

Сергій Крячок

СУЧАСНИЙ СТАН ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ В УКРАЇНІ

Актуальність теми дослідження. В Україні нині діє Державна цільова програма розвитку аеропортів. Програмою передбачено стабільний розвиток авіаційної галузі в Україні, модернізацію та реконструкцію наявних і будівництво нових аеродромів та аеродромних об'єктів, зокрема поверхонь, призначених для посадки, зльоту, руху, стоянки повітряних суден, руху наземного транспорту на території аеродрому, ґрунтових елементів аеродрому.

Постановка проблеми. Нині значно розширився авіаційний парк в Україні та за її межами. З'явилися тяжкі та надтяжкі повітряні судна. Збільшення ваги повітряних суден веде до підвищення навантаження на аеродромні покриття. Це, у свою чергу, призводить до більш швидкого зношення аеродромних покриттів та появи дефектів, які загрожують безпеці польотів, зміні профілю покриття. Тому проводиться постійний моніторинг за станом аеродромних покриттів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Були розглянуті останні публікації у відкритому доступі, які присвячені моніторингові аеродромних покриттів.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Аналіз засобів та методів геодезичного моніторингу аеродромних покриттів дозволяє зробити висновок, що геодезичний моніторинг спрямований лише на визначення профілю покриттів. Дефекти аеродромних покриттів не є предметом геодезичного моніторингу.

Мета статті. Головною метою цієї статті є виконати огляд конструкцій аеродромних покриттів та їхніх дефектів.

Виклад основного матеріалу. Наведено класифікації аеродромних покриттів та виконано огляд конструкцій жорстких, асфальтобетонних, полегшених, спрощених покриттів та ґрунтової частини льотного поля. Наведено особливості дефектів аеродромних покриттів і основні причини їх виникнення. Дефекти згруповані в окрему таблицю та виконано їх візуалізацію.

Висновки відповідно до статті. У результаті аналізу засобів та методів геодезичного моніторингу стану аеродромних покриттів встановлено, що основним видом такого моніторингу є визначення лише нерівностей поверхні покриттів. Для виявлення більш широкого спектра дефектів аеродромних покриттів необхідне залучення безпілотних літальних апаратів, лазерного сканування та розробка новітніх засобів та методів моніторингу аеродромних покриттів.

Ключові слова: злітно-посадкова смуга; аеродромні покриття; геодезичний моніторинг.

Табл.: 2. Рис.: 7 Бібл.: 14.

Актуальність теми дослідження. В Україні нині діє Державна цільова програма розвитку аеропортів [1]. Програмою передбачено стабільний розвиток авіаційної галузі в Україні, модернізацію та реконструкцію наявних і будівництво нових аеродромів та аеродромних об'єктів, зокрема - поверхонь, призначених для посадки, зльоту, руху, стоянки повітряних суден, руху наземного транспорту на території аеродрому, ґрунтових елементів аеродрому.

Постановка проблеми. Практично всі аеродроми, розташовані на території України, дісталися у спадок після розпаду СРСР (крім Донецького, побудованого у 2012 році, зруйнованого в результаті бойових дій на Сході України). За досить короткий проміжок часу значно розширився авіаційний парк в Україні та за її межами. З'явилися тяжкі та надтяжкі повітряні судна (ПС), причому така тенденція продовжується (табл. 1) [2; 3].

Таблиця 1

Вагові характеристики пасажирських ПС

Назва ПС	Ан-24	Ан-158	Ту-134	Ту-204	Боїнг-737	Боїнг-777
Вага, тони	21,8	43,7	47,0	107,9	52,8	242,6

Збільшення ваги ПС веде до підвищення навантаження на аеродромні покриття під час руління, зльоту й посадки. Це, у свою чергу, призводить до більш швидкого зношення аеродромних покриттів та появи дефектів, які загрожують безпеці польотів, зміні профілю покриття. Тому проводиться постійний моніторинг за станом аеродромних покриттів [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливим показником стану аеродромного покриття є профіль його поверхні, іншими словами – нерівність покриття. Значення нерівності аеродромного покриття визначається кількома методами, які можна віднести до геодезичних, оскільки під час їх реалізації застосовуються геодезичні прилади та методи.

У першому випадку використовують рейку довжиною 3 м та клиновий промірник. Вимірюється просвіт між площиною покриття та нижньою гранню рейки за допомогою клинового промірника. Клиновий промірник має на косій грані поділки, за якими визначають відстань від площини рейки до поверхні покриття. Причому вимірювання виконують на кількох інтервалах довжини рейки. Вимірювання проводяться ділянками 300-400 м, а сумарна довжина ділянок повинна становити не менше ніж 10 % від загальної довжини покриття [5]. У такий спосіб визначають короткоперіодичні відхилення поверхні покриття від площини.

