

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

УДК 691.3

DOI 10.31649/2311-1429-2019-1-38-42

О. О. Горюн**АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ІСНУЮЧИХ
АСФАЛЬТО- ТА ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ АЕРОДРОМНИХ
ПОКРИТТІВ**

Вінницький національний технічний університет

На сьогоднішній день до найпоширеніших видів аеродромів, що експлуатуються в Україні, відносяться такі, які містять у своєму складі покриття злітних смуг у виконанні із асфальтобетону чи цементобетону. Для даних аеродромів важливою задачею є забезпечення ефективною та довготривалою експлуатації покриттів без великих капіталовкладень на їх утримання. Здебільшого до елементів, які піддаються руйнівному впливу в найбільшій мірі відносяться: злітно-посадкові смуги, рульові доріжки, а також зони для стоянки повітряних суден.

У роботі наведено актуальні вимоги щодо наявності необхідних характеристик та їх величин в будівельних матеріалах на основі бетону, які застосовуються для будівництва аеродромних покриттів. Проведено аналітичний огляд руйнівних чинників і видів пошкоджень асфальто- та цементобетонних настилів в результаті якого сформовано перелік типових дефектів, які є для них характерними. Розглянуто механізм накопичення вологи в монолітних аеродромних настилах і таких, що виконані із армованих бетонних плит. Проаналізовано особливості проходження циклу заморожування і відтавання води в капілярно-пористих структурах бетону в кліматичних зонах України. Визначено головні чинники хімічної та біологічної складової руйнування злітно-посадкових смуг. Розглянуто можливість утворення пошкоджень вищеперелічених бетонних конструкцій в залежності від інтенсивності впливу навантажень, що передаються від опор літальних апаратів на поверхню аеродромного покриття. Зведено класифікацію факторів руйнування бетонних аеродромних покриттів.

На підставі проведеного аналітичного огляду, а також попередньо проведених дослідів в роботі запропоновано гіпотезу про перспективність використання будівельних матеріалів на основі цементу з полімерними домішками для локального ремонту покриттів монолітної та плитної конструкцій.

Ключові слова: аеродромні покриття, руйнування, дефекти, бетон, асфальтобетон, полімери.

Вступ

В процесі експлуатації злітно-посадкових смуг аеродромів у елементах покриття виникають дефекти, збільшення числа і величини яких в подальшому може викликати пряму загрозу щодо часткового або повного припинення користування аеродромом.

Зважаючи на це, важко переоцінити важливість своєчасного виявлення, діагностування кількості та величини пошкоджень і дефектів, що виникають в покриттях. Поряд з цим, немаловажливим є правильність класифікації пошкоджень за їх типовими характеристиками.

Виконання вищевказаних дій дозволяє не тільки здійснити своєчасний локальний ремонт, зупинити чи призупинити руйнування аеродромного покриття шляхом підсилення, але й використати отриману інформацію для подальшого запобігання появи типових руйнівних чинників. Наприклад, сформувані конкретні критерії, яким повинен відповідати найбільш ефективний будівельний матеріал для аеродромного покриття певного типу.

В результаті проведеного аналітичного огляду було виявлено характерні типові недоліки та ті, які мають найбільший вплив на міцнісні та інші експлуатаційні властивості аеродрому.

До розглянутих покриттів відносяться найбільш широко використовувані в Україні цементо- та асфальтобетонні аеродромні покриття як монолітної так і плитної конструкції із застосуванням плит типу ПАГ («плита аеродромна гладка»). До цього переліку можна віднести і аеродроми підсилені шляхом нарощування шарів асфальто- та цементобетоном (армобетоном, попередньо напруженим монолітним залізобетоном).

Вимоги до матеріалів аеродромних покриттів

Слід зазначити, що для будівництва розглянутого виду аеродромних покриттів використовується бетон, до якого висунуто нормативні вимоги щодо міцності не тільки на стиск, але й на розтяг. Враховуючи вищевказане, найпоширенішим є використанням бетону класу Вtb4,0 на розтяг, а також кл. В30 по міцності на стиск [1], при цьому марка морозостійкості не менше

F100...F200, водонепроникність W6, водоцементне співвідношення не більше 1/2. При виробництві такого будівельного матеріалу, як правило, застосовують портландцемент ПЦ марки М500, пісок з модулем крупності 1,7, а також різного роду добавки.

