

**ВИКОРИСТАННЯ ДОСВІДУ БУДІВНИЦТВА
МОНОЛІТНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВОЇ СМУГИ
АЕРОПОРТУ «ОДЕСА» ПРИ РОЗРОБЦІ НОВОГО ВІТЧИЗНЯНОГО СТАНДАРТУ
НА ВЛАШТУВАННЯ АЕРОДРОМІВ**

¹**Крижановський В.О.**, інженер,
vitolloscience@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1332-1922

¹**Кровяков С.О.**, д.т.н., доцент,
skrovyakov@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0800-0123

¹**Заволока М.В.**, к.т.н., професор,
mvzavoloka@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2080-1230

¹**Шевченко В.В.**, інженер,
lab.psk.ogasa@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4966-8709

²**Андрєва О.А.**, інженер,
airport.ods@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1492-3215

²**Софіяник А.М.**, інженер,
airport.ods@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1492-3215

¹*Одеська державна академія будівництва та архітектури*
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

²*Державне підприємство «Дирекція з будівництва міжнародного аеропорту «Одеса»*
Малиновський район, Аеропорт цивільної авіації, м. Одеса, 65054, Україна

Анотація. Проведено обстеження монолітного цементобетонного покриття злітно-посадкової смуги аеропорту «Одеса». Виконано візуальне обстеження поверхні смуги, руліжних доріжок та перону на наявність дефектів. Стан покриття злітно-посадкової смуги було оцінено як «відмінний», категорія руйнування І. Також проводилися випробування міцності верхнього шару жорсткого цементобетонного покриття з використанням методів неруйнівного контролю і випробувань кернів. Отримані характеристики міцності відповідають проектним вимогам, бетон має клас не менш ніж С32/40. На основі опрацьованих даних і власних наукових розробок були надані пропозиції до нового стандарту (на заміну СНиП 2.05.08-85 «Аеродроми») щодо вимог до матеріалів, бетонних сумішей і бетонів на їх основі для влаштування злітно-посадкових смуг на території України. Сучасні вимоги до монолітних цементобетонних аеродромних покриттів потребують подовження їх корисного строку експлуатації до 40 років. Для забезпечення таких показників експлуатаційної придатності окрім високих показників міцності, обов'язкове забезпечення довговічності жорстких покриттів за рахунок використання високофункціональних модифікованих бетонів. В пропозиціях окреслено тип цементу, заповнювачів і хімічних добавок, які можуть використовуватися при виготовленні бетонів аеродромних покриттів. Також надані вимоги до властивостей бетону і бетонної суміші, процесу догляду за бетоном. З урахуванням наявних на ринку суперпластифікаторів і вимог до легкоукладальності бетонних сумішей для влаштування монолітних цементобетонних аеродромних покриттів максимальне В/Ц має бути в діапазоні 0,3-0,35. Для підвищення міцності на розтяг при згині і тріщиностійкості бажано використовувати дисперсне армування бетону. Для забезпечення строку експлуатації і задовільного експлуатаційного стану покриттів злітно-посадкових смуг необхідне щорічне їх обстеження для своєчасного виявлення та виправлення виникаючих дефектів.

Ключові слова: злітно-посадкова смуга, жорстке покриття, цементобетон, обстеження, довговічність.

Вступ. Аеродромне покриття є відповідальною інженерною спорудою з підвищеними експлуатаційними вимогами. Від якості поверхневого шару цементобетонного аеродромного одягу залежить безпека пасажирських перевезень, експлуатаційна придатність і технічний стан злітно-посадкової смуги (ЗПС), руліжних доріжок та перонів. Державна цільова програма розвитку аеропортів на період до 2023 року [1] передбачає виділення коштів на будівництво, реконструкцію та модернізацію аеродромів, зокрема поверхонь ЗПС, руліжних доріжок та перонів відповідно до міжнародних стандартів якості. Тобто для сучасного вітчизняного матеріалознавства актуальним є завдання підвищення ефективності та довговічності бетонів для улаштування цементобетонних покриттів ЗПС з врахуванням особливостей природно-кліматичних умов їх експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні 5-10 років пасажиропотік авіаперевезень на території України значно підвищився, відповідно кількість вилетів повітряних суден на добу значно збільшилася. Згідно [1] з 2016 р. по 2023 р. кількість літаковилетів має збільшитися у середньому на 60-80 %. У зв'язку зі світовою пандемією Covid-19 інтенсивність росту авіаперевезень знизилась, але все одно ріст простежується. Строк служби аеродромного покриття залежить не лише від його несучою здатності, але й від суворості дії природно-кліматичних факторів, які спільно з дією навантажень від повітряних суден суттєво впливають на стан монолітних цементобетонних покриттів ЗПС [2].

