

Д.С. Печура, А.М. Шатров, О.В. Ільїна

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО ФОРМУВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КЕРОВАНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

У статті запропоновано методичний підхід щодо зниження розмірності початкових даних результатів контролю керованих засобів ураження, які будуть використані для оцінки і прогнозування їх технічного стану. Поставлену задачу пропонується вирішувати шляхом послідовного проведення схематичного аналізу об'єкту та статистичного аналізу параметрів його контролю. Враховуючи, що статистичні методи досліджень найбільш повно розроблено для процесів з нормальним розподілом параметрів, пропонується відповідна перевірка результатів контролю.

Ключові слова: керовані засоби ураження, параметр, складова частина, статистичний аналіз, статистичні характеристики, схематичний аналіз, технічний стан.

Вступ

В умовах рішучої відсічі збройної агресії російської федерації одним із актуальних питань підтримання боєздатності авіації сил безпеки і оборони є їх забезпечення керованими засобами ураження (КЗУ) різноманітного призначення, які значною мірою визначають бойовий потенціал та спроможність виконувати завдання за призначенням.

Сучасні КЗУ конструктивно складаються із значної кількості елементів, агрегатів, блоків (складових частин), кожен з яких має свої функції, побудований на використанні певних фізичних принципів та має зв'язки з іншими елементами, а структура визначається бойовим призначенням. Їх основними особливостями є відносна самостійність (зв'язок з стартовою платформою втрачається після старту) та можливість лише одноразового використання за призначенням. Разом з цим, усі вони мають спільні риси по організації побудови та складу обладнання, тобто є типовими представниками складних систем та можуть бути розглянуті з позицій теорії складних систем в організаційному і функціональному аспектах [1, с. 11]. При цьому, чим складніше система, тим більше в ній складових частин (СЧ), чим складніше зв'язки, тим більш складним є процес аналізу і прогнозування її технічного стану.

Під технічним станом КЗУ будемо розуміти сукупність їх властивостей, які зазнають змін у процесі експлуатації, характеризуються певними параметрами, що визначені технічною документацією та забезпечують його об'єктивну оцінку.

В процесі експлуатації КЗУ не всі параметри, що характеризують їх технічний стан, підлягають періодичному контролю. Розробником виділено групу параметрів, відповідність яких встановленим нормам перевіряється спеціально спроектованими автоматизованими системами контролю (АСК). Як правило, контролю підлягають параметри, що характеризують працездатність систем наведення, дистанційного підриву та частково живлення, силової установки тощо. При цьому здійснюється як їх кількісна, так і якісна оцінка. Збір, аналіз та узагальнення даних таких перевірок дозволяють створити базу даних, особливостями якої є:

наявність великої кількості проконтрольованих параметрів (порядку 200 у залежності від типу), значення яких надаються не у фізичних величинах, а у градаціях полів допусків;

наявність вірогідної інформації про результати не більш, як 5...10 перевірок, що проведені з інтервалом 0,5...4 років;

випадковий характер вектора параметрів технічного стану КЗУ, обумовлений як недосконалістю технологій виробництва, так й впливом експлуатаційних факторів – коливань вологості, температури, тиску, рівня вібрації, перевантажень тощо.

Результати контролю параметрів КЗУ та оцінювання їх надійності можуть бути представлені у вигляді дискретної послідовності, що містить n чисел

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{t-1}, x_t, x_{t+1}, \dots, x_n.$$

Таким чином, в процесі експлуатації і проведення робіт з підтримання справності КЗУ, по кожному типу поступово та послідовно

накопичуються масиви даних, які у подальшому використовуються для оцінювання і прогнозування їх надійності та технічного стану.

Аналіз попередніх досліджень. Для оцінювання, прогнозування надійності та технічного стану КЗУ зазвичай застосовуються статистичні методи, що придатні для роботи з короткими часовими рядами, містять пропущені значення та не вимагають переведення градацій у фізичні величини. На теперішній час розроблена велика кількість різноманітних методів аналізу таких рядів [2, с. 10; 3, с. 128...146; 4, с. 162...180; 5, с. 3...10; 6, с. 22...29], які дозволяють виділити у них закономірні складові, досліджувати випадкові складові, підібрати математичні моделі для опису цих складових та на основі обраної моделі застосувати схемотехнічні та статистичні методи вибору параметрів.

