



Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції

СТАЛИЙ РОЗВИТОК ІНФРАСТРУКТУРИ АВІАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ: ПРОБЛЕМИ УТРИМАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ

КИЇВ, 12 БЕРЕЗНЯ 2025 РОКУ



ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Київський авіаційний інститут»
Факультет архітектури, будівництва та дизайну
Кафедра інфраструктури авіаційного транспорту



СТАЛИЙ РОЗВИТОК ІНФРАСТРУКТУРИ АВІАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ: ПРОБЛЕМИ УТРИМАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ

**МАТЕРІАЛИ ІІ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**12 березня 2025 року
Київ**

Одеса • 2025 • Олді+

Голова організаційного комітету:

С. О. Гнатюк – проректор з наукових досліджень та трансферу технологій Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут», доктор технічних наук, професор

Заступник голови організаційного комітету:

Г. В. Мельничук – в. о. декана факультету архітектури, будівництва та дизайну, кандидат технічних наук

Члени організаційного комітету:

П. І. Липовенко – Президент Асоціації «Аеропорти України» цивільної авіації;

І. П. Гамеляк – завідувач об'єднаної кафедри системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії Національного транспортного університету, доктор технічних наук, професор;

О. В. Чемакіна – заступник декана з наукової роботи факультету архітектури, будівництва та дизайну Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут»;

О. М. Дубик – завідувач кафедри інфраструктури авіаційного транспорту факультету архітектури, будівництва та дизайну Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут», кандидат технічних наук, доцент

Рекомендовано до друку і розміщення на сайті
Науково-методично-редакційною радою
факультету архітектури, будівництва та дизайну
Державного некомерційного підприємства
«Державний університет «Київський авіаційний інститут»
(протокол № 3 від 31.03.25 р.)

Матеріали видано в авторській редакції.

Повну відповідальність за достовірність та якість поданого матеріалу
несуть учасники конференції, рецензенти та структурні підрозділи
вищих навчальних закладів та установ, які рекомендували ці матеріали до друку

Сталий розвиток інфраструктури авіаційного транспорту: проблеми
C75 утримання та відновлення : матеріали II Всеукраїнської науково-практичної
конференції (12 березня 2025 року). – Одеса : Олді+, 2025. – 86 с.

У збірнику матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сталий розвиток інфраструктури авіаційного транспорту: проблеми утримання та відновлення» висвітлюються сучасні проблеми утримання та відновлення об'єктів інфраструктури авіаційного транспорту. Зазначені задачі пов'язані з проєктуванням, будівництвом та експлуатацією об'єктів інфраструктури авіаційного транспорту.

Збірник розрахований на наукових працівників, викладачів, аспірантів, докторантів та студентів вищих навчальних закладів.

ЗМІСТ

<i>Автоматизація розрахунків монолітного цементобетонного покриття в програмному забезпеченні TechEditor</i> АРТЬОМОВ В. Є., БІЛОУС І. І., ЗАХАРУК О. В., ГУСАР К. Д.	5
<i>Система захисту інженерно-аеродромної інфраструктури України: проблеми та перспективи розвитку</i> ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ Ю. Б.	8
<i>Проблеми відбудови автомобільних доріг у післявоєнний період</i> ІЩЕНКО Н. Ф.	11
<i>Авіаційні тренажери як інструмент підготовки майбутніх пілотів Повітряних сил Збройних сил України</i> КОРОТЕНКО О. М.	14
<i>Оцінка загроз інфраструктури аеродромів Повітряних сил Збройних сил України</i> МАКУХА Б. В.	16
<i>Теоретичні основи визначення класифікаційного параметра нежорсткого аеродромного покриття за допомогою штучного інтелекту</i> РОДЧЕНКО О. В.	18
<i>Перспективи відновлення інженерно-аеродромної інфраструктури в Україні в період до 2050 року</i> ЯРМОЛЬЧИК М. О.	21
<i>Складання картограми земляних робіт</i> ЗІНЬКОВ А. Д., ДУБИК О. М.	24
<i>Дослідження впливу рециркуляційних заповнювачів на експлуатаційні властивості бетонів</i> ГРАБОВЧАК В. В., ГРАБОВЧАК В. Є.	30
<i>Фізико-механічні характеристики щебенево-піщаної суміші Микитівського родовища гранітів Миколаївської області Вознесенського району</i> КОТОУЧ А. В.	33
<i>Відновлення конструкцій житлового будинку, який отримав пошкодження внаслідок бойових дій</i> ГОЛОДНОВ О. І.	36
<i>Деформації ґрунтового масиву при дії фільтраційного потоку води</i> КУЗЛО М. Т.	39