Протягом всієї історії авіації найважливішою проблемою є забезпечення безпеки зльоту та посадки повітряних суден, що в свою чергу напряму залежить від якості покриття ЗПС, а саме від його технічного стану [3, 4]. Несуча здатність, рівність та шорсткість покриття ЗПС [5] повинні задовольняти всім проектним вимогам і вимогам діючого стандарту [6].

При аналізі технічної документації, наданої міжнародним аеропортом «Одеса», було встановлено, що реконструкція штучних цементобетонних покриттів ЗПС, руліжних доріжок та перону даного аеропорту здійснювалася за вимогами стандартів ASTM [7] та вимогами Міжнародної організації цивільної асоціації ICAO [8]. Важливо відзначити, що єдиним діючим нормативним документом на території України стосовно аеродромів є СНиП 2.05.08-85 «Аеродроми», вимоги якого є застарілими з урахуванням розвитку будівельних матеріалів, технології будівництва, експлуатації та розвитку будівництва повітряних суден. На цій підставі виникає необхідність розробки сучасних нормативів, особливо приділивши увагу вимогам до матеріалів для влаштування монолітних цементобетонних аеродромних покриттів, їх фізико-механічних показників і характеристик довговічності з урахуванням умов експлуатації на території України.

Мета та завдання. Визначити технічний стан покриття нової ЗПС міжнародного аеропорту «Одеса». Грунтуючись на власний досвід в області технології бетону та на досвід інших країн і їх нормативній документації (ASTM, EN, ACI, FHA) щодо вимог до матеріалів для улаштування цементобетонних покриттів ЗПС, а також беручи до уваги місцеві особливості природно-кліматичних умов експлуатації, запропонувати технологічні вимоги щодо бетонних сумішей, бетонів і матеріалів для їх виготовлення.

Матеріали і методи досліджень. Випробування міцності, водопоглинання і морозостійкості бетону верхнього шару жорсткого цементобетонного аеродромного покриття проводилося з використанням унормованих методів за контрольними зразками та з використанням неруйнівного контролю.

Проводилося порівняння вимог сучасних міжнародних стандартів щодо вихідних матеріалів, що використовуються для приготування бетонних сумішей і бетонів на їх основі. На основі опрацьованих даних і власних наукових розробок здійснювалося надання пропозицій для розробки нового, сучасного стандарту, що включає вимоги до матеріалів, бетонних сумішей і бетонів на їх основі для влаштування ЗПС аеродромів на території України.

Результати досліджень. Необхідно відзначити, що існуюча ЗПС аеропорту «Одеса» була в експлуатації з 60х-70х років минулого сторіччя по червень 2021 р. Вона виконана з плит розміром 7×4 м товщиною 0,24-0,26 м, з бетону марки М300 та з крайовим армуванням

у поперечному напрямі (згідно наявним паспортам на споруди аеропорту «Одеса-Центральний», складених у 60х роках минулого сторіччя). У кінці 1981 р. було виконане підсилення ЗПС шарами асфальтобетону загальною товщиною 0,2 м з армуванням сіткою СПАП. Важливим є той факт, що поверхнєве покриття старої ЗПС не відповідає сучасним вимогам міжнародних стандартів, тому що згідно діючої нормативної документації для влаштування збірних жорстких аеродромних покриттів можуть використовуватись тільки плити ПАГ з попередньо напруженою арматурою по всій площі плити [9]. Мінімальна міцність бетону на розтяг при згині для виготовлення плит ПАГ має бути не менше 3,04 МПа, а міцність при стиску не менше 29,41 МПа. В/Ц бетонної суміші не має перевищувати 0,5, а марка бетону по морозостійкості повинна бути у діапазоні F100-F200 в залежності від кліматичних умов експлуатації.

Фахівцями Одеської державної академії будівництва та архітектури згідно укладеного договору проведено обстеження монолітного цементобетонного покриття ЗПС міжнародного аеропорту «Одеса». Було виконано візуальне обстеження поверхні ЗПС, руліжних доріжок та перону на наявність дефектів. За вимогами СНиП 2.05.08-85 «Аеродроми» [10] та ASTM D5340-98 «Standard test method for airport pavement condition surveys index» [6] стан ЗПС було оцінено як «відмінний», категорія руйнування I.