Вибір параметрів прогнозування доцільно розглядати у загальному комплексі задач вибору контрольованих параметрів КЗУ. При цьому, для прогнозування, необхідно обирати параметри таким чином, щоб вони забезпечували необхідну точність та адекватність інформації щодо їх фактичного стану. Природно, що вибір сукупностей параметрів для визначення технічного стану (надійності) має свою специфіку для кожного типу КЗУ. У загальному випадку при виборі прогнозованих параметрів доцільно керуватися загальними критеріями, які враховують [3, с. 5...16; 7 с. 198...203]:

відповідність конструктивного виконання зразка КЗУ (виробу) принципу “безпечного руйнування”, який допускає накопичення деякої кількості порушень, що не впливають на його основні зовнішні характеристики, та передбачає технічну можливість визначення початку руйнування виробу до його відмови;

середній інтервал часу від моменту виявлення передвідмовного стану до моменту виникнення відмови;

динаміку розвитку передвідмовного стану;

наслідки (вплив) відмови СЧ на інші СЧ та на виріб у цілому (вплив на безпеку та ефективність застосування);

середній час напрацювання на дану відмову;

середній час між регулюваннями на виробі.

Отже, розробка методичного підходу щодо зниження розмірності початкових даних результатів контролю КЗУ є **актуальним науково-технічним завданням**.

Метою статті є розробка методичного підходу щодо зниження розмірності початкових даних результатів контролю, які будуть використані для формування, оцінювання і прогнозування визначальних параметрів технічного стану КЗУ.

Виклад основного матеріалу

Вірогідність достовірної оцінки та прогнозування технічного стану (надійності) КЗУ суттєво залежать від правильності вибору відповідних визначальних параметрів серед всієї множини отриманих даних. У зв'язку з тим, що на теперішній час не існує математично суворого загального методу вибору цих параметрів, пропонується вирішувати поставлене завдання в два етапи.

На першому етапі здійснюється схемотехнічний аналіз визначеного типу КЗУ (виробу), в результаті якого “відсіваються” параметри, які практично не впливають на безпеку експлуатації та ефективність бойового застосування, а їх відхилення від номінального значення є незначним протягом всього терміну експлуатації.

Параметри оцінювання технічного стану і прогнозування повинні максимально повно вибиратися насамперед для тих СЧ, які мають високу значимість у функціонуванні КЗУ у цілому та тяжкі наслідки відмов. З цієї метою, для кожного типу КЗУ необхідно скласти перелік виконуваних функцій, варіантів відмов його СЧ та можливих наслідків, а потім провести схемотехнічний (структурний) аналіз. В результаті отримаємо критичні СЧ, відмова яких впливає на безпеку та ефективність застосування. Далі складається мінімально можливий перелік параметрів, що визначають їх працездатність, а прогнозування технічного стану може бути апіорі ефективним.

В результаті такої процедури отримаємо таблицю з двома входами розмірністю $n' m$, де n – число перевірених виробів, які утворюють репрезентативну вибірку, а m – число найбільш інформативних параметрів. Така таблиця формується за результатами контролю однотипних КЗУ на штатних АСК.

При проведенні схемотехнічного аналізу також необхідно враховувати, що втрата працездатності може бути обумовлена як відмовою однієї або декількох СЧ, так і порушенням зв'язків між ними. У зв'язку з цим пропонується проводити схемотехнічний аналіз КЗУ з використанням логіко-ймовірнісних методів, який полягає в тому, що структура виробу описується функцією алгебри логіки, а кількісна оцінка працездатного стану – за допомогою теорії ймовірностей [7, с. 198...203].

У зв'язку з тим, що процес схемотехнічного аналізу параметрів виробів є індивідуальним для кожного конкретного типу виробів, зупинимося на загальному математичному формулюванні цієї задачі.

Через наявність випадкової та систематичної похибки виміру i -го параметра, результат контролю виробу може бути представлений як:

$$Y_i(t_j) = X_i(t_j) + DX_i(t_j) + C_i(t_j),$$

де $Y_i(t_j)$ – значення i -го параметра в момент часу t_j ; $X_i(t_j)$ – дійсне значення параметра; $DX_i(t_j)$ і $C_i(t_j)$ – випадкова і систематична похибки у момент часу t_j .

Збільшення будь-якої складової похибки в системі “АСК - контрольований КЗУ” призводить до зростання частки забракованих виробів q . При стабільних параметрах системи ця частка по кожному з параметрів визначається як [4, с.162...180]:

$$q_i = \frac{1}{\sigma} \int_0^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt,$$

де $F_0 \frac{\sigma}{\sigma_i} \frac{\sigma}{\sigma_i}$ – таблична функція нормального розподілу [8, с. 561...564]; T_i – відхилення параметра i від номінального значення.