Нерівності поверхні аеродромного покриття можна визначати з використанням нівеліра та рейки. Метод ґрунтується на визначенні відхилення точок поверхні покриття, на які встановлюється рейка, від горизонтальної площини, заданої візирним променем нівеліра. Крок нівелювання становить 5 м вздовж покриття. Визначають відносні перевищення (відмітки) точок покриття та обчислюють відхилення δh_i цих точок (крім першої та останньої на ділянці вимірювань) відносно прямої, яка проходить через попередню ($i-1$) та наступну ($i+1$) точки відносно i точки за формулою

$$\delta h_i = \frac{h_{i-1} - h_{i+1}}{2} - h_i.$$

Довжина ділянки вимірювань становить 400 м [5]. У такий спосіб визначають більш довгоперіодичні значення нерівностей, ніж попереднім методом.

Можна виконувати опрацювання результатів нівелювання аеродромних поверхонь і в інший спосіб. Початковій точці нівелювання присвоюється додатне значення відмітки, відносно якої і виконується обчислення перевищень h_n на ділянках нівелювання. Потім обчислюються значення ухилів i_a для відстаней між суміжними точками $a = 5$ м, $a = 10$ м, $a = 20$ м за формулою

$$i_a = \frac{h_{i+1} - h_i}{a}.$$

За результатами обчислень будується поздовжній профіль на ділянках нівелювання. У такий спосіб визначають відхилення точок поверхні покриття з періодами 5 м, 10 м, 20 м та ухили поверхні на цих же інтервалах [6].

Наведені методи та засоби їх реалізації для визначення нерівностей аеродромних покриттів потребують значного часу на виконання польових вимірювань та великої групи виконавців. Тому розроблюються більш ефективні методи. До них належить автоматизована система геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги. До її складу входять: мобільні роботи-нівелювальники; мобільні нівелірні рейки, які розташовуються на злітно-посадковій смузі; керуючі пристрої, що знаходяться на центральній станції керування технічними системами аеропорту на диспетчерській вежі. Дистанційне ПС/GPS керування мобільними роботами-нівелювальниками та мобільними нівелірними рейками виконується за закодованими радіосигналами. Нівелювання проводиться в автоматичному режимі за задалегідь складеною програмою. Опрацювання результатів нівелювання виконується в режимі реального часу. Запропонована система геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги дозволяє отримати значення висот точок аеродромних покриттів в автоматичному режимі на заданій поверхні з регульованим кроком сканування [7]. За результатами нівелювання будується профілі аеродромних покриттів із використанням комп'ютерних технологій.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Аналіз засобів та методів геодезичного моніторингу аеродромних покриттів дозволяє зробити висновок, що геодезичний моніторинг спрямований лише на визначення нерівностей (профілю) покриття для встановлення його відступу від нормативних значень [4]. Дефекти аеродромних покриттів не є предметом геодезичного моніторингу.

Мета статті. Головною метою цієї статті є виконати огляд конструкцій аеродромних покриттів та їх дефектів.

Виклад основного матеріалу. Аеродромні покриття належать до досить трудомістких та дорогих споруд. Їх площа становить близько 15 % від загальної площі аеропорту, а вартість їх оцінюється у 25 % від повної вартості всіх його споруд та обладнання [8].

Під час стоянки або переміщення ПС передає свою вагу через колеса (пневматики) на поверхню аеродрому. Колісне навантаження через малу площу дотику спричинює значний тиск на аеродромну поверхню. Тому для забезпечення цілорічної безперебійної роботи аеропорту з прийому та відправлення ПС використовують тверді (штучні) аеродромні покриття. Їх облаштовують на злітно-посадкових смугах (ЗПС), руліжних доріжках (РД), місцях стоянок (МС) ПС, перонах і спецмайданчиках [8].

На рис. 1 наведено класифікацію аеродромних покриттів [2; 8].

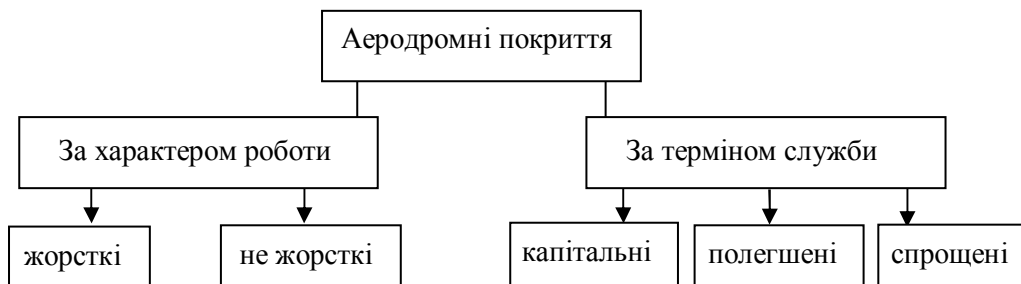


Рис. 1. Класифікація аеродромних покриттів

За ступенем удосконалення та строком служби аеродромні покриття поділяються на капітальні (покриття жорсткого типу та асфальтобетонні), полегшені (нежорсткі покриття, крім асфальтобетонних) та спрощені (з матеріалів без оброблення в'язучими речовинами) [8; 10].

