

НАБЛИЖЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ УКРАЇНИ ДО СТАНДАРТІВ НАТО

Стратегічні оборонні документи України регламентують досягнення повної взаємосумісності сил оборони з військами країн-членів НАТО. Це зумовлює гостру потребу в реформуванні та наближенні чинної нормативно-правової бази інженерно-аеродромного забезпечення державної авіації до стандартів Альянсу.

Метою роботи є обґрунтування та розроблення практичних рекомендацій щодо інтеграції стандартів НАТО у вітчизняні нормативні документи (зокрема Накази Міністерства оборони України №121, №348 та №761), які регулюють експлуатацію та визначення придатності аеродромів.

У роботі застосовано метод порівняльного аналізу вітчизняних нормативно-правових актів та Матриці розподілу відповідальності за опрацювання стандартів НАТО. Здійснено детальний аналіз профільних угод зі стандартизацією STANAG та супутніх керівних документів.

На основі аналізу понад 2000 міжнародних документів відібрано 20 ключових стандартів НАТО у сфері експлуатації, ремонту, маркування та освітлення аеродромів. Виявлено суттєві розбіжності між національними вимогами та стандартами Альянсу щодо класифікації кодів тиску в шинах повітряних суден. Запропоновано алгоритм інтеграції міжнародного методу оцінювання експлуатаційного стану аеродромних покриттів PCI (Pavement Condition Index) відповідно до стандарту АЕР-56 у чинні Накази МОУ. Наведено математичний апарат для розрахунку середньозваженого індексу PCI та індексу майбутніх некінетичних пошкоджень (FNKD) для аеродромів з декількома елементами інфраструктури.

Ключові слова: аеродроми, аеродромне забезпечення, технічний стан аеродромів, аеродроми державної авіації, пошкодження покриттів, індекс стану аеродромного покриття, класифікаційний параметр аеродромного покриття, стандарти НАТО, злітно-посадкова смуга, руліжні доріжки, впровадження, метод падаючого вантажу, ремонт аеродромних покриттів.

Вступ. Стандарт НАТО, він же "Угода зі стандартизації" (англ. Standardization Agreement; STANAG) – міжнародний договір, який регламентує загальні правила, визначає спільний порядок дій, закріплює єдину термінологію і встановлює умови уніфікації технічних процесів, а також озброєння та військової техніки, іншої матеріальної частини Збройних сил Альянсу та країн-партнерів. Стандарти НАТО об'єднані в складну і взаємопов'язану ієрархію керівних документів, що мають утворювати систему стандартів.

Стандарт НАТО покликаний забезпечити взаємодію між різними видами збройних сил, збройними силами різних країн для досягнення взаємосумісності, ухвалюється консенсусом і може бути реалізований повністю або частково, із зауваженнями або без.

Стандартизація сприяє досягненню, підтриманню та удосконаленню взаємосумісності як між військами/силами Альянсу, так і між військами/силами держав-партнерів НАТО, зміцнюючи оборонні спроможності Альянсу та посилюючи його боєздатність та ефективність.

Стратегічними оборонними документами України передбачена взаємосумісність з військами/силами Альянсу та збройними силами держав-членів НАТО не лише Збройних Сил України, а й інших складових сил оборони (Служба безпеки України, Національна гвардія України, Державна прикордонна служба України тощо).

Враховуючи вищенаведене, існує потреба в наближенні нормативної бази державної авіації України до стандартів НАТО. Зокрема, потребують перегляду на відповідність стандартам НАТО Накази Міністерства оборони України:

- Наказ Міністерства оборони України №121 від 13.04.2020 "Про внесення змін до Правил визначення придатності до експлуатації аеродромів та злітно-посадкових майданчиків державної авіації України" [1];

- Наказ Міністерства оборони України №761 від 24.12.2015 "Про затвердження Правил аеродромно-технічного забезпечення польотів повітряних суден державної авіації України" [2];

- Наказ Міністерства оборони України №348 від 23.09.2020 "Про внесення змін до Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України" [3].

Об'єкт дослідження – процес аналізу існуючих вимог НАТО і України у сфері інженерно-аеродромного забезпечення державної авіації України.

Мета роботи – розроблення рекомендацій щодо впровадження стандартів НАТО в нормативну базу державної авіації України у сфері інженерно-аеродромного забезпечення.

Практичне значення полягає у можливості впровадження вимог стандартів НАТО у вітчизняну нормативну базу державної авіації України у сфері інженерно-аеродромного забезпечення.

Матеріали та метод. У роботі проведений аналіз Матриці розподілу відповідальності за опрацювання стандартів НАТО щодо визначення нормативних документів НАТО за напрямком інженерно-аеродромного забезпечення, переклад відібраних стандартів НАТО та аналіз перекладених стандартів НАТО за напрямком інженерно-аеродромного забезпечення та надання рекомендацій щодо впровадження нормативних документів НАТО та внесення змін в нормативну базу державної авіації України.

