

УДК 625.712.65:625.841.001.2

DOI <https://doi.org/10.32782/apcmj.2023.2.2>**Гамеляк Ігор Павлович,**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Аеропорти»,
Національний транспортний університет,
вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 1, Київ, 02000, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9246-7561>
E-mail: gip65n@gmail.com

Дмитриченко Андрій Миколайович,

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри транспортного права та логістики,
Національний транспортний університет,
вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 1, Київ, 02000, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6144-7533>
E-mail: dmytrychenkoa@gmail.com

Райковський Віталій Францевич,

кандидат технічних наук,
завідувач сектору науково-технічного супроводу,
Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут
імені М.П. Шульгіна»,
просп. Перемоги, 57, Київ, 02000, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6391-7647>
E-mail: vintikntu@ukr.net

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ АЕРОДРОМНОГО ПОКРИТТЯ

Анотація. У роботі уточнено терміни, що стосуються видів робіт із капітального ремонту та реконструкції аеродромних покриттів і їх відновлення. Наведено вдосконалену методику оцінювання стану покриття, установлення залишкового ресурсу та призначення видів ремонту на основі візуального й інструментального обстеження.

Ключові слова: аеродромний одяг, відновлення, технічне обслуговування злітно-посадкової смуги, Dynatest FastFWD, Dynatest HWD.

Hameliak Ihor, Dmytrychenko Andrii, Raikovskiy Vitalii. IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY OF AIRFIELD PAVEMENT CONDITION ASSESSMENT

Abstract. The paper specifies the terms related to the types of work on major repairs and reconstruction of airfield pavements and their restoration. An improved methodology for assessing the condition of the pavement, establishing the residual life and assigning the types of repairs to the new visual and instrumental inspection is given.

Key words: airfield pavement, restoration, runway maintenance, Dynatest FastFWD, Dynatest HWD.

Вступ. У [1] немає визначення терміна «аварійний ремонт та відновлення аеродромного покриття». Визначено поняття «відновлення основи покриття», що полягає в підсипанні ґрунту або матеріалу штучної основи та його ущільненні, виконується в разі утворення «блюдець» і зависання покриття та поєднується із заміною дефектних плит.

Після відновлення основи й укладання плит виконується ущільнення покриття до цілковитого його осідання. Ремонт сполучень країв покриттів із ґрунтовою частиною льотного поля полягає в підсипанні, розгортанні й ущільненні ґрунту.

У зв'язку з російською військовою агресією у [2] сформульовано: «відновлення –

сукупність робіт на пошкодженому об'єкті з метою досягнення експлуатаційного придатного стану шляхом поточного або капітального ремонту, реконструкції».

У зарубіжній літературі розрізняють поточний, аварійний (rapid emergency repair) ремонт, капітальний, відновлення (renovation), реконструкцію, ремонт сучасними новими методами (інновація). Порівняльний аналіз з визначеннями у вітчизняних і зарубіжних нормах наведено в таблиці 1 [1; 3–6]. Для призначення виду ремонту за кордоном, а останніми роками і в Україні, використовують дані інструментального обстеження сучасними установками динамічного навантаження [3–7].

Уточнення методики обстеження

На основі досвіду науково-технічного супроводу будівництва та ремонту аеропортів України за останнє десятиліття (понад 10 аеропортів) уточнено методику оцінювання стану покриття, установлення залишкового ресурсу та призначення видів ремонту на основі візуального й інструментального обстеження [7]. Перелік робіт, які необхідно виконати відповідно до вимог чинних нормативних документів: ДСТУ-Н Б В.2.3-32:2016, ДБН В.2.3-4:2015, ВБН В.2.3-218-186:2004, а саме:

Збір даних:

- визначення інтенсивності та складу парку повітряних суден;
- прогнозування параметрів розрахункового навантаження;
- аналіз зміни стану та властивостей ґрунтів під впливом різних чинників.

Візуальне обстеження:

- візуальне обстеження стану покриття, прогнозування стану покриття та штучної основи аеродромного одягу;
- фото- та відеофіксація стану аеродромного покриття;
- складання акта дефектів;
- оцінка категорії руйнування покриття на окремих ділянках.

Інструментальне обстеження:

- відбір кернів або вирубок із покриття для визначення товщини конструктивних шарів і міцності на стиск монолітних шарів;
- відбір проб ґрунту й експертна оцінка або лабораторні випробування зразків ґрунту;

– визначення класу міцності цементобетону з використанням склерометра (метод відскоку) [8];

– тепловізійне обстеження стану покриття згідно з М 02070915-737:2014 для встановлення підповерхневих дефектів і руйнувань, зміни типу конструкції, залягання перезволожених ґрунтів, наявності пустот тощо [9];

– польові випробування ґрунтів природної основи методом динамічного зондування (за методикою інж. А.С. Литвиненко) для уточнення особливостей залягання інженерно-геологічних елементів (далі – ІГЕ), установлення потужності окремих ІГЕ, рівня ґрунтових вод, модуля пружності ґрунту, кута внутрішнього тертя, питомого зчеплення, їх варіації та на цій основі нормативних характеристик ґрунтів природної основи під аеродромним одягом [10–11];

– визначення модуля пружності (для нежорстких покриттів) чи коефіцієнта постелі ґрунту природної основи (для жорстких покриттів) шляхом статичних випробувань штампом діаметром 30,0–76,2 см;

– лабораторний аналіз придатності наявних матеріалів як основи чи для повторного використання (ресайклінг);

– інструментальне обстеження з визначенням чаші прогину, розрахунок загального модуля пружності ґрунту й окремих шарів аеродромного одягу (установка FWD/HWD). Під час випробування плит жорсткого покриття беруться значення прогину як по центру, так і на краю та куті плити (із встановленням датчика на суміжній плиті) для перевірки роботи штирів у швах [12].