Застосування асфальтобетону зазвичай обмежується нанесенням верхнього шару на підготовлену бетонну «основу». Використання конкретних марок та типів асфальтобетону на злітно-посадкових смугах (ЗПС) та магістральних рульових доріжках регламентується ДСТУ Б В 2.7-119-2011 і залежить не тільки від категорії нормативного навантаження на ЗПС, але й від районування за кліматичними умовами роботи асфальтобетонного покриття згідно з [4], тому до асфальтобетону, який використовується для аеродромних покриттів висувають такі критерії:

- пористість мінерального кістяка;
- залишкова пористість (в межах 2 ... 5 %);
- водонасичення (в межах 3 ... 4 %);
- границя міцності при стиску в залежності від температури покриття.

Відповідно до [5] визначені вимоги до ремонтних будівельних матеріалів на основі цементу. До даних вимог відносяться характеристики, якими повинні володіти бетони:

- міцність;
- морозостійкість;
- низька водонепроникність (для забезпечення міцності основи під покриттям);
- шорсткість (для забезпечення достатнього коефіцієнта зчеплення пневматиків коліс літаків з аеродромним покриттям).

Вибір складу бетону полягає у визначенні такого співвідношення між компонентами (цементом, щебенем, добавками), при якому з мінімальною витратою цементу буде досягнута максимальна жорсткість бетонної суміші із забезпеченням заданої міцності та морозостійкості [5].

Руйнування аеродромних покриттів

Незважаючи на те, що різні цементобетонні аеродроми розраховані на різне навантаження, мають різну інтенсивність впливу навантажень, різну протяжність, в таких покриттях виникають схожі за походженням види руйнувань і дефектів, що дає можливість їх узагальнення.

Типовими характерними дефектами для плитних (з використанням плит тип ПАГ) цементобетонних аеродромних покриттів є такі, що зображені на рис. 1.

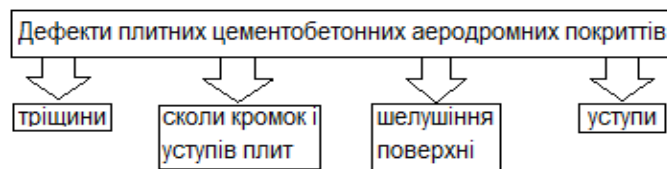


Рисунок 1 – Типові дефекти бетонних аеродромних настилів

На підставі проведеного аналізу, запропоновано класифікацію факторів руйнування аеродромних покриттів, яка представлена на рис. 2.

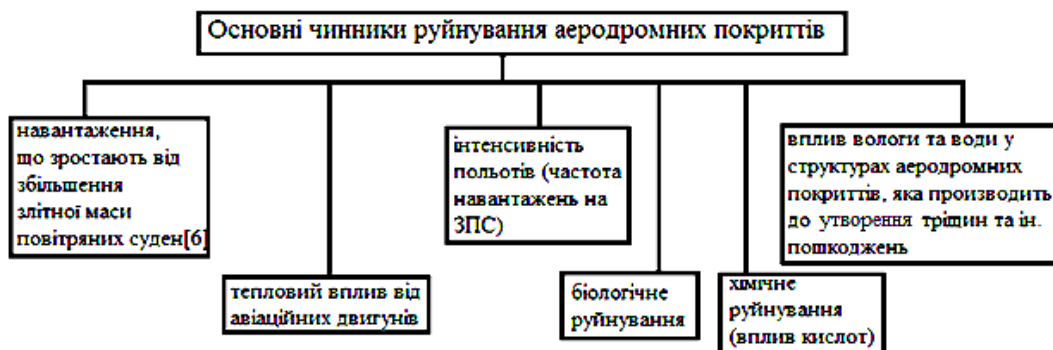


Рисунок 2 – Класифікація факторів руйнування аеродромних покриттів

На підставі огляду літературних джерел [6] визначено, що руйнівний вплив вологи в бетонних структурах проявляється з плином часу по мірі накопичення води, об'єм якої збільшується в основі під покриттям через порушення роботи дренажу і системи водовідведення, а також через порушення водно-теплового режиму ґрунтів. Після накопичення води в порах і капілярах бетонних структур і проходження циклу заморожування-відтавання утворюються мікротріщини, які в сукупності спричиняють достатньо великі дефекти, що призводять до порушення роботи ЗПС.

Біологічна руйнація проявляється на прикладі утворення рослинних наростів на поверхні бітумних покриттів. Це може спричинити зменшення строку експлуатації ЗПС в 2 рази і більше [7]. Бетон, залізобетон та асфальтобетон піддаються руйнівному впливу під дією кислот, головним чином, азотної та сірчаної, багатоатомних органічних гумінової та піровиноградної кислот, а також простих за структурою – оцтової, яблучної, лимонної кислот [7].

