

## ПИТАННЯ РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОДІВ ВІЙСЬК ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

DOI 10.33099/2786-7714-2023-2-5-45-50

УДК 351.814.12

<sup>1</sup>Дуленко Дмитро Іванович (кандидат технічних наук, доцент)

<https://orcid.org/0000-0002-3900-1612>

<sup>1</sup>Салій Анатолій Григорович (кандидат військових наук, професор)

<https://orcid.org/0000-0002-3491-9301>

<sup>1</sup>Косков Юрій Максимович

<https://orcid.org/0000-00034707-9898>

<sup>2</sup>Андрух Олександр Олександрович

<sup>1</sup>Національний університет оборони України, Київ, Україна

<sup>2</sup>Військова частина А 0307, Київ, Україна

### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО СТАНУ АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА РІВЕНЬ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ

*Успішне вирішення проблеми забезпечення безпеки польотів потребує спільних зусиль вчених, конструкторів, інженерів та багатьох інших спеціалістів. Незважаючи на те, що проблеми забезпечення безпеки польотів існували з перших днів виникнення авіації, попередження інцидентів з авіаційною технікою і зараз зазвичай ґрунтується на висновках комісії, які здійснюють розслідування таких подій. Для ефективного вирішення питань попередження авіаційних інцидентів необхідні нові підходи до оцінки, аналізу та виробленню заходів забезпечення безпеки польотів в цілому, що дозволять адекватно оцінити ступінь впливу різноманітних факторів, їх найбільш небезпечні поєднання та раціональні шляхи їх усунення. У статті розглянуто існуючі методи оцінки експлуатаційного стану аеродромних покриттів в провідних країнах світу, що впливають на рівень безпеки польотів.*

**Ключові слова:** безпека польотів, інциденти, аеродромні покриття, оцінка експлуатаційного стану аеродромних покриттів.

#### Вступ

В розробці концепцій забезпечення безпеки польотів намітився перехід від накопичення та аналізу багаточисельних та переважно розрізаних даних про причини виникнення авіаційних інцидентів до створення загальної теорії безпеки польотів [1-4]. Основним завданням даної теорії є розробка методів, які дозволять визначити вплив на безпеку польотів різних факторів, що накопичені практикою експлуатації авіаційної техніки та нададуть оцінку впливу цих факторів на рівень безпеки польотів.

Метою статті є – дослідження методів оцінки експлуатаційного стану аеродромних покриттів, що впливають на рівень безпеки польотів.

#### Матеріали та методи

Проблема забезпечення безпеки польотів повинна розглядатися як комплексна задача, вирішення якої потребує системного підходу. Суть системного підходу для забезпечення безпеки польотів полягає не тільки в забезпеченні надійності кожного елементу авіаційної системи, але й в їх надійному взаємозв'язку між собою з зовнішнім середовищем.

В світовій практиці для забезпечення високого рівня безпеки польотів використовуються основні

принципи, які передбачають по перше відповідальність держави за безпеку польотів, а також незалежність проектувальника, виробника, експлуатанта та інших установ та підприємств, які забезпечують вирішення проблеми безпеки польотів.

В теперішній час в авіації багатьох держав можна визначити два підходи до забезпечення безпеки польотів [1-4].

Перший підхід ґрунтується на створенні та широкому впровадженні системи норм, які повинні виконуватись для досягнення визначеного рівня безпеки польотів при конструюванні, виробництві, експлуатації авіаційної техніки, технічному обслуговуванні, керівництвом польотів та аеродромному обслуговуванні.

Другий підхід ґрунтується на цілеспрямованому виявленні на усіх етапах створення та експлуатації авіаційної системи ризиків, небезпек, що обумовлені діяльністю авіації та здійснення попереджувальних заходів, які виключають виникнення інцидентів з авіаційною технікою, інших авіаційних подій з метою підтримання встановленого рівня безпеки польотів.

