

А.М. Шатров¹, Є.С. Крижанівський², О.В. Ільїна¹

¹Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

²Державне підприємство “Державне Київське конструкторське бюро “Луч”, Київ

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО НАДІЙНОСТІ АВІАЦІЙНИХ КЕРОВАНИХ РАКЕТ, ЩО РЕМОНТУЮТЬСЯ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ОКРЕМИХ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН

У статті запропоновано методичний підхід щодо обґрунтування допустимого рівня показників надійності авіаційних керованих ракет при організації та проведенні ремонту з модернізацією їх окремих складових частин. Такий підхід по відновленню їх справності дозволить значною мірою усунути наслідки фізичного та частково компенсувати наслідки морального старіння. При цьому загальні вимоги до рівня надійності авіаційних керованих ракет визначаються на основі показників, що характеризують ефективність їх експлуатації та застосування за призначенням

Ключові слова: авіаційні керовані ракети, комплексний показник економічності системи, модернізація, надійність, складова частина, узагальнений показник надійності

Вступ

Одним із актуальних питань підтримання боєздатності авіації Збройних Сил України (ЗС України) є забезпечення справними авіаційними керованими ракетами (АКР) різноманітного призначення, які значною мірою визначають бойовий потенціал авіації та спроможність виконувати завдання за призначенням. При цьому зазначимо, що основу парку АКР складають зразки, які було виготовлено біля 30 років тому, тобто має місце суттєве перевищення реальних строків служби над початково-встановленими розробником. Це призвело не тільки до їх фізичного старіння, наслідком якого є поступове досягнення окремими складовими частинами (СЧ) граничного стану та, як наслідок, поступового накопичення на складах і арсеналах значної кількості несправних АКР та їх СЧ (забракованих засобами об’єктивного контролю), а й морального – наслідком якого є відставання ряду тактико-технічних та експлуатаційних характеристик (ТТЕХ) відносно кращих світових зразків.

Аналіз попередніх досліджень. Поглиблені дослідження технічного стану, які проводилися під час виконання робіт з визначення можливості продовження строків служби АКР, дозволили виявити ряд типових проблем і несправностей, що обумовлені їх фізичним старінням, а саме [1, с. 6; 2, с. 8...10]:

поступове накопичення несправних (за даними параметричного контролю) апаратних частин та

головок самонаведення (ГСН), обумовлених старінням елементної бази;

зміна фізико-хімічних властивостей матеріалів спецхімії та погіршення характеристик відповідних СЧ – ракетних двигунів твердого палива, газогенераторів та порохових акумуляторів тиску, бойових частин, запобіжно-виконавчих механізмів;

деградація полімерних і клейових матеріалів, гумотехнічних виробів, робочої рідини в блоках гідроприводів, загушення змащення прецизійної механіки тощо.

Більшість несправностей, обумовлених фізичним старінням, можна усунути шляхом ремонту різного рівня складності, але при цьому рівень морального старіння не зміниться. У зв’язку з цим, для відновлення справності і продовження експлуатації АКР з тривалими строками служби пропонується проводити ремонт з модернізацією тих СЧ (систем, блоків, агрегатів тощо), від яких відставання їх ТТЕХ щодо кращих світових зразків залежить найбільшим чином [3, с. 122...127], при цьому відновлення технічного стану проводити шляхом виконання:

ремонту з використанням штатних електрорадіоелементів, деталей і матеріалів тощо, які на сьогоднішній день не всі випускаються промисловістю;

ремонту з використанням сучасних аналогів зазначених елементів, деталей і матеріалів;

ремонту із заміною старих СЧ на нові, що модернізовані або розроблені на новій елементній базі з реалізацією перспективних алгоритмів

функціонування та виготовлені з використанням сучасних технологій.

