

УДК 625.70

DOI <https://doi.org/10.32782/apcmj.2023.2.3>**Грабовчак Валентина Валентинівна,**

кандидат технічних наук,
заступник декана
Факультету наземних споруд і аеродромів,
Національний авіаційний університет,
просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6315-9639>

Вишнеvsька Аліна Володимирівна,

старший викладач
кафедри інфраструктури авіаційного транспорту
Факультету наземних споруд і аеродромів,
Національний авіаційний університет,
просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2145-0532>

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ ПІД ЧАС ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДУ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ

У складних умовах сьогодення одним із ключових завдань авіаційної галузі України є проблема відновлення інфраструктури аеропортів. Тому постає питання відбудови аеродромних покриттів та комплексів, оскільки значна їх кількість пошкоджені внаслідок збройної російської агресії.

В роботі виконано аналітичний огляд щодо вимог та характеристик використання бетонів для аеродромних покриттів. Проаналізовано особливості утворення пошкоджень у цементобетонних покриттях залежно від впливу навантажень та екологічних чинників. Розглянуто можливість про перспективи використання відходів промисловості при проектуванні складу будівельних матеріалів для будівництва аеродромних покриттів.

Ключові слова: аеродромні покриття, цемент, бетон, відходи промисловості, шлаки, паливні золи.

Hrabovchak Valentyna, Vyshnevskaya Alina. THE USE OF INDUSTRIAL WASTE IN DESIGNING THE COMPOSITION OF BUILDING MATERIALS FOR AIRFIELD PAVEMENTS

In today's difficult conditions, one of the key tasks the aviation industry of Ukraine has the problem of restoring the infrastructure of airports.

Therefore, the question of rebuilding airfield surfaces and complexes arises, since a significant number of them were damaged as a result of armed Russian aggression.

The work includes an analytical review of the requirements and characteristics of the use of concrete for airfield pavements. The peculiarities of the formation of damage in cement-concrete coatings depending on the influence of loads and environmental factors are analyzed. The possibility of the prospects of using industrial waste in the design of the composition of building materials for the construction of airfield coatings was considered.

Key words: airfield pavements, cement, concrete, waste industry, slag, fuel ash.

Вступ. Наявна мережа аеродромів авіації більшою мірою представлена штучними аеродромними покриттями, основною перевагою яких є висока несуча здатність. Для покриття злітно-посадкових смуг використовують асфальтобетон чи цементобетон. Однак під час експлуатації у покритті виникають

дефекти у вигляді тріщин та усадки, що може призвести руйнування полотна.

Будівництво та відновлення аеродромів потребує використання значної кількості будівельних матеріалів для аеродромного одягу. При цьому для досягнення значних експлуатаційних властивостей аеродромних покриттів

до вихідних матеріалів висувають ряд вимог щодо забезпечення стійкості фізико-механічних процесів, що відбуваються впродовж їхнього використання.

Метою даного дослідження є висвітлення можливості створення нових будівельних матеріалів для відновлення аеродромних покриттів за рахунок використання відходів промисловості.

Постановка проблеми. Внаслідок збройної російської агресії у 19 діючих цивільних аеропортах було зруйновано будівлі та споруди, злітно-посадкові смуги у 12 аеропортах. Так, ДП «Украерорух», ДП «МА «Бориспіль» та ДП «МА «Львів», які входять до сфери управління Мінінфраструктури, зазнало збитків, завданих внаслідок знищення та пошкодження державного майна (інфраструктурні об'єкти, устаткування та автотранспорт). Орієнтовні збитки аеропортів та аеронавігаційного обладнання України на початок літа 2022 року становлять близько 200 млрд дол. [1].

На сьогодні питання відновлення аеродромних покриттів набуло великої актуальності, оскільки це досить складна система, до якої висувають високі вимоги, особливо велику увагу приділяють складу будівельних матеріалів, які повинні характеризуватись високими фізико-механічними та експлуатаційними показниками, а також мати незначну вартість, бути економічно вигідними. Слід зазначити, що від якості аеродромного одягу залежить технічний стан та експлуатаційна придатність злітно-посадкової смуги, а також безпека пасажирських перевезень.

