

*Голуб В.М., Бурсала О.Л., Чуприна В.М. Державний науково-дослідний інститут
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТРЕНДУ ЗМІН ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ НА ПРИКЛАДІ ВЕРТОЛЬОТІВ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ

Розглянуто послідовність оцінювання за новою методикою досягнутого рівня експлуатаційної надійності та безпеки польотів під час військової експлуатації вертольотів. Розроблено методологічний підхід до математичної обробки статистичної інформації за період 2016-2019 років щодо несправностей. Наведені дослідження щодо зміни рівня експлуатаційної надійності та безпеки польотів вертольотів. Визначено алгоритм розрахунку тренду зміни “параметра потоку відмов”, показника рівня аварійності, на основі яких визначені прогностичні значення “верхньої контрольної межі надійності” та індикативні порогові показники безпеки польотів для окремих типів вертольотів.

***Ключові слова:** цільові рівні надійності, безпека польоту, рівень аварійності, несправність, авіаційна техніка, параметр потоку відмов, тимчасова верхня контрольна межа надійності.*

Вступ. Надійність авіаційної техніки (АТ) – це властивість виконувати свої функції, зберігаючи протягом певного часу значення встановлених льотно-технічних і експлуатаційних показників в межах, які відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, ремонту, зберігання та транспортування.

Відомо [1, 2], що надійність – це комплексна властивість, яка характеризується різними експлуатаційними показниками в залежності від призначення, часу та умов експлуатації АТ, одним із яких є безвідмовність.

На практиці дуже важливо, щоб АТ не тільки працювала безвідмовно протягом певного часу і в певних умовах експлуатації, але й в цілому зберігала б здатність виконувати задані функції протягом визначеного проміжку часу, незважаючи на наявність відмов і перерв у його роботі, пов’язаних, в основному, з їх усуненням і проведенням технічного обслуговування.

Підвищення експлуатаційної надійності (ЕкН) та безпеки польотів (БзП) - важлива задача забезпечення потрібного рівня бойової готовності АТ.

Основним носієм інформації про несправності АТ, що поступає до Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки (ДНДІ ВС ОВТ) з авіаційних частин, згідно методичних рекомендацій [3], є картки обліку несправностей (КОН), які складаються щомісяця, та донесення, які відображають експлуатаційні дані окремих типів повітряних суден (ПС) за кожне півріччя.

Ця інформація узагальнюється та обробляється за розробленою методикою [4, 5], а результати оцінювання показників надійності окремих типів ПС та їх функціональних систем за поточний рік видаються у вигляді щорічних інформаційних випусків [6, 7].

Необхідно відмітити, що достовірна статистична обробка емпіричних даних є актуальним завданням не тільки в моніторингу процесу експлуатації ПС Збройних Сил України, але й при визначенні тенденцій та напрямків модернізації озброєння та військової техніки (ОВТ), їх технічного обслуговування та ремонту.

Питання забезпечення високого рівня ЕкН та БзП потребують постійного моніторингу, бажано в автоматизованому режимі.

Аналіз проблеми і постановка задачі дослідження. Історично сформувався підхід до оцінки досягнутого рівня забезпечення ЕкН та БзП ПС, який побудований на аналізі достатньої маси даних статистики експлуатації ПС минулих періодів.

Відомо [8, 9], що результати щорічних спостережень за показниками надійності приймають випадкові значення, які знаходяться в межах певного довірчого інтервалу.

Випадковість є характерною особливістю показників надійності АТ, при цьому єдиного показника, який був би прийнятним для усіх випадків спостереження, не існує.

Дуже важливо мати чітке уявлення про основні показники, які характеризують надійність АТ. Слід також враховувати відповідні кількісні показники, які отримують за допомогою методів теорії ймовірностей і математичної статистики, що призначені для вивчення випадкових величин і подій.