Під модернізацією будемо мати на увазі внесення в конструкцію зразка ОВТ, що знаходиться на озброєнні, деяких конструктивних і технологічних змін з метою покращення його ТТЕХ, тобто часткової ліквідації наслідків його морального старіння, та продовження життєвого циклу. Такий підхід широко використовується стосовно виробів, що мають високу вартість, а строки експлуатації складають більше 25...30 років [4 с. 54...55]. При цьому управління інтенсивністю відмов може здійснюватися шляхом заміни ненадійних і малоєфективних СЧ сучасними аналогами.

Отже, обґрунтування допустимого рівня показників надійності АКР при організації та проведенні ремонту з модернізацією окремих СЧ є **актуальним науково-технічним завданням**.

Метою статті є розробка авторами методичного підходу щодо обґрунтування допустимого рівня показників надійності АКР при організації та проведенні ремонту з модернізацією їх окремих СЧ.

У статті розглядаються АКР класу “повітря-повітря”, що на сьогодні розвиваються найбільш динамічно.

Виклад основного матеріалу

Аналіз еволюції АКР, як складної технічної системи одноразового застосування, показав, що проведення модернізації є ефективним інструментом для продовження їх експлуатації. Ряд закордонних аналогів вже пройшли декілька етапів модернізацій, які були в основному направлені на розширення зон можливих пусків, підвищення ефективності системи управління, завадостійкості та дальності захвату ГСН [5, с. 8...9].

В умовах обмежених можливостей з фінансування розвитку озброєння і військової техніки (ОВТ) пріоритетним може бути підхід, що раціонально поєднує ремонт та модернізацію існуючих АКР. Такий підхід широко використовують різні країни, у тому числі з високим рівнем розвитку економіки, значними фінансовими і матеріальними ресурсами, про що свідчать світові закупівлі озброєння, які складають в середньому не більше 10% нових зразків [6, с. 72...76].

У загальному переліку вимог, які пред’являються до виробів ОВТ, що модернізуються при проведенні ремонту, важливу роль відіграють кількісні вимоги до надійності, які у значній мірі визначають ефективність їх застосування. Зв’язок показників надійності з ефективністю застосування свідчить, що у загальному випадку задача обґрунтування вимог (нормування) надійності є

комплексною, а її рішення має базуватися на дослідженні ефективності із застосуванням методів оптимізації [7, с. 55...115].

При рішенні цієї задачі необхідно визначити (задати) ряд експлуатаційних і технічних характеристик ще не розробленого (модернізованого) виробу, тобто якість її рішення буде суттєво залежить від точності прогнозування значень цих характеристик та врахування їх при проведенні модернізації. У зв’язку з цим необхідним є визначення можливої області зміни величин характеристик надійності.

В окремих випадках не завжди вдається досягнути потрібних значень характеристик надійності. При неможливості покращення однієї з характеристик надійності, ефективність виконання бойового завдання може бути підвищена завдяки покращенню іншої. У загальному випадку рішення цієї задачі пов’язане з обґрунтуванням бінарних груп взаємодоповнюючих характеристик надійності.

Покращення характеристик АКР, що модернізується, неможливо здійснювати лише за рахунок постійного збільшення витрат на забезпечення високих значень характеристик надійності. Це обумовлено тим що, при підвищенні надійності (при інших рівних умовах) зростає маса та вартість. Тому виходячи із економічного критерію та критерію експлуатаційної готовності, визначається поле оптимальних експлуатаційних значень характеристик надійності. У цьому випадку затрати на підвищення надійності (ефективності) АКР відповідають ступеню важливості виконуваних їх СЧ завдань, тобто витрати пропорційні ціні відмови.

При модернізації будь-якого зразка ОВТ основною є вимога, щоб удосконалений виріб мав більш високу ефективність у порівнянні з базовим. Для формування вимог до рівня ефективності АКР використаємо показник, що характеризує економічність її експлуатації [8, с. 30...32]

$$D = \frac{\bar{D}_M - \bar{D}_B}{\bar{D}_M}, \quad (1)$$

де $\bar{D}_M$ – показник економічності виробу після проведення модернізації; $\bar{D}_B$ – показник економічності виробу до модернізації (базового виробу).