В провідних країнах світу, зокрема у США, Великій Британії, Канаді, до вирішення проблеми

забезпечення безпеки польотів використовують перший або другий підхід [1-3].

В США існують дві федеральні організації, які здійснюють контроль за безпекою польотів: Національний комітет з безпеки руху на транспорті (National Transportation Safety Board – NTSB); Управління цивільною авіацією (Federal Aviation Administration – FAA).

Функції NTSB полягають: в розробці правил, повідомлень та звітів про авіаційні інциденти; розслідуванні авіаційних інцидентів та встановлення обставин і причин кожного інциденту; розробці рекомендацій щодо попередження подібних інцидентів в майбутньому.

FAA несе відповідальність за постійне підвищення рівня безпеки польотів. При інспектуванні FAA звертає особливу увагу на наступні аспекти забезпечення безпеки польотів: дотримання повітряного кодексу; стан навігаційних комплексів; дотримання вимог норм льотної придатності для авіаційної техніки; рівень підготовки льотної складу, наземних операторів, а також решти особового складу, що приймає участь у забезпеченні польотів.

Система безпеки польотів Великої Британії входить в систему державних органів та вирішує наступні задачі: встановлює та усуває небезпеки, які раніше не були виявлені або усунені; надає відомості про небезпеки у відповідні відділи промисловості з вказівкою черговості мір по усуненню окремих небезпек; оцінює ефективність дій, які вжиті для усунення небезпек.

Канада для вирішення питань забезпечення безпеки польотів дуже широко використовує в своїй діяльності автоматизовані інформаційно-пошукові системи даних про інциденти з авіаційною технікою (система ADREP). Безпека польотів в Канаді розглядається з точки зору запобігання інцидентів. Особливу увагу при цьому приділяється створенню ефективної системи забезпечення безпеки польотів.

Безпека польотів в Україні, у порівнянні з провідними країнами світу має більш статистичний характер. Але за останні роки розроблено та суттєво змінені документи, що регламентують льотну, льотно-технічну, логістичну діяльність та безпеку польотів в цілому. Всі документи розроблені та продовжують розроблятися в рамках Державних програм розвитку авіації, аеродромної інфраструктури та міжнародної організації цивільної авіації ICAO.

### Результати

Аналіз стану безпеки польотів державної авіації України за останні роки вказує, що одною з причин, яка впливає на виникнення інцидентів з авіаційною технікою є експлуатаційний стан аеродромної мережі, а саме стан жорстких аеродромних покриттів.

Постійне підтримання та контроль експлуатаційного стану покриття аеродрому є важливим елементом в загальній системі забезпечення безпеки польотів авіації. Саме

правильний вибір методу оцінки експлуатаційного стану аеродромного покриття буде відігравати важливу роль у попередженні та запобіганні виникнення інцидентів на землі.

Оцінка експлуатаційного стану жорстких аеродромних покриттів аеродромів здійснюється відповідно до діючих нормативних документів та включає якісну і кількісну оцінки [5-7].

Якісна оцінка проводиться з метою визначення придатності аеродромних покриттів за несучою здатністю до експлуатації заданим типом авіаційної техніки шляхом порівняння класифікаційних чисел літаків  $ACN$  та несучої спроможності покриттів  $PCN$  при одній і тій же міцності ґрунтової основи [8,9]. Класифікаційне число аеродромного покриття повинно бути не нижче класифікаційного числа авіаційної техніки, що експлуатується на даному аеродромі:

$$K \times ACN \leq PCN \quad (1)$$

де  $K$  - коефіцієнт, що враховує інтенсивність руху авіаційної техніки.

Якщо умова (1) не виконується, то необхідно вводити обмеження маси літака, зменшувати інтенсивність зльотів та посадок.

Кількісна оцінка визначає придатність покриття до експлуатації на основі аналізу характеру та кількості пошкоджень. Критеріями, що характеризують стан поверхні покриттів є: параметри, які характеризують виявлені при обстеженні пошкодження (ширина пошкодження, глибина, площа тощо).