При експлуатаційних спостереженнях, як правило, не планують їх обсяг, а обробляють конкретні спостережувані статистичні дані за конкретний період експлуатації про відмови та пошкодження, які призводять до несправності. За результатами отриманих даних встановлюються точкові, граничні оцінки показників надійності, що відповідають спостережуваній довірчій ймовірності при заданій відносній помилці. Обов'язковою умовою досягнення високої надійності АТ в експлуатації є забезпечення систематичного обміну інформацією (результати реєстрації та збору даних про несправності) для обробки, аналізу та оцінки поточного стану надійності виробів АТ.

Така системна робота сприяє досягненню ефективної працездатності ПС, його авіаційних двигунів, систем та обладнання, забезпеченню їх безвідмовної (надійної) роботи в польоті і на землі.

Підтримання достатнього рівня безвідмовності в значній мірі залежить від доцільності призначення та проведення обов'язкових профілактичних робіт на АТ та інтервалів між видами технічного обслуговування ПС.

Крім того, необхідно враховувати особливості того, що ПС входять до групи об'єктів, працездатний стан яких постійно оновлюється. Процес експлуатації таких об'єктів можна представити як послідовність інтервалів працездатності, які перериваються інтервалами простою. Отже несправності, що виникають при експлуатації ПС за своїми наслідками та впливом на стан ПС є нерівнозначними. Ці показники можуть бути використані при реалізації алгоритмів контролю виходу їх поточних значень за попередньо встановлені контрольні межі.

Отже задача розробки методів, які дозволяли би визначати тренд змін показників надійності ПС за використанням експлуатаційних даних минулих періодів та встановлювати конкретні контрольні межі для цих показників, є достатньо актуальною.

Метою статті є визначення показників ЕкН та БзП за статистичними даними про несправності за період 2016-2019 років, що виникають в процесі експлуатації ПС, визначення тренду їх змін та встановлення контрольних меж для цих показників.

Виклад основного матеріалу. Експлуатаційна надійність і безпека польотів є найважливішими експлуатаційно-технічними характеристиками ПС, які схильні до впливу безлічі факторів, як нестійких, так і випадкових за своїм характером, що знаходяться, як правило, у тісних взаємозв'язках один з одним. Кількісне оцінювання їх рівня традиційно виконується за загальноприйнятими стандартизованими показниками (статистичними і ймовірнісними), при цьому використовуються здебільшого відомі фахівцям методи:

- розрахункові – при апріорному оцінюванні по фактору “повітряне судно” на етапі розробки і сертифікації типу ПС;

- статистичні – при апостеріорному оцінюванні та прогнозуванні за результатами випробувань і експлуатації;

- експертні – при апріорному оцінюванні та прогнозуванні за висновком фахівців.

На практиці оцінки показників надійності, отримані спочатку розрахунковими методами, уточнюються по мірі накопичення інформації про результати випробувань і експлуатації. До кінця експлуатації конкретного типу ПС оцінки показників наближаються до своїх істинних значень.

Для вироблення конкретних заходів забезпечення достатнього рівня ЕкН та БзП ПС важливо при визначенні середніх значень їх показників, які відображаються у підсумкових таблицях, мати достовірну оцінку поля розсіювання цих показників (дисперсії).

Згідно методики [5] для оцінки надійності вертольота та його систем статистичні дані щодо несправностей групуються за системами відповідного виду спеціальності АТ: “вертоліт і двигун”, “авіаційне озброєння”, “авіаційне обладнання”, “радіоелектронне обладнання”. Проводиться розрахунок по кожній спеціальності граничних точкових показників:

- наліт на відмову та пошкодження, що виявлені в польоті та на землі T_c , який характеризує рівень ЕкН конкретного типу ПС;

- наліт на відмову, що виявлена в польоті T_n , яка характеризує рівень БЗП конкретного типу ПС.

Дослідження тренду змін точкових граничних значень показників ЕкН та БЗП дають можливість виявити слабкі місця у різних типів ПС, їх найменш надійні системи за спеціальностями та ранжувати їх за показниками надійності [9].