Також проводилися випробування міцності верхнього шару жорсткого цементобетонного покриття з використанням методів неруйнівного контролю згідно ДСТУ Б В.2.7-226:2009 «Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності» [11] та ДСТУ Б В.2.7-220:2009 «Бетони. Методи визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю» [12]. Методами руйнівного контролю проводилися випробування міцності на стиск кернів покриття за вимогами ДСТУ Б В.2.7-223:2009 «Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій» [13] та ДСТУ Б В.2.7-224:2009 «Будівельні матеріали. Бетони правила контролю міцності» [14]. Результати визначення міцності покриття методами неруйнівного і руйнівного контролю наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Міцність на стиск обстежених ділянок ЗПП (МПа)

Метод визначення	позначення ділянки								
	ПК 0-7	ПК 7-14	ПК 14-21	ПК 21-28	A1	A2	A4	A5	C3
Склерометром (ИПС-МГ4.03)	61,8-	63,4-	65,1-	66,7-	62,1-	63,8-	66,0-	67,2-	63,2-
	72,5	74,2	76,3	79,4	72,4	73,9	75,6	78,7	77,6
Ультразвуковий (УК-14П)	59,2-	58,5-	60,6-	60,9-	58,7-	59,8-	61,9-	62,1-	59,3-
	63,4	62,6	64,9	72,8	68,1	70,4	70,6	73,2	71,4
Керни	58,6-66,1								

Отримані характеристики міцності на стиск відповідають проектним вимогам, бетон відповідає класу не менш ніж С32/40. Розбіжність між показниками міцності, визначеними за швидкістю ультразвуку, знаходиться в межах 10%, це пояснюється проходженням ультразвукових хвиль по поверхні бетону.

Водопоглинання верхнього шару аеродромного покриття (1-20 см), визначалось за контрольними кернами згідно ДСТУ Б В.2.7-42-97 «Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів та виробів» [15] і становило 2,88 %, що задовольняє вимогам даного стандарту.

Згідно протоколів випробування Харківського національного автомобільно-дорожнього університету [16], морозостійкість бетону ЗПС склала не менше марки F200. В свою чергу, авторами було вирішено провести ряд випробувань верхньої частини кернів висотою 1,1-1,5 см при поперемінному заморожуванні і відтаванні за методикою, аналогічною ДСТУ Б В.2.7-47-96

«Бетони. Методи визначення морозостійкості» [17] та ДСТУ Б В.2.7-49-96 «Бетони. Прискорені методи морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаванні» (третій метод) [18]. Фактично проводилось заморожування-відтавання верхньої частини кернів (робочої поверхні аеродромного покриття) у солоній воді (50 г NaCl на 1 л води, температура заморожування до -50°C). Встановлено, що після 20 циклів (аналогічно рівню морозостійкості F200) втрата маси у цих верхніх шарах складала не більше 1,8 %.

На основі опрацьованих даних і власних наукових розробок були надані пропозиції до нового стандарту (на заміну СНиП 2.05.08-85 «Аеродроми») щодо вимог до матеріалів, бетонних сумішей і бетонів на їх основі для влаштування ЗПС аеродромів на території України.

Цемент. Згідно стандарту АС 150/5370-10Н «Standard Specifications for Construction of Airports» [19] в якості в'язучих можуть використовуватись цементи типів по ASTM C150/C150M-18 «Standard Specification for Portland Cement» [20]: I – портландцемент загальнобудівельного призначення; II – портландцемент з середньою сульфатостійкістю, містить C_3A не більше 8 %; V – портландцемент з високою сульфатостійкістю, містить C_3A не більше 4 %. Додатково можуть використовуватись цементи згідно ASTM C595/C595M-15 «Standart Specification for Blended Hydraulic Cements» [21]: тип IP – пуцолановий портландцемент; тип IS – шлакопортландцемент; тип ІІ – портландцемент з вмістом вапняку. Специфікація «Pavement Quality Concrete for Airfields» [22] регламентує застосовувати цемент згідно ДСТУ Б EN 197-1:2015 «Цемент. Частина 1. Склад, технічні умови та критерії відповідності для звичайних цементів» [23]: СЕМ I, СЕМ II/A-S, СЕМ II/B-S, СЕМ II/A-V, СЕМ II/B-V. Цементи повинні бути не нижче марки 42,5. Дозволяється комбінувати цемент з гранульованим доменним шлаком до 35% або летючою золою до 25%. Мінімальна кількість в'язучого [19] повинна бути не менше 280 кг/м^3 , а при підвищених вимогах до морозостійкості та сульфатостійкості не менше 310 кг/м^3 . Також можуть використовуватись пуцоланові в'язучі матеріали з частковою заміною цементу до 30%, а при частковій заміні шлакового портландцементу не більше 10%.