Основним показником ефективності застосування АКР є ймовірність ураження цілі, яка залежить від багатьох факторів, як зовнішніх, що пов’язані з умовами експлуатації, так і внутрішніх, що визначаються побудовою, складом та технологією виробництва. Тобто, при проведенні модернізації рівень надійності задається таким чином, щоб ефективність застосування залишалася

на рівні, необхідному для успішного виконання бойового завдання.

У загальному випадку ймовірність ураження цілі АКР визначається відповідно до [9, с. 220...224]

$$W_N = 1 - (1 - P_y W_0)^N, \quad (2)$$

де N – число виробів, необхідних для ураження цілі із заданою ймовірністю; W_0 – ймовірність ураження цілі одним виробом; P_y – узагальнений показник надійності виробу, який залежить від ймовірності безвідмовної роботи під час підготовки до застосування ($P_{ПЗ}$), ймовірності безвідмовної роботи в процесі застосування (P_3), коефіцієнту готовності ($K_Г$) та розраховується як $P_y = K_Г P_{ПЗ} P_3$. Величина N розраховується за формулою [9, с. 229...231]

$$N = \frac{\ln(1 - W_{N0})}{\ln(1 - P_y W_{N0})}.$$

Оптимальне значення узагальненого показника надійності (P_{yo}), якому відповідає мінімум вартості виконання бойового завдання, є функцією ймовірності виконання АКР завдання за призначенням (f_1) при умові відсутності відмов (W_0) та параметру α , який в даному випадку залежить від способу підвищення надійності [8, с. 79...83]

$$P_{yo} = f_1(W_0, \alpha), \quad (3)$$

де α – параметр, що визначається на основі статистичних даних відмов та розраховується як

$$\alpha = -\frac{\ln \bar{C}}{\ln(1 - P_y)},$$

де $\bar{C} = \frac{C_M}{C_B}$; C_B – вартість застосування базового виробу; C_M – вартість застосування модернізованого виробу, яка залежить від досягнутого рівня надійності при проведенні модернізації та розраховується як

$$C_M = C_B(1 - P_y)^\alpha.$$

Очевидно, що зі збільшенням W_0 при $\alpha = const$, величина P_{yo} зростає. Це, в свою чергу, означає, що чим ефективніший виріб, тим вище вимоги задаються до його надійності, оскільки вартість цієї відмови вище. Збільшення коефіцієнту α при $W_0 = const$ означає зростання матеріальних витрат на підвищення надійності, а, відповідно, й на виконання бойового завдання. Для мінімізації вартості виконання бойового завдання необхідно знизити заданий рівень надійності окремих складових системи.

Величина параметру α залежить від способів підвищення надійності АКР. Найменш економічним є спосіб дублювання тих елементів, відмова яких призводить до відмови виробу у цілому. При такому способі підвищення надійності $\bar{C} \approx 2$ [8, с. 220...224]. Розрахунки показали, що для отримання значення узагальненого показника надійності на рівні 0,9...0,95 при $\bar{C} \approx 2$, параметр α має знаходитися у межах 0,2...0,3. В таблиці 1 наведено співвідношення значень ймовірності ураження цілі однією ракетою (W_0) та узагальненого показника надійності (P_{yo}).

Таблиця 1

Залежність ймовірності ураження цілі однією ракетою від узагальненого показника надійності

W_0	0,5	0,7	0,9	0,95	0,99
$P_{yo} \geq$	0,79	0,84	0,89	0,92	0,95

Джерело: розроблено авторами за даними [8, с. 35, 220...224].

Використовуючи (1) визначимо показник економічності базового ($\bar{D}_B$) виробу

$$\bar{D}_B = C_B N = C_B \frac{\ln(1 - W_{N0})}{\ln(1 - P_{yB} W_{N0})}, \quad (4)$$

де W_{N0} – кількісна вимога до показника W_0 ; P_{yB} – узагальнений показник надійності базового виробу.