Останні дослідження та публікації. Проблемами інженерно-аеродромного забезпечення в Україні займалися багато вітчизняних вчених, таких як Гамеляк І.П., Дубик О.М., Родченко О.В., Цихановський В.К., Талах С.М. та ін. [4-17].

Проблема впливу ударних та рухомих навантажень детально висвітлена у працях [18, 19]. Автори акцентують увагу на тому, що за високих швидкостей руху повітряних суден інерційні сили в конструкції покриття значно змінюють характер розподілу напружень. Використання програмних комплексів дозволяє імітувати рух ПС як послідовність імпульсних навантажень, що є критичним для виникнення мікротріщин у бетоні.

Практичне застосування міжнародних стандартів висвітлено в роботі [20], де на прикладі одного з аеродромів проведено визначення несучої спроможності аеродромного покриття з використанням методу класифікаційних чисел ACN/PCN та спеціалізованого програмного комплексу COMFAA 3.0. Це дослідження демонструє важливість автоматизації розрахунків для оперативного управління експлуатаційним станом аеродромних комплексів.

У працях закордонних вчених Rahmawati A. [20] та Rezaei-Tarahomi A. [21] акцентується увага на використанні програмних продуктів, рекомендованих ICAO та FAA.

Відповідно до досліджень [22] та стандарту ASTM D5340 [23], покриття втрачає перші 40 % індексу PCI протягом 75 % свого терміну служби, після чого відбувається стрімке руйнування.

Дослідження Oh H.J. [24] демонструють ефективність використання лазерних сканерів та мобільних систем картографування, що дозволяють створювати цифрові двійники аеродромних покриттів. Це забезпечує точність прогнозування індексу стану покриття PCI з урахуванням мікротріщин, які є причинами інтенсивного руйнування (критична точка на кривій деградації).

Управління експлуатаційним станом елементів льотного поля (ЗПС, РД, перонів) має суттєві відмінності від дорожньої галузі через екстремальні динамічні навантаження від повітряних суден та підвищені вимоги до безпеки польотів.

Результати. З аналізу Матриці розподілу відповідальності за опрацювання стандартів НАТО, яка містить понад 2000 стандартів НАТО, відібрано 20 стандартів за напрямком інженерно-аеродромного забезпечення:

- STANAG 2929. Можливості ремонту пошкоджень аеродрому (ADR) [25];
- STANAG 3158. Денне маркування злітно-посадкових смуг та руліжних доріжок аеродрому [26];
- STANAG 3346. Маркування та освітлення аеродромних перешкод [27];
- STANAG 3619. Маркування та освітлення вертолітних майданчиків і вертолітних аеродромів [28];
- STANAG 3634. Умови тертя та гальмування на злітно-посадковій смузі [29];
- STANAG 3759. Щодо підготовки процедур заходження на посадку за приладами та вильоту [30];
- STANAG 4720. Стандарт НАТО для систем управління повітряним рухом (ATM) та управління безпекою польотів (SMS) [31];
- STANAG 7104. Інструкції з експлуатації аеродромної системи зупинки повітряних суден [32];
- STANAG 7174. Аеропорт і літаки для очищення вертолітних майданчиків [33];
- AATCP-1. Щодо підготовки процедури заходження на посадку та зльоту за приладами [34];
- AATMP-01. Стандарт НАТО для повітряного руху. Управління (ATM). Система управління безпекою (SMS) [35];
- AATMP-03. Можливості ремонту пошкоджень аеродрому (ADR) [36];
- AATMP-05. Денне маркування злітно-посадкових смуг аеродрому та руліжних доріжок [37];
- AATMP-08. Маркування та освітлення аеродромних перешкод [38];
- AATMP-12. Маркування та освітлення вертолітних майданчиків і вертолітних аеродромів [39];
- AATMP-13. Умови тертя та гальмування на злітно-посадковій смузі [40];
- AATMP-30. Інструкції з експлуатації аеродромної системи зупинки повітряних суден [41];
- AATMP-38. Дозволи на польоти ПС з аеродромів та вертолітних майданчиків [42];
- AEP-46(B). Класифікаційні номери повітряних суден (ACN)/класифікаційний номер аеродромного покриття (PCN) [43];
- AEP-56. Стандартний метод дослідження індексу стану аеродромного покриття (PCI) [44].

Найбільш відомим і широко поширеним із методів оцінювання експлуатаційно-технічного стану аеродромних покриттів, які використовуються за кордоном, є метод PCI (Pavement Condition Index – індекс стану покриття), який прийнятий в стандарті AEP-56 [44].

