alpha, f', \beta$  цієї діаграми у відображення  $f$ .

Для формування квантора  $\Delta$  доповнимо діаграму (рис. 5) відображенням  $\sigma$  (рис. 7).

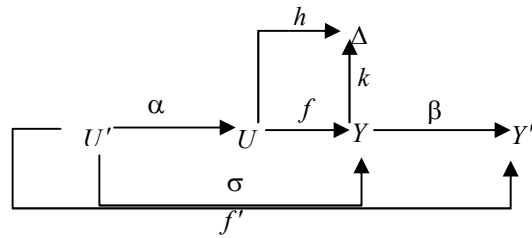


Рис. 7. Діаграма функціонування системи технічної експлуатації КАЗУ з відображенням  $\sigma$

Введення відображення  $\sigma$  дозволяє вписати основні співвідношення, не повторюючи співвідношень функтора  $B$ .

Дійсно, якщо для співвідношення  $f' = \beta\sigma$  можна побудувати функтор для перетворення відображень  $f$  та  $\beta$  у  $\sigma$ :

$$(\alpha, f', \beta) \xrightarrow{\Gamma_1} (\alpha, \sigma), \tag{10}$$

а потім розглянути чотирикутник з відображеннями  $h\alpha = k\sigma$ , то можна побудувати функтор

$$(\alpha, \sigma) \xrightarrow{\Gamma_2} (h, k). \tag{11}$$

У підсумку діаграму, зображену на рис. 6, приводимо до діаграми, поданої на рис. 8.

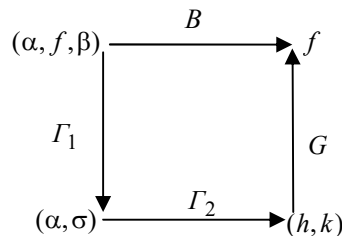


Рис. 8. Підсумкова діаграма функціонування системи технічної експлуатації КАЗУ

Її комутативність еквівалентна твердженню того, що після задавання відображень  $(\alpha, f', \beta)$  і правильного їх вибору можна, реалізуючи відображення  $(h, k)$  вхідних і вихідних сигналів, контролювати відображення  $f$  об'єкта контролю.



## Висновки

Впровадження в інформаційних системах контролю принципу співвіднесення дозволить визначити необхідні та достатні умови для вибору схем контролю технічного стану КАЗУ в умовах невизначеної інформації щодо впливу внутрішніх і зовнішніх факторів різної фізичної природи на властивості КАЗУ.

Розглянутий підхід застосування принципу співвіднесення розширює вибір схем контролю об'єктів та можливості отримання і обробки інформації технічного стану КАЗУ, тобто контроль стану пристроїв та агрегатів, які раніше не контролювалися.

Запропонована система технічної експлуатації КАЗУ з використанням адаптивної програми контролю сприяє діагностуванню технічного стану виробів в умовах підвищення рівня інформативності та забезпечення достовірності контролю на заданому рівні. Реалізація такого підходу дозволить вибирати програми технічної експлуатації КАЗУ при переході на експлуатацію за технічним станом.

## Перелік джерел посилання

1. Печура Д. С., Березанський В. Г., Березанський О. Г., Васильченко Д. О. Прогнозування технічного стану складових частин авіаційних керованих ракет за визначеними групами. *Збірник наукових праць ХУПС*. Харків, 2014. № 1 (30). С. 68–71.
2. Testing Signals for Electronics: Criteria for Synthesis / S. Herasimov et al. *Journal of Electronic Testing*. 2019. Vol. 35, Issue 3 (148). P. 349–357. DOI: [10.1007/s10836-019-05798-9](https://doi.org/10.1007/s10836-019-05798-9).
3. Definition of Accumulated Operating Time Distributions for a Cable Product Insulation Within the Defined Life Cycles / O. Kulakov et al. 2019. *IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering*, Lviv, Ukraine, July 2–6, 2019. P. 355–358.
4. Synthesis method of the optimum structure of the procedure for the control of the technical status of complex systems and complexes / S. Herasimov et al. *Збірник наукових праць ХУПС*. Харків, 2017. № 4 (53). С. 148–152.
5. Propagation characteristic of laser-generated visco-elastic Rayleigh-like waves in stratified half-space / Q. Han et al. *Journal on Wireless Communications and Networking*. 2016. № 102. P. 1–13. DOI: [10.1186/s13638-016-0599-z](https://doi.org/10.1186/s13638-016-0599-z).
6. Y. Hu. The Target Detection System Based on Laser Imaging. *Theory and Technology of Laser Imaging Based Target Detection*. Springer, Singapore, 2017. P. 65–104. DOI: [10.1007/978-981-10-3497-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-3497-8_3).
7. R. Hong-e, Y. Wei. The Test Principle and Algorithm of Laser Measuring Tree Height. *Informatics in Control, Automation and Robotics*. 2012. P. 381–387. DOI: [10.1007/978-3-642-25899-2\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-642-25899-2_51).
8. V. Chinkov, S. Gerasimov. Mathematical formulation of problems with the synthesis of measuring signals for determination of the technical state of armament samplers at their operation according to the technical state. *Systems of armament and military equipment*. 2013. № 4 (36). P. 128–131. URL: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/2292/eng>.
9. Войтенко С. С., Герасимов С. В., Куценко В. В. Напрямки удосконалення системи контролю технічного стану зразків озброєння та військової техніки. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2016. № 3 (24). С. 127–131.
10. M. George Siouris. *Missile guidance and control systems*. Springer, 2004. 666 p.
11. Смирнов Н. Н., Ицкович А. А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. Москва : Транспорт, 1987. 272 с.
12. Барзилович Е. Ю., Воскобоев В. Ф. Эксплуатация авиационных систем по состоянию. Москва : Транспорт, 1981. 197 с.
13. Барзилович Е. Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. Москва : Высш. шк., 1982. 240 с.
14. Буравлев А. И., Доценко Б. И., Казаков И. Е. Управление техническим состоянием динамических систем Москва : Машиностроение, 1995. 240 с.
15. Баранік О. М., Калкаманов С. А., Хижняк В. М., Скорий Ю. В. Математична модель функціонування технічної експлуатації керованих авіаційних засобів ураження. *Системи управління навігації та зв'язку*. 2010. № 1 (13). С. 67–70.