Заповнювачі. Згідно [19, 22] допускається використовувати лише ті заповнювачі, розширення яких через 28 діб не перевищує 0,1 %. Модуль крупності дрібного заповнювача повинен бути в межах $2,50 \leq M_{\text{кр}} \leq 3,4$, вміст глинистих частинок $\leq 1\%$. Крупний заповнювач має бути міцним, морозостійким і добре промитим, з максимальним розміром 20 мм. Лещадність не повинна перевищувати 8%. Вміст глинистих частинок у крупному заповнювачі не повинен перевищувати 1%. Не допускається використання замерзших заповнювачів.

Добавки. Згідно [19, 22] рекомендується використовувати повітровтягуючі, пластифікуючі, прискорюючі та сповільнюючі добавки в залежності від проектних вимог до бетону, умов укладання бетонної суміші і типі використовуваних машин та механізмів. Не допускається застосовувати хлориду кальцію та добавок на його основі.

Кількість втягнутого повітря [19] регламентується в залежності від суворості дії циклів заморожування-відтавання і крупності заповнювача: при помірному впливі навколишнього середовища – клімат, де очікується замерзання, але бетон не буде постійно піддаватися впливу вологи або вільної води протягом тривалого часу перед замерзанням і не піддаватися впливу протиожеледних реагентів або інших агресивних хімічних речовин; при суворому впливі навколишнього середовища – бетон піддається дії протиожеледних реагентів або інших агресивних реагентів, або де бетон може сильно насититися при постійному контакті з вологою або вільною водою перед замерзанням.

Бетонна суміш [19, 22, 24]. Для вхідного контролю сировини для приготування бетонної суміші повинні залучатися лише акредитовані лабораторії, які у подальшому будуть здійснювати контроль якості готової бетонної суміші і бетону на її основі. Температура при укладанні бетонної суміші не повинна перевищувати 32°C і бути не менше 4°C . Рухливість бетонної суміші не повинна перевищувати: для змінної опалубки 5 см, для фіксованої опалубки 7,5 см, для ручного укладання бетонної суміші 10 см.

Бетон. Міцність на розтяг при згині повинна бути в діапазоні 4,14-5,17 МПа [25]. Мінімальна міцність на стиск для прийняття повітряних суден масою до 27215 кг (60000 фунтів) має бути не менше ніж 30,34 МПа. В/Ц має бути не більше 0,38-0,45. Перевезення обладнання або іншого механічного обладнання може бути дозволено, коли міцність бетону на згин досягне 3,8 МПа, на стиск 21,4 МПа.

Згідно [22, 24] водопоглинання бетону не повинно перевищувати 2%. Згідно [26, 27] для підвищення міцності на розтяг при згині і як наслідок зменшення товщини цементобетонного покриття, рекомендується використовувати дисперсне армування.

Здійснення догляду за бетоном. Бетон не можна залишати на відкритому просторі більше 30 хвилин після укладання. Метод непроникної мембрани – нанесення рідких мембраноутворювачей сполуками має відбуватися відразу після укладання бетонної суміші, щоб не допустити передчасного випаровування вологи. Допускається покривати поверхню свіжеукладеного бетону білою поліетиленовою плівкою. Необхідний догляд повинен бути не менше 3-7 діб при температурі не менше 10 °С. Згідно [19] для догляду за бетоном рекомендується використовувати склади на основі смол з вмістом алюмінію в пластифіках.

Висновки. На основі даних отриманих в процесі технічного обстеження ЗПС міжнародного аеропорту Одеса, опрацьованих сучасних діючих нормативних документів та світових практик [22, 24, 25] щодо будівництва цементобетонних ЗПС можна зробити наступні висновки:

– новозбудована ЗПС аеропорту «Одеса» відповідає всім сучасним вимогам щодо монолітних цементобетонних аеродромних покриттів, виконана згідно сучасним нормативам і її стан було оцінено як «відмінний» на основі візуально-інструментального обстеження фахівцями Одеської державної академії будівництва та архітектури. Отримані дані повністю задовольняють проектним і експлуатаційним вимогам щодо сучасних ЗПС;

– сучасні вимоги до монолітних цементобетонних аеродромних покриттів потребують подовження їх корисного строку експлуатації з 20 до 40 років [24]. Як правило для забезпечення таких показників експлуатаційної придатності окрім високих показників міцності, обов'язкове забезпечення довговічності жорстких покриттів за рахунок використання сучасних, модифікованих, високофункціональних бетонів.