Для жорсткого покриття використовують плити зі звичайного чи попередньо напруженого залізобетону, армобетону, бетону, фібробетону. Попередньо напружені плити є збірними і монолітними, решта – тільки монолітними. Монолітні плити виготовляють за проектом безпосередньо під час укладання, збірні плити доставляють на з місць виготовлення. Жорсткі покриття встановлюють для експлуатації під тяжкі ПС [8].

Жорсткі покриття виготовляють одношарові та двошарові (рис. 2). Товщину шарів підбирають розрахунком, але не менше 14–16 см. Монолітний шар підсилення має товщину не менше 20 см. Максимальна товщина шарів є залежно від технічних характеристик бетоноукладача та не перевищує здебільшого 40 см [8].

Збірні плити типу «ПАГ №» є попередньо напруженими (№ – товщина плити в сантиметрах) та дозволяють виконувати монтаж у стислі терміни. Це особливо стає в пригоді за необхідності монтажу при від’ємних температурах, у випадку неможливості застосування бетоноукладачів та під час ремонту покриття. Ці плити мають розміри в плані 6 м на 2 м. Під час укладання під плити кладуть прошарок піскоцементної суміші завтовшки 2–4 см [8].

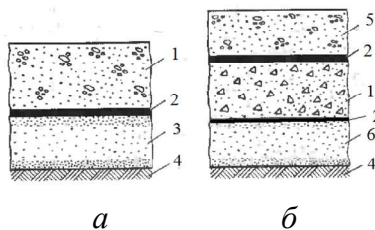


Рис. 2. Приклади жорстких аеродромних покриттів:
 а – одношарове покриття, б – двошарове покриття; 1 – бетон,
 2 – розділювальний прошарок із рулонного матеріалу, 3. ґрунтоцемент,
 4 – природний ґрунт, 5 – армобетон, 6 – пісок

Під час зміни температури та вологості в монолітних жорстких покриттях виникають напруження: стиснення, розтягування, згину. Для зменшення цих зусиль та запобігання розтріскуванню бетону в покриттях із бетону, армобетону, залізобетону роблять поперечні та поздовжні деформаційні шви. У такий спосіб покриття розчленовують на окремі плити [8].

Деформаційні шви за призначенням поділяють на шви розширення та стиснення, а за конструкцією – наскрізні та удавані (рис. 3). В удаваному шві виникає тріщина в результаті всідання бетону, яка і відіграє надалі роль шва. Над швами нарізають борозни та заповнюють їх герметиком. Шви стиснення забезпечують стискання (скорочення) бетону під час його усадки, а самі шви розширюються. Шви розширення звужуються, компенсують розширення бетону з підвищенням температури [8; 9].

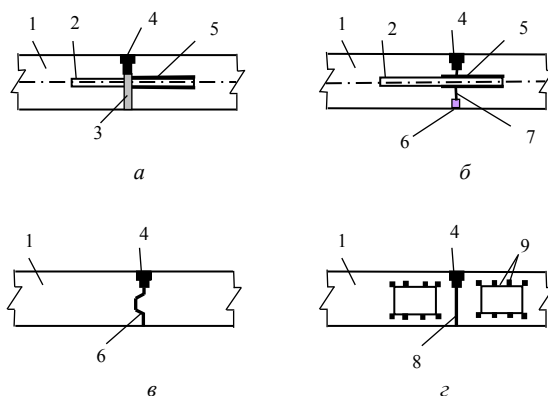


Рис. 3. Принципові конструкції деформаційних швів у монолітних жорстких покриттях:

а – наскрізний шов розширення; *б* – удаваний шов стиснення; *в* – наскрізний шпунтовий (технологічний) шов стиснення; *г* – наскрізний шов стиснення з армуванням крайових ділянок плит;
 1 – плита покриття; 2 – сталевий штир; 3 – дошка з отворами; 4 – герметик; 5, 8 – бітумна мастика;
 6 – дерев'яний брусок; 7 – тріщина в бетоні; 9 – арматура

Поперечні та поздовжні шви формують жорстке аеродромне покриття у вигляді масивів плит.

Армобетонні плити армують сталеву сіткою у верхній площині на глибині 0,33–0,5 товщини плити. Таке армування підвищує стійкість плити до утворення тріщин, збільшує їхню міцність та експлуатаційну довговічність. Плити мають довжину 10–15 м [8; 9].

Плити армують у двох ярусах, а довжина їх не перевищує 20 м. Перспективними є різновид залізобетонних плит – безперервно армовані безшовні покриття (БАБП) завширшки 7 м та завдовжки 3000 м і більше. БАБП не мають поперечних швів, а їх функцію виконують природні тріщини із шириною розкриття до 0,4 мм підбором відповідного армування [8].