При оцінюванні PCI враховується 15 типів дефектів: здирання плит (втрата поздовжньої стійкості), облом кута, тріщина (поздовжня, поперечна чи діагональна), D-подібні тріщини, пошкодження герметика в швах, руйнування $< 0,5 \text{ м}^2$, руйнування $> 0,5 \text{ м}^2$, раковини, лущення, уступи, руйнування плити, усадочні тріщини, сколювання в швах, сколювання в кутах.

Процедура визначення PCI аеродромних покриттів включає декілька етапів:

1. Розбивання елементів аеродромів (ЗПС, РД, МС) на ділянки, які мають однакову конструкцію, рік побудови, технологію будівництва та історію навантажень з урахуванням їх експлуатаційного стану, визначеного на основі візуального обстеження. Вибрані ділянки виділяють на генеральному плані аеродрому. Потім кожен ділянку розділяють на зразки.

Кожен елемент аеродрому, ділянку, зразок і плиту нумерують з метою прив'язки і використання при виконанні повторних обстежень.

2. Візуальне обстеження кожного зразка, фіксуючи кожен виявлений дефект, ступінь пошкодження, кількість пошкоджених плит та щільність дефектів в дефектній відомості. Плити наносять на схему.

Потім визначається щільність розподілу дефекту за формулою:

$$D_y = \frac{\sum n_{ij}}{n_{\Sigma}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

де D_y – щільність розподілу дефекту;

n_{ij} – кількість плит, які мають i -й дефект та j -й ступінь пошкодження;

n_{Σ} – сумарна кількість плит в зразку ($n_{\Sigma} = 20$).

3. Визначають приведені значення суми показників стану CDV_i з урахуванням кількості дефектів q , для яких значення показника стану перевищує 5.

4. Обчислення індексу експлуатаційного стану покриття для кожного зразка виконується за формулою:

$$PCI = 100 - CDV_i, \quad (2)$$

де n – кількість зразків.

За обчисленим середнім значенням індексу встановлюють якісну оцінку (рейтинг) експлуатаційного стану ділянки покриття відповідно до таблиці 1.

Таблиця 1 – Співвідношення між PCI та рейтингом стану аеродромного покриття

Значення PCI	Рейтинг стану покриття
86-100	Відмінне
71-85	Дуже добре
56-70	Добре
41-55	Задовільне
26-40	Погане
11-25	Дуже погане
0-10	Зруйноване

Алгоритм визначення PCI необхідно впровадити в Наказ Міністерства оборони України від 23.09.2020 № 348 "Про внесення змін до Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України" [3] та від 13.04.2020 №121 "Про внесення змін до Правил визначення придатності до експлуатації аеродромів та злітно-посадкових майданчиків державної авіації України" [1].

У випадку декількох злітно-посадкових смуг, руліжних доріжок та перонів для паркування слід розраховувати середньозважений PCI :

$$PCI = \frac{PCI_1 \cdot A_1 + PCI_2 \cdot A_2 + PCI_3 \cdot A_3 \dots}{A_1 + A_2 + A_3}, \quad (3)$$

де PCI_1, PCI_2, PCI_3 – індекси станів аеродромних покриттів для елементів аеродрому №1, №2 та №3;

A_1, A_2, A_3 – площі елементів аеродромів №1, №2 та №3.

Якщо неможливо визначити PCI аеродромного покриття, то можна визначити майбутні некінетичні пошкодження $FNKD$ для кожної поверхні і аналогічним чином розрахувати зважений $FNKD$:

$$FNKD = \frac{FNKD_1 \cdot A_1 + FNKD_2 \cdot A_2 + FNKD_3 \cdot A_3 \dots}{A_1 + A_2 + A_3}, \quad (4)$$

$FNKD_1, FNKD_2, FNKD_3$ – майбутні некінетичні пошкодження для елементів аеродрому №1, №2 та №3;

A_1, A_2, A_3 – площі елементів аеродромів №1, №2 та №3.

В Наказах Міністерства оборони України №348 та №121 відсутня інформація щодо визначення індексу стану аеродромного покриття *PCI*. Однак дана інформація є в стандарті НАТО АЕР-56 "Стандартний метод дослідження індексу стану аеродромного покриття". І цю інформацію стосовно *PCI* з АЕР-56 необхідно впроваджувати в Накази Міністерства оборони України №348 і №121.

В Додатках до АЕР-56 наведені описи дефектів аеродромного покриття, ступінь загрози та способи вимірювання. Дані описи дефектів, ступені загрози та способи вимірювання потребують додаткового вивчення щодо можливості впровадження в Наказ Міністерства оборони України №348.

В Наказі Міністерства оборони України від 23.09.2020 № 348 "Про внесення змін до Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України" вказано:

Категорія максимально допустимого тиску в пневматиках повітряного судна:

- код W – не обмежено: тиск не обмежений;
- код X – високий: тиск не більше 1,75 МПа;
- код Y – середній: тиск не більше 1,25 МПа;
- код Z – низький: тиск не більше 0,50 МПа.