Оцінка стану аеродромних покриттів для визначення ACN – PCN):

- класифікаційне число покриття (далі – PCN);
- тип покриття;
- категорія міцності ґрунтової основи;
- категорія максимально допустимого тиску або значення величини максимально допустимого тиску у пневматиках повітряного судна, МПа;
- нерівність покриттів;
- характеристик зчеплення на поверхні ШЗПС.

Візуальне обстеження стану цементобетонного покриття

Пошкодження покриття аеродрому характеризуються ступенем його ураження тим чи тим типом руйнувань або деформацій з урахуванням їх розповсюдження по довжині ділянки.

Для ідентифікації пошкоджень розроблено каталог дефектів і руйнувань жорстких і нежорстких покриттів із виділенням понад 25 дефектів для кожного типу покриття, з їх класифікацією за рівнем розвитку з використанням обробки термограм у розвиток даних роботи [15].

За результатами візуального обстеження встановлено пошкодження цементобетонного покриття на пероні та руліжній доріжці у вигляді лущення, викришування, поперечних тріщин. Характерні руйнування та деформації, що зафіксовані під час обстеження жорсткого аеродромного покриття, наведені на рис. 1.

Відбір кернів або вирубок із покриття для визначення товщини конструктивних шарів і міцності на стиск монолітних шарів.

Керни відбирались на відстані не менше ніж 1 м від крайки покриття по лівій і правій

стороні перону, руліжної доріжки та злітно-посадкової смуги з урахуванням вимог ДСТУ Б В.2.7-319. Результати обстежень оформлюють у вигляді журналу відбору кернів. Приклад, фото зразків-кернів, що відібрані зі штучного покриття аеродрому з нежорстким покриттям (перон, руліжна доріжка та злітно-посадкова смуга), зображено на рис. 2.

Штампові випробування виконують для визначення деформативних характеристик (статичний модуль пружності, статичний модуль деформації, коефіцієнти постелі) ґрунту та властивостей штучної основи [8–9].

Під час статичного штампового випробування за первинного навантаження визначається модуль загальної деформації E_{v1} (МПа), а за вторинного навантаження визначається модуль підвищеної деформації E_{v2} (МПа), відношення цих показників E_{v2}/E_{v1} , що визначає ступінь ущільнення конструктивного шару (табл. 2).

Для проведення випробувань конструктивних шарів із високим статичним модулем застосовується штамп діаметром 300 мм. У проведенні випробувань природних основ аеродромів, а також ділянок автомобільних доріг на слабких або крупноуламкових ґрунтах

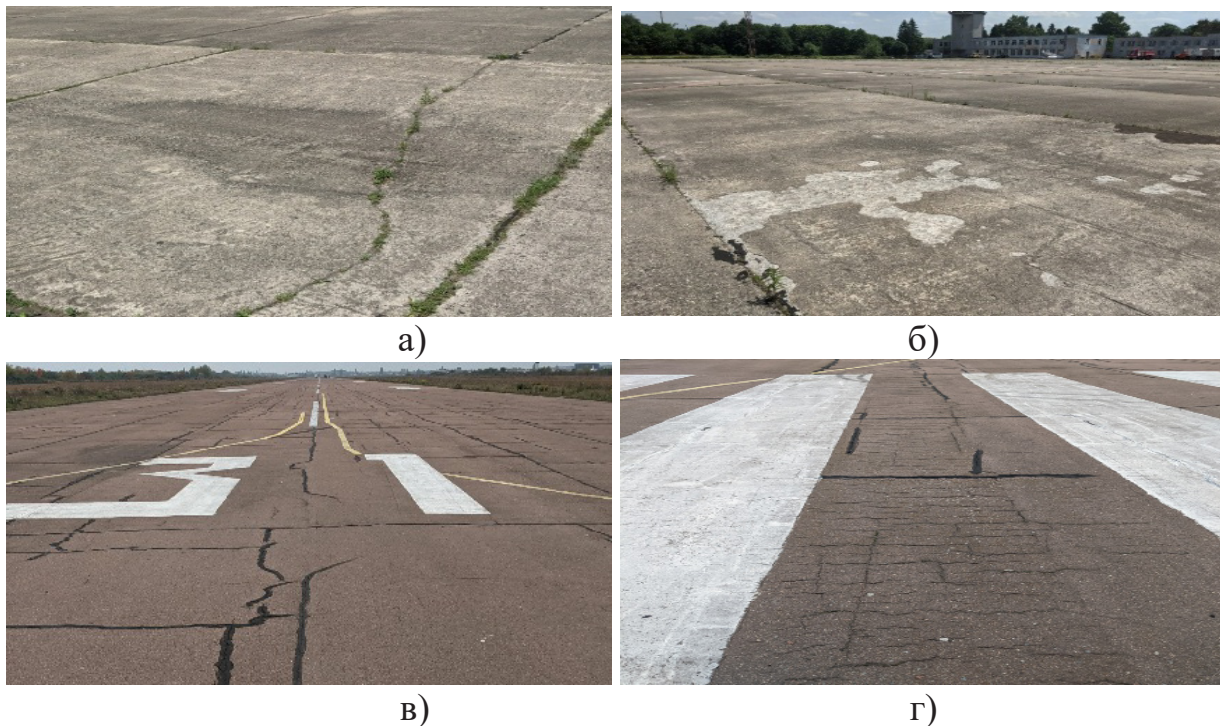


Рис. 1. Руйнування: а) поперечні тріщини; б) викришування; в) повздовжні та поперечні тріщини; г) сітка тріщин