– для забезпечення всіх потреб щодо міцності і довговічності в сучасних умовах експлуатації ЗПС необхідна розробка нових нормативних документів на заміну СНиП 2.05.08-85 «Аеродроми» [10];

– необхідно використовувати якісні миті, морозостійкі заповнювачі з обов'язковим випробуванням на взаємодію між хімічною лужною реакцією цементу;

– обов'язкове застосування повітровтягуючих добавок, максимальний відсоток втягнутого повітря буде залежати від максимальної крупності заповнювача;

– з урахуванням сучасних суперпластифікаторів і вимог до легкоукладальності бетонних сумішей (П1, П2) для влаштування монолітних цементобетонних аеродромних покриттів, максимальне В/Ц має бути в діапазоні 0,3-0,35.

– для підвищення міцності на розтяг при згині і тріщиностійкості, та для зменшення товщини плити ЗПС, бажано використовувати дисперсне армування бетону;

– важливо контролювати стиранність бетону, тому що це один із показників довговічності і якості зчеплення шасі повітряних суден з цементобетонною поверхнею ЗПС;

– на стадії проекту обов'язково враховувати кліматичні умови району будівництва для вибору оптимального в'язучого, з можливістю за необхідності використовувати сульфатостійкі цемент;

– для максимізації довговічності (забезпечення строку експлуатації до 40 років) і задовільного експлуатаційного стану покриттів ЗПС необхідне щорічне їх обстеження для своєчасного виявлення та виправлення виникаючих дефектів.

Література

1. Державна цільова програма розвитку аеропортів на період до 2023 року, Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/126-2016-%D0%BF>.
2. Wesołowski M., Blacha K., Iwanowski P. Analysis of load bearing capacity of cement concrete airfield pavement's construction in relation to its' changes of physico-mechanical parameters. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. 603. № 052055. doi:10.1088/1757-899X/603/5/052055.
3. Wesołowski M., Blacha K. The impact of load bearing capacity of airfield pavement structures on the air traffic safety. *Environmental Engineering 10th International Conference*, 2017. 124. doi:10.3846/enviro.2017.124.
4. Wesołowski M., Blacha K. APCI evaluation method for cement concrete airport pavements in the scope of air operation safety and air transport participants life. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. 17. №1663. doi:10.3390/ijerph17051663.
5. De Luca M. Evaluation of runway bearing capacity using international roughness Index, *Transportation research procedia*. 2020. 45 (2020) . pp. 119–126. doi: 10.1016/j.trpro.2020.02.096.
6. D5340-20 «Standard test method for airport pavement condition surveys index» ASTM (American Society for Testing and Materials), 2020, American Society for Testing and Materials, 51 p.
7. UFGS 32 13 14.13. «Concrete paving for airfields and other heavy duty pavements». URL: <https://www.wbdg.org/ffc/dod/unified-facilities-guide-specifications-ufgs/ufgs-32-13-14-13>.
8. ИКАО «Аэродромы. Приложение 14, Том I. Проектирование и эксплуатация аэродромов». Международная организация гражданской авиации, 2004. Издание четвертое, 172 с.
9. ДСТУ Б В 2.6-135:2010. «Конструкції будівель і споруд. Плити залізобетонні попередньо напружені ПАГ для аеродромного покриття». [Чинний від 01.07.2011]. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 43 с. (Національний стандарт України).
10. СНиП 2.05.08-85. «Аэродромы». [Чинний від 01.01.1986]. М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1985. 59 с.
11. ДСТУ Б В.2.7-226:2009. «Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності». [Чинний від 01.09.2010]. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 22 с. (Національний стандарт України).
12. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. «Бетони. Методи визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю». [Чинний від 01.09.2010]. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 20 с. (Національний стандарт України).
13. ДСТУ Б В.2.7-223:2009. «Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій». [Чинний від 01.09.2010]. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 20 с. (Національний стандарт України).
14. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. «Будівельні матеріали. Бетони правила контролю міцності». [Чинний від 01.09.2010]. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 27 с. (Національний стандарт України).
15. ДСТУ Б В.2.7-42-97. «Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів та виробів». [Чинний від 01.07.1997]. К.: Мінрегіонбуд України, 1997. 38 с. (Національний стандарт України).
16. Протоколи випробувань на морозостійкість зразків бетону, що використовується при реконструкції міжнародного аеропорту «Одеса»: від 13.11.19 № 3375/38, від 27.11.20 №2687/38, від 29.08.19 №2589/38.
17. ДСТУ Б В.2.7-47-96. «Бетони. Методи визначення морозостійкості». [Чинний від 01.04.1997]. К.: Мінрегіонбуд України, 1996. 15 с. (Національний стандарт України).
18. ДСТУ Б В.2.7-49-96. «Бетони. Прискорені методи морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаванні». [Чинний від 01.04.1997]. К.: Мінрегіонбуд України, 1996. 10 с. (Національний стандарт України).