Одним із найраціональніших типів жорсткого покриття є монолітні попередньо напружені плити. Витрати арматурної сталі в них скорочується до 35 %, а бетону – до 17 % в порівнянні із залізобетонними. Поперечні шви є швами розширення, а ширина плит – 2 м [8].

Збірні попередньо напружені плити (ПАГ) дозволяють виконати монтаж покриття в стислі терміни та за від'ємних температур. Покриття швидко розбирається під час ремонту. Випуски арматури, які виступають із граней плит, зварюють під час монтажу, утворюючи безперервні шви по периметрах плит. Верхні частини швів заповнюють герметиком, нижню – піскоцементною сумішшю. У покритті роблять поздовжні та поперечні деформаційні шви – без зварювання арматури. Шви розташовують поперек та вздовж перекриття через кожні 12, 18 та 24 м. На покритті ЗПС та РД, виконаному з ПАГ, поздовжні деформаційні шви не утворюють [8].

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Фібробетонні (волокнобетонні) тверді плити є ефективними як верхній шар двошарового покриття чи шар підсилення. Вони мають підвищену стійкість до стирання, динамічного навантаження та утворення тріщин. До складу фібробетону входить відрізки сталевих дротів довжиною 25–35 мм та діаметром 0,2–0,3 мм, які рівномірно розпоршені в товщі бетону. Такі плити мають товщину 8–20 см та довжину 15 м [8].

Нежорсткі покриття мають кілька шарів, що дозволяє гасити вертикальні та горизонтальні навантаження в глибину, які виникають під час стоянки, злету та посадки ПС, коливання вологості та температури в підстильному ґрунті. Матеріали для нежорстких покриттів поділяються на ті, що заповнюють (інертні), та ті, що склеюють (в'язучі) [8; 9].

Асфальтобетонні покриття є одним із найпоширеніших видів нежорсткого аеродромного покриття. Як інертні матеріали використовують: щебінь, гравій чи великозернистий пісок. За в'язучі застосовують, переважно, нафтові бітуми з мінеральним порошком (тонкомеленим вапняком чи доломітом або доменним шлаком). Армування сіткою з металу або полімерів виконують під верхнім шаром асфальтобетонного покриття, що передбачено для аеродромів класів А, Б, В у місцях систематичного запуску та прогрівання двигунів ПС [8; 9].

Класифікація асфальтобетонних покриттів наведено на рис. 4. Верхні шари виготовляють зі щільних асфальтобетонних сумішей, нижні шари – з пористих чи щільних асфальтобетонних сумішей. Гарячі асфальтобетонні суміші виготовляють з в'язких бітумів та укладають у покриття при температурі 120–160 °С. Теплі асфальтобетонні суміші мають у складі в'язкі чи рідкі бітуми та укладаються за температури 80–130 °С. Холодні асфальтобетонні суміші виготовляють з рідких бітумів і укладають у покриття за температури 5–40 °С. Холодні асфальтобетонні суміші не знаходять поширення в будівництві покриттів, але часто використовуються під час ремонту [8].

За розміром фракцій мінеральних матеріалів асфальтобетонні суміші поділяють на великозернисті з розмірами часток до 40 мм, середньозернисті з розміром частинок до 20 мм, мілкозернисті – розмір частинок до 15 мм та пісок із розміром найбільших частинок 5 мм [8].

Залежно від залишкової пористості асфальтобетон поділяють на щільний – із залишковою пористістю 3–5 % та пористий – із залишковою пористістю 5–10 % [8].