Технічними та організаційними засобами можна намагатися забезпечити більш високий рівень цих показників, проте повністю, стовідсотково зробити ПС безпечним є нереальним завданням, оскільки існує так званий “бар’єр надійності”, який визначає неможливість реалізації різкого підвищення рівня надійності існуючих складних технічних систем. Проте цілком реально визначати тренд змін рівня надійності ПС, використовуючи значення річних поточних показників надійності за попередні терміни експлуатації (не менше трьох років) для обґрунтування необхідного комплексу організаційних і технічних профілактичних заходів.

Отже, одним із перспективних напрямків дослідження, на наш погляд, є визначення тренду зміни наступних поточних показників:

- “параметр потоку відмов - $z(t)$ ” при довірчій ймовірності $\beta=0,95$, що характеризує рівень ЕкН та розраховується як відношення загальної кількості відмов до загального обсягу нальоту ПС;

- “рівень аварійності - R_{icao} ”, який характеризує рівень БЗП, враховує загальну кількість відмов, виявлених у польоті, що припадають на 100 год нальоту. Він розраховується за формулою:

$$R_{icao} = \left(\frac{n}{T}\right) \times 100,$$

де n – загальна кількість відмов в польоті, од.;

T – загальний обсяг годин нальоту, год.

При визначенні цих показників фактично враховуються наступні особливості умов експлуатації військових ПС:

- суттєва нерівномірність польотного навантаження;
- суттєва аперіодичність частоти використання різних типів ПС;
- значна кількість ПС мають напрацювання від 20 років й більше.

Також ці показники можна використовувати при реалізації алгоритмів контролю виходу поточних значень показників надійності ПС за попередньо встановлені контрольні межі, аналізуючи умови експлуатації попередніх періодів.

На базі показника $z(t)$, із урахуванням дійсних умов експлуатації різних типів ПС за попередні роки, можемо розрахувати так звану “верхню контрольну межу надійності” ($MH_{вк}$) для майбутніх періодів [11].

Використовуючи тренд змін показника R_{icao} можемо визначити індикативні порогові показники безпеки польотів, які необхідно контролювати в наступних періодах експлуатації ПС, згідно з концепцією “прийняттого рівня - (Acceptable level of safety performance (ALoSP))” на основі принципу стандартного відхилення, що рекомендується Міжнародною організацією цивільної авіації (ICAO) [12].

На прикладі вертольотів із урахуванням дійсних умов їх експлуатації за 2016 – 2019 роки проведено розрахунки показників $z(t)$ та R_{icao} .

Враховуючи обмеженість статистики за ці роки, використовуємо показники експлуатації окремих вертольотів, що наведені у таблиці 1.

Середні значення показників експлуатації та надійності вертольотів за 2016 – 2019 роки

Найменування показників	Тип вертольота			
	Ми-2	Ми-8МТ(МТВ)	Ми-8МСБ-В	Ми-24
Наліт за 2019 рік, год	11	9135	4678	2493
Параметр потоку відмов, $z(t)$	0,090	0,026	0,034	0,038
Рівень аварійності, R_{icao} за 2019	-	0,426	0,534	1,123
Наліт за 2018 рік, год	908	9218	2244	2313
Параметр потоку відмов, $z(t)$	0,055	0,027	0,036	0,037
Рівень аварійності, R_{icao} за 2018	1,211	0,586	0,490	0,475
Наліт за 2017 рік, год	455	8072	2059	3520
Параметр потоку відмов, $z(t)$	0,055	0,029	0,024	0,026
Рівень аварійності, R_{icao} за 2017	1,099	0,483	0,486	0,568
Наліт за 2016 рік, год	1018	7082	2000	4340
Параметр потоку відмов, $z(t)$	0,016	0,015	0,041	0,016
Рівень аварійності, R_{icao} за 2016	0,688	0,409	0,750	0,323

Аналіз отриманих результатів показав, що за період 2016 – 2019 років за показником $z(t)$ у 2019 р. порівняно з 2016 р. в середньому спостерігається зниження рівня експлуатаційної надійності. Але в той же час вертольоти типу Ми-8МСБ-В показали незначне зростання на 17,1%.