19. 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.
20. C150/C150M-18. «Standard Specification for Portland Cement», ASTM (American Society for Testing and Materials). 2018, American Society for Testing and Materials, 10 p.
21. C595/C595M-15. «Standard Specification for Blended Hydraulic Cements», ASTM (American Society for Testing and Materials). 2015, American Society for Testing and Materials, 13 p.
22. Ministry of Defence. Specification 033 «Pavement quality for concrete airfields», 2017, 72 p.
23. ДСТУ Б EN 197-1:2015. «Цемент. Частина 1. Склад, технічні умови та критерії відповідності для звичайних цементів». [Чинний від 01.07.2016]. К.: Мінрегіонбуд України, 2015. 68 с. (Національний стандарт України).
24. FAA 40 Administration - Year Life Pavement Extension R&D. David R. Brill, December 2016. URL: <https://www.icao.int/SAM/Documents/2016-ALACPA13/1-D.Brill%20161201%203%20S5%20Actualizacion%20FAARFIELD.pdf>
25. AC (Advisory Circular) No: 150/5320-6G Airport Pavement Design and Evaluation. Date Issued 06.07.2021. URL: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150-5320-6G-Pavement-Design.pdf.
26. Tammam M., Liang C., De F. Polypropylene fiber reinforced concrete for rigid airfield pavement. *Advanced Materials Research*, 2011, Vol. 228-229 pp. 627-633. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.228-229.627
27. Mubaraki M. Toughness enhancement of airfield concrete pavement by using short fiber. *Journal of Marine Science and Technology*. 2015. no. 23. pp. 373-379. doi:10.6119/JMST-014-0416-4.

References

- [1] Derzhavna tsil'ova prohrama rozvytku aeroportiv na period do 2023 roku, Official Website of the Verkhovna Rada of Ukraine. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/126-2016-%D0%B>.
- [2] M. Wesółowski, K. Blacha, P. Iwanowski, "Analysis of load bearing capacity of cement concrete airfield pavement's construction in relation to its' changes of physico-mechanical parameters", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 603, no. 052055, 2019. doi:10.1088/1757-899X/603/5/052055.
- [3] M. Wesółowski, K. Blacha, "The impact of load bearing capacity of airfield pavement structures on the air traffic safety", *Environmental Engineering 10th International Conference*, 2017.124. doi:10.3846/enviro.2017.124.
- [4] M. Wesółowski, K. Blacha, "APCI evaluation method for cement concrete airport pavements in the scope of air operation safety and air transport participants life", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, no.1663, 2020. doi:10.3390/ijerph17051663.
- [5] M. De Luca, "Evaluation of runway bearing capacity using international roughness Index", *Transportation research procedia*, 45, pp. 119–126. 2020. doi: 10.1016/j.trpro.2020.02.096.
- [6] D5340-98 «Standard test method for airport pavement condition surveys index», ASTM (American Society for Testing and Materials), American Society for Testing and Materials, 2020.
- [7] UFGS 32 13 14.13. «Concrete paving for airfields and other heavy duty pavements». [Online]. Available: <https://www.wbdg.org/ffc/dod/unified-facilities-guide-specifications-ufgs/ufgs-32-13-14-13>.