Перон

Асфальтобетон – 6,5 см

Щебінь за способом просочення – 4,5 см



Асфальтобетон – 6,5 см

Руліжна доріжка

Асфальтобетон – 5,5 см

Щебінь за способом просочення – 7,5 см



Асфальтобетон – 5,5 см

Щебінь за способом просочення – 7,5 см

Злітно-посадкова смуга

Асфальтобетон – 7,0 см

Щебінь за способом просочення – 10,2 см



Асфальтобетон – 5,0 см

Щебінь за способом просочення – 8,0 см

Рис. 2. Зразки-кери, що відібрані зі штучного покриття аеродрому (перон, руліжна доріжка та злітно-посадкова смуга)

земляного полотна із включенням крупнорозмірних часток більше 90 мм застосовується штамп діаметром 762 мм (рис. 3).

Коефіцієнт постелі ґрунту (K_s , C) (або коефіцієнт Вінклера жорсткості ґрунту) – це коефіцієнт, рівний відношенню, прикладеної до якої-небудь точки (елемент) інтенсивності навантаження (P), до осадки, що має місце в цій же точці. Для визначення коефіцієнта постелі K_s використовується штамп діаметром 762 мм, тому, зважаючи на збільшення площі від 0,071 до 0,456 м², або в 6,452 раз, приймаються такі ступені навантаження: 0,02, 0,04,

0,08, 0,12, 0,16 і 0,20 МН/м². Після повної розвантажувальної операції виконується другий цикл завантаження з тими ж ступенями навантаження.

Згідно з Додатком 4 Таблиці розрахункових характеристик ґрунтів СНиП 2.05.08.85 [6], як для супіску звичайного і пилуватого, так і для суглинку та глини, за модуля пружності має бути більше 34 МПа значення коефіцієнта постелі більше 60 МН/м³. Отримані значення модуля пружності практично збігаються з нормативними, але значення коефіцієнта постелі в 1,57 раз менші, що свідчить про необхідність

Таблиця 2

Приклад розрахунку модулів деформації за статичної навантаги

Цикли навантаження/розвантаження	Етап надання навантаги	Тиск на поверхню шару, МПа	Відлік за індикатором переміщення, мм	Осідання штампа, мм	Відлік за індикатором переміщення, мм	Осідання штампа, мм
Місце вимірювання			1	2		
Перше навантаження	0	0,010	0,31	0,00	0,30	0,00
	1	0,080	0,62	0,83	0,74	0,99
	2	0,160	0,97	1,29	1,10	1,47
	3	0,250	1,19	1,59	1,56	2,08
	4	0,330	1,38	1,84	1,89	2,52
	5	0,420	1,52	2,03	2,23	2,97
	6	0,500	1,63	2,17	2,44	3,25
Розвантаження		0,500	1,63	2,17	2,44	3,25
	7	0,250	1,53	2,04	2,34	3,12
	8	0,125	1,40	1,87	2,21	2,95
	9	0,010	1,18	1,57	1,91	2,55
Друге завантаження		0,010	1,18	1,57	1,91	2,55
	10	0,080	1,27	1,69	2,05	2,73
	11	0,160	1,37	1,83	2,18	2,91
	12	0,250	1,46	1,95	2,28	3,04
	13	0,330	1,53	2,04	2,36	3,15
	14	0,420	1,61	2,15	2,44	3,25
Розрахунок			Перший цикл надання навантаги	Другий цикл надання навантаги	Перший цикл надання навантаги	Другий цикл надання навантаги
σ_{0max} , МПа			0,50	0,42	0,5	0,42
a_0 , мм			0,40	1,55	0,36	2,53
a_1 , мм/МПа			6,09	1,85	7,91	2,65
a_2 , мм/МПа ²			-5,15	-1,04	-4,17	-2,25
$E_v = 1,5 \cdot r \cdot \frac{1}{a_1 + a_2 \cdot \sigma_{0max}}$ – модуль деформації, МПа			64,14	159,28	38,64	132,32
$\frac{E_{v2}}{E_{v1}}$ – показник ущільнення			2,48		3,42	
$E_y = \frac{0,75 \cdot \sigma_{max1} \cdot D}{S_y}$ – модуль пружності, МПа			188		161	



Рис. 3. Фотоілюстрація проведення штапових випробувань із визначення коефіцієнта постелі ґрунтової основи

Таблиця 3

Приклад результатів вимірювання модуля пружності та коефіцієнта постелі ґрунтової основи штаповим методом

№	Місце проведення випробувань	Модуль деформації, E_{v1} , МПа	Модуль пружності, E_{v2} , МПа	Відношення E_{v2}/E_{v1}	Коеф. постелі, МН/м ³
1,1	Ш-1, 300 мм	17,3	38,7	2,24	35
2,1	Ш-3, 300 мм	22,51	39,62	1,76	55
2,2	Ш-4, 762 мм	22,29	35,08	1,574	40
3,1	Ш-5, 300 мм	22,27	46,46	2,086	44
3,2	Ш-6, 762 мм	27,73	54,2	1,955	41
4,1	Ш-7, 300 мм	26,76	49,49	1,849	55
4,2	Ш-8, 762 мм	13,64	30,91	2,266	18
Середнє			43,93		43,83
Стандартне відхилення			7,31		6,97
Коефіцієнт варіації			17%		16%
Розрахункове значення			38,1		38,3

його безпосереднього вимірювання для ухвалення обґрунтованих проектних рішень.