На практиці застосовують різні вітчизняні та зарубіжні методи оперативної оцінки експлуатаційного стану аеродромних покриттів:

- сигнальної оцінки  $S_k$ ;
- визначення індексу стану покриття  $I_k$ ;
- оцінки стану покриття за методом Н.В. Свиридова;
- визначення індексу збереження покриття  $M_g$ ;
- стандартного методу визначення індексу стану аеродромного покриття  $PCI$ ;
- визначення комплексного показника  $K^*$  та багато інших.

Математичні моделі, які використовуються основними методиками в загальному вигляді можна представити наступним виразом:

$$S_t = S_{max} - \sum_1^n D_i \eta_i, \quad (2)$$

де:  $S_t$  - показник (оцінка) стану аеродромного покриття на момент часу  $t$ ;

$S_{max}$  - максимальне значення показника стану аеродромного покриття;

$D_i$  - частина покриття, яке має пошкодження  $i$  - го виду;

$\eta_i$  - коефіцієнт вагомості  $i$  - го пошкодження;

$n$  - кількість видів пошкоджень.

Індекс  $S_k$  розраховують за наявністю на покритті плит з тріщинами, зламами, лущенням поверхні та визначають за формулою:

$$S_k = 5,00 - \frac{100}{N_0} (0,10N_{ck} + 0,05N_{mp} + 0,03N_l), \quad (3)$$

де:  $N_{ck}, N_{mp}, N_l$  – кількість плит відповідно з тріщинами, сколами та лушенням поверхні;

$N_0$  – загальна кількість плит на ділянці покриття.

Метод сигнальної оцінки регламентується нормами придатності аеродромів.

Індекс  $I_k$  враховує взаємозв'язок «ваги» пошкодження та ділянок покриття що оцінюються, а також ступінь впливу основних структурних показників на індекс стану покриття. Покриття розділяється на секції, для кожної з яких визначається індекс стану:

$$I_k = \frac{100}{S_k} \sum_{j=1}^4 W_j \sum_{i=1}^7 V_{ik} b_i a_{ij}, \quad (4)$$

де:

$S_k$  – площа  $k$  – і секції;

$W_j$  – “вага”  $j$  – го фактору;

$V_{ik}$  – відсоток з пошкодженнями  $i$  – го типу, отриманий в результаті обстеження  $k$  – і секції;

$b_i$  – “вага”  $i$  – го типу пошкоджень;

$a_{ij}$  – оцінка впливу пошкоджень  $i$  – го типу на  $j$  – й фактор.

При оцінці індексу стану аеродромного покриття враховуються такі фактори:

$W_1$  – термін служби;

$W_2$  – коефіцієнт зчеплення;

$W_3$  – рівність;

$W_4$  – засміченість.

Вага  $i$  – го типу пошкоджень  $b_i$  та оцінки впливу  $a_{ij}$  визначаються методом експертного опитування.

Свиридовим Н. В. розроблено метод оцінки експлуатаційного стану покриття, відповідно до якого кількість плит з кожним видом пошкодження ділять на загальну кількість плит на ділянці та отримують щільність пошкодження, яку множать на «вагу» пошкодження. У підсумку по кожному пошкодженню отримують його середньо зважену «вагу», а підсумовуючі, обчислюють сумарну середньо зважену “вагу” пошкодження, за величиною якої судять про стан покриття [6].

Загальним недоліком методів сигнальної оцінки  $S_k$ , індексу стану покриття  $I_k$  та Н. В. Свиридова є оцінка експлуатаційного стану аеродромного покриття за кількістю дефектних плит без урахування величини пошкоджень (ширини, глибини, площі тощо).