Величина S_i визначається за результатами перевірки великого числа однотипних КЗУ на одному або декількох АСК.

Якщо при черговій перевірці величина q значно відрізняється від розрахованої, то необхідно з'ясувати причину. Надійність виробів, як правило, вище надійності комплексів контролю, тому масове відхилення їх параметрів від номінального значення менш ймовірно, чим відмова або порушення регулювання вимірювального тракту АСК. Це обумовлює необхідність самоконтролю АСК перед початком робіт.

На другому етапі зниження розмірності початкових даних результатів контролю здійснюється статистичний аналіз параметрів, головною метою якого є відбір найбільш інформативних із них. При цьому, враховуючи, що більшість статистичних процедур відпрацьовано для нормального закону розподілу, обов'язково проводимо перевірку відібраних параметрів на “нормальність”.

У якості прикладу припустимо, що після проведення схематичного аналізу і перевірки 18 виробів (В1, В2, ..., В18), було отримано значення їх 16 параметрів (П1, П2, ..., П16) та визначено відповідні статистичні характеристики [6, с. 22...29; 9, с. 98...132]: $\bar{X}$ – середнє значення параметра; Me – медіана; M – мода; s і s^2 – стандартне відхилення і дисперсія; K_A – коефіцієнт асиметрії;

K_E – коефіцієнт ексцесу; $K_V = \frac{s}{X} \cdot 100\%$ – коефіцієнт варіації (табл. 1 та табл. 2 відповідно).

За величинами середнього значення $\bar{X}$, стандартного відхилення або дисперсії s або s^2 та коефіцієнту варіації K_V можна судити про відхилення контрольованого параметра від номінального значення та його коливанням у вибірці, що досліджується. Так, середнє значення параметрів Me П1, П5, П9 і П10 відхиляються від номіналу на 2 ... 4 градації, а малі значення їх дисперсій s^2 та коефіцієнтів варіацій K_V свідчать про стійку тенденцію цього відхилення. Якщо за даними попередніх перевірок цих виробів такого не спостерігалось, то можна зробити припущення про погіршення їх технічного стану.

Таблиця 1

Результати перевірки 18 однотипних виробів

	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8
В1	-4	1	0	0	2	-2	-1	0
В2	-4	-1	0	0	2	-2	0	0
В3	-4	-1	0	0	1	2	0	2
В4	-4	-7	0	0	3	1	0	1
В5	-4	0	4	0	1	0	0	0
В6	-4	-2	0	0	1	-2	0	0
В7	-4	2	0	0	0	-2	0	0
В8	-4	0	0	1	2	-3	0	0
В9	-4	6	0	0	2	-2	0	0
В10	0	0	0	0	2	-2	0	0
В11	-4	0	1	0	2	-1	0	0
В12	-4	0	0	1	2	-3	-1	0
В13	-4	0	0	0	1	-3	0	0
В14	-4	-1	0	0	2	-1	0	0
В15	-4	-1	0	0	3	3	0	0
В16	-4	1	0	1	2	2	0	0
	П9	П10	П11	П12	П13	П14	П15	П16
В1	-3	-1	0	0	0	0	0	0
В2	0	-1	0	0	0	-1	-1	-1
В3	-2	-2	-1	0	0	0	0	0
В4	-2	-2	-1	0	0	0	0	0
В5	-3	-1	-1	0	0	0	0	0
В6	-3	0	0	-3	-1	0	0	-1
В7	-4	-2	0	0	0	0	0	0
В8	0	-2	0	0	0	0	0	0
В9	-1	-3	-1	-1	0	-2	0	-1
В10	-3	-2	-1	0	0	0	0	0
В11	-3	-2	-1	0	0	0	0	0
В12	-3	0	-1	0	0	0	0	0
В13	1	-4	0	0	0	0	0	0
В14	-2	-2	0	0	-1	-1	0	0
В15	-2	-1	0	0	0	0	0	0
В16	-4	-3	0	0	0	0	0	0

Джерело: [6, с. 22...29; 9, с. 98...132].