Для визначення показника економічності модернізованого виробу ($\bar{D}_M$) припустимо, що прийнято рішення про модернізацію АКР з тим же рівнем ефективності, що й у базового виробу (W_0), але з використанням нових методів підвищення надійності. В результаті надійність системи збільшиться на величину ΔP при зміні вартості використання виробу на ΔC . Тоді показники економічності модернізованого виробу та економічності системи (D) можуть бути розраховані за формулами

$$\bar{D}_M = (C_B + \Delta C) \frac{\ln(1 - W_{N0})}{\ln[(1 - P_{yB} + \Delta P) W_{N0}]} \quad (5)$$

$$D = 1 - \frac{C_B + \Delta C}{C_B} \cdot \frac{\ln(1 - W_{N0})}{\ln[(1 - P_{yB} + \Delta P) W_{N0}]} \quad (6)$$

Показник D поєднує в собі інформацію про надійність, ефективність та економічність модернізованого виробу щодо базового. Використовуючи цей показник, можливо вирішити завдання обґрунтування вимог з надійності на основі порівняльного аналізу модернізованого та базового виробу. При $D > 0$, модернізований виріб буде економічніше в процесі експлуатації і

застосування у порівнянні з базовим. Отже, відносне покращення надійності має задовольняти умові

$$\Delta > \frac{1 - P_{yB}W_0}{P_{yB}W_0} [1 - (1 - P_{yB}W_0)^\delta] = \frac{\Delta P}{P_B}, \quad (7)$$

де $\delta = \frac{\Delta C}{C_B}$ – відносна собівартість.

Права частина співвідношення (7) визначає максимально допустиму величину відносного приросту показника Δ , при перевищенні якого виріб доцільно модернізувати. Співвідношення мінімально допустимого приросту надійності та відносною собівартістю δ при різних значеннях добутку $P_{yB}W_0$ наведено в таблиці 2.

Із виразу (7) і таблиці 2 випливає, що з підвищенням вартості модернізованого виробу мінімально допустимий рівень приросту надійності зростає та при $\delta \rightarrow \infty$ визначається співвідношенням

$$\Delta > \frac{1 - P_{yB}W_0}{P_{yB}W_0}.$$

Таблиця 2
Залежність відносної собівартості модернізації (δ) та приросту надійності (Δ)

$P_{yB}W_0$	δ			
	0,1	0,3	0,5	0,6
0,5	0,066	0,187	0,293	0,34
0,8	0,04	0,095	0,14	0,15
0,9	0,022	0,054	0,073	0,82
0,95	0,014	0,029	0,047	0,044
$P_{yB}W_0$	δ			
0,5	0,7	0,8	0,9	1
0,8	0,38	0,42	0,44	0,5
0,9	0,17	0,18	0,19	0,2
0,95	0,088	0,032	0,092	0,1
0,5	0,046	0,047	0,048	0,05

Джерело: розроблено авторами за даними [8, с. 35]

Для визначення необхідного рівня надійності, тобто знаходження мінімально допустимого рівня надійності, який має бути заданий при модернізації АКР, запишемо (7) у вигляді

$$P_H > \frac{1}{W_0} [1 - (1 - P_B W_0)^d], \quad (8)$$

де $d = \frac{(C_B + \Delta C)}{C_B}$; P_H – необхідний (заданий) рівень надійності виробу, що планується модернізувати.

Із зазначеного випливає, що проводити модернізацію виробу з необхідним (заданим) рівнем надійності (P_H) доцільно, якщо виконується нерівність (8). Її права частина задає мінімально

допустимий рівень надійності $P_{H \min}$, який має бути досягнутий при проведенні модернізації під час виконання ремонту.