В аеропортах може спостерігатися підвищений рівень загазованості, особливо в промислових районах. Це значно впливає на руйнування бетонних конструкцій.

У разі обробки злітно-посадкових смуг речовинами, що містять сірчановодневі сполуки, можуть утворюватись тіонові бактерії. В результаті життєдіяльності тіонових бактерій утворюється сірчана кислота H_2SO_4 . Після взаємодії сірчаної кислоти з гідроксидом кальцію утворюється двоводний гіпс $Ca(OH)_2 + H_2SO_4 \Rightarrow CaSO_4 + 2H_2O$. В результаті двоводний гіпс заповнює капілярно-пористі структури аеродромного покриття, а також шви між бетонними плитами. Збільшення двоводного гіпсу в об'ємі призводить до виникнення порушень в структурі бетону і його руйнації.

Від кількості та величини пошкоджень залежить категорія руйнування аеродромного покриття, що визначена у [1]. Види тріщин в цементобетонних аеродромних покриттях [2]:

1. Наскрізні (поперечні, поздовжні або діагональні). Проходять через всю плиту по товщині. Поперечні і поздовжні тріщини перетинають всю поверхню плити.
2. Глибокі або поверхневі. Глибокими вважаються такі, що доходять до середини плити і арматурного каркасу, в той час як глибина поверхневих тріщин становить кілька мм;
3. Хаотично розташовані або зорієнтовані у будь-якому напрямку;
4. Одиночні або множинні по відношенню до їх кількості на бетонній плиті покриття.
5. Широкі, з шириною розкриття тріщин більше 0,5 мм, і «волосяні», з шириною розкриття менше 0,3 мм;
6. «Живі», у випадку коли ширина їх розкриття змінюється протягом доби. В такому разі тріщина «працює» як деформаційний шов стиснення. Нерухомими називаються такі, якщо їх розкриття не залежить від температури навколишнього середовища (тобто спостерігається незначна зміна ширини тріщини протягом доби).

Відколи кутів можуть проявлятися у вигляді наскрізних діагональних тріщин на кутах плит, що проходять через всю плиту по товщині або виходять на її бічну грань, наприклад, на глибині 5-10 см. Лушення поверхні може бути локальним (в окремих місцях) або суцільним по всій плиті або значної її частини, неглибоким (глибиною кілька мм, коли шелушіння відбувається під дією циклічного заморожування і відтавання, антижеледних солей і транспортних засобів) або глибоким, до оголення щебеневого заповнювача і викришування при механічному впливі.

Уступи між плитами покриття можуть супроводжуватися руйнуванням бетону на краях швів (відколами), а також появою води в швах, що знаходяться під навантаженням. Одні з перерахованих дефектів можуть бути викликані порушенням в роботі всієї аеродромної конструкції, інші – недоліками бетону і бетонної суміші або прийнятої технології робіт.

Наскрізні тріщини і уступи, як правило, викликані не недоліками бетону, а невідповідною проекту фактичною роботою всієї конструкції в процесі експлуатації. Як правило, з'являються через кілька місяців або років після укладання бетону.

В деяких регіонах України цикли заморожування і відтавання можуть досягати до 100 разів на рік [8]. Це стосується в першу чергу південної частини України, проте особливості погодних умов взимку не виключають досягнення подібної величини в більш сприятливіших кліматичних зонах. Дослідження Б. В. Дерягіна показали, що для досягнення високого показника морозостійкості необхідно, щоб 70% пор в бетоні були в діаметрі не більше 600 Ангстрем [9]. Проведені експериментальні дослідження [8] показують, що для підвищення морозостійкості аеродромного бетону може бути досягнуто за рахунок введення в розчин суперпластифікаторів на основі полікарбоксилатефіру разом із повітровтягувальними добавками FM-787 в кількості 0,06...0,08 % від маси цементу.

Висновки

На підставі проведеного аналітичного огляду та попередньо проведених дослідів було встановлено, що одним із найбільш перспективних методів ремонту (заміни) існуючих або будівництва нових покриттів є використання цементних бетонів, що містять полімерні сполуки у своєму складі. Так, як завдяки полімерам таким, як: поліметилметакрилат, полістирол, полікарбосилатефір, акрилонітрил, хлорстирол, такі бетони здатні сприймати більшу величину навантаження у роботі на стиск, а також, що особливо важливо, на розтяг. Причому, показники величинна стиск розтяг бетонополімера насиченого поліметилметакрилатом становлять 126 МПа та 10,5 МПа відповідно, в той час як цементного бетону 36 МПа та 2,9 МПа відповідно до [3].