Однак в документі АЕР-46 коди тиску в шинах інші (таблиця 2).

Таблиця 2 – Коди тиску в шинах відповідно до АЕР-46

Код	Категорія	Тиск в шинах МРА
W	Високий	Без обмежень
X	Середній	Ліміт до 1,5
Y	Низький	Ліміт до 1,0
Z	Дуже низький	Ліміт до 0,5

В Наказі Міністерства оборони України від 23.09.2020 № 348 наведені наступні вказівки щодо перевантаження:

1) на жорстких покриттях середньорічну добову інтенсивність обмежують:

- десятьма літако-вильотами на добу, якщо $1 > PCN/ACN \geq 0,85$;
- двома літако-вильотами на добу, якщо $0,85 > PCN/ACN \geq 0,8$;
- одним літако-вильотом на добу, якщо $0,8 > PCN/ACN \geq 0,75$;

2) на нежорстких покриттях сумарну добову інтенсивність обмежують:

- двадцятьма літако-вильотами на добу, якщо $1 > PCN/ACN \geq 0,8$;
- п'ятьма літако-вильотами на добу, якщо $0,8 > PCN/ACN \geq 0,7$;

3) разові (аварійні) посадки повітряних суден допускається виконувати для $PCN/ACN \geq 0,5$.

З 28 листопада 2024 року цивільні аеродроми України зобов'язані перейти на метод класифікаційного рейтингу повітряного судна – рейтингу класифікації покриття (ACR-PCR) та опублікувати дані щодо несучої спроможності аеродромних покриттів у Збірнику аеронавігаційної інформації в форматі ACR-PCR.

Інструктивний матеріал щодо порядку представлення даних покриттів за методом ACR-PCR, публікації PCR та стандартні процедури для визначення ACR повітряного судна містяться у частині 3 Керівництва по проектуванню аеродромів (Doc 9157 [45]).

Висновки. У процесі адаптації нормативної бази державної авіації України до стандартів НАТО виявлено низку суттєвих відмінностей між наказами Міністерства оборони України та положеннями стандартів Альянсу (зокрема АЕР-46, АЕР-56, ААТМР-03, ААТМР-05, ААТМР-12 та STANAG 3158). Проведений аналіз показав необхідність перегляду й оновлення національних документів у напрямі підвищення рівня взаємосумісності, уніфікації методів оцінювання, а також впровадження сучасних підходів до маркування та технічного обслуговування аеродромів державної авіації. Це стосується, зокрема:

- Наказу Міністерства оборони України №121 від 13.04.2020 "Про внесення змін до Правил визначення придатності до експлуатації аеродромів та злітно-посадкових майданчиків державної авіації України";

- Наказу Міністерства оборони України №348 від 23.09.2020 "Про внесення змін до Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України";

- Наказу Міністерства оборони України №761 від 24.12.2015 "Про затвердження Правил аеродромно-технічного забезпечення польотів повітряних суден державної авіації України".

Одним із ключових напрямків модернізації вітчизняної нормативної бази є запровадження методики PCI (Pavement Condition Index) відповідно до стандарту AEP-56, що дозволить об'єктивно оцінювати стан аеродромних покриттів і планувати їхнє відновлення.

Також доцільним є уточнення вимог щодо класифікаційних кодів тиску в пневматиках повітряних суден, міцності земляного полотна, співвідношення ACN/PCN, а також удосконалення алгоритмів визначення навантаження на покриття з урахуванням реальних експлуатаційних параметрів.

Впровадження положень стандартів НАТО у систему нормативно-правових актів Міністерства оборони України сприятиме:

- підвищенню ефективності інженерно-аеродромного забезпечення;
- наближенню технічних процедур і вимог до міжнародних стандартів;
- забезпеченню сумісності з військами держав-членів НАТО;
- підвищенню безпеки польотів та експлуатаційної надійності аеродромів державної авіації.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Про внесення змін до Правил визначення придатності до експлуатації аеродромів та злітно-посадкових майданчиків державної авіації України : наказ Міністерства оборони України від 13 квіт. 2020 р. № 121. 98 с.

2. Про затвердження Правил аеродромно-технічного забезпечення польотів повітряних суден державної авіації України : наказ Міністерства оборони України від 24 груд. 2015 р. № 761. 70 с.

3. Про внесення змін до Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України : наказ Міністерства оборони України від 23 верес. 2020 р. № 348. 182 с.

4. Дубик О. М., Ільченко В. В., Степанчук О. В., Талавіра Г. М. Удосконалення моніторингу експлуатаційно-технічного стану жорстких аеродромних покриттів. Галузеве машинобудування, будівництво. 2021. № 2 (57). с. 59–67.

5. Гамеляк І. П., Харченко А. М., Дмитриченко А. М. Аналіз методів визначення ступеня пошкодження цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2024. Вип. 116. с. 71–80. URL: https://arccjournal.org/web/uploads/pdf/2024_61_3-58-67.pdf (дата звернення: вказується автором).