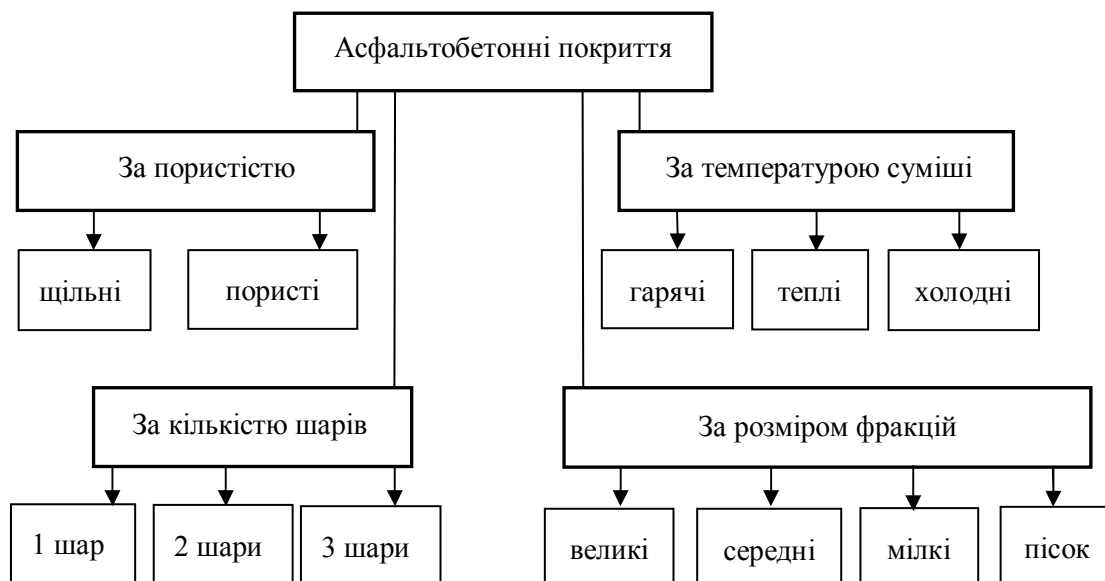


Рис. 4. Класифікація асфальтобетонних покриттів

На ділянках із найбільшими гальмівними зусиллями під час руху ПС асфальтобетон укладають в два чи три шари. На рис. 5 наведено приклади конструкцій асфальтобетонних покриттів. Одношарові, двошарові та тришарові покриття мають відповідно товщину: 6, 12 та 18 см [8; 9].

Асфальтобетонні покриття мають досить рівні поверхні, гарну пластичність, не утворюють пил, мають гарне зчеплення з пневматиками ПС, є водотривкими та дозволяють здійснювати будівництво у стислі терміни з повною механізацією та не потребують нарізки швів. Основними недоліками є низька термостійкість до високих літніх температур та реактивних струменів двигунів ПС, що приводить до хвилястості покриття, напливів, а за низьких температур стають крихкими та мають слабку опірність пролитим паливно-мастильним матеріалам [8; 9].

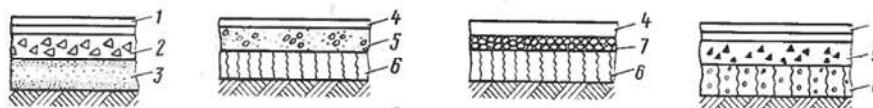


Рис. 5. Конструкції асфальтобетонних покриттів:

- 1 – двошаровий асфальтобетон; 2 – щебінь; 3 – пісок; 4 – одношаровий асфальтобетон;
5 – цементобетон; 6 – ґрунт; 7 – чорний щебінь; 8 – ґрунтогравійна суміш;
9 – чорний гравій (або ґрунтогравійна суміш, оброблена бітумом)

Покриття зі щебеню належать до полегшених нежорстких покриттів, які зводять підсиленням пошарово. Для цього конструктивний шар поділяють на кілька технологічних прошарків товщиною 8–15 см та ущільнюють їх важкими котками. Попередньо насичують технологічні шари в'язучим з в'язкого бітуму або кам'яновугільного дьогтю з поверхневим розігріванням до 180 °С. Товщина покриттів залежить від маси ПС, характеристик ґрунтової основи та в середньому складає 10–40 см. Наприкінці покриття зі щебеню обробляють поверхнево бітумом, утворюючи таким чином стійкий до зносу бітумно-кам'яний захисний килим. Утворене покриття є водотривким, не створює пилу, має значну довговічність, яка наближається за термінами служби до асфальтобетонного покриття. Конструкції покриттів зі щебеню наведено на рис. 6 [8; 9].

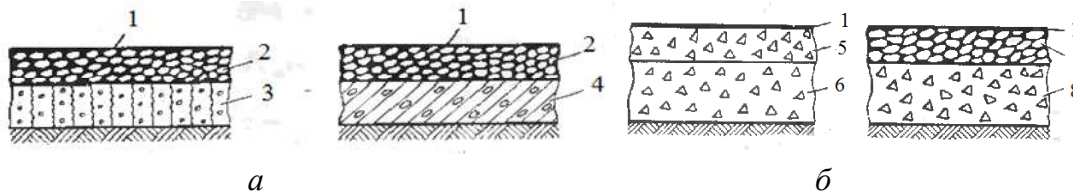


Рис. 6. Конструкції покриттів зі щебеню:

- а – з чорного щебеню; б – з маломіцних кам'яних порід;
1 – поверхнева обробка; 2 – чорний щебінь; 3 – ґрунтогравійна суміш;
4 – чорний гравій або ґрунтогравійна суміш, оброблена бітумом; 5 – щебінь міцних порід;
6 – щебінь слабких порід; 7 – щебінь слабких порід із насиченням органічними в'язучими

Спрощені покриття влаштовують шляхом укріплення місцевих ґрунтів. До таких належать цементоґрунтови. Цементоґрунтове покриття влаштовують одношарове завтовшки не менше ніж 15 см чи двошарове, завтовшки 30–35 см. Використовують портландцемент марки не нижче 400, а для основи – не нижче 300. Замість цементу може бути використане вапно. Конструкції цементоґрунтових покриттів наведено на рис. 7 [9].