Другу групу параметрів, що мають інтерес для подальших досліджень, є параметри П2, П3, П13 та П15, що характеризуються невеликим відхиленням середніх значень від номіналу та дуже великими значеннями коефіцієнта варіації. Інтуїтивно можна

припустити, що у даному випадку більш ймовірно значне відхилення цих параметрів від номіналу у деяких виробках. У даному випадку найбільш інформативними будуть лише параметри з найбільшими коефіцієнтами варіації (П12, П13).

Таблиця 2
Статистичні характеристики параметрів

Параметр	$\bar{X}$	Me	M	S^2
B1	-3.55556	-4.0	-4.0	1.6732
B2	-0.388889	0.0	0.0	6.60458
B3	0.277778	0.0	0.0	0.918301
B4	0.222322	0.0	0.0	0.183007
B5	1.77778	2.0	2.0	0.653595
B6	-0.777778	-2.0	-2.0	4.30065
B7	-0.111111	0.0	0.0	0.104575
B8	0.333333	0.0	0.0	0.705882
B9	-2.27778	-2.5	-2.5	2.33007
B10	-1.83333	-2.0	-2.0	1.08824
B11	-0.388889	0.0	0.0	0.251634
B12	-0.222222	0.0	0.0	0.535948
B13	-0.111111	0.0	0.0	0.104575
B14	-0.222222	0.0	0.0	0.300654
B15	0.055556	0.0	0.0	0.055556
B16	-0.166667	0.0	0.0	0.147059
Параметр	K_A	K_E	K_V	
B1	2.70579	5.97656	-36.38038	
B2	-0.237637	3.67807	-660.8418	
B3	3.88077	15.5052	344.9818	
B4	1.46099	0.136607	193.5078	
B5	-0.299956	0.02448	45.47548	
B6	0.824074	-0.777361	-266.6328	
B7	-2.70579	5.97656	-291.0438	
B8	2.60365	6.25694	252.058	
B9	0.528317	0.187199	-67.01518	
B10	-0.0194311	0.0769905	-56.9018	
B11	-0.498374	-1.98701	-128.9918	
B12	-3.66478	13.8801	-329.4388	
B13	-2.70579	5.97656	-291.0438	
B14	-2.96714	6.36295	-246.7438	
B15	-4.24264	18.0	-424.2648	
B16	-1.95576	2.04	-230.0898	

Джерело: [6, с. 22...29; 9, с. 98...132].

У зв'язку з тим, що статистичні методи досліджень найбільш повно розроблені для процесів з нормальним розподілом, необхідно перевірити отримані результати контролю на відповідність цьому розподілу. Попереднє оцінювання може бути здійснено за величинами середнього значення параметру $\bar{X}$, медіани Me , моди M , коефіцієнтів асиметрії K_A та ексцесу K_E . При нормальному розподілі перші три величини рівні між собою, а коефіцієнти асиметрії та ексцесу дорівнюють нулю [6, с. 22...29; 9, с. 98...132]. Якщо параметри не відповідають цим вимогам, то досліджувати їх необхідно більш складними методами. З табл. 2 видно, що більшість параметрів цим вимогам не відповідає, що вимагає застосування складних методів.

Знизити розмірність вихідних даних можна також за результатами їх кореляційного аналізу, що дозволяє оцінити залежність між контрольованими параметрами, яка може бути лінійною або нелінійною. Ступінь лінійної залежності випадкових величин x і y характеризує коефіцієнт кореляції Пірсона [9, с. 98...132]

$$r_{xy} = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n S_x S_y},$$

де x , y – поточні значення випадкових величин; $\bar{x}$, $\bar{y}$ – середні значення випадкових величин; n – число спостережень (обсяг вибірки); S_x , S_y – стандартні відхилення величин x , y .

Більш точно ступінь кореляції можна визначити на підставі аналізу тих параметрів, для яких цей коефіцієнт перевищує 0,5 (табл. 3). Для кожної пари параметрів наведено два числа: верхнє r_{xy} та нижнє – рівень довіри до обчисленого значення коефіцієнта кореляції Пірсона. Результат вважається статистично значимим, якщо рівень довіри $p \leq 0,05$, що відповідає 95 % довірчої ймовірності.

Таблиця 3
Значення коефіцієнта кореляції Пірсона

Параметр	П1	П6	П8
П1	-	0.2242 0.3712	0.5052 0.0325
П6	0.2242 0.3712	-	0.6302 0.0051
П8	0.5052 0.0325	0.6302 0.0051	-

Джерело: [9, с. 98...132].