<i>Новітні технології спорудження земляного полотна автомобільних доріг з використанням гідротехнічних робіт</i>	
ТАЛАВІРА Г. М.....	42
<i>Екстремальний вплив хвильового імпульсного навантаження на каркасну залізобетонну будівлю</i>	
ГОЛОДНОВ О. І., ГОРБ О. Г.	46
<i>Доцільність застосування болтових з'єднань для префаб-технологій</i>	
ПАЛИВОДА О. А., ПАЛИВОДА А. О.	49
<i>Функціональне зонування транспортно-пересадочних вузлів у аеропортах</i>	
ПУСТОВОЙТ Р. О., СТЕПАНЧУК О. В.	52
<i>Забезпечення залізничного сполучення з перспективним вантажним аеропортом</i>	
ЧЕРНИШОВА О. С., СТЕПАНЧУК О. В., ДУБИК О. М., ВИШНЕВСЬКА А. В.	55
<i>Щодо сучасних високоефективних матеріалів для застосування в аеродромному будівництві</i>	
ПОЛІЩУК О. М.	58
<i>Використання ВІМ-технологій у реконструкції злітно-посадкових смуг</i>	
ГОНЧАРИК А. П.	61
<i>Функціонально-планувальні рішення комунікаційних шляхів у будівлях аеропортів</i>	
СТЕПАНЧУК О. В., ТІМКІНА С. Ю., ТІМКІНА Є. М.	70
<i>Поведінка сталезалізобетонних балок із листовим армуванням під навантаженням</i>	
ТАБАРКЕВИЧ Н. В.	73
<i>Інноваційні стратегії сталого розвитку авіаційної інфраструктури</i>	
ЧЕМАКІНА О. В.	76
<i>Шари зносу для аеродромних та дорожніх покриттів</i>	
СІДУН Ю. В.	81
<i>Моніторинг, експлуатаційне утримання і ремонт аеродромних покриттів</i>	
ДУБИК О. М., ОСОВСЬКИЙ І. М.	83

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ МОНОЛІТНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ В ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ TECHEDITOR

Артёмов В. Є.¹, Білоус І. І.², Захарук О. В.³, Гусар К. Д.⁴

ЗВО «Університет Короля Данила», м. Івано-Франківськ

¹v.artomov@gmail.com, ²ihorbiloustntu@gmail.com,

³olesia.v.zakharuk@ukd.edu.ua, ⁴katernyna.husar@ukd.edu.ua

Анотація У доповіді розглянуто особливості автоматизації розрахунків монолітного цементобетонного покриття автомобільних доріг із використанням програмного забезпечення TechEditor. Описано переваги такого типу покриття в сучасному дорожньому будівництві, а також окреслено проблему нестачі спеціалізованих програмних рішень, що враховують українські норми. Наведено приклад оформлення пояснювальної записки відповідно до національного стандарту ГБН В.2.3-37641918-557:2016, з акцентом на автоматизоване введення даних, обчислення проміжних величин, підтримку різних одиниць вимірювання та інтерполяцію. TechEditor позиціонується як універсальний інженерний інструмент для створення текстової документації з вбудованими аналітичними розрахунками, а наведений приклад доступний через український онлайн-хаб цифрових рішень Dystlab Store.