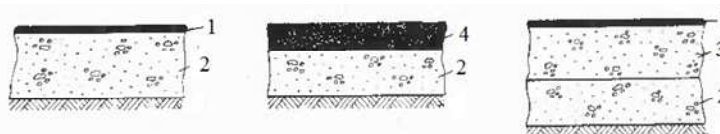


Рис. 7. Цементоґрунтови покриття:

- 1 – поверхнева обробка; 2 – цементоґрунт;
3 – цементоґрунт із підвищеним вмістом цементу; 4 – асфальтобетон

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Ґрунтові смуги облаштовують переважно обабіч твердих покриттів, хоча їх місцеположення може змінюватись у межах льотного поля залежно від його конфігурації та розмірів, повітряних підходів, напрямку вітру та в міру появи деформацій на поверхні діючої ґрунтової смуги. Ґрунтова смуга повинна мати дерновий покрив. За його допомогою утворюється немов би арматура, яка зв'язує між собою структурні елементи ґрунту. Дернина укріплює ґрунт, підвищує його експлуатаційні властивості, зменшує появу пилу, утворення канав від дощових вод та зменшує глибину колії від пневматиків ПС.









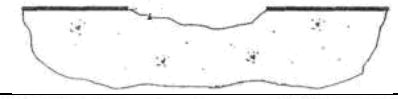

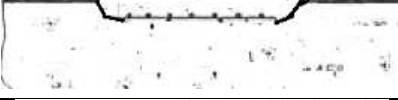

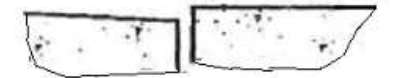

Огляд конструкцій аеродромних покриттів дозволяє підвести до розуміння особливостей їхніх дефектів.





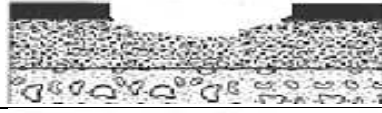


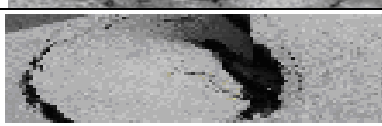
У процесі експлуатації аеродромних покриттів виникають такі дефекти: відшарування та лущення поверхні покриття через цикли заморожування / відтанення та механічних навантажень; вибоїни й раковини через динамічні навантаження; тріщини через вплив сульфатів або лужно-силікатної реакції; ерозія поверхні в жаркому кліматі; відшарування та лущення верхнього шару покриття та усадкові тріщини через бетонування при високих температурах і неправильному догляді, які мають властивості поступово збільшуватися в глибину та довжину й часто розгалужуються в різних напрямках; відшарування верхнього шару покриття через вплив на нього солей та сумішей для розморожування; відколи крайок плит і руйнування швів через цикли заморожування / танення і механічних навантажень, впливу розливів пального та масляних хімікатів; руйнування плит у результаті силових навантажень; уступи у швах і тріщини через підняття плит; осідання та проломи плит через втрату несучої здатності основи або ґрунту, а також оголення арматури через руйнування захисного шару бетону; руйнування заповнювача швів через його низьку температурну стійкість [11].

У табл. 2 наведено основні дефекти аеродромних покриттів, показано розрізи покриттів із дефектами та їх візуалізація [12-14].

Таблиця 2

Дефекти аеродромних покриттів

Назва дефекту	Розріз покриття з дефектом	Візуалізація дефекту
1	2	3
Монолітні бетонні, армобетонні, залізобетонні, збірні покриття		
Тріщини		
Волосяні тріщини		
Злущення поверхні плит		
Відколи бетону біля швів		
Раковини і вибоїни на поверхні плит		
Оголенням стрижнів арматури		
Перевищення граней суміжних плит у швах		

1	2	3
Асфальтобетонні покриття		
Колії, хвилі		
Зсуви		
Прогалини		
Просідання		

Дефектами ґрунтової частини льотного поля є нерівності у вигляді колій та вибоїн, а також прогалини дернового покриття різних розмірів [9].

Наведені дефекти визначаються систематичним візуальним оглядом аеродромних покриттів із проведенням необхідних замірів [9]. Така процедура займає багато часу на її проведення.

Водночас геодезичні методи візуалізації та координування стрімко удосконалюються. До перспективних геодезичних методів слід віднести застосування безпілотних літальних апаратів, лазерне сканування, які особливо ефективні для знімання лінійних об'єктів, якими є ЗПС, РД. Крім того, важливим є розробка нових інноваційних методів для виявлення та координування саме дефектів аеродромних покриттів. Це є підґрунтям для розробки більш ефективних методик геодезичного моніторингу аеродромних покриттів, крім визначення нерівностей поверхонь покриттів.