Поверхні випробування ґрунтів природної основи методом динамічного зондування за ДСТУ Б В.2.1-9:2016 [10] (за методикою інж. А.С. Литвиненко) [11–12].

Для оцінки несної здатності ґрунтів наявних аеродромних покриттів (монолітний цементобетон) у комплексі з іншими методами було застосовано метод динамічного зондування малогабаритним ручним зондом через отвори в бетоні та всьому покритті діаметром 24,0 мм, що дозволяє вибірково визначити їх вплив на стан покриття (рис. 4).

Дослідження стану природної ґрунтової основи земляного полотна здійснювались методом динамічного зондування, згідно з ДСТУ Б.В 2.1-9-2016, легким універсальним пристроєм [1, с. 6, табл. 3].

Дослідження стану природної ґрунтової основи аеродромних покриттів перону та головної руліжної доріжки здійснювалось на глибину від 2,0 до 4,7 м (із входженням у щільні та міцні шари ґрунту) через отвори в цементобетонному покритті діаметром 24,0 мм. На рис. 4 наведено операції вишукування методом динамічного зондування.



Рис. 4. Процес вишукування методом динамічного зондування:
а) буріння цементобетонних плит або відбір кернів під проведення досліджень;
б) процес динамічного зондування

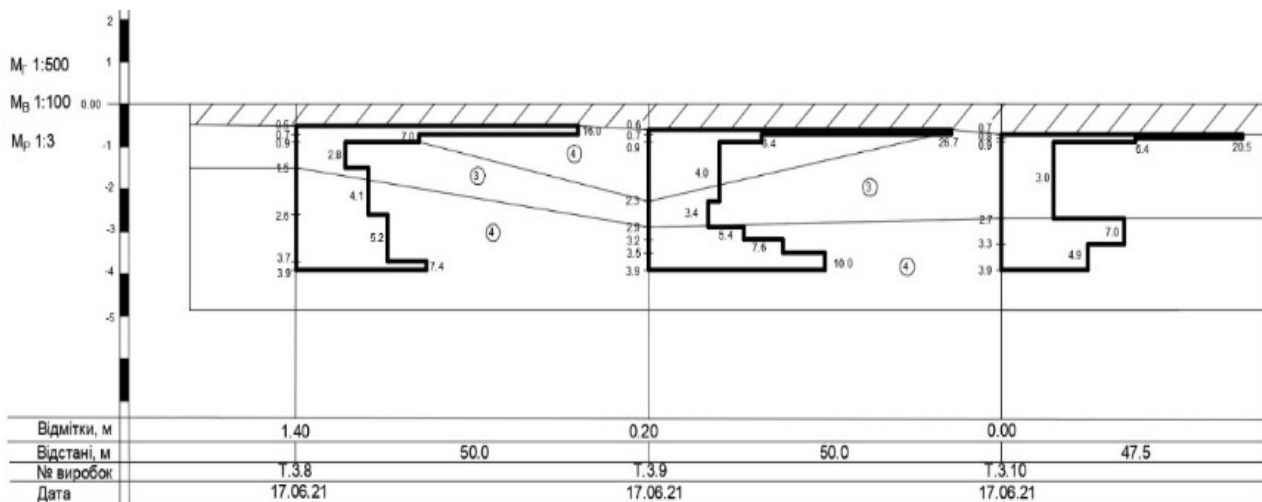


Рис. 5. Розріз несної здатності ґрунтів під плитами цементобетонного покриття

За результатами досліджень виконується побудова розрізів з установленням несної здатності ґрунтів під плитами цементобетонного покриття (рис. 5).

За результатами досліджень встановлено, що загальна товщина всіх міцних шарів аеродромних покриттів зазвичай не перевищувала одного метра, а подекуди була менше 0,8 м. Головним недоліком ґрунтів природної основи є їхня невелика природна щільність і міцність, що безпосередньо впливає на міцність і всього аеродромного покриття на всіх обстежених конструктивних елементах (перон, руліжна доріжка).

Несна здатність аеродромного покриття методом динамічного навантаження визначається за допомогою установки Dynatest FastFWD (8012 Fast Falling Weight Deflectometer) відповідно до ДСТУ Б В.2.3-42.

Параметри навантаження: діаметр штамп – 300 мм, тривалість динамічного навантаження – від 20 до 65 мілісекунд, навантаження – від 7 до 150 кН. Прогини оцінюють за допомогою геофонів для вимірюваннями прискорення поверхні, які розташовані на таких відстанях: 0, 300, 600, 900, 1 200, 1 500 і 1 800 мм від центру навантажувальної плити.

Чаші прогину зазвичай характеризуються трьома параметрами, як-от:

- максимальний прогин (D0). Загальний показник жорсткості та реакції дорожнього покриття;
- кривизна (D0-D200). Показник жорсткості верхнього шару основи та поверхневого шару;
- показник стану опору основи – D900.

Переваги установки:

- швидкість виконання серії вимірювань в одній точці – до 20 с (для порівняння – 20–30 хв одне випробування штамповим методом);
- визначення чаші прогину;
- визначення температури повітря, покриття;
- фіксація просторових даних кожної точки вимірювання;
- безпека – вимірювання виконуються без виходу оператора з автомобіля;
- сучасне програмне забезпечення для обробки даних.