Характерними ознаками індексу збереження аеродромного покриття  $MI$  є визначення кількості плит з пошкодженням та вплив “ваги” пошкодження на безпеку польотів. Індекс збереження покриття визначається за виразом:

$$MI = \sum_{i=1}^k \frac{n_i a_i}{n}, \quad (5)$$

де  $n$ ,  $n_i$  – загальна кількість плит та кількість плит з пошкодженням  $i$  – го типу;  $a_i$  – «вага» пошкоджень  $i$  – го типу;  $k$  – кількість знайдених типів пошкоджень.

Якщо на одній плиті є пошкодження різних

типів, то при визначенні індексу  $MI$  враховують пошкодження, що мають максимальну «вагу».

В провідних країнах світу для кількісної та якісної оцінок стану поверхні аеродромних покриттів використовують розроблений у США та викладений в нормативному документі *ASTM D5340-93* - стандартний метод визначення індексу стану аеродромного покриття *PCI*.

Метод *PCI* заснований на тому ж підході, що й вітчизняні методи: візуальному дефектуванню покриття, “ваговій” градації пошкоджень за ступенями їх важливості; визначенні інтегральної оцінки стану покриттів з урахуванням щільності розподілу пошкоджень за площею покриття.

Індекс стану аеродромного покриття *PCI* визначається за виразом:

$$PCI = 100 - M_{ax} CDV, \quad (6)$$

де  $M_{ax} CDV$  – найбільше значення скоригованої приведенної величини.

Для встановлення величини пошкоджень покриття вказаний метод використовує певні вагові функції для кожного пошкодження. Функції представляються у вигляді графіків, з урахуванням ступеню пошкоджень: низька, середня, висока.

Близьким до індексу *PCI* за змістом та алгоритмом оцінки стану покриттів є комплексний показник  $K^*$ , який розраховується за формулою:

$$K^* = 100 - (K_a P_a + K_b P_b + K_c P_c + K_d P_d) 100, \quad (7)$$

де:

$P_a, P_b, P_c, P_d$  – коефіцієнти вагомості для ділянок покриття;

$K_a, K_b, K_c, K_d$  – значення показників якості ділянок покриття.

В залежності від значення комплексного показника метод рекомендує виконання наступних заходів: експлуатаційне утримання, поточний або капітальний ремонт. Особливістю показника  $K^*$  є врахування такого критерію, як якість поверхні.

Незважаючи на загальні принципи кожен з наведених методів має ряд особливостей та принципів відмінностей.

Різний підхід до алгоритму проведення візуального обстеження.

Різна кількість та види пошкоджень покриттів, що враховуються:

за методом визначення  $K^*$  враховується 19 видів пошкоджень;

за методом визначення індексу *PCI* - 14;

за методом визначення індексу збереження покриття *MI* - 10;

за методом Н.В.Свиридова – 12;

за методом визначення індексу стану покриття  $I_k$  - 7;

за методом сигнальної оцінки  $S_k$  - 3.

Різні показники, що надіють кінцеве заключення про експлуатаційний стан аеродромного покриття.

Порівняння пошкоджень, які враховуються різними методами наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз пошкоджень аеродромних покриттів, що враховуються при оцінці різними методами

№ з/п	Пошкодження жорстких аеродромних покриттів	Метод сигнальної оцінки $S_k$	Метод визначення індексу стану покриття $I_k$	Оцінка стану покриття за методом Н. В. Свиридова	Метод визначення індексу збереження покриття $MI$	Метод визначення комплексного показника $K^*$	Стандартний метод визначення індексу стану покриття $PCI$
1.	Оголення арматури					+	
2.	Осідання плит		+	+		+	
3.	Уступ			+	+	+	+
4.	Злам поздовжнього профілю					+	
5.	Лущення	+	+	+	+	+	+
6.	Скол кутів	+		+	+	+	+
7.	Вибойни			+	+	+	
8.	D-образні розтріскування		+			+	+
9.	Спушування					+	+
10.	Наскрізнi тріщини	+	+	+	+	+	+
11.	Руйнування наповнювачів швів		+			+	+
12.	Руйнування плити		+	+	+	+	+
13.	Раковини			+		+	+
14.	Фонтанування					+	+
15.	Руйнування заplatки					+	
16.	Усадкові тріщини			+	+	+	+
17.	Місцеві нерівності покриття			+	+	+	
18.	Заplatка						+
19.	Глибоке лущення			+	+	+	
20.	Відколи кромок (торців) плит		+	+	+	+	+
21.	Злам кута						+