Задачу визначення допустимого рівня надійності можна розглядати, як раціональний розподіл вимог між основними показниками надійності АКР: коефіцієнтом готовності в період бойового чергування $K_G(t_{BЧ})$, ймовірністю відмови під час підготовки до застосування за призначенням $P(\tau_{ПЗ})$ та ймовірністю відмови в процесі застосування $P(\tau_3)$. Якщо відмова на будь-якому етапі призводить до невиконання бойового завдання і при цьому вартість відмови на всіх етапах однакова, то визначення основних показників надійності можна виконувати за формулою

$$K_{Go}(t_{BЧ}) = P_o(\tau_{ПЗ}) = P_o(\tau_{ПР}) = \sqrt[3]{P_{yO}},$$

а вимоги до надійності системи задати у вигляді узагальненого показника

$$P_{yO} = K_{Go}(t_{BЧ}) P_o(\tau_{ПЗ}) P_o(\tau_{ПР})$$

Враховуючи, що вартість відмови АКР на всіх етапах різна, для рішення завдання пошуку оптимальних значень основних показників надійності будемо використовувати метод вагових коефіцієнтів [10, с. 220...222].

Припустимо, що відмова АКР, відбулася в період бойового чергування і призводить до втрат, які визначаються величиною C_G , відмова під час підготовки до застосування призводить до втрат $C_{ПЗ}$, а період застосування – до втрат C_3 . Необхідно розподілити вимоги до основних показників надійності таким чином, щоб сумарні втрати через можливі відмови виробу були мінімальними.

Очікувану величину втрат ($C_{оч}$) через появу відмов визначимо за правилами знаходження математичного очікування

$$C_{оч} \approx C_G [1 - K_G(t_{BЧ})] P(\tau_{ПЗ}) P(\tau_3) + C_{ПЗ} [1 - P(\tau_{ПЗ})] K_G(t_{BЧ}) P(\tau_3) + C_3 K_G(t_{BЧ}) P(\tau_{ПЗ}) [1 - P(\tau_3)]$$

Знаходження умовного мінімуму $C_{оч}$ може бути вирішене методом невизначених множників Лагранжа [11, с. 335]

$$\Phi \approx C_G [1 - K_G(t_{BЧ})] P(\tau_{ПЗ}) P(\tau_3) + C_{ПЗ} [1 - P(\tau_{ПЗ})] K_G(t_{BЧ}) P(\tau_3) + C_3 K_G(t_{BЧ}) P(\tau_{ПЗ}) [1 - P(\tau_3)] + \lambda K_G(t_{BЧ}) P(\tau_{ПЗ}) P(\tau_3).$$

Значення основних показників надійності, при яких величина втрат буде мінімальною, можна визначити розв'язавши систему рівнянь

$$\begin{cases} \frac{\partial \Phi}{\partial K_{\Gamma}(t_{БЧ})} = 0; \\ \frac{\partial \Phi}{\partial P(\tau_{ПЗ})} = 0; \\ \frac{\partial \Phi}{\partial P(\tau_3)} = 0; \\ P_{yo} = K_{\Gamma}(t_{БЧ})P_o(\tau_{ПЗ})P_o(\tau_3). \end{cases}$$

Використовуючи функції Лагранжа знаходимо

$$P_o(\tau_{ПЗ}) = \sqrt[3]{\frac{C_{ПЗ}^2}{C_3 C_{\Gamma}} P_{yo}}; \quad (9)$$

$$K_{\Gamma o}(t_{БЧ}) = \sqrt[3]{\frac{C_{\Gamma}^2}{C_3 C_{ПЗ}} P_{yo}}; \quad (10)$$

$$P_o(\tau_3) = \sqrt[3]{\frac{C_3^2}{C_{ПЗ} C_{\Gamma}} P_{yo}}. \quad (11)$$

Отримані співвідношення (9) ... (11) дозволяють знайти мінімум функції Лагранжа навіть у випадку, коли значення величин C_{Γ} , $C_{ПЗ}$ та C_3 невідомі, але може бути оцінене їх співвідношення. Позначимо

$$\frac{C_{\Gamma}}{C_{ПЗ}} = a_1; \quad \frac{C_{ПЗ}}{C_{ПР}} = a_2; \quad \frac{C_{ПР}}{C_{\Gamma}} = a_3.$$