Якщо такі зв'язки не обумовлені конструкцією виробів, то необхідно знайти причини їх появи. У протилежному випадку розмірність вихідних даних можна скоротити шляхом включення у список найбільш інформативних параметрів, лише одного з кожної залежної пари.

Поставлену задачу можна також розв'язати методами кластерного аналізу, що базується на поняттях подібності об'єктів або подібності ознак (якщо в однорідні групи поєднуються ознаки). Найбільш схожі елементи розподіляються на кластери. Критерію якості притаманні наступні неформальні вимоги [10, с.96...98]:

всередині груп об'єкти повинні бути тісно пов'язані між собою;

об'єкти різних груп повинні бути далекі один від одного;

розподіл об'єктів за групами має бути по можливості рівномірним.

Оскільки у нашому випадку кожний із n об'єктів сукупності характеризується набором із m ознак (стосовно до табл. 1, $n=18$, $m=16$), то визначення однорідних груп може проводитися як за об'єктами, так і за ознаками.

Отже, ймовірність достовірної оцінки і прогнозування технічного стану керованих боеприпасів суттєво залежить від правильності вибору параметрів, що контролюються. Вони повинні визначати стан насамперед тих систем, агрегатів та вузлів, що мають високу значимість у функціонуванні та тяжкі наслідки відмов.

Висока достовірність оцінювання і прогнозування технічного стану КЗУ досягається за умови наявності репрезентативної (представницької) вибірки, за якою можна судити про властивості генеральної сукупності досліджуваних об'єктів. При цьому повинні виконуватися такі умови [11, с. 133...137]:

відбір окремих об'єктів з генеральної сукупності здійснюється випадковим чином;

обсяг вибірки n відповідає співвідношенню

$$n > \frac{k^2 s^2}{D_i^2},$$

де k – коефіцієнт довіри; s^2 – дисперсія генеральної сукупності; D_i – гранична помилка вибірки за i -м параметром виробів одного типу.

Коефіцієнт довіри k залежить від довірчої ймовірності, з якою треба гарантувати результати вибіркового контролю та обсягу N генеральної сукупності. Він може бути визначений, наприклад, за допомогою розподілу Стюдента [4, с. 38] тощо.

Дисперсія s^2 генеральної сукупності оцінюється за статистичними даним попередніх перевірок КЗУ або знаходиться з виробничо-технічних нормативів.

Розрахунки показують, що з рівнем довіри 95 % при $N = 20...200$, величина $t \approx 2$ та s , яка дорівнює 3 градації поля допуску, обсяг вибірки у 20...40 виробів достатній для того, щоб помилка D_i не перевищувала 1...2 градації i -го параметра.

Висновки

Запропонований підхід щодо зниження розмірності початкових даних результатів контролю

КЗУ, дозволяє знизити масиви інформації, що обробляється, із збереженням високої достовірності результатів оцінювання і прогнозування їх технічного стану. При цьому, параметри для прогнозування, обираються таким чином, що б вони забезпечували необхідну точність та адекватність інформації щодо фактичного стану КЗУ.

Поставлену задачу пропонується вирішувати в два етапи. На першому етапі здійснюється схемотехнічний аналіз визначеного типу КЗУ (виробу), в результаті якого “відсіваються” параметри, які практично не впливають на безпеку експлуатації та ефективність. На другому – здійснюється статистичний аналіз параметрів, головною метою якого є відбір найбільш інформативних із них, для чого визначаються та аналізуються відповідні статистичні характеристики, а саме: середнє значення параметра $\bar{X}$; медіана Me ; мода M ; стандартне відхилення S ; коефіцієнти асиметрії, ексцесу, коефіцієнт варіації K_A , K_E , K_V . Враховуючи, що статистичні методи досліджень найбільш повно розроблені для процесів з нормальним розподілом, запропоновано порядок перевірки отриманих результати контролю на відповідність цьому розподілу.

Ступінь лінійної залежності між контрольованими параметрами визначається через коефіцієнт кореляції Пірсона r_{xy} . Достовірність оцінювання і прогнозування технічного стану КЗУ досягається за умови наявності репрезентативної вибірки.

Напрями подальших досліджень. Практична реалізація положень запропонованого підходу передбачає, по мірі накопичення статистичного матеріалу щодо контрольованих та неконтрольованих параметрів технічного стану складових частин керованих засобів ураження за типами, проведення досліджень з визначення можливості збільшення їх строків експлуатації.