6. Dubyk O., Timkina S., Stepanchuk O., Prentkovskis O. Assessment and Predictive Modelling of Transport and Operating Condition of Aerodrome Pavement: A Case Study of Zaporizhzhia. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Cham : Springer, 2022. p. 171–183.

7. Karpov V., Stepanchuk O., Dubyk O., Rodchenko O., Prentkovskis O. Improvement of Methodology of Calculation and Assessment of Transport and Operational Condition of Airfield Pavement (on the Example of Airport Pavements of Kyiv and Mykolaiv International Airports). In: Prentkovskis O., Yatskiv (Jackiva) I., Skačkauskas P., Maruschak P., Karpenko M. (eds). TRANSBALTICA 2022. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Cham : Springer, 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-25863-3_79.

8. Дубик О. М., Чемакіна О. В., Чернишова О. С., Осовський І. О., Кудрявець Є. С. Методика визначення несучої спроможності аеродромних покриттів. Теорія та практика дизайну. Архітектура та будівництво. Київ : НАУ, 2024. Вип. 34. с. 11–21.

9. Максименко В. П., Дубик О. М., Карпенко А. К., Зіненко С. С. Застосування композитної арматури в жорстких покриттях автомобільних доріг і аеродромів. Airport Planning, Construction and Maintenance Journal. 2024. № 4. с. 87–95.

10. Malovanyu M., Dubyk O., Chemakina O., Povzun O. Disposal of Industrial Waste in Building Material Production. Pollack Periodica. 2026. p. 64–71. DOI: 10.1556/606.2025.01306.

11. Дубик О. М., Чернишова О. С., Вишневіська А. В., Осовський І. М., Данілін О. М. Дослідження напружено-деформованого стану конструкції аеродромного покриття аеродрому державної авіації. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2025. Вип. 6. с. 52–67.
12. Dubyk O. M., Chernyshova O. S., Osovskiy I. M., Kononenko D. Yu. Determination of the Stress–Strain State of the Rigid Pavement Structure of an Airfield Access Road. *Сучасне будівництво та архітектура*. 2026. № 15. р. 34–42.
13. Родченко О. В., Єрмак О. Т. Проектування пасажирського авіатермінала в рамках стратегії сталого розвитку. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2023. № 2. с. 59–68. DOI: 10.32782/apcmj.2023.2.6.
14. Родченко О. В. Комп'ютерні технології визначення класифікаційного параметра жорсткого аеродромного покриття з використанням штучного інтелекту. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2024. № 4. с. 104–112. DOI: 10.32782/apcmj.2024.4.10.
15. Родченко О. В., Шевченко О. В. Комп'ютерні технології числового моделювання будівельних конструкцій з використанням штучного інтелекту. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2024. № 3. с. 71–77. DOI: 10.32782/apcmj.2024.3.10.
16. Цихановський В. К., Козловець С. М., Коряк О. С. Розрахунок тонких плит на пружній основі методом скінченних елементів. Київ : Сталь, 2008. 234 с.
17. Цихановський В. К., Прусов Д. Є. Уточнений чисельний розрахунок жорстких аеродромних покриттів на слабких ґрунтових основах з урахуванням неоднорідностей матеріалу і особливостей стикових елементів плит. *Опір матеріалів і теорія споруд*. 2006. № 79. с. 92–100.
18. Shafabakhsh G., Kashi E., Tahani M. Analysis of runway pavement response under aircraft moving load by FEM. *Journal of Engineering, Design and Technology*. 2018. Vol. 16. р. 233–243. DOI: 10.1108/JEDT-09-2017-0093.
19. Qin Y., Hiller J. E. Modeling the temperature and stress distributions in rigid pavements: impact of solar radiation absorption and heat history development. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2011. Vol. 15. P. 1361–1371. DOI: 10.1007/s12205-011-1322-6.
20. Rahmawati A., Rahmawati F. Runway pavement strength evaluation of Yogyakarta International Airports depends on ICAO (ACN/PCN) method with COMFAA 3.0 software. *International Journal of Integrated Engineering*. 2022. Vol. 14. P. 350–359. DOI: 10.1007/s41062-024-01376-x.
21. Rezaei-Tarahomi A., Kaya O., Ceylan H., Kim S., Gopalakrishnan K., Brill D. R. Development of rapid three-dimensional finite-element based rigid airfield pavement foundation response and moduli prediction models. *Transportation Geotechnics*. 2017. Vol. 13. P. 81–91. DOI: 10.1016/j.trgeo.2017.08.011.
22. Yuan J., Li W., Li Y., Ma L., Zhang J. Fatigue models for airfield concrete pavement: literature review and discussion. *Materials*. 2021. Vol. 14. Article 6579. DOI: 10.3390/ma14216579.
23. ASTM D5340-24. Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys. West Conshohocken : ASTM International, 2024. 63 p.
24. Oh H. J., Cho Y. K., Seo Y., Kim S.-M. Experimental analysis of curling behavior of continuously reinforced concrete pavement. *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 128. P. 57–66. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.10.079.
25. STANAG 2929. Можливості ремонту пошкоджень аеродрому (ADR). Офіс стандартизації НАТО, 2016. 7 с.
26. STANAG 3158. Денне маркування злітно-посадкових смуг та руліжних доріжок аеродрому. Офіс стандартизації НАТО, 2015. 5 с.
27. STANAG 3346. Маркування та освітлення аеродромних перешкод. Офіс стандартизації НАТО, 2023. 5 с.
28. STANAG 3619. Маркування та освітлення вертолітних майданчиків і вертолітних аеродромів. Офіс стандартизації НАТО, 2018. 28 с.
29. STANAG 3634. Умови тертя та гальмування на злітно-посадковій смузі. Офіс стандартизації НАТО, 2018. 18 с.
30. STANAG 3759. Щодо підготовки процедур заходження на посадку за приладами та вильоту. Офіс стандартизації НАТО, 2017. 6 с.
31. STANAG 4720. Стандарт НАТО для систем управління повітряним рухом (ATM) та управління безпекою польотів (SMS). Офіс стандартизації НАТО, 2014. 5 с.
32. STANAG 7104. Інструкції з експлуатації аеродромної системи зупинки повітряних суден. Офіс стандартизації НАТО, 2023. 5 с.
33. STANAG 7174. Аеропорт і літаки для очищення вертолітних майданчиків. Офіс стандартизації НАТО, 2017. 7 с.