Програмне забезпечення для обробки даних дозволяє:

- виконувати пошаровий аналіз конструкції покриття аеродрому (визначати найбільш слабкі місця (перезволожені ґрунти в основі покриття аеродрому; зміну товщини конструктивних шарів));
- виконувати розрахунок підсилення наявних конструкцій покриття аеродрому на основі виконаних польових досліджень з уточненням зміни інтенсивності руху та тран-

спортно-експлуатаційних показників (нерівність, руйнування/деформації, зчеплення, модуль пружності) на модель деградації (руйнування) покриття;

- виконувати прогноз строку служби покриття з урахування даних раніше проведених ремонтів із наданням пропозицій про вибір оптимального методу відновлення аеродромного покриття;

- виконувати аналіз аеродромних покриттів з установленням «класифікаційного індексу покриття» за методиками, що використовуються Федеральним управлінням авіації США (FAA) та Міжнародною організацією цивільної авіації (ICAO).

Нова система програмного управління й обробки сигналу, яка використовується у програмному забезпеченні, що було розроблене за допомогою новітніх технологій, володіє функціональними можливостями системного процесора Dynatest та дозволяє оцінювати стан структури дорожніх і аеродромних покриттів за аналогією з іншими інженерно-будівельними об'єктами, використовувати механістичні проєктувальні методи. На рис. 6 наведено процес визначення модулів пружності, на рис. 7 – місця визначення модулів пружності по перону та руліжній доріжці. У дослідженні було виконано понад 300 вимірів модулів пружності. Результати вимірювань наведено в табл. 4–5.

Загальний модуль пружності на поверхні цементобетонного покриття перону перебуває в діапазоні 382–1 108 МПа, а на руліжній



Рис. 6. Процес визначення модулів пружності установкою динамічного навантаження Dynatest FastFWD

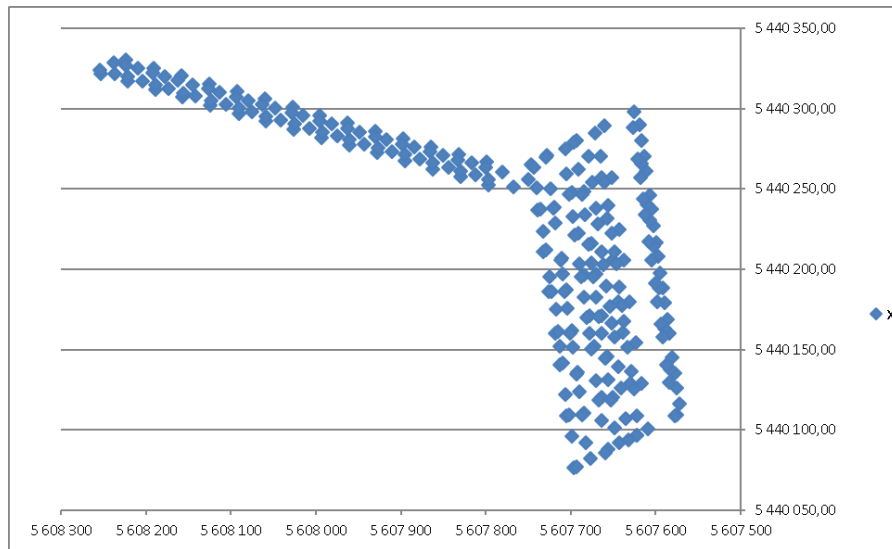


Рис. 7. Координатна проекція міць визначення модулів пружності у відносній системі координат

Таблиця 4

Загальні результати модулів пружності в умовній прив'язці по перону

Відстань по перону по коротшій стороні, м	Відстань по перону по довшій стороні, м										
	0	20	34	47	67	77	87	101	113	123	140
0,30	403		438		443		524		471		431
3,00	513	548	561	615	707	610	581	549	561	533	650
17,85	697	648	634	451	563	613	580	723	588	593	773
19,77	551		669		643		679		705		598
41,27	524	583	586	608	833	493	708	652	611	585	676
42,11	648		710		824		669		827		661
52,62	452	647	605	649	523	640	751	834	641	644	655

Таблиця 5

Загальні результати модулів пружності в умовній прив'язці по руліжній доріжці

Відстань по ширині, м	Відстань по довжині, м									
	0	31	50	68	83	102	117	135	150	168
0,50	695	928		774		766		916		971
3,50	868	967	628	709	938	959	733	1213	834	807
10,50	724	410	842	938	958	343	777	788	1132	825
14,00	596	808		448		786		887		777
Відстань по ширині, м	268	281	301	317	333	348	368	381	400	417
0,50	754		733		557		848		986	
3,50	748	666	903	522	862	663	828	511	1044	803
10,50	615	753	425	969	812	864	624	698	753	1240
14,00	592		726		552		863		807	

доріжці – у діапазоні 511–1 213 МПа. Отримані дані є надійною основою проектування заходів із призначення видів ремонту аеродромного покриття за окремими ділянками.

Тепловізійне обстеження стану наявного покриття на пероні та руліжній доріжці виконано згідно з «Рекомендаціями з удосконалення методу оцінювання стану покриття