За результатами аналізу тренду зміни “параметру потоку відмов - $z(t)$ ” проведено розрахунки “верхньої контрольної межі надійності” ($MH_{ек}$) для майбутніх періодів для різних типів вертольотів.

Послідовність розрахунків показника $MH_{ек}$, аналіз отриманих результатів наведені в таблиці 2 та відображені на рисунку 1.

Розрахунок показника $MH_{ек}$ проведений за наступною формулою:

$$MH_{ек} = m + k \times \sigma,$$

де: m – середнє значення параметра $z(t)$ за 2016 – 2019 роки;

k – коефіцієнт, який зазвичай приймається в діапазоні 2 – 3 та визначає ширину довірчого інтервалу;

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_1^n (n - m)^2};$$

n – значення $z(t)$ за рік.

Аналіз отриманих результатів дає можливість визначити прогностичні показники “верхньої контрольної межі” експлуатаційної надійності на 2020 рік для конкретних типів вертольотів у розрахунку на 100 годин нальоту :

- для вертольотів типу Ми-2 допустиме верхнє значення контрольної межі надійності буде складати не більше 10,6 відмов;

- для вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) – не більше 3,4 відмов;

- для вертольотів типу Ми-8МСБ-В – не більше 4,8 відмов;

- для вертольотів типу Ми-24 – не більше 4,7 відмов.

Послідовність та результати розрахунку показника $MH_{ек}$

Рік експлуатації	Ми-2	Ми-8МТ(МТВ)	Ми-8МСБ-В	Ми-24	Середнє значення за всіма типами вертольотів
	Параметр потоку несправностей, $z(t)$				
2016	0,016	0,015	0,041	0,016	0,019
2017	0,055	0,029	0,024	0,026	0,028
2018	0,055	0,027	0,036	0,037	0,032
2019	0,090	0,026	0,034	0,038	0,031
Послідовність розрахунку показника $MH_{тек}$					
m	0,054	0,024	0,034	0,029	0,028
$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{1}^4 (n - m)^2}$	0,026	0,005	0,007	0,009	0,006
k	2	2	2	2	2,5
Значення $MH_{ек}$	0,106	0,034	0,048	0,047	0,043