На підставі проведеного аналітичного дослідження було встановлено, що для будівництва аеродромних покриттів використовують цементобетон або асфальтобетон, які застосовують у вигляді монолітної конструкції чи плити (рис.1). При цьому для бетону висувають ряд вимог: клас не менше C25/30, морозостійкість F200, водопроникність W6.

Використання асфальтобетонних сумішей регламентовано нормативним документом [2] та залежить від категорії нормативного навантаження на злітно-посадкову смугу.

Відповідно до інструкцій з експлуатації аеродромів [3] висуваються певні критерії:

1) нежорсткі покриття – нечасті злітно-посадкові операції повітряних суден з класифікаційного числа повітряного судна (ACN), що не перевищує класифікаційне число покриття (PCN) більше ніж на 10%;

2) жорсткі або змішані покриття, в яких основним елементом структури є жорсткий шар їх покриття – нечасті злітно-посадкові операції повітряних суден з ACN, що не перевищує PCN більше ніж на 5%;

3) якщо конструкція аеродромного покриття невідома, необхідно застосовувати обмеження в 5%;

4) річна кількість злітно-посадкових операцій повітряних суден з перенавантаженням не повинна перевищувати 5% загальної річної кількості злітно-посадкових операцій.

Враховуючи вимоги до аеродромного одягу, необхідно відмітити, що руйнівними чинниками можуть бути екологічні чинники: це волога, яка проникає в пори покриття, заморозування-відтавання вологи у порах



Рис. 1. Приклади аеродромних покриттів

сприяє руйнуванню бетону зсередини, також негативно впливають кислоти на якість аеродромного покриття, що призводить до корозії матеріалу. Наявність тріщин у покритті призводить до біологічної руйнації.

За результатами аналітичного огляду встановлено, що основною складовою частиною покриття є бетон, склад якого характеризується співвідношенням основних компонентів цемент-щебінь-добавки, при якому висувають вимоги щодо забезпечення значних фізико-механічних показників, корозійної стійкості та морозостійкості.

Основним будівельним компонентом є портландцемент [4; 5], відповідно до вимог [6] як в'язучий компонент використовують цемент загальнобудівельного призначення, сульфатостійкі портландцементи, пуцоланові цементи, шлакопортландцементи та портландцементи із вмістом вапняку. Також можна додавати до складу цементу незначну кількість шлаку (до 35%) та паливної золи (до 25%) [5].

Результат досліджень. Зважаючи на те, що сучасні світові тенденції вимагають зменшення матеріалоемності і посилення ресурсозбереження, за рахунок використання відходів промисловості у складі цементів та бетонів, зокрема з високими показниками експлуатаційних характеристик, варто розглянути питання розроблення технологій, спрямованих на вирішення проблеми економії цементної складової в бетонах, зокрема застосування таких матеріалів для аеродромних покриттів, за рахунок використання у складі цементу доменних гранульованих шлаків і паливних зол.

На сьогодні в національному реєстрі державних стандартів немає нормативних документів, які б перешкоджали використанню відходів промисловості як основних компонентів у складі матеріалів для аеродромних покриттів, тому це дає можливість розробляти склади бетонів для аеродромного одягу. Головна вимога – це стабільний хімічний склад та високі фізико-механічні і експлуатаційні показники бетонів.

Слід зазначити, що в нашій країні вже досягли розуміння, що золошлакові відходи належать до цінних матеріальних ресурсів, які можна використовувати для виготовлення

цементу, цегли, у складі сировини для прокладання доріг. Однак незважаючи на великі наукові досягнення українських науковців щодо використання відходів промисловості, в нашій державі мають місце значні проблеми з реалізацією цього напрямку, і це в той час коли вітчизняні розробки все більше використовують у світі. Протягом багатьох років науковці НДІВМ ім. Глуховського займаються проблемою застосування відходів промисловості у складі лужних цементів [7–10]. Дані в'язучі композиції характеризуються значними фізико-механічними і експлуатаційними показниками та містять у своєму складі до 100% відходів промисловості.