Висновки відповідно до статті. Наведено класифікацію та конструктивні особливості аеродромних покриттів і основні їхні дефекти. У результаті аналізу засобів та методів геодезичного моніторингу стану аеродромних покриттів в Україні встановлено, що основним видом такого моніторингу є визначення лише нерівностей поверхні покриттів. Тому для виявлення більш широкого спектра дефектів аеродромних покриттів необхідне залучення безпілотних літальних апаратів, лазерного сканування та розробка новітніх засобів та методів моніторингу аеродромних покриттів.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року: Постанова Кабінет Міністрів України від 24.02.2016 № 126. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/126-2016-p>.
2. Аэродромные покрытия. Современный взгляд / Кульчицкий В.А. и др. Москва, 2002. 528 с.
3. Крячок С. Д. Топографо-геодезичне забезпечення аеропортів. *Технічні науки та технології*. 2018. № 1 (11). С. 239-251.
4. СНиП 32-03-96. Аэродромы. [Взамен СНиП 2.05.08-85 и СНиП 3.06 06-88]. Москва: ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект», 2005. 27 с.
5. ДСТУ Б В.2.3-3-2000 (ГОСТ 30412-96). Дороги автомобільні та аеродроми. Методи вимірювань нерівностей основ і покриттів. [Чинний від 23-02-2000]. Київ, 2000. 10 с. (Стандарт Держбуду України).
6. Про затвердження Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України: Наказ Міністерства оборони України від 1 липня 2013 р. № 441. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1229-13>.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

7. Бурачек В., Крячок С., Малік Т., Мамонтова Л., Неміх В. Автоматизована система геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги. *Технічні науки та технології*. 2018. № 4 (14). С. 248-257.
8. Таланов Г. П. Аеропорти та їх експлуатація: підручник. Київ: НАУ, 2001. 116 с.
9. Изыскания и проектирование аэродромов / Глушков Г.И. и др.; под ред. Г. И. Глушкова. Москва, 1992. 463 с.
10. СП 121.13330.2012. Аэродромы. [Актуализированная редакция СНиП 32-03-96]. Москва: ФГУП ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект», 2012. 27 с.
11. Филимонова О. Н., Енютина М. В., Никулин С. С., Костылева Л. Н. Оценка состояния аэродромных покрытий и анализ материалов для их улучшения. *Воздушно-космические силы. Теория и практика*. 2017. № 2. URL: <chrome-extension://mhjfbmdgcfjbbpaeojojfohoefgiehjai/index.html>.
12. Каримова А. А., Парамонова М. И. Разрушения и ремонт искусственных покрытий взлетно-посадочных полос. *Alfabuild*. 2019. № 2(9). С. 17-28. URL: alfabuild.spbstu.ru_index_2019_9.
13. Деформации и разрушения аэродромных покрытий. ИДТ-НВЕСТ: веб-сайт. URL: <http://www.idt-invest.ru/aerodrom.htm>.
14. Дефекты асфальтобетонного покрытия: виды, способы устранения. BETON-HOUSE: веб-сайт. URL: <https://beton-house.com/rabota/remont/defekty-asfaltobetonno-go-pokrytiya-267>.

References

1. Pro zatverdzenia Derzhavnoi tsilovoi prohramy rozvytku aeroportiv na period do 2023 roku [On Approval of the State Target Program for the Development of Airports for the period up to 2023]. № 126 (February 24, 2016) [in Ukrainian].
2. Vasilev, N. B., Kulchicky, V. A., Makagonov, V. A (2002). *Aerodromnyye pokrytiya. Sovremennyy vzgliad [Airfield coverings. Modern look]*. Moscow: Fiziko-matematicheskaya ltreratura [in Russian].
3. Kryachok, S. D. (2018). Topografo-heodezychne zabezpechennya aeroportiv [Topographic and geodesic security airports]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi – Technical Sciences and Technologies*, 1, 239-251 [in Ukrainian].
4. Aerodromy [Airfields]. (1996). SNiP 32-03-96 from January 1, 1996. Moscow: GPI i NII GA «Aeroprojekt». Retrieved from <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294854/4294854740.pdf>.
5. Dorohy avtomobilni ta aerodromakh. Metody vymiryuvan' nerivnostey osnov y pokryttiv [Roads of automobile and aerodromes. Methodi vimiryuvan' irregularities of the basics and pokrittiv]. (2000). DSTU B V.2.3-3-2000 (HOST 30412-96) from February 23, 2000. Kyiv: Standart Derzhbudu Ukrayiny. Retrieved from <http://profidom.com.ua/v-2/v-2-3/1583-dstu-b-v-2-3-3-2000-gost-30412-96-dorogi-avtomobilni-ta-ajerodromi-metodi-vimiruvan-nerivnostej-osnovi-pokrittiv>.
6. Pro pidtrymku v ekspluatatsiyi aerodromiv, shcho zdiysnyuyut' aerodrom Ukrayiny: nakaz Mva obrony Ukrayiny [On Approval of the Instruction on Operation of State Aviation Airports of Ukraine: Order of the Defense Ministry of Ukraine]. № 441 (July 1, 2013). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1229-13>.
7. Burachek, V., Kryachok, S., Malik, T., Mamontova, L., Nemykh, V. (2018). Avtomatyzovana systema heodezychnoho monitorynhu zlitno-posadkovoyi smuhy [Automated system of geodetic monitoring of the runway]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi – Technical Sciences and Technologies*, 4, 248-257 [in Ukrainian].
8. Talanov, H. P. (2001). *Aerorty ta yikh ekspluatatsiya: [Airports and their operation]*. Kyiv: NAU [in Ukrainian].
9. Glushkov, G. I. (Ed.). (1992). *Izyskaniia i proiektirovaniye aerodromov [Researches and design of airdromes]*. Moscow: Transport [in Russian].
10. Aerodromy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 32-03-96 [Airfields. Updated edition of SNiP 32-03-96]. (2012). Moscow: FGUP GPI i NII GA «Aeroprojekt». Retrieved from http://www.know-house.ru/gost/sp_2013/sp_121.13330.2012.pdf.
11. Filimonova, O. N., Yenyutina, M. V., Nikulin, S. S., Kostyleva, L. N. (2017). Otsenka sostoyaniya aerodromnykh pokrytiy i analiz materialov dlya ikh uluchsheniya [Assessment of the condition of airfield coatings and analysis of materials to improve them]. *Vozdushno-kosmicheskiye sily. Teoriya i praktika – Aerospace forces. Theory and practice*, 2, 62-74 Retrieved from http://академия-ввс.pdf/images/data/zhurnal_vks/2-2017/61-75.pdf.