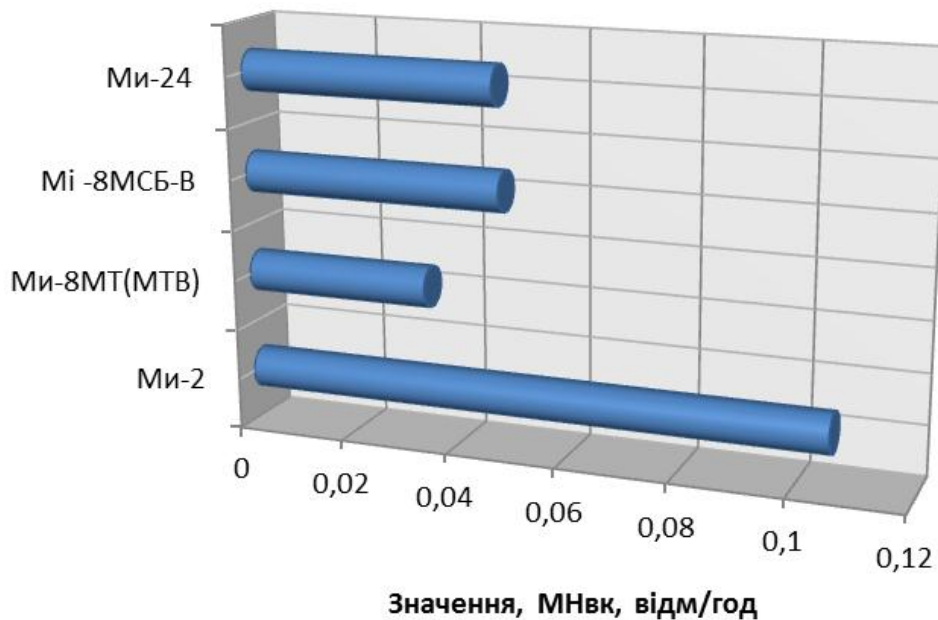


Рис.1. Значення показників “верхня контрольна межа надійності”, $MH_{ек}$

Згідно концепції “прийняттого рівня $ALoSP$ ” виділяється три рівні або “тригери” безпеки польотів:

- прийнятний рівень (Acceptable);
- цільовий рівень (Target);
- критичний рівень (Alert).

Ці “тригери” розраховуються з урахуванням середнього значення статистичних наборів даних R_{icao} (за 3 попередні роки) та стандартного (середньоквадратичного) відхилення (SD), за наступною формулою:

$$ALoSP = m + \beta \times SD,$$

де: m – середнє значення параметра R_{icao} за 2016 – 2019 роки;

β – коефіцієнт, який приймається в діапазоні 1 – 3 та визначає рівень “тригеру”;

$$SD = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_1^4 (n - m)^2};$$

n – поточне річне значення R_{icao} за три попередні роки.

Прийнятний рівень забезпечення безпеки польотів – це встановлене значення показника “Acceptable”, досягнення якого заплановано цілями програми забезпечення безпеки польотів як “прийнятне”.

Цільовий рівень забезпечення БзП – це встановлене значення абсолютного показника “Target”, досягнення якого відповідає цілям програми забезпечення безпеки польотів на певний період.

Критичний рівень забезпечення безпеки польотів – це встановлене значення показника “Alert”, перевищення якого переводить значення рівня ефективності забезпечення безпеки польотів як “неприйнятне”.

За результатами оцінювання “ALoSP”, дуже важливим кроком є вироблення рекомендацій керівному складу щодо подальших дій в контексті організації управління безпекою польотів.

Проведемо аналіз сукупності показників R_{icao} для вертольотів за період 2016 – 2019 роки, які зведені у таблицю 3.

Таблиця 3

Результати розрахунку показників “ALoSP”

Рік експлуатації	Ми-2	Ми-8МТ(МТВ)	Мі - 8МСБ-В	Ми-24	Коефіцієнт рівня
	Рівень аварійності - R_{icao}				
2016	0,688	0,409	0,750	0,323	-
2017	1,099	0,483	0,486	0,568	-
2018	1,211	0,586	0,490	0,475	-
2019	-	0,426	0,534	1,123	-
Послідовність розрахунку показників “ALoSP”					
m	0,999	0,476	0,565	0,622	-
$SD = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_1^4 (n - m)^2}$	0,129	0,031	0,018	0,151	-
Значення показників “тригерів”					
Acceptable	1,128	0,507	0,583	0,773	$\beta = 1$
Target	2,256	1,014	1,166	1,546	$\beta = 2$
Alert	3,384	1,521	1,749	2,319	$\beta = 3$

Аналіз результатів, що наведені у таблиці 3 та відображені на рисунку 2, дає можливість на базі експлуатаційних даних визначити індикативні значення показників “тригерів” концепції “прийнятного рівня *ALoSP*” на 2020 рік для даних типів вертольотів.