- [8] IKAO «Aerodromy. Prilozheniye 14. Tom I. Proyektirovaniye i ekspluatatsiya aerodromov». Mezhdunarodnaya organizatsiya grazhdanskoy aviatsii. Izdaniye chetvertoye. 2004.
- [9] DSTU B V 2.6-135:2010. «Konstruktsii budivel i sporud. Plyty zalizobetonni poperedno napruzheni PAH dlia aerodromnoho pokryttia». K.: Minrehionbud Ukrayiny, 2010.
- [10] SNyP 2.05.08-85. «Aérodromy». M.: TsITP Gosstroy SSSR, 1985.
- [11] DSTU B V.2.7-226:2009. «Betony. Ul'trazvukovyy metod vyznachennya mitsnosti». K.: Minrehionbud Ukrayiny, 2009.
- [12] DSTU B V.2.7-220:2009. «Betony. Metody vyznachennia mitsnosti mekhanichnymy metodamy neruivnoho kontroliu». K.: Minrehionbud Ukrayiny, 2009.
- [13] DSTU B V.2.7-223:2009. «Betony. Metody vyznachennia mitsnosti za zrazkamy, vidibranyy z konstruktsii». K.: Minrehionbud Ukrayiny, 2009.
- [14] DSTU B V.2.7-224:2009. «Budivelni materialy. Betony pravyla kontroliu mitsnosti». K.: Minrehionbud Ukrayiny, 2009.
- [15] DSTU B V.2.7-42-97. «Budivelni materialy. Metody vyznachennia vodopohlynannia, hustyny i morozostiikosti budivelnykh materialiv ta vyrobiv». K.: Minrehionbud Ukrayiny, 1997.
- [16] Protokoly vyprobuvan na morozostiikist zrazkiv betonu, shcho vykorystovuietsia pry rekonstruktsii mizhnarodnoho aeroportu «Odesa»: vid 13.11.19 № 3375/38, vid 27.11.20 №2687/38, vid 29.08.19 №2589/38.
- [17] DSTU B V.2.7-47-96. «Betony. Metody vyznachennia morozostiikosti». K.: Minrehionbud Ukrayiny, 1996.
- [18] DSTU B V.2.7-49-96. «Betony. Pryskoreni metody morozostiikosti pry bahatorazovomu zamorozhuvanni ta vidtavanni». K.: Minrehionbud Ukrayiny, 1996.
- [19] 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. [Online]. Available: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150-5370-10H.pdf.
- [20] C150/C150M-18. «Standard Specification for Portland Cement», ASTM (American Society for Testing and Materials). American Society for Testing and Materials, 2018.
- [21] C595/C595M-15. «Standard Specification for Blended Hydraulic Cements», ASTM (American Society for Testing and Materials). American Society for Testing and Materials, 2015.
- [22] Ministry of Defence. Specification 033 «Pavement quality for concrete airfields», 2017.
- [23] DSTU B EN 197-1:2015. «Tsement. Chastyna 1. Sklad, tekhnichni umovy ta kryterii vidpovidnosti dlia zvychaynykh tsementiv». K.: Minrehionbud Ukrayiny, 2015.
- [24] FAA 40 Administration - Year Life Pavement Extension R&D. David R. Brill, December 2016. [Online]. Available: <https://www.icao.int/SAM/Documents/2016-ALACPA13/1-D.Brill%20161201%203%20S5%20Actualizacion%20FAARFIELD.pdf>.
- [25] AC (Advisory Circular) No: 150/5320-6G Airport Pavement Design and Evaluation. Date Issued 06.07.2021. [Online]. Available: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150-5320-6G-Pavement-Design.pdf.
- [26] M. Tammam, C. Liang, F. De, "Polypropylene fiber reinforced concrete for rigid airfield pavement", *Advanced Materials Research*, vol. 228-229, pp. 627-633, 2011. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.228-229.627.
- [27] M. Mubarak, "Toughness enhancement of airfield concrete pavement by using short fiber", *Journal of Marine Science and Technology*, no. 23, pp. 373-379, 2015. doi:10.6119/JMST-014-0416-4.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЫТА СТРОИТЕЛЬСТВА МОНОЛИТНОГО
ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ
АЭРОПОРТА «ОДЕССА» ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО
СТАНДАРТА НА УСТРОЙСТВО АЭРОДРОМОВ**

¹**Крыжановский В.А.**, инженер,
vitolloscience@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1332-1922

¹**Кровяков С.А.**, д.т.н., доцент,
skrovyakov@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0800-0123

¹**Заволока М.В.**, к.т.н., профессор,
mvzavoloka@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2080-1230

¹**Шевченко В.В.**, инженер,
lab.psk.ogasa@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4966-8709

²**Андреева О.А.**, инженер,
airport.ods@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1492-3215

²**Софияник А.Н.** инженер,
airport.ods@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1492-3215

¹*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*
ул. Дидрихсона, 4, г. Одесса, 65029, Украина

²*Государственное предприятие «Дирекция по строительству международного аэропорта
«Одесса»*