12. Karimova, A. A., Paramonova, M. I. (2019) Razrusheniya i remont iskusstvennykh pokrytiy vzletno-posadochnykh polos [Destruction and repair of artificial surfaces of runways]. *Alfabuild – Alfabuild*, 2, 17-28 Retrieved from http://alfabuild.spbstu.ru_index_2019_9.

13. *Defformatsii i razrusheniya aerodromnykh pokrytiy. IDT-NVEST [Deformation and destruction of airfield coatings. IDT-NEST]*. Retrieved from <http://www.idt-invest.ru/aerodrom.htm>.

14. *Defekty asfaltobetonogo pokrytiya: vidy, sposoby ustraneniya. BETON-HOUSE [Defects in asphalt concrete pavement: types, methods of elimination. BETON-HOUSE]* Retrieved from <https://beton-house.com/rabota/remont/defekty-asfaltobetonogo-pokrytiya-267>.

UDC 528.482

Sergiy Kryachok

CURRENT STATUS OF AERODROME COATINGS GEODETIC MONITORING IN UKRAINE

Urgency of the research. Ukraine has a National Target Program for Airport Development. The program envisages stable development of the aviation industry in Ukraine. It is necessary to carry out the modernization and reconstruction of existing and construction of new airfields and airfield facilities, as well as surfaces for landing, take-off, movement, parking of aircraft, movement of ground transport in the airfield, ground elements of the airfield.

Target setting. Aviation fleet has expanded significantly in Ukraine and beyond. Heavy and very heavy aircraft appeared. Increasing the weight of aircraft is the cause of increased load on airfields. This in turn leads to faster wear of the airfield coatings and the appearance of defects. Coverage defects threaten flight safety and cause a change in coverage profile. Therefore, constant monitoring of the condition of airfield coatings is carried out.

Actual scientific researches and issues analysis. Recent open access publications on airfield coatings monitoring have been reviewed.

Uninvestigated parts of general matters defining. An analysis of the means and methods of geodetic monitoring of aerodrome coatings allows us to conclude that geodetic monitoring is aimed only at determining the profile of coatings. Defects in airfield coatings are not subject to geodetic monitoring.

The research objective. The main purpose of this article is to consider the designs of airfield coatings and their defects.

The statement of basic materials. Classifications of airfield coatings are given and a review of the structures of rigid, asphalt concrete, lightweight, simplified coatings and the soil part of the airfield is performed. The features of defects in airfield coatings and the main causes of their occurrence are indicated. Defects are grouped into a separate table and visualized.

Conclusions. As a result of the analysis of the means and methods of geodetic monitoring of the state of airfield coatings in Ukraine, it was possible to find out that the main type of such monitoring is to determine only surface roughness. To identify a wider range of defects in airfield coatings, it is necessary to use unmanned aerial vehicles, laser scanning and the development of the latest tools and methods for monitoring airfield coatings.

Keywords: runway; airfield coverings; geodetic monitoring.

Table: 2. Fig.: 7. References: 14.

Крячок Сергій Дмитрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kryachok Serhiy – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of geodesy, cartography and land management, Chernihiv national University of Technology (95 Shevchenko Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: geodesist2015@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5633-1501>

ResearcherID: N-3061-2016