Ключові слова: цементобетон, покриття, автодорога, програмне забезпечення, автоматизація, techeditor.

Монолітне цементобетонне покриття широко застосовується в сучасному будівництві автомобільних доріг, особливо на магістралях високих категорій, аеродромах і транспортних вузлах. Завдяки високій міцності, довговічності та стійкості до зносу, воно забезпечує ефективну експлуатацію дорожнього покриття навіть за інтенсивного руху та складних кліматичних умов. Використання цементобетону також сприяє зниженню витрат на експлуатацію і ремонту завдяки його стійкості до колійності та розтріскування.

Разом з тим, ефективне застосування даного типу покриття залежить від рівня автоматизації проєктних робіт. В проєктних та конструкторських організаціях України використовуються різні програмні продукти (в тому числі, складні ВІМ-середовища), проте профільних програм для проєктування саме аеродромів та автомобільних доріг, на нашу думку, все ще недостатньо. Критично низькою також лишається кількість софту, який реалізує українські норми та стандарти, особливо з позиції звітності та аналітичних розрахунків. Ця доповідь є нашою спробою заповнити дану прогалину та продемонструвати, як можна автоматизувати і оформити розрахунки монолітного цементобетонного покриття за допомогою програмного забезпечення TechEditor.

TechEditor – програмний продукт від українського бренду Dystlab, призначений для інженерних розрахунків та текстової документації. Це редактор широкого профілю, який можна використовувати в будівництві, машинобудуванні, енергетиці, нафтогазовій та інших сферах. Він поєднує в собі риси текстового редактора та фізико-математичного рушія, що дозволяє виконувати розрахунки безпосередньо в тілі пояснювальної записки. Програма підтримує цілі та комплексні числа, вектори та матриці, формульну розмітку LaTeX, безліч одиниць вимірювання, мови програмування та широкий набір засобів для автоматизації і зручного керування розрахунками.

Розглянемо, як виконати розрахунок монолітного цементобетонного покриття в середовищі TechEditor. Даний приклад виконаний у відповідності до ГБН В.2.3-37641918-557:2016 «Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проєктування». Пояснювальна записка містить вхідні дані та розділ з перевіркою міцності покриття. Вхідні дані, як-от категорія дороги, ширина смуги, температура твердіння бетону реалізовані слайдерами та селекторами – спеціальними об'єктами TechEditor, що у звіті виглядають як числа або текст, але зручно редагуються на екрані повзунками та випадаячими списками, відповідно. Параметри, значення яких базуються на основі попередніх даних, обчислюються в документі автоматично. Формули представлені

в пояснювальній записці в канонічній нотації, переважно у розгорнутій формі, з проміжними значеннями.

TechEditor підтримує практично усі відомі одиниці вимірювання (не тільки на рівні вхідних даних, а й для контролю їхнього перетворення під час математичних обчислень). Наприклад, розрахункова міцність бетону та напруження розтягу у фінальній перевірці цементобетонного покриття можуть мати довільні одиниці, оскільки всі «внутрішні» обчислення програма виконує в системі СІ. Це стосується навіть емпіричних формул, як-от коефіцієнта f_2 , що враховує ширину смуги руху: спеціальна функція “*empiric*” в TechEditor дозволяє задавати користувачу ширину смуги в метрах, сантиметрах, міліметрах або інших одиницях. В звіті також активно використовується лінійна інтерполяція, що суттєво спрощує багаторазові операції з таблицями (наприклад, визначення коефіцієнтів “*f*”, “*a*” та ін.).

Наведений приклад розрахунку можна завантажити з онлайн-хабу для інженерів Dystlab Store. Його можна редагувати, доповнювати та вільно використовувати як шаблон для пояснювальних записок, наукових звітів, студентських проєктів та іншої технічної документації. Цей контент створений фахівцями Dystlab в рамках масштабної соціальної програми з підтримки інженерної галузі та сталого розвитку України.