34. ААТСР-1. Щодо підготовки процедури заходження на посадку та зльоту за приладами. Офіс стандартизації НАТО, 2017. 93 с.
35. ААТМР-01. Стандарт НАТО для повітряного руху. Управління (АТМ). Система управління безпекою (SMS). Офіс стандартизації НАТО, 2014. 47 с.
36. ААТМР-03. Можливості ремонту пошкоджень аеродрому (ADR). Офіс стандартизації НАТО, 2016. 113 с.
37. ААТМР-05. Денне маркування злітно-посадкових смуг аеродрому та руліжних доріжок. Офіс стандартизації НАТО, 2015. 22 с.
38. ААТМР-08. Маркування та освітлення аеродромних перешкод. Офіс стандартизації НАТО, 2023. 18 с.
39. ААТМР-12. Маркування та освітлення вертолітних майданчиків і вертолітних аеродромів. Офіс стандартизації НАТО, 2018. 60 с.
40. ААТМР-13. Умови тертя та гальмування на злітно-посадковій смузі. Офіс стандартизації НАТО, 2018. 22 с.
41. ААТМР-30. Інструкції з експлуатації аеродромної системи зупинки повітряних суден. Офіс стандартизації НАТО, 2023. 18 с.
42. ААТМР-38. Дозволи на польоти повітряних суден з аеродромів та вертолітних майданчиків. Офіс стандартизації НАТО, 2023. 56 с.
43. АЕР-46(В). Класифікаційні номери повітряних суден (АСН) / класифікаційний номер аеродромного покриття (РСН). Офіс стандартизації НАТО, 2008. 280 с.
44. АЕР-56. Стандартний метод дослідження індексу стану аеродромного покриття (РСІ). Офіс стандартизації НАТО, 2008. 140 с.
45. Doc 9157. Aerodrome Design Manual. Part 3. Pavements = Керівництво з проєктування аеродромів. Частина 3. Покриття. 3rd ed. International Civil Aviation Organization (ICAO), 2023. 162 p.

REFERENCES:

1. *Ministry of Defense of Ukraine*, Order No. 121, "On amendments to the Rules for determining the suitability for operation of airfields and runways of state aviation of Ukraine," 98 p. (13 April 2020).
2. *Ministry of Defense of Ukraine*, Order No. 761, "On approval of the Rules of airfield-technical support of flights of aircraft of state aviation of Ukraine," 70 p. (24 December 2015).
3. *Ministry of Defense of Ukraine*, Order No. 348, "On amendments to the Instructions for the operation of airfields of state aviation of Ukraine," 182 p. (23 September 2020).
4. O. M. Dubyk, V. V. Ilchenko, O. V. Stepanchuk, & H. M. Talavira. (2021). Improvement of monitoring the operational and technical condition of rigid airfield pavements. *Galuz. Mashinobud. Budivn.*, 2 (57), 59–67.
5. I. P. Hameliak, A. M. Kharchenko, & A. M. Dmytrychenko. (2024). Analysis of methods for determining the degree of damage to cement concrete pavements of highways and airfields. *Avtomob. Dorozh. Budivn.*, 116, pp. 71–80.
6. O. Dubyk, S. Timkina, O. Stepanchuk, & O. Prentkovskis. (2022). Assessment and Predictive Modelling of Transport and Operating Condition of Aerodrome Pavement: A Case Study of Zaporizhzhia. *Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure*, Springer, Cham, pp. 171–183.
7. Karpov, V., Stepanchuk, O., Dubyk, O., Rodchenko, O. & Prentkovskis, O. (2023). Improvement of Methodology of Calculation and Assessment of Transport and Operational Condition of Airfield Pavement (on the Example of Airport Pavements of Kyiv and Mykolaiv International Airports). In: Prentkovskis, O., Yatskiv (Jackiva), I., Skačkauskas, P., Maruschak, P., Karpenko, M. (eds) *TRANSBALTICA 2022. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure*. Springer, Cham, pp. 806–823. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25863-3_79
8. O. M. Dubyk, O. V. Chemakina, O. S. Chernyshova, I. O. Osovslyi, & Ye. S. Kudriavets. (2024). Methodology for determining the bearing capacity of airfield pavements. *Teor. Prakt. Dyzaingu. Arkhit. Budivn.* 34, pp. 11–21.
9. V. P. Maksymenko, O. M. Dubyk, A. K. Karpenko, & S. S. Zinenko. (2024). Application of composite reinforcement in rigid pavements of highways and airfields, *Airport Plan. Constr. Maint. J.* 4, pp. 87–95.
10. M. Malovanyy, O. Dubyk, O. Chemakina, & O. Povzun. (2026). Disposal of industrial waste in building material production, *Pollack Period.* pp. 64–71.

11. O. M. Dubyk, O. S. Chernyshova, A. V. Vyshnevskaya, I. M. Osovskiy, & O. M. Danilin. (2025). Investigation of the stress-strain state of the airfield pavement structure of the state aviation airfield, *Airport Plan. Constr. Maint. J.* 2, pp. 52–67.
12. O. M. Dubyk, O. S. Chernyshova, I. M. Osovskiy, & D. Yu. Kononenko. (2026). Determination of the stress–strain state of the rigid pavement structure of an airfield access road, *Suchasne Budivn. Arkhit.* 15, pp. 34–42.
13. O. V. Rodchenko & O. T. Yermak. (2023). Passenger air terminal design within the sustainable development strategy, *Airport Plan. Constr. Maint. J.* 2, pp. 59–68 (2023); <https://doi.org/10.32782/apcmj.2023.2.6>.
14. O. V. Rodchenko. (2024). Computer technologies for determining the classification parameter of rigid airfield pavement using artificial intelligence," *Airport Plan. Constr. Maint. J.* 4, pp. 104–112 <https://doi.org/10.32782/apcmj.2024.4.10>.
15. O. V. Rodchenko & O. V. Shevchenko. (2024). Computer technologies for numerical modeling of building structures using artificial intelligence, *Airport Plan. Constr. Maint. J.* 3, pp. 71–77 ; <https://doi.org/10.32782/apcmj.2024.3.10>.
16. V. K. Tsykhanovskiy, S. M. Kozlovets, & O. S. Koriak. (2008). Calculation of Thin Plates on an Elastic Foundation by the Finite Element Method. *Stal, Kyiv*, 234 p.
17. V. K. Tsykhanovskiy & D. E. Prusov. (2006). Refined numerical calculation of rigid airfield pavements on weak soil foundations taking into account material inhomogeneities and features of slab joint elements, *Opir Mater. Teor. Sporud* 79, pp. 92–100.
18. G. Shafabakhsh, E. Kashi, & M. Tahani. (2018). Analysis of runway pavement response under aircraft moving load by FEM, *J. Eng. Des. Technol.* 16, pp. 233–243; <https://doi.org/10.1108/JEDT-09-2017-0093>.
19. Y. Qin & J. E. Hiller. (2011). Modeling the temperature and stress distributions in rigid pavements: impact of solar radiation absorption and heat history development, *KSCE J. Civ. Eng.* 15, pp. 1361–1371; <https://doi.org/10.1007/s12205-011-1322-6>.
20. A. Rahmawati & F. Rahmawati (2022). Runway pavement strength evaluation of Yogyakarta International Airports depends on ICAO (ACN/PCN) method with COMFAA 3.0 software, *Int. J. Integr. Eng.* 14, pp. 350–359; <https://doi.org/10.1007/s41062-024-01376-x>.
21. A. Rezaei-Tarahomi, O. Kaya, H. Ceylan, S. Kim, K. Gopalakrishnan, & D. R. Brill (2017), "Development of rapid three-dimensional finite-element based rigid airfield pavement foundation response and moduli prediction models," *Transp. Geotech.* 13, pp. 81–91; <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2017.08.011>.
22. J. Yuan, W. Li, Y. Li, L. Ma, & J. Zhang. (2021). Fatigue models for airfield concrete pavement: literature review and discussion, *Materials* 14, 6579; <https://doi.org/10.3390/ma14216579>.
23. ASTM D5340-24. (2024). *Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys* (ASTM International, West Conshohocken), 63 p.
24. H. J. Oh, Y. K. Cho, Y. Seo, & S.-M. Kim. (2016). Experimental analysis of curling behavior of continuously reinforced concrete pavement, *Constr. Build. Mater.* 128, pp. 57–66; <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.10.079>.
25. NATO Standardization Office, STANAG 2929. (2016). Aerodrome damage repair capabilities (ADR), 7 p.
26. NATO Standardization Office, STANAG 3158. (2015). Day marking of aerodrome runways and taxiways, 5 p.
27. NATO Standardization Office, STANAG 3346. (2023). Marking and lighting of aerodrome obstructions, 5 p.
28. NATO Standardization Office, STANAG 3619. (2018). Marking and lighting of helipads and heliports, 28 p.
29. NATO Standardization Office, STANAG 3634. (2018). Runway friction and braking conditions, 18 p.
30. NATO Standardization Office, STANAG 3759. (2017). On the preparation of instrument approach and departure procedures," 6 p.
31. NATO Standardization Office, STANAG 4720. (2014). NATO standard for Air Traffic Management (ATM) and Safety Management Systems (SMS), 5 p.
32. NATO Standardization Office, STANAG 7104. (2023). Instructions for the operation of the airfield aircraft arrestor system, 5 p.
33. NATO Standardization Office, STANAG 7174. (2017). Airport and aircraft for cleaning helipads, 7 p.