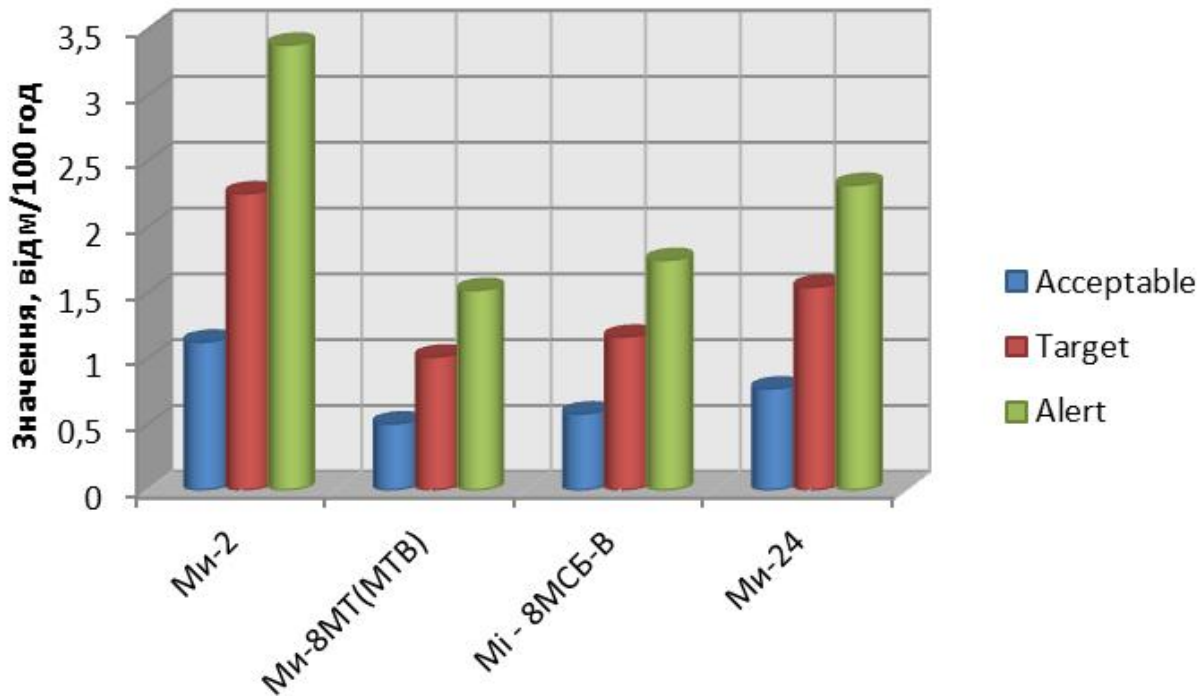


Рис.2. Значення показників “тригерів” *ALoSP* (Acceptable, Target, Alert)

Оцінювання ефективності забезпечення безпеки польотів та необхідність управлінських рішень проводиться виходячи із значень тренду R_{icao} по відношенню до “тригерів” за наступним алгоритмом.

1. Якщо значення показника “тригера” відповідає прийнятному рівню “Acceptable” або “зеленому сектору”, то додаткові заходи управління забезпеченням безпеки польотів (авіаційною системою) не потрібні.

2. Якщо значення показника “тригера” відповідає цільовому рівню “Target” або “жовтому сектору”, то необхідні додаткові заходи управління забезпеченням безпеки польотів (авіаційною системою).

3. Якщо значення показника “тригера” відповідає критичному рівню “Alert” загрозовому (не прийнятному) або “помаранчевому сектору”, необхідні негайні додаткові заходи управління забезпеченням безпеки польотів (авіаційною системою).

Якщо значення показника “тригера” перевищує критичний рівень “Alert”, це означає що він знаходиться у “червоному секторі”, отже необхідні негайні кардинальні заходи управління забезпеченням БзП (авіаційною системою).

Отже концепція “*ALoSP*” дає можливість визначити момент необхідності вироблення управлінських впливів на авіаційну систему, але вона потребує заходів адаптації до умов її застосування в авіації ЗС України.

Таким чином, на нашу думку, можна вважати представлені розрахунки спробою визначення деякого нормованого прогностного інтервалу значень показників надійності на майбутній період експлуатації вертольотного парку України.

Висновки.