Використання відходів промисловості у дорожньому будівництві є поширеною практикою серед країн Європи та Америки. Так, наприклад, у Данії та Фінляндії до складу асфальтобетонних сумішей входить значна кількість шлаків та золи-винесення.

В Україні ж практичного значення використання відходів промисловості, паливних зол та шлаків, як основного компоненту у складі матеріалів, так і не вирішено, тому значна кількість золошлакових відходів знаходиться у відвалах, що негативно впливає на навколишнє середовище.

Аналізуючи літературні джерела, слід зазначити, що для аеродромного покриття теж відсутні нормативні вимоги щодо використання відходів промисловості при проектуванні складу будівельних матеріалів. ДСТУ Б В 2.7.-43-96 дозволяє для аеродромних покриттів використовувати цемент на основі клінкеру нормованого складу, це обмеження пов'язано з тим, що цементобетонні покриття працюють у складних експлуатаційних умовах. Розглядаючи продукти гідратації звичайного цементу, слід відмітити, що вони не сприяють отриманню довговічного бетону, на відміну від лужних золошлакових цементів, які за своїми властивостями відповідають вимогам сучасного дорожнього будівництва. Ефективність використання лужних цементів на основі паливних зол та шлаків вже показано в дорожньому будівництві [12; 13].

Також за результатами наукових розробок науковців НДІВМ ім. Глуховського на замовлення

австралійської компанії в Австралії було побудовано злітно-посадкову смугу на основі лужних золошлакових сумішей, яка характеризувалась значним вмістом золи-винесення до 50%...70% та шлаку 30%...50%, при цьому міцність на стиск даних композицій становив 58,7...65,6МПа на 28 добу тверднення в нормальних умовах. Сьогодні це діючий аеропорт з аеродромним покриттям виготовлений на основі лужних бетонів.

Висновки

Таким чином, на підставі аналізу літературних джерел встановлено, що в Україні відсутні нормативні документи, які б обмежували використання паливних зол та шлаків

у складів цементів для будівництва аеродромних покриттів.

Необхідно розробити заходи наукового, організаційного і практичного спрямування для проведення досліджень в напрямку застосування відходів промисловості як основного компоненту у складі в'язучих для будівництва аеродромних покриттів.

Лужні цементы мають перспективи застосування у складі цементобетонів для аеродромних покриттів, оскільки лужні бетони характеризуються значними показниками довговічності, корозійної стійкості, морозостійкості.

Список використаних джерел:

1. Проект Плану відновлення України. URL: <https://cutt.ly/r8U9jYE> (дата звернення: 03.03.2023 р.).
2. ДСТУ В В 2.7-119-2011 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови». Київ : Мінрегіон України, 2012 р. 55 с.
3. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1229-13#Text> (дата звернення: 03.03.23 р.).
4. Крижановський В.О. Використання досвіду будівництва монолітного цементобетонного покриття злітно-посадкової смуги аеропорту «Одеса» при розробці нового вітчизняного стандарту на влаштування аеродромів. URL: <http://visnyk-odaba.org.ua/2021-85/85-10.pdf> (дата звернення: 04.03.23 р.).
5. Горюн О.О. Аналітичне дослідження стану існуючих асфальто- та цементобетонних аеродромних покриттів. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. № 1 міжн. наук.-техн. журн.* Вінниця, 2019. С. 38–42.
6. AC (Advisory Circular) 150/5370-10H. «Standard Specifications for Construction of Airports» U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration. Date Issued December 21, 2018. URL: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150-5370-10H.pdf.
7. Krivenko P.V., Kovalchuk G.Yu. Fly Ash Based Alkaline Cements. *2007-International Conference Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization.* Praha, 2007. P. 349–367.
8. Krivenko P.V., Kovalchuk O.Yu., Kovalchuk G.Yu. Directing the Hydration/Dehydration Structure Formation of Alkaline Portland Cement: A Perspective Way for Obtaining a High Temperature Concrete. *2007-International Conference Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization.* Praha, 2007. P. 369–377.
9. Kovalchuk O. Alkali activated cements mix design for concretes application in high corrosive conditions. *MATEC Web Conf Volume 230, 2018. 7th International Scientific Conference "Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings" (Transbud-2018).* URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823003007>.
10. Грабовчак В.В. Лужні золовмісні цементы та бетони на їх основі : автореф. канд. техн. наук. URL: <https://cutt.ly/U8U9s49> (дата звернення: 03.03.23 р.).
11. Проектування та будівництво аеродромних комплексів : монографія / за заг. ред. Карпова В.В. Херсон : Олді+, 2022. 336 с.
12. Кривенко П.В., Ковальчук О.Ю., Бойко О.В. Практичний досвід укладання бетонних доріг із використанням некондиційних заповнювачів. *Тези доповідей 8-ї між нар. Наук.-техн. Конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті».* Харків, 2019. С. 157–158.
13. Ковальчук О.Ю., Пушкарь В.І., Пасько А.В. Дослідження можливості використання червоного шламу як основи для будівництва доріг. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.* 2016. Вип. 62. С. 90–94.