34. NATO Standardization Office, AATCP-1. (2017). On the preparation of instrument approach and take-off procedures, 93 p.
35. NATO Standardization Office, AATMP-01. (2014). NATO standard for air traffic management (ATM) safety management system (SMS), 47 p.
36. NATO Standardization Office, AATMP-03. (2016). Aerodrome damage repair capabilities (ADR), 113 p.
37. NATO Standardization Office, AATMP-05. (2015). Day marking of aerodrome runways and taxiways, 22 p.
38. NATO Standardization Office, AATMP-08. (2023). Marking and lighting of aerodrome obstructions, 18 p.
39. NATO Standardization Office, AATMP-12. (2018). Marking and lighting of helipads and heliports, 60 p.
40. NATO Standardization Office, AATMP-13. (2018). Runway friction and braking conditions, 22 p.
41. NATO Standardization Office, AATMP-30. (2023). Instructions for the operation of the airfield aircraft arrestor system, 18 p.
42. NATO Standardization Office, AATMP-38. (2023). Aircraft flight clearances from aerodromes and helipads, 56 p.
43. NATO Standardization Office, AEP-46(B). (2008). Aircraft Classification Numbers (ACN) / Pavement Classification Number (PCN), 280 p.
44. NATO Standardization Office, AEP-56. (2008). Standard test method for airfield Pavement Condition Index (PCI) surveys, 140 p.
45. International Civil Aviation Organization (ICAO), Doc 9157. (2023). Aerodrome Design Manual. Part 3. Pavements, 3rd ed. (ICAO, Montreal), 162 p.

Ph.D Dobrovol'skyi Y.B., Ph.D Dubyk O.M., Ph.D Yarmolchuk M.O.

ALIGNING UKRAINE'S STATE AVIATION REGULATORY FRAMEWORK WITH NATO STANDARDS

Abstract. Ukraine's strategic defense documents mandate achieving full interoperability between the defense forces and the military forces of NATO member states. This creates an urgent need to reform the existing regulatory framework for airfield engineering support for state aviation and align it with Alliance standards.

Justification and development of practical recommendations for integrating NATO standards into domestic regulatory documents (specifically Ministry of Defence of Ukraine Orders №121, №348 and №761) governing the operation and determination of the suitability of airfields.

The study employs a method of comparative analysis involving domestic regulatory acts and the Responsibility Allocation Matrix for the processing of NATO standards. A detailed analysis of relevant STANAG standardization agreements and associated guidance documents was conducted.

Based on an analysis of over 2000 international documents, 20 key NATO standards regarding airfield operations, maintenance marking, and lighting were selected. Significant discrepancies were identified between national requirements and Alliance standards concerning aircraft tire pressure code classifications.

An algorithm was proposed to integrate the foreign PCI (Pavement Condition Index) method for assessing airfield pavement operational status – in accordance with standard AEP-56 – into current Ministry of Defence orders. Mathematical formulas are provided for calculating the weighted average PCI and Future Non-Kinetic Damage (FKND) index for airfields comprising multiple infrastructure elements.

Key words: airfields, airfield support, technical condition of airfields, state aviation airfields, pavement damage, airfield pavement condition index, airfield pavement classification parameter, NATO standards, runway, taxiways, implementation, falling weight method, airfield pavement repair.