Основним носієм інформації про несправності АТ являються КОН, що складаються щомісяця, та донесення, що надаються два рази на рік та відображають експлуатаційні дані окремих типів ПС.

Проведений аналіз проблеми визначення тренду змін показників надійності вертольотів показав, що для достовірної оцінки необхідно:

- проводити постійний моніторинг безпеки польотів та загальних причин, які викликають появу несправностей ПС, їх систем і підсистем;

- визначити порядок вибору та періодичність перегляду кількісних граничних значень показників ефективності забезпечення БзП для кожного роду авіації (з урахуванням нальоту та особливостей задач, що виконуються), їх критичні та цільові рівні;

- визначити раціональний період для розрахунку середніх значень статистичних наборів даних (R_{icao}).

Реалізація даного методологічного підходу щодо визначення тренду змін показників надійності АТ різних типів вертольотів дає можливість розробляти прогнози рівня надійності ПС та встановлювати цільові значення, які необхідно підтримувати або покращувати з метою вдосконалення певної авіаційної системи.

Розроблені пропозиції щодо визначення показників надійності за рахунок збору та обробки інформації про технічний стан в період військової експлуатації ПС, дозволить ефективно керувати системами забезпечення надійності з метою підтримування високої бойової готовності державної авіації на заданому рівні, прогнозувати необхідність технічного обслуговування і ремонту та передбачати напрямки модернізації авіаційної техніки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Воробьев В.Г. Надежность и техническая диагностика авиационного оборудования: учебник [Текст] / В.Г. Воробьев, В.Д. Константинов. – М: МГТУ ГА, 2010. – 440 с.
2. Прокофьев А.И. Надежность и безопасность полетов: учеб. пособие для вузов гражданской авиации. [Текст]. – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с.
3. Методичні рекомендації державної авіації щодо збору, аналізу і подання інформації про несправності авіаційної техніки (МРДА-02/16) [Текст]. – Київ. – 2016. – 104 с.
4. Голуб В.М. Проблеми аналізу експлуатаційної надійності авіаційної техніки / В.М. Голуб, О.Л. Бурсала, М.М. Жданюк // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: ФОП Брагинець О.В., 2019.– Вип. №1. – С. 61-64.
5. Голуб В.М. Аналіз методичних підходів до оцінювання надійності авіаційної техніки державної авіації за експлуатаційними даними [Текст] / В.М. Голуб, А.Г. Павленко, О.М. Чередніков, В.М. Чуприна // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: Брагинець О.В., 2019. – Вип. № 2. – С. 53-61.
6. Експлуатаційна надійність авіаційної техніки і безпека польотів за 2017 рік. Випуск. [Текст]. / О.Л. Бурсала, В.Т. Бояров, В.М. Голуб, М.М. Жданюк, Е.Ф. Сідін. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2018. – 90 стор. – Табл. 40. – Рис. 26. – Бібл. 4 назв.
7. Експлуатаційна надійність авіаційної техніки і безпека польотів за 2019 рік. Випуск. [Текст]. / О.Л. Бурсала, В.Т. Бояров, В.М. Голуб, М.М. Жданюк. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2018. – 100 стор. – Табл. 34. – Рис. 27. – Бібл. 8 назв.

8. Гузій А.Г. Методологический поход к экспертному прогнозированию уровня безопасности полетов/ А.Г. Гузій, А.А. Чуйко // Проблемы безопасности полетов. – М.: ВИНТИ, 2006. – №10 – С. 10-18.

9. Голуб В.М. До питання аналізу експлуатаційної надійності та безпеки польотів повітряних суден. / В.М. Голуб, М.М. Жданюк, В.Т. Бояров, В.М. Чуприна, Е.Ф. Сідін // Тринадцята міжнародна науково практична конференція “Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС 2019”. До 100 – річчя Національної академії науки України. Київ – Чернігів – Жуків, 25-29 червня 2018 р. – Чернігів: ЧНТУ, 2018. – С. 379-381.