Характеризуючи бетони, які містять у своєму складі полімерні добавки, слід відзначити високу зносостійкість. Крім того, при необхідності є можливим, завдяки зміни складу бетонополімера, здійснення впливу на коефіцієнт зчеплення (тертя) між покриттям та колесом.

Гідрофобні властивості, які набуває бетон з полімерними домішками, дозволяє збільшити водонепроникність не тільки на поверхні конструкції, а й в самій її структурі. В поєднанні з підвищенням міцності це призводить до значного збільшення циклів морозостійкості даного будівельного матеріалу.

Виробництво бетонополімерних елементів плитної конструкції по прикладу аеродромних плит ПАГ створює передумови для зменшення металоемності конструкції шляхом зменшення кількості або діаметра попередньо напруженої та конструктивної арматури. При цьому відкривається можливість для локального ремонту аеродромного покриття за допомогою заміни плитного елемента покриття з цементного бетону на бетонополімерну плиту аналогічної геометричної форми.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. СНиП 2.05.08-85. Аэродромы / Госстрой СССР. – М.: ЦИТПГосстроя СССР, 1985. – 59 с.
2. Васильев Н.Б. Кульчицкий В.А. Макагонов В.А. Аэродромные покрытия. Современный взгляд / Васильев Н. Б.: – Москва: Физико-математическая литература, 2002. – 528 с.
3. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Справочник по строительному материаловедению / Дворкин Л. И.: – Москва: Инфра-Инженерия, 2010. – 472 с.
4. ДСТУ Б В. 2.7-119-2011 «СУМІШІ АСФАЛЬТОБЕТОННІ І АСФАЛЬТОБЕТОН ДОРОЖНІЙ ТА АЕРОДРОМНІЙ Технічні умови»: – Київ: Мінрегіон України, 2012 р. – 55 с.
5. Наказ № 441 Про затвердження інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України від 01.07.2013 р.
6. Тімкіна С. Ю. Відомості про конструкції сучасних аеродромних покриттів – Тези доповідей III Міжнародної конференції «Аеропорт – віно в майбутє» Національного авіаційного університету, Київ, 2012 р. – С. 34-35.
7. Г. Ф. Зеленкова, О. Ю. Запорожченко «Біологічне руйнування будівельних конструкцій», Вісник КМУЦА, № 1, Київ, 1998 р. – С. 390-395.
8. С. В. Бугаев «Морозостойкость современных аэродромных покрытий из бетона» / С. В. Бугаев, С. В. Орлов, И. П. Солоненко // Системы обработки информации. – 2010. – № 6 (87). – С. 60-62.
9. V.S. Ramachandran Строительство. Справочные пособия. Добавки в бетон. / V.S. Ramachandran, P.F. Feldman, M. Kolleparadi, V.M. Malhotra, V.L. Dolch, P.K. Mehta, I. Oхama, V.B. Ratinov, T.I. Rozenberg, N.P. Mэйlvaganam. – Стройиздат, Москва, 1988. – 575 с.

REFERENCES

1. SNiP 2.05.08-85. Aerodromy / Gosstroy SSSR. – M.: TsITPGosstroya SSSR, 1985. – 59 s.
2. Vasilev N.B. Kulchitskiy V.A. Makagonov V.A. Aerodromnyie pokryitiya. Sovremennyiy vzglyad / Vasilev N. B. – Moskva: Fiziko-matematicheskaya literatura, 2002. – 528 s.
3. Dvorkin L. I., Dvorkin O. L. Spravochnik po stroitelnomu materialovedeniyu / Dvorkin L. I.: – Moskva: Infra-Inzheneriya, 2010. – 472 s.
4. DSTU B V. 2.7-119-2011 «SUMISHI ASFALTOBETONNI I ASFALTOBETON DOROZHNIY TA AERODROMNIY TEHNICHNI UMOVI». – Kyiv: Minregion Ukrayini, 2012 r. – 55 s.
5. Nakaz № 441 Pro zatverdzhennya instruktseyi z ekspluatatsiyi aerodromiv derzhavnoyi aviatsiyi Ukrayini vid 01.07.2013 r.
6. Timkina S. Yu. Vidomosti pro konstruktseyi suchasniх aerodromnih pokrytтив – Tezi dopovidey III Mizhnarodnoyi konferentsiyi «Aeroport – vikno v maybute» Natsionalnogo aviatsiyного universitetu, Kyiv, 2012 r. – S. 34-35.
7. G. F. Zelenkova, O. Yu. Zaporozhchenko «Blologichne ruynuvannya budivelnih konstruktsey», VIsnik KMUTsA, # 1, KiYiv, 1998 r. – S. 390-395.
8. S. V. Bugaev «Morozostoykost sovremennyih aerodromnyih pokrytivy iz betona» / S. V. Bugaev, S. V. Orlov, I. P. Solonenko // Sistemi obrobki Informatsiyi. – 2010 — # 6 (87). – S. 60-62.
9. V.S. Ramachandran Stroitelstvo. Spravochnye posobiya. Dobavki v beton. / V.S. Ramachandran, R.F. Feldman, M. Kolleparadi, V.M. Malhotra, V.L. Dolch, P.K. Mehta, I. Ohama, V.B. Ratinov, T.I. Rozenberg, N.P. Meylvaganam. – Stroyizdat, Moskva, 1988. – 575 s.