Малиновский район, Аэропорт гражданской авиации, г. Одесса, 65054, Украина

Аннотация. Проведено обследование монолитного цементобетонного покрытия взлетно-посадочной полосы аэропорта "Одесса". Выполнено визуальное обследование поверхности полосы, рулежных дорожек и перрона на наличие дефектов. Состояние покрытия взлетно-посадочной полосы было оценено как «отличное», категория разрушения I. Также проводились испытания прочности верхнего слоя жесткого цементобетонного покрытия с использованием методов неразрушающего контроля и испытания кернов. Полученные прочностные характеристики соответствуют проектным требованиям, бетон имеет класс не менее С32/40. На основе обработанных данных и собственных научных разработок были составлены предложения к новому стандарту (взамен СНиП 2.05.08-85 «Аэродромы») относительно требований к материалам, бетонным смесям и бетонам на их основе для устройства взлетно-посадочных полос на территории Украины. Современные требования к монолитным цементобетонным аэродромным покрытиям требуют продления их полезного срока эксплуатации до 40 лет. Для обеспечения таких показателей эксплуатационной пригодности, кроме высоких прочностных показателей, обязательно обеспечение долговечности жестких покрытий за счет использования высокофункциональных модифицированных бетонов. В предложениях указан тип цемента, заполнителей и химических добавок, которые могут использоваться при изготовлении бетонов аэродромных покрытий. Также предоставлены требования к свойствам бетона и бетонной смеси, процессу ухода за бетоном. С учетом имеющихся на рынке суперпластификаторов и требований к легкоукладываемости бетонных смесей для устройства монолитных цементобетонных аэродромных покрытий максимальное В/Ц должно быть в диапазоне 0,3-0,35. Для повышения прочности на растяжение при изгибе и трещиностойкости желательно использовать дисперсное армирование бетона. Для обеспечения срока эксплуатации и удовлетворительного эксплуатационного состояния покрытий взлетно-посадочных полос необходимо проводить ежегодное обследование для своевременного выявления и исправления возникающих дефектов.

Ключевые слова: взлетно-посадочная полоса, жесткое покрытие, цементобетон, обследование, долговечность.

USE OF EXPERIENCE IN CONSTRUCTION OF MONOLITHIC CEMENT-CONCRETE PAVEMENT OF THE AIRPORT «ODESSA» IN THE DEVELOPMENT OF A NEW NATIONAL STANDARD FOR THE AIRFIELD DESIGN¹**Kryzhanovskiy V.O.**, Engineer,

vitolloscience@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1332-1922

¹**Kroviakov S.O.**, Doctor of Engineering, Assistant Professor,

skrovyakov@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0800-0123

¹**Zavoloka M.V.**, PhD, Professor,

mvzavoloka@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2080-1230

¹**Shevchenko V.V.**, Engineer,

lab.psk.ogasa@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4966-8709

²**Andreeva O.A.**, Engineer,

airport.ods@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1492-3215

²**Sofiyanyk A.M.** Engineer,

airport.ods@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1492-3215

¹*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*

4, Didrichson street, Odessa, 65029, Ukraine

²*State Enterprise "Directorate for the construction of the international airport "Odessa""*

Malinovsky district, Civil Aviation Airport, 65054, Odessa, Ukraine

Abstract. Inspection of the monolithic cement-concrete pavement of the «Odessa» airport runway was carried out. Visual inspection of the runway surface, taxiways and apron for defects has been performed. The condition of the runway pavement was assessed as "excellent", destruction category I. In addition, strength tests of the rigid concrete pavement upper layer were carried out using non-destructive testing methods and core testing. The obtained strength characteristics correspond to the design requirements; the concrete has a grade of at least C32/40. Based on the processed data and own scientific developments, proposals were drawn up for a new standard (instead of SNyP 2.05.08-85 "Aérodromy") regarding the requirements for materials, concrete mixtures and concretes based on them for the runways construction in Ukraine. Modern requirements for monolithic cement-concrete airfield pavements require an extension of their service life up to 40 years. To ensure such indicators of serviceability, in addition to high strength indicators, it is imperative to ensure the rigid pavements durability using high-performance modified concretes. The proposals indicate the cement type, aggregates and chemical admixtures that can be used in the manufacture of concrete for airfield pavements. The requirements for the concrete and concrete mixture properties, the process of concrete curing are also presented. Taking into account the modern superplasticizers and the requirements for the workability of concrete mixtures for the construction of monolithic cement-concrete airfield pavements, the maximum W/C should be in the range of 0.3-0.35. To increase the flexural strength and crack resistance, it is desirable to use dispersed concrete reinforcement. To ensure the service life and satisfactory operational condition of the runway pavements, it is necessary to conduct an annual inspection for the timely identification and correction of arising defects.

Keywords: runway, rigid pavement, cement concrete, inspection, durability.

Стаття надійшла до редакції 5.11.2021