10. Соловійов В.І. Аналіз можливих шляхів вирішення задачі нормування надійності обладнання військових літальних апаратів для реалізації стратегії технічного обслуговування за станом [Текст]. / В.І. Соловійов, А.Г. Павленко, С.А. Копашинський // Труды університету. – К.: НУОУ, 2010. – №1 (91). – С. 139-143.

11. Чернявський В.М. Застосування параметричних методів для оцінки рівня надійності авіаційної техніки з низькою інтенсивністю експлуатації // Труды Харківського університету Повітряних Сил ім. І.Кожедуба. – Харків: ХУПС, 2012. – № 3. – С. 59-63.

12. Гончаренко Є.В. Щодо застосування концепції прийнятого рівня забезпечення безпеки польотів в суб'єктах авіаційної діяльності державної авіації / Є.В. Гончаренко, О.Р. Мартинюк // Збірник тез доповідей XVIII науково-технічної конференції “Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах” Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: Брагинець О.В., 2018. – С. 89-90.

Голуб Володимир Маркович

кандидат технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник Державного науково – дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-7796-3054>
+38097-684-64-51

Бурсала Олександр Леонідович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-8523-8987>
+38099-478-89-25

Чуприна Володимир Михайлович

доктор технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна

<https://orcid.org/0000-0003-4886-090X>
+38068-131-66-06

Volodymyr Golub

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-7796-3054>
+38097-684-64-51

Alexander Bursala

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-8523-8987>
+38099-478-89-25

Volodymyr Chupryna

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-4886-090X>
+38068-131-66-06

**METHODOLOGICAL APPROACH TO DETERMINATION OF THE TREND
OF CHANGES IN AIRCRAFT RELIABILITY INDICATORS OF AVIATION EQUIPMENT ON THE
EXAMPLE OF STATE AVIATION HELICOPTERS**

V Golub, O Bursala and V Chupryna

The problem of flight safety, without regard to swift scientific and technical progress in industry of aviation equipment, become exceptionally sharp in our time. The statistical processing of empiric data is an actual task in monitoring of process of exploitation of propulsion MODULE of the Armed Forces of Ukraine and determination of tendencies of technical service and repair, directions of modernisation of armament and military equipment.

The article considers the approach of the systems to the evaluation of reliability and safety of flights in relation to accomplishment of combat missions and prevention of aviation accidents. A methodological approach to the mathematical processing of statistical information for the period 2016-2019 on malfunctions was developed. The quantitative evaluation of their level is conducted on the generally accepted standardized indexes (statistical and probabilistic), specific methodology was here used.

Index "parameter of failure flow" that characterizes the level of operating reliability and index "level of accident rate" that characterizes safety of flights were used in this methodology on ICAO recommendation.

Certain trends of changes of these indexes, the "upper control limit of reliability" and the considered conception of acceptable level of safety performance (ALoSP) are expected for future periods for the different types of helicopters.

On the base of operating data, the prognosis indexes expected, "upper control limit of reliability" on 2020 for the specific types of helicopters. As expected, according to obtained results, for all types of helicopters the mean value of this index will make not more than 4,3 failures per 100 flight hours.

In accordance to conception of "acceptable level of "ALoSP" it is possible to distinguish three levels or "triggers" of flights safety: Acceptable level (Acceptable), special purpose level (Target), Critical level (Alert). These "triggers" are calculated taking into account the mean value of statistical sets of data about failures (for the last 3 years) and standard deviation that gives an opportunity to define the necessary additional measures of management to provide safety of flights.

Authors came to the conclusion that conception of ALoSP is suitable for the evaluation of efficiency to provide flights safety of aviation of the Armed Forces of Ukraine with implementation of necessary adaptation to the existent terms of application of UKR aviation.

Keywords: *special purpose levels of reliability, safety of flights, level of accident rate, malfunction, aviation equipment, parameter of failure flow, upper control limit of reliability.*