Горюн Олег Олегович – аспірант кафедри інженерних систем в будівництві, Вінницький національний технічний університет, e-mail: olezhka.gor.94@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5678-835X.

O. Horiun

ANALYTICAL RESEARCH ON THE CONDITION OF EXISTING ASPHALT AND CEMENT CONCRETE AERODROME COATINGS

Vinnitsia National Technical University

To date, the most common types of airfields operating in Ukraine are those that include the coverage of runways in pavements made of asphalt concrete or cement concrete. An important task for these aerodromes is to provide efficient and long-term maintenance of the coatings without significant investment in their maintenance. For the most part, the most destructive effects are: runways, runways, and aircraft parking areas.

The paper presents the actual requirements for the availability of necessary characteristics and their values in concrete based building materials used for the construction of aerodrome coatings. An analytical review of destructive factors and types of damages of asphalt and cement concrete floors was conducted, as a result of which a list of typical defects that are characteristic for them is formed. The mechanism of accumulation of moisture in monolithic aerodrome decks and those made of reinforced concrete slabs is considered. The peculiarities of passing the freezing and thawing of water in capillary-porous concrete structures in the climatic zones of Ukraine are analyzed. The main factors of the chemical and biological component of the destruction of runways are determined. Considered the possibility of damages of the above-mentioned concrete structures, depending on the intensity of the impact of loads transmitted from aircraft towers to the surface of the aerodrome. The classification of the factors of the destruction of concrete airfield coverings is summarized.

On the basis of the conducted analytical review, as well as preliminary experiments, the hypothesis about the promise of the use of building materials with polymeric impurities for the local repair of coatings of monolithic and slab structures was proposed.

Keywords: airfield cover, defects, concrete, asphalt concrete, polymers.

Horiun Oleh – postgraduate student, Vinnitsia National Technical University, e-mail: olezhka.gor.94@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5678-835X.

O. O. Горюн

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ АСФАЛЬТО- И ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Винницкий национальный технический университет

На сегодняшний день к наиболее распространенным видам аэродромов, эксплуатируемых в Украине, относятся такие, которые содержат в своем составе покрытия взлетных полос в исполнении из асфальтобетона или цементбетона. Для данных аэродромов важной задачей является обеспечение эффективной и длительной эксплуатации покрытий без больших капиталовложений на их содержание. В основном к элементам, которые подвергаются разрушительному воздействию в наибольшей степени относятся: взлетно-посадочные полосы, рулежные дорожки, а также зоны для стоянки воздушных судов.

В работе приведены актуальные требования о наличии необходимых характеристик и их величин в строительных материалах на основе бетона, применяемых для строительства аэродромных покрытий. Проведен аналитический обзор разрушительных факторов и видов повреждений асфальто и цементобетонных настилов в результате которого сформирован перечень типовых дефектов, которые являются для них характерными. Рассмотрен механизм накопления влаги в монолитных аэродромных настилах и таких, которые выполнены из армированных бетонных плит. Проанализированы особенности прохождения цикла замерзания и разморозки воды в капиллярно-пористых структурах бетона в климатических зонах Украины. Определены главные факторы химической и биологической составляющей разрушения взлетно-посадочных полос. Рассмотрена возможность образования повреждений вышеперечисленных бетонных конструкций в зависимости от интенсивности воздействия нагрузок, передаваемых от опор летательных аппаратов на поверхность летного поля. Разработана классификация факторов разрушения бетонных аэродромных покрытий.

На основании проведенного аналитического исследования, а также предварительных проведенных опытов в работе предложена гипотеза о перспективности использования строительных материалов на основе цемента с полимерными добавками для локального ремонта покрытий монолитной и плитной конструкций.

Ключевые слова: аэродромные покрытия, разрушение, дефекты, бетон, асфальтобетон, полимеры.

Горюн Олег Олегович – аспірант, Вінницький національний технічний університет, e-mail: olezhka.gor.94@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5678-835X.