СИСТЕМА ЗАХИСТУ ІНЖЕНЕРНО-АЕРОДРОМНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Добровольський Ю. Б.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
yuzef.dobrovolskyi@npp.kai.edu.ua

Розглядаються сучасні виклики у сфері захисту інженерно-аеродромної інфраструктури України. Запропоновано перспективні напрями розвитку захисних механізмів, що включають інтеграцію

Ключові слова: *інженерно-аеродромна мережа, захист, відновлення.*

Аеродромна інфраструктура України відіграє стратегічну роль у забезпеченні національної безпеки, військової мобільності та економічного розвитку. Війна в Україні актуалізувала проблему захисту критичних об'єктів, зокрема аеропортів і військових баз. Основними викликами є ризик ракетних ударів, атак безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та кібератак на системи управління повітряним рухом [1].

Основні загрози для інженерно-аеродромної інфраструктури – це фізичні атаки та військові загрози (ракетні удари, атаки БПЛА, диверсії). Також небезпеку становлять кіберзагрози та інформаційні атаки, зокрема, злам систем навігації та керування повітряним рухом, порушення логістичних платформ аеропортів. Негативний вплив мають застарілі системи захисту та недостатнє фінансування, а також кліматичні зміни, які зменшують довговічність аеродромних покриттів.

Перспективи розвитку системи захисту інженерно-аеродромної інфраструктури України базуються на впровадженні новітніх технологій та міжнародних стандартів безпеки. Очікується масштабна модернізація злітно-посадкових смуг, що включатиме використання матеріалів із підвищеною стійкістю до ударних

навантажень. Також передбачається розширене використання систем протиповітряної оборони та радіоелектронної боротьби для нейтралізації загроз від БПЛА та ракетних атак. Крім цього, стратегічною метою стане створення автоматизованих систем спостереження та управління повітряним рухом, які базуватимуться на штучному інтелекті та супутникових технологіях [2].

Значну увагу приділятимуть розвитку кіберзахисту аеропортів та військових авіабаз, що передбачає впровадження закритих цифрових мереж, резервних серверів і технологій блокчейн для підвищення стійкості до атак. Окремим напрямком стане адаптація інфраструктури до потенційних загроз шляхом будівництва підземних ангарів, броньованих терміналів та використання безпілотних дронів-охоронців. Такі заходи дозволять суттєво підвищити рівень безпеки та знизити ймовірність руйнування ключових об'єктів під час збройного конфлікту або терористичних атак [3].

До 2050 року очікується створення повноцінної мережі захищених авіаційних хабів, здатних функціонувати навіть у кризових умовах. Реалізація цих ініціатив залежатиме від координації державних та приватних інвестицій, міжнародної підтримки та ефективної реалізації національної стратегії розвитку авіаційної інфраструктури [4].

Отже, захист інженерно-аеродромної інфраструктури України потребує системного підходу, що включає модернізацію інженерних споруд, цифрову безпеку та посилення протиповітряної оборони. Успішна реалізація заходів залежить від міжнародного співробітництва, інвестицій та інтеграції сучасних технологій.

Список використаних джерел:

1. Міністерство інфраструктури України. Державна стратегія розвитку авіаційної інфраструктури до 2050 року [Електронний ресурс]. 2024. URL: <https://mtu.gov.ua>.
2. ICAO. Міжнародні стандарти безпеки цивільної авіації [Електронний ресурс]. 2023. URL: <https://icao.int>.

3. NATO Defence Against Terrorism Programme. Airfield Protection Strategies [Електронний ресурс]. 2023. URL: <https://nato.int>.
4. Збройні Сили України. Нові підходи до оборони критичної інфраструктури [Електронний ресурс]. 2024. URL: <https://mil.gov.ua>.