Із таблиці видно, що деякими методами оцінки експлуатаційного стану аеродромного покриття не враховуються такі критичні види пошкоджень, що особливо впливають на ризик виникнення інциденту з авіаційною технікою, особливо такі як: оголення арматури, злам поздовжнього

профілю, руйнування наповнювачів швів, руйнування плити та злам кута.

У таблиці 2 наведено значення показників експлуатаційного стану аеродромних покриттів в залежності від методу оцінки та заключення щодо придатності до експлуатації самого покриття.

Таблиця 2

Значення показників експлуатаційного стану аеродромних покриттів в залежності від методу оцінки та заключення щодо придатності до експлуатації самого покриття

Метод оцінки	Значення показника	Стан покриття
Сигнальна оцінка $S_k$	3,5-5,0 2,5-3,5 менше 2,5	Стадія нормальної експлуатації Критична стадія Стадія неприпустимих пошкоджень
Індекс збереження покриття $MI$	4,5-5,0 3,5-4,5 2,5-3,5 менше 2,5	Справне Працездатне Обмежено працездатне Неприпустиме
Комплексний показник $K^*$ та індекс стану покриття $PCI$	86-100 71-85 56-70 41-55 26-40 11-25 0-10	Відмінне Дуже добре Добре Задовільне Погане Дуже погане Незадовільне
Сумарна середня «вага» дефекту за методом Н.В.Свиридова	до 1,0 1,05-2,0 2,05-3,0 більше 3,0	Гарне Задовільне Потребує поточного ремонту Потребує капітального ремонту
Індекс стану покриття $I_k$	0-3 3-6 6-9 більше 9	Гарне Задовільне, рекомендується поточний ремонт Потрібні значні зусилля підтримання покриття в робочому стані Погане

Для порівняння результатів оцінки стану складена таблиця 3.  
покриття за різними методами була

**Таблиця 3**

Приклад оцінки аеродромного покриття за різними методами

№ з/п	Розрахунковий метод	Показник	Значення	Стан аеродромного покриття
1.	За індексом стану покриття	$I_k$	9,3	Незадовільний
2.	За комплексним показником	$K^*, PCI$	58,0	Добрий
3.	Сигнальної оцінки	$S_k$	4,0	Придатний до експлуатації
4.	За індексом збереження покриття	$MI$	3,1	Обмежено придатний
5.	Н.В.Свиридова		1,2	Задовільний

### Обговорення

Як видно за таблиць 2 та 3 кожен метод оцінки експлуатаційного стану аеродромного покриття передбачає різні розрахункові значення за якими приймається остаточне рішення щодо стану покриття. Але в кожному значенні передбачені різні види пошкодження покриття, що можуть впливати на ризик виникнення інциденту з авіаційною технікою.

### Висновки

Загальним недоліком розглянутих методів є те, що висновки про експлуатаційний стан покриття, що отримані за різними кількісними показниками, суперечать один одному.

Крім того наведені методи оцінки покриття не передбачають прогнозовану зміну його експлуатаційного стану, можливий ризик виникнення інциденту з авіаційною технікою та загальний вплив на безпеку польотів.

Напрямок подальших досліджень може бути розроблення методики забезпечення безпеки польотів з врахуванням прогнозування експлуатаційного стану аеродромних покриттів.