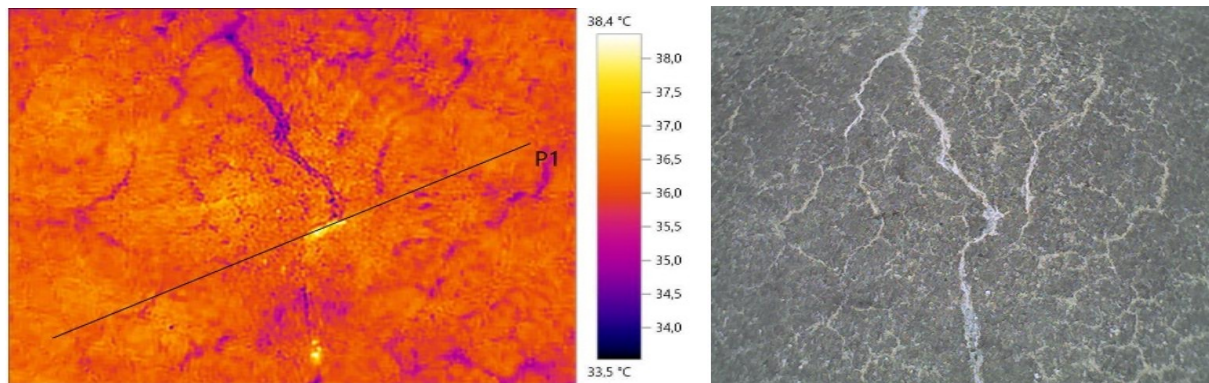


Рис. 8. Сітка тріщин на цементобетонному покритті перону

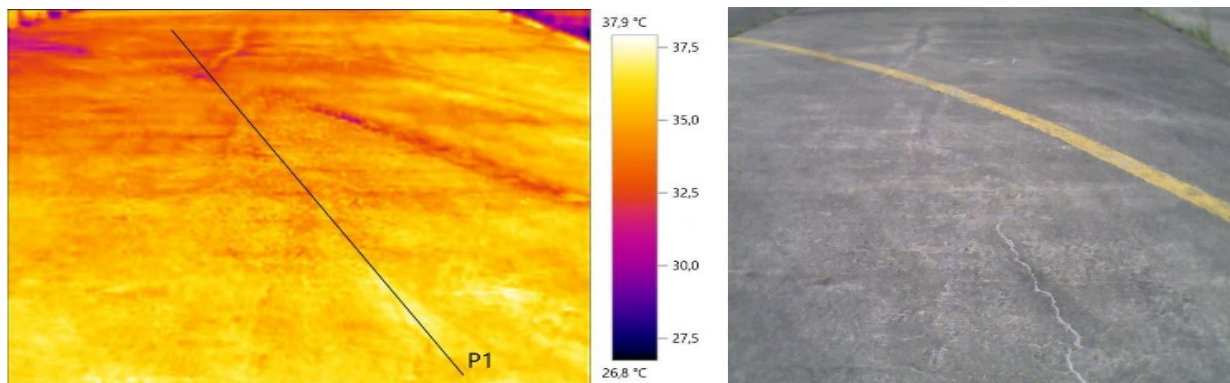


Рис. 9. Повздовжня тріщина на цементобетонній плиті



Рис. 10. Вимірювання міцності цементобетонну плит мостового полотна неруйнівним методом

під час використання тепловізійного обладнання» (Р. В.2.3 – 218-288: 2012), розробленими на кафедрі «Аеропорти» НТУ. Приклад результатів досліджень наведено на рис. 8–9.

За результатами обстеження виявлено такі дефекти та руйнування: повздовжні та поперечні тріщини, лушення та викришування поверхні

покриття, засмічення стиків між плитами, просідання та нерівність плит покриття, викришування заповнювача стиків та застарілу мастику. Проведення тепловізійного обстеження дозволяє встановити наявність підповерхневих руйнувань (пустот під плитами), проходження підземних комунікацій, зміну конструкції покриття тощо.

Випробування з визначення міцності цементобетону виконується непрямим неруйнівним методом (склерометром) на залізобетонних плитах (рис. 10) з використанням приладу молотка Шмідта MATEST S/p/A TREVILO 24048 ITALY Mod C 380, Serial № C380/A/0708.

Для вимірювання міцності цементобетону вибирались ділянки без викришування, зносу, із чистою та рівною поверхнею. За можливості (на ділянках без шару зносу), вимірювання проводили посередині на краю та на куті плити відповідно до розрахункових точок у проєктуванні цементобетонних плит.

У процесі випробувань визначали значення за шкалою приладу (R_m). Далі, з вико-

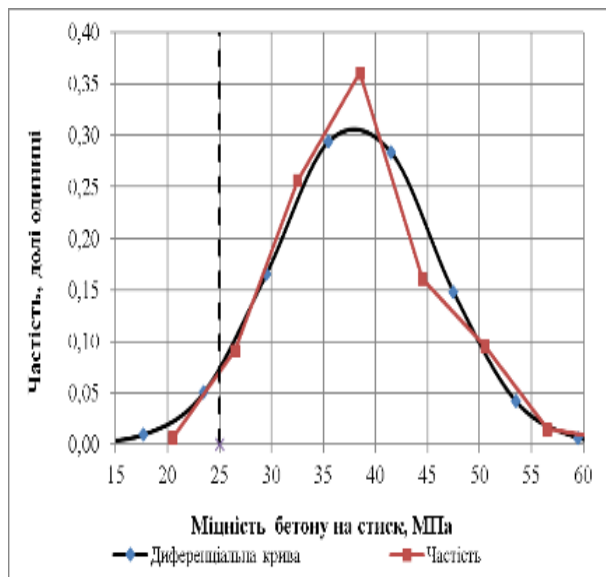
ристанням кореляційної кривої, визначали значення за шкалою приладу «Міцність на стиск» визначали міцність бетону за уточненою методикою [8] (рис. 11).

Результати статистичної обробки експериментальних даних визначення марки та класу міцності цементобетону наведено в табл. 6.