ПРОБЛЕМИ ВІДБУДОВИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД

Іщенко Н. Ф.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
nataliia.ishchenko@npp.kai.edu.ua

Визначено проблеми відновлення автомобільних доріг. Надано напрями їх вирішення. Проаналізовано Національну транспортну стратегію України до 2030 року.

Ключові слова: транспортна інфраструктура, автомобільні дороги, проектування доріг, економічний розвиток.

Розвинена транспортна інфраструктура є необхідною передумовою економічного і соціального розвитку як на місцевому, так і державному рівні, адже дає змогу досягнути збалансованого просторового розвитку, підвищити рівень локальної доступності всіх територій, їх інвестиційну привабливість та конкурентоспроможність [2].

У результаті вторгнення РФ на територію нашої країни пошкоджено близько 25 тис км автомобільних доріг загального користування (15 % від загальної протяжності доріг), серед яких 9 тис. км доріг мають статус державного значення та 16 тис. км – місцевого значення [1].

Тому відбудова автомобільних доріг у післявоєнний період є одним із ключових завдань для відродження економіки та забезпечення стабільного розвитку України. Зруйнована транспортна інфраструктура лише ускладнює логістичні процеси, а й перешкоджає поверненню до нормального життя мешканців постраждалих регіонів.

Стосовно будівництва та реконструкції автомобільних доріг, то нині схвалено: Національну транспортну стратегію та затвердження операційного плану заходів з її реалізації

у 2025–2027 роках [85], яка передбачає відновлення транспортної інфраструктури за принципом “build back better” – «відбудуй краще, ніж було», в тому числі з урахуванням стандартів, передбачених міжнародно-правовими зобов’язаннями України у сфері європейської інтеграції, права Європейського Союзу (acquis ЄС), зокрема стандартів щодо безпеки на транспорті та декарбонізації транспорту [3].

Відповідно до вищевказаної стратегії, нами сформовано основні проблеми відбудови, які наведено в таблиці 1

Таблиця 1

Проблеми відбудови автомобільних доріг

Брак фінансування	Відновлення доріг потребує значних фінансових вкладень, а бюджетні можливості країни обмежені через військові витрати та кризові явища в економіці.
Дефіцит матеріалів та робочої сили	Руйнування заводів, проблеми з логістикою та відтік кваліфікованих кадрів для забезпечення виконання будівельних робіт.
Проблеми розмінування території	Значна частина доріг і прилеглих територій замінена або містить нерозірвані боєприпаси, що зтягають відновлювальні роботи.
Погодні умови та сезонність будівництва	Відновлення доріг значною мірою залежить від кліматичних умов, що може спричинити додаткові затримки.

Зважаючи на вказані проблеми відновлення автомобільних доріг, вважаємо, що можливими напрямками їх вирішення є:

– залучення міжнародної допомоги у вигляді грантів, кредитів та інвестицій, а також застосування державно-приватного партнерства;

- впровадження сучасних технологій для швидкої та якіснішої реконструкції;
- здійснення контролю за використанням коштів та забезпечення прозорості у будівельних тендерах;
- перевага першочергового відновлення належить стратегічно важливим маршрутам, в сфері економіки та гуманітарних потреб.

Отже, такий комплексний підхід до вирішення вказаних проблем дозволить відновити мережу автомобільних доріг та сприяти економічному розвитку України у післявоєнний період.

Список використаних джерел:

1. Голік О. В. Особливості відновлення автомобільних доріг, що зазнали пошкоджень внаслідок військової агресії. URL: <https://api.dspace.khadi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/200ab857-8976-4894-aeef-c01cd10841b7/content>
2. Еколого-економічні засади землекористування автомобільного транспорту та дорожнього господарства : монографія / І. О. Новаковська, Н. Ф. Іщенко, М. П. Стецюк. Київ : НАУ, 2020. С. 232.
3. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025–2027 роках : Постанова Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2024 р. № 1550. *Законодавство України / ВР України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-2024-%D0%BF#Text>

АВІАЦІЙНІ