Враховуючи, що $a_1 a_2 a_3 = 1$, співвідношення (9)...(11) можна записати у вигляді

$$P_o(\tau_{ПЗ}) = \sqrt[3]{\frac{a_2}{a_1}} P_{yo}; \quad (12)$$

$$K_{\Gamma o}(t_{БЧ}) = \sqrt[3]{\frac{a_1}{a_3}} P_{yo}; \quad (13)$$

$$P_o(\tau_{ПР}) = \sqrt[3]{\frac{a_3}{a_2}} P_{yo}. \quad (14)$$

Аналіз співвідношень (12)...(14) дозволяє зробити висновок, що зі зменшенням величини втрат через відмову АКР на певному етапі експлуатації, вимоги до показників надійності на цьому етапі можуть бути зменшені без загрози погіршення ефективності бойового застосування.

Висновки

Запропонований методичний підхід щодо обґрунтування допустимого рівня показників надійності АКР при організації та проведенні ремонту з модернізацією окремих СЧ, на відміну від існуючих, дозволяє визначати допустимий рівень показників надійності шляхом мінімізації очікуваної величини втрат через відмови на різних етапах експлуатації.

Для формування вимог до рівня надійності до рівня ефективності АКР було удосконалено показник економічності системи D , який поєднує в собі інформацію про надійність, ефективність та економічність модернізованого виробу відносно базового. Цей показник дозволяє вирішити завдання обґрунтування вимог з надійності на основі порівняльного аналізу модернізованого та базового виробу. Якщо $D > 0$, модернізований виріб буде економічніше в процесі експлуатації і застосування у порівнянні з базовим. При цьому, визначення допустимого рівня надійності розглядається як раціональний розподіл вимог між основними показниками надійності АКР: $K_{\Gamma o}(t_{БЧ})$, $P_o(\tau_{ПЗ})$ та $P_o(\tau_3)$, а отримані співвідношення (12) ... (14) мінімізують очікувану величину втрат через відмови виробу на різних етапах експлуатації.

Отже, в умовах обмежених можливостей щодо фінансування розвитку ОВТ пріоритетним може бути підхід, що базується на проведенні ремонту АКР з модернізацією тих СЧ, що мають найменшу надійність та найбільший вплив на ТТЕХ. Це дозволить не тільки відновити справність значної кількості виробів, а значною мірою компенсувати наслідки їх морального старіння, що дозволить отримати на озброєння Збройних Сил України значну кількість сучасних АКР.

На сьогодні ряд елементів запропонованого методичного підходу використовується при розробці шляхів і відпрацюванні технологій ремонту з модернізацією окремих СЧ АКР класу "повітря-повітря" та "повітря-РЛС" у Державному підприємстві "Державне Київське конструкторське бюро "Луч", при науково-технічному супроводженні Державного науково-дослідного інституту авіації.

Список літератури

1. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения (Монография) в 11 т. Т.11 Синтез системы поддержания исправности средств поражения / Б.П. Креденцер, Б.Н. Ланецкий, С.В. Лапицкий, А.А. Любарец, И.В. Одноралов, А.Н. Шатров, М.А. Шишанов / О.П. Коростелева. – К.: Видавничий дім Дмитра Бураго, 2019. – 332 с.
2. Коростельов О.П., Любарец А.А., Мамонтов В.К., Чорний Г.П. Технології продовження термінів служби керованих засобів ураження іноземної розробки та виробництва. Технологические системы. №4 (44), 2008. – С. 8-10.
3. Шатров А.М. Методичні основи визначення напрямків модернізації керованих авіаційних засобів ураження при проведенні робіт по відновленню їх справності // 36. наук. праць. – К.: ДНДІА, 2019. – Вип. 15 (22). – С. 122-127.
4. Примаков Е.М. Экономика производства, эксплуатации и ремонта вооружения и техники. – М: Военная академия бронетанковых войск, 1989. – 188 с.
5. Состояние и перспективы развития оружия класса "воздух – воздух" для самолетов 5-го поколения (Аналитический обзор зарубежных информационных источников) / Е.А.Федосова. – М.: ГосНИИ АС, 2004. – 92 с.