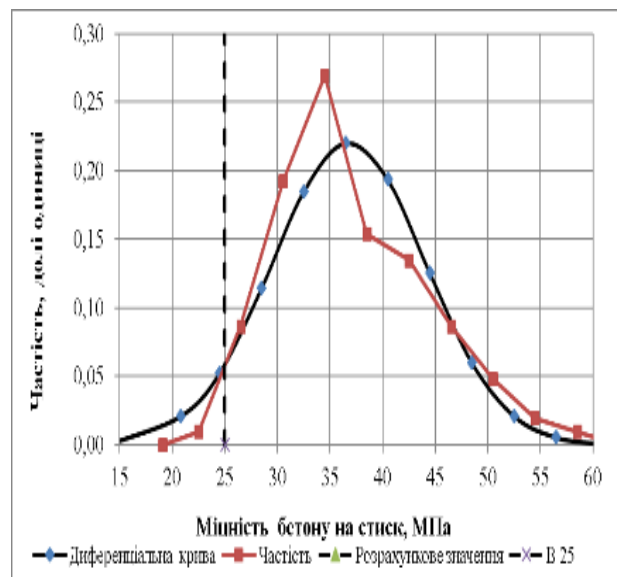
За результатами випробувань міцність на стиск змінюється в межах від 22,0 до 56,4 МПа. Середнє значення міцності на стиск становить 34,8 МПа. Із забезпеченістю 95% встановлено клас міцності цементобетону на ділянці РД-В 25 (C20/25).

Висновки

У праці наведено необхідний (мінімальний) перелік робіт з обстеження аеродромних



а)



б)

Рис. 11. Приклад графіка полігону частотностей і диференціальної кривої нормального розподілу міцності цементобетону на стиск: а) на пероні; б) на руліжній доріжці

Таблиця 6

Приклад статистичної обробки результатів визначення міцності цементобетону склерометром

	Перон	РД
Max	71,20	56,38
Min	14,29	22,02
Розмах Max – Min	56,92	34,36
Середнє	35,14	34,81
Стандарт	7,66	7,24
Коеф. варіації	21,81	20,81
Розрахункові значення	22,57	22,93
Кількість даних випробувань	460	104
Інтервали (кількість діапазонів)	10	10
Крок інтервалу	6	6
Клас бетону на стиск	В 25 (C20/25)	В 25 (C20/25)

покриттів. Використання сучасного діагностичного обладнання, що створює динамічне імпульсне навантаження, яке, на відміну від статичного або вібраційного методу, імітує навантаження від рухомого колеса, що дозволяє використовувати механістичні методи для збору й аналізу даних, у поєднанні із програмним забезпеченням дозволяє інженерам визначати рівень деформації, спричиненої контрольованою навантаженням, з високою точністю, недоступною для інших наявних методів. Визначення методу відновлення дорожнього або аеродромного покриття має істотне економічне значення. Вибір, що не підтверджений відповідними знаннями про структурні особливості дорожнього чи аеродромного покриття, може призвести до серйозних економічних наслідків і великих затрат.

Удосконалення методики оцінювання стану аеродромного покриття стане у пригоді інженерам для правильного призначенні виду ремонту покриття, пошкодженого внаслідок експлуатації, надзвичайних ситуацій, бойових дій і терористичних актів.

Проект ДБН В.2.3-XX:2022. «Споруди транспорту. Аеродроми. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво» необхідно доповнити такими пунктами:

1. Для інструментальної оцінки несучої здатності аеродромних покриттів, виявлення слабких ділянок і отримання даних для подальшого розрахунку посилення конструкції треба використовувати дефлектометри типу FWD з достатньою кількістю датчиків деформації для об'єктивної оцінки чаші прогину».

2. Для розрахунку посилення покриття з урахуванням перспективного розрахункового навантаження та даних щодо несучої здатності аеродромної конструкції варто використовувати загальновизнані програмні продукти на базі механіко-емпіричних методик на основі рішень теорії пружності для багатопланового напівпростору, як-от програмний комплекс ELMOD від Dynatest.

Вимірювання модуля пружності під час прийому в експлуатацію дозволить оцінити якість будівництва аеродромного одягу і є початковою точкою зміни міцності та деформативності аеродромної конструкції у процесі експлуатації, основою побудови моделей деградації для оцінювання залишкового ресурсу покриття в системі управління станом покриття.

2. Значення модуля пружності для ґрунту природної основи повинно бути не менше 40 МПа, або значення коефіцієнта постелі не менше 40 МН/м³:

- на поверхні неукріпленого шару штучної основи, під наступним укріпленням або монолітним шаром, значення модуля пружності має бути не менше 100–150 МПа залежно від категорії навантаження;

- коефіцієнт варіації модуля пружності або коефіцієнта постелі на поверхні штучної ґрунтової основи має бути не більше 25%;

- коефіцієнт варіації на поверхні зернистого шару (щебінь за способом заклинювання, ЩПС тощо) має бути не більше 20%;

- коефіцієнт варіації на поверхні укріпленого шару (ЩПС укріплена цементом, цементогрунтом тощо) має бути не більше 15%.

Список використаних джерел:

1. Інструкція з експлуатації аеродромів державної авіації України : наказ Міністерства оборони України від 01.07.2013 р. № 441. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/346135__665101#n11.
2. Методика обстеження будівель та споруд, пошкоджених унаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів : наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 28.04.2022 р. № 65. URL: https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/05/metodyka_obstezhennya_65_vid_28_04_22.pdf.
3. Tri-service pavements working group manual (TSPWG M) TSPWG Manual 3-270-01.3-270-07, O&M : Airfield Damage Repair від 21 травня 2020 р.
4. AFPM 10-219, Volume 4, Airfield Damage Repair Operations 28 may 2012.
5. Експлуатація аеродромів : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / М.Ф. Дмитриченко та ін. Київ : НТУ, 2018. 420 с.
6. СНиП 2.05.08.85. Аэродромы / Госстрой СССР. М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. 59 с.