### Список використаних джерел

1. FAA Regulations [Electronic resource] / Pilot Schools. – Modeo faccess: [http:// www.faa.gov/](http://www.faa.gov/).
2. Doc 9859 – AN/474: Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) // ICAO, 2009. – 318 с.
3. Doc 9683 – AN/950: Руководство по обучению в области человеческого фактора // ICAO, 1998. – 370 с.
4. International Civil Aviation [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.icao.int/safety/ngap/Pages/default.aspx/>. – Organization Next Generation of Aviation Professionals.
5. Единая методика оценки возможности эксплуатации аэродромных покрытий. – М.: ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект», 1999. - 67 с.
6. Наказ Міністерства оборони України від 23.09.2020 року № 348 “Про внесення змін до Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України”.
7. Шашков И.Е. Мониторинг и прогнозирование работоспособности жестких аэродромных покрытий.: дис...канд. техн. наук: – В.: ВВА, 2012. – 147с.
8. Степушин А.П. Обоснование параметров модели аэродромного покрытия из цементобетона. Проектирование и строительство аэропортов //М.: Гр. МАДИ. – 1978. – Вып. 153. – С .118 – 123.
9. Винокуров И.Г. Исследование работы жестких аэродромных покрытий под воздействием температурных факторов: Дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1994. – 167 с.

## STUDY OF METHODS OF ASSESSMENT OF THE OPERATIONAL CONDITION OF AERODROME SURFACES THAT INFLUENCE THE LEVEL OF FLIGHT SAFETY

<sup>1</sup>**Dmytro Dulenko** (Candidate of Military Sciences, Associate Professor)

<https://orcid.org/0000-0002-3900-1612>

<sup>1</sup>**Anatolii Sali** (Candidate of Military Sciences, Professor)

<https://orcid.org/0000-0002-3491-9301>

<sup>1</sup>**Yurii Koskov**

<https://orcid.org/0000-00034707-9898>

<sup>2</sup>**Olexandr Andruh**

<sup>1</sup>*The National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

<sup>2</sup>*Military Unit A 0307, Kyiv, Ukraine*

*A successful solution to the problem of ensuring flight safety requires the joint efforts of scientists, designers, engineers and many other specialists. Despite the fact that the problems of ensuring flight safety have existed since the first days of aviation, the prevention of incidents with aviation equipment is still usually based on the conclusions of the commissions that investigate such events. In order to effectively solve the issues of prevention of aviation incidents, new approaches to assessment, analysis and development of flight safety measures are needed in general, which will allow to adequately assess the degree of influence of various factors, their most dangerous combinations and rational ways of their elimination. The article examines the existing methods of assessing the operational condition of airfield surfaces in the leading countries of the world, which affect the level of flight safety.*

**Keywords:** *flight safety, incidents, airfield surfaces, assessment of operational state of airfield surfaces.*

### References

1. FAA Regulations [Electronic resource] / Pilot Schools. - Mode of access: <http://www.faa.gov/>.
2. Doc 9859 – AN/474: Manual on flight safety management (RUBP) // ICAO, 2009. – 318 c.
3. Doc 9683 – AN/950: Guide to training in the area of human factor // ICAO, 1998. – 370 c.
4. International Civil Aviation [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.icao.int/safety/ngap/Pages/default.aspx/>. – Organization Next Generation of Aviation Professionals.
5. The unified method of evaluating the possibility of operating covered airfields. – M.: Polytechnic Institut and Scientific Research Institute of Aeroproject, 1999. – 67 p.
6. Order of the Ministry of Defense of Ukraine dated September 23, 2020 No. 348 "On Amendments to the Instructions for the Operation of State Aviation Airfields of Ukraine".
7. Shashkov I. E. Monitoring and forecasting the performance of rigid airfields covered.: Diss.... Cand. technical Sciences: – V.: VVA, 2012. – 147p.
8. Stepushyn A.P. Justification of parameters of the airfield pavement model made of cement concrete. Projecting and construction of airports // Moscow: Tr. MADI. – 1978. – Issue 153. – S. 118 – 123.
9. Vynokurov I.G. Study of the work of rigid airfields covered under the influence of temperature factors: Diss. ... candidate technical of science – M., 1994. – 167 p.