6. Любарець А.А., Павловський І.В., Шатров А.М., Шишанов М.О. Методологічні основи обґрунтування структури системи підтримання справності засобів ураження, за якими не здійснюється авторський нагляд. Озброєння та військова техніка, 2018. – №1(17). – С. 72-76.
7. Ковтуненко А.П., Зубарев В.В., Шишанов М.А. Основы теории восстановления эксплуатационных свойств технических систем (Монографія). – К.: НАУ, 2007. – 294 с.
8. Червоный А.А., Лукьященко В.И., Котин Л.В. Надежность сложных систем. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
9. Мильграм Ю.Г., Попов И.С. Боевая эффективность авиационной техники и исследование операций. – М.: ВВИА, 1970. – 499с.
10. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
11. Корн Т., Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1968. – 832 с.

Надійшла до редколегії 29.10.2021

Схвалена до друку 29.11.2021

Відомості про авторів

Шатров Андрій Миколайович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3070-7483>

Крижанівський Євген Сергійович

Начальник сектору
Державного Київського конструкторського бюро “ЛУЧ”,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5868-3471>

Ільїна Олена Вікторівна

науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1172-0057>

Information about the authors

Andrii Shatrov

Candidate of Technical Science
Senior Researcher
Leading Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3070-7483>

Yevhen Kryzhanivskiy

Head of the Sector
of State Kyiv Design Bureau “LUCH”,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5868-3471>

Olena Ilina

Researcher Associate
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1172-0057>

JUSTIFICATION OF THE REQUIREMENTS FOR THE RELIABILITY OF AIRCRAFT GUIDED MISSILES REPAIRED WITH THE MODERNIZATION OF INDIVIDUAL COMPONENTS

A. Shatrov, Y. Kryzhanivskiy, O. Ilina

In article the methodical approach of justification of acceptable level of indicators of reliability of aviation guided missiles (AGM) at the organization and carrying out repair with modernization of some systems, blocks, units (components) is offered. Most malfunctions of aircraft guided missiles due to physical aging can be eliminated during repair, but the level of moral aging will not change. In this regard, in order to extend the operation of AGM with long service lines, it is proposed to repair and modernize those components on which the lag in tactical and technical characteristics from the best world analogues depends most. This approach will eliminate the effects of physical and partially compensate for the effects of moral ageing. At the same time, general reliability requirements are determined on the basis of performance indicators.

General requirements to AGM reliability level are determined on the basis of indicators characterizing operation efficiency and application by purpose. For their formation, the system economy indicator was used, combining information on the reliability, efficiency and cost effectiveness of the modernized product relative to the basic one. The main indicator of the effectiveness of AGM application is the probability of hitting the target, depending on many factors, both external, due to operating conditions, and internal, depending on the architecture, composition of the object and its production technology. Therefore, during the upgrade, the reliability level is set so that the efficiency remains at the level necessary for the successful completion of the task. At the same time, the determination of the permissible level of reliability is considered as a rational distribution of requirements between the main reliability indicators of the AGM while minimizing the expected losses due to failures at different stages of operation.

If one of the reliability characteristics cannot be improved, the overall reliability and efficiency can be improved by solving the problems of substantiating binary groups of complementary reliability characteristics. This approach will reduce the requirements for individual components without threatening to worsen the effectiveness of combat use.

Keywords: aircraft guided missiles, complex indicator of system efficiency, modernization, reliability, component, generalized indicator of reliability.