7. «Науково-технічний супровід проектування капітального ремонту покриття перону та руліжної доріжки ОКП «Міжнародний аеропорт Рівне» за адресою: вулиця Авіаторів, 5-А, с. Велика Омеляна, Рівненський район, Рівненська область. (Код ДК 021:2015:71320000-7 Послуги з інженерного проектування)». Київ : НТУ. Кафедра аеропортів. 177 с.
8. Удосконалення методики оцінки міцності цементобетону при непрямих вимірюваннях методами неруйнівного контролю / І.П. Гамеляк та ін. *СучТехнБудів*. 2021. Вип. 30. Вип. 1. С. 42–51.
9. Р В.3.1-02070915-811:2012 «Рекомендацій з удосконалення методу оцінювання стану покриття при використанні тепловізійного обладнання».
10. ДСТУ Б В.2.1-9:2016 Ґрунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням. Київ : ДП ДерждорНДІ. 25 с.
11. Литвиненко А.С. Визначення нормативних значень механічних показників зв'язних ґрунтів за даними динамічного зондування. *Автомобільні дороги*. № 3. С. 52–56.
12. Литвиненко А.С. Щодо оцінки значень фізико-механічних показників піщаних ґрунтів за даними статичного і динамічного зондування. *Дороги і мости* : збірник наукових праць. 2020. № 22. С. 161–167.
13. DIN 18134 Baugrund. Versuche und Versuchgeräte. Plattendruckversuch. (Ґрунт будівельний. Випробування та випробувальне обладнання. Штампові випробування).
- 14 ДБН В.2.3-XX:2022. Споруди транспорту. Аеродроми. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво : проєкт. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022.
15. Надійність конструкцій дорожнього одягу : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / М.Ф. Дмитриченко та ін. Київ : НТУ, 2012. 213 с.

References:

1. Instrukttsiia z ekspluatatsii aerodromiv derzhavnoi aviatsii Ukrainy : nakaz Ministerstva oborony Ukrainy vid 01.07.2013 r. № 441. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/346135___665101#n11. [in Ukrainian]
2. Metodyka obstezhennia budivel ta sporud, poshkodzhenykh unaslidok nadzvychaynykh sytuatsii, boiovykh dii ta terorystychnykh aktiv : nakaz Ministerstva rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy vid 28.04.2022 r. № 65. URL: https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/05/metodyka_obstezhennya__65_vid_28_04_22.pdf. [in Ukrainian]
3. Tri-service pavements working group manual (TSPWG M) TSPWG Manual 3-270-01.3-270-07, O&M : Airfield Damage Repair vid 21 travnia 2020 r.
4. AFPAM 10-219, Volume 4, Airfield Damage Repair Operations 28 may 2012.
5. Ekspluatatsiia aerodromiv : navchalnyi posibnyk dlia studentiv vyshchykh navchalnykh zakladiv / M.F. Dmytrychenko ta in. Kyiv : NTU, 2018. 420 s. [in Ukrainian]
6. SNiP 2.05.08.85. Aerodromyi / Gosstroy SSSR. M. : TsITP Gosstroya SSSR, 1985. 59 s.
7. «Naukovo-tekhnichnyi suprovod proektuvannia kapitalnoho remontu pokryttia peronu ta rulizhnoi dorizhky ОКП «Mizhnarodnyi aeroport Rivne» za adresoiu: vulytsia Aviatoriv, 5-A, s. Velyka Omeliana, Rivnenskyi raion, Rivnenska oblast. (Kod DK 021:2015:71320000-7 Posluhy z inzhenernoho proektuvannia)». Kyiv : NTU. Kafedra aeroportiv. 177 s. [in Ukrainian]
8. Udoskonalennia metodyky otsinky mitsnosti tsementobetonu pry nepriamykh vymiriuvanniakh metodamy neruinivnoho kontroliu / I.P. Hameliak ta in. SuchTekhnBudiv. 2021. Vyp. 30. Vyp. 1. S. 42–51. [in Ukrainian]
9. R В.3.1-02070915-811:2012 «Rekomendatsii z udoskonalennia metodu otsiniuvannia stanu pokryttia pry vykorystanni teploviziinoho obladdnannia». [in Ukrainian]
10. DSTU B V.2.1-9:2016 Grunty. Metody polovykh vyprobuvan statychnym i dynamichnym zonduvanniam. Kyiv : DP DerzhdorNDI. 25 s. [in Ukrainian]
11. Lytvynenko A.S. Vyznachennia normatyvnykh znachen mekhanichnykh pokaznykiv zviaznykh gruntiv za danymy dynamichnoho zonduvannia. Avtomobilni dorohy. № 3. S. 52–56. [in Ukrainian]
12. Lytvynenko A.S. Shchodo otsinky znachen fizyko-mekhanichnykh pokaznykiv pishchanykh gruntiv za danymy statychnoho i dynamichnoho zonduvannia. Dorohy i mosty : zbirnyk naukovykh prats. 2020. № 22. S. 161–167. [in Ukrainian]
13. DIN 18134 Baugrund. Versuche und Versuchgeräte. Plattendruckversuch.
- 14 DBN V.2.3-XX:2022. Sporudy transportu. Aerodromy. Chastyna I. Proiektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo : proiekt. Kyiv : Ministerstvo rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy, 2022. [in Ukrainian]
15. Nadiinist konstruktsii dorozhnoho odiahu : navchalnyi posibnyk dlia studentiv vyshchykh navchalnykh zakladiv / M.F. Dmytrychenko ta in. Kyiv :, NTU, 2012. 213 s. [in Ukrainian]