16. Герасимов С. В., Баранік О. М. Вибір показників для оцінювання технічного стану авіаційного ракетного озброєння. *Озброєння та військова техніка*. 2017. № 3 (15). С. 26–29.

17. Везуб Н. В., Островерх Е. В. Системный анализ, структурная и параметрическая оптимизация технологических процессов. *Вісник "НТУ ХПИ"*. Харків, 2012. № 64 (970). С. 170.

18. J. Adamek, H. Herlich. Abstract concrete categories: The joy of cat. New York : John Wiley and Sons, 1999. 528 p.

*Стаття надійшла до редакції 01.10.2020 р.*

**УДК 623.463.5.001.57.(06)**

**А. Н. Бараник, В. Г. Березанский, А. В. Даценко, А. М. Тесников**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПА СООТНЕСЕНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА ПРОГРАММЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ УПРАВЛЯЕМЫХ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ**

*В статье рассматривается современное состояние имеющегося запаса управляемых авиационных средств поражения и проблематика перехода авиационных управляемых ракет на эксплуатацию по техническому состоянию. Показана возможность использования принципа соотнесения для выбора программы технической эксплуатации управляемых авиационных средств поражения при переходе на эксплуатацию по техническому состоянию. Принцип соотнесения позволяет учитывать необходимые и достаточные условия для выбора схем контроля технического состояния управляемых авиационных средств поражения в случае неопределенной информации о механизмах влияния на их техническое состояние.*

*К л ю ч е в ы е с л о в а: управляемые авиационные средства поражения, принцип соотнесения, программа технической эксплуатации, эксплуатация по техническому состоянию, функтор.*

**UDC 623.463.5.001.57.(06)**

**O. Baranik, V. Berezanskii, A. Datsenko, O. Tesnikov**

### **APPLICATION OF THE PRINCIPLE OF RELATION TO CHOOSE THE TECHNICAL OPERATION PROGRAM OF GUIDED AIR WEAPONS AT TRANSITION TO OPERATION ACCORDING TO TECHNICAL CONDITION**

*The article presents the current state of the available stock of guided air weapons and the problem of transition of guided air weapons to operation according to technical condition. The transfer of guided air weapons to operation according to technical condition involves increasing the role of measurement operations and control of their parameters and characteristics.*

*This will determine the actual technical condition and make informed decisions about further operation. In general, the effective-ness of control a technical condition of aviation missiles significantly affects the readiness for use of aviation equipment and the combat capabilities of this equipment in performance of the tasks. The exciting control model and methods for selecting parameters of technical condition is universal in relation to the variants of construction of the technical maintenance program a guided air weapons allows to conduct research into these indicators. However, this program does not indicate the plural of variant that should be selected if the undetermined influence of different nature factors to carry out a set of maintenance and repair work for guided air weapons. The possibility of using the principle of correlation, when choosing the program of technical operation a guid-ed air weapons during the transition to operation according to technical condition. With the help of the correlation principle, an approach to the choice of the program of technical operation a guided air weapons can be developed in case of unknown infor-mation about the*

*mechanisms of influence of various internal and external factors on the properties of the guided air weapons, their effect on the technical condition and features of the units of aviation guided missile that are not amenable to instrumental control. To implement the control of guided air weapons with using a principle of correlation need to use the results of practical applications of aviation guided missile, including other types of fire tests, sample tests using the physico-chemical analysis of powder and explosive charges.*

*К е у в о р д:* *guided air weapons, correlation principle, technical maintenance program, operation according to technical condition, functor.*

**Баранік Олексій Миколайович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри комплексів авіаційного озброєння інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

<https://orcid.org/0000-0002-1499-7943>

**Березанський Володимир Григорович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри комплексів авіаційного озброєння інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

<https://orcid.org/0000-0003-3753-0016>

**Даценко Андрій Володимирович** – старший викладач кафедри комплексів авіаційного озброєння інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

<https://orcid.org/0000-0002-5019-7978>

**Тесніков Олександр Михайлович** – старший викладач кафедри оперативного та логістичного забезпечення Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0000-0002-4693-0428>