Список літератури

1. Любарець А. А., Шатров А. М., Шишанов М. О., Павловський І. В. 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.
2. 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 / под ред. О.П. Коростелева. – К.: Видавничий дім Дмитра Бураго, 2019. –332 с.
3. ДСТУ 2862-94. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. –К.: Держстандарт України, 1994.
4. В.В.Зубарев, А.П.Ковтуненко, Л.Г.Раскин. Математические методы оценки и прогнозирования технических показателей эксплуатационных свойств систем (Монография) – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2005. –183с.
5. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К. Математические методы в теории надежности. –М.: Наука, 1965. –524с.
6. Абрамов О.В., Основные особенности метода гарантированного прогноза состояния технических систем. Надежность и качество сложных систем. № 1 (17), 2017. – С. 3–10. <http://doi.org/10.21685/2307-4205-2017-1-1>.
7. Скрипник В.М., Явид Ю.Д., Назин А.Е. Оценка показателей надежности сложных систем по многократно цензурированным выборкам. Надежность и контроль качества. 1978, № 9, – С. 22–29.
8. Шатров А.М., Гурба О.В. Крижанівський Є.С. Ільїна О.В. Методичний підхід щодо оцінки працездатності керованих авіаційних засобів ураження // Зб. наук. праць ДНДІА. Випуск 16(23). – К.: ДНДІА, -2020. – С. 198–203.

9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Советское радио, 1964. – 576 с.
10. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – М.:Физматлит. - 2006. - 816 с.
11. Мандель И. Д. Кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1988. - 176 с.
12. Шатров А.М., Печура Д.С., Березанський В.Г., Хижняк А.С. Методичний підхід до прогнозування строків служби керованим засобом ураження із заданою достовірністю // *Системи озброєння і військова техніка*. 2020. - № 4(64). – С. 133-137. <https://doi.org/10.30748/soivt.2020.64.17>.

Надійшла до редколегії 07.11.2022

Схвалена до друку 17.12.2022

Відомості про авторів:

Печура Дмитро Сергійович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
начальник науково-організаційного відділу
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5703-4039>

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>

Ільїна Олена Вікторівна

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

Information about the authors:

Dmytro Pechura

Candidate of Technical Science
Senior Researcher
Head of the Scientific and Organizational Department
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5703-4039>

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>

Olena Ilina

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

**A METHODOLOGICAL APPROACH TO THE FORMATION AND FORECASTING OF THE
DETERMINING PARAMETERS OF THE TECHNICAL CONDITION OF
CONTROLLED DESTRUCTION WEAPONS**

D. Pechura, A. Shatrov, O. Ilina

The proposed approach to reducing the dimensionality of the initial data of the results of the control of controllable destruction weapons (CDW) allows to reduce the arrays of processed information, while maintaining the high reliability of the results of assessment and forecasting of their technical condition. At the same time, the parameters for forecasting are chosen in such a way that they would ensure the necessary accuracy and adequacy of information regarding the actual state of the CDW.

Statistical methods suitable for working with short time series, containing missing values and not requiring the translation of gradations into physical quantities are usually used to assess, predict the reliability and technical condition of the controlled CDW. It is advisable to consider the choice of forecasting parameters in the general set of problems of choosing the controlled parameters of the CDW. At the same time, for forecasting, it is necessary to choose the parameters in such a way that they would ensure the necessary accuracy and adequacy of information regarding their actual state.

The task is proposed to be solved in two stages. At the first stage, a schematic analysis of a certain type of CDW is carried out, as a result of which parameters that practically do not affect operational safety and efficiency are "screened out". On the second, a statistical analysis of the parameters is carried out, the main purpose of which is to select the most informative of them, for which the corresponding statistical characteristics are determined and analyzed, namely: the average value of the parameters $\bar{X}$; median Me ; mode M ; standard deviation S ; coefficients of asymmetry, kurtosis and variation K_A , K_E , K_V . Given that statistical research methods are most fully developed for processes with a normal distribution, a procedure for checking the obtained control results for compliance with this distribution is proposed. The degree of linear dependence between the controlled parameters is determined through the Pearson correlation coefficient r_{xy} . The reliability of the assessment and forecasting of the technical condition of the CMD is achieved if there is a representative sample. To date, parts of the provisions of the proposed approach have been tested during research to determine the possibility of increasing the service life of some types of CMD.

Keywords: controlled means of destruction, parameter, constituent part, statistical analysis, statistical characteristics, schematic analysis, technical condition.