References:

1. Proekt Planu vidnovlennia Ukrainy. URL: <https://cutt.ly/r8U9jYE> [in Ukrainian]
2. DSTU B V 2.7-119-2011 «Sumishi asfaltobetonnii i asfaltobeton dorozhnii ta aerodromnyi. Tekhnichni umovy». Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2012 r. 55 s. [in Ukrainian]
3. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1229-13#Text>

4. Kryzhanovskiy V.O. Vykorystannia dosvidu budivnytstva monolitnoho tsementobetonnoho pokryttia zlitno-posadkovoї smuhy aeroportu «Odesa» pry rozrobsi novoho vitchyznianoho standartu na vlashtuvannia aerodromiv. URL: <http://visnyk-odaba.org.ua/2021-85/85-10.pdf> [in Ukrainian]
5. Horiun O.O. Analitychne doslidzhennia stanu isnuichykh asfalto- ta tsementobetonnykh aerodromnykh pokryttiv. Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruksii v budivnytstvi. № 1 mizhn. nauk.-tekhn. zhurn. Vinnytsia, 2019. S. 38–42. [in Ukrainian]
6. AC (Advisory Circular) 150/5370-10H. «Standard Specifications for Construction of Airports» U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration. Date Issued December 21, 2018. URL: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150-5370-10H.pdf. [in Ukrainian]
7. Krivenko P.V., Kovalchuk G.Yu. Fly Ash Based Alkaline Cements. 2007-International Conference Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization. Praha, 2007. P. 349–367. [in Ukrainian]
8. Krivenko P.V., Kovalchuk O.Yu., Kovalchuk G.Yu. Directing the Hydration/Dehydration Structure Formation of Alkaline Portland Cement: A Perspective Way for Obtaining a High Temperature Concrete. 2007-International Conference Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization. Praha, 2007. P. 369–377.
9. Kovalchuk O. Alkali activated cements mix design for concretes application in high corrosive conditions. MATEC Web Conf Volume 230, 2018. 7th International Scientific Conference “Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings” (Transbud-2018). URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823003007>.
10. Hrabovchak V.V. Luzhni zolovmisni tsementy ta betony na yikh osnovi : avtoref. kand. tekhn. nauk. URL: <https://cutt.ly/U8U9s49> [in Ukrainian]
11. Proiektuvannia ta budivnytstvo aerodromnykh kompleksiv : monohrafiia / za zah. red. Karpova V.V. Kherson : Oldi+, 2022. 336 s. [in Ukrainian]
12. Kryvenko P.V., Kovalchuk O.Iu., Boiko O.V. Praktychnyi dosvid ukladannia betonnykh dorih iz vykorystanniam nekondytsiinykh zapovniuvachiv. Tezy dopovidei 8-yi mizh nar. Nauk.-tekhn. Konferentsii «Problemy nadiinosti ta dovhovichnosti inzhenernykh sporud i budivel na zaliznychnomu transporti». Kharkiv, 2019. S. 157–158. [in Ukrainian]
13. Kovalchuk O.Iu., Pushkar V.I., Pasko A.V. Doslidzhennia mozhlyvosti vykorystannia chervonoho shlamu yak osnovy dlia budivnytstva dorih. Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury. 2016. Vyp. 62. S. 90–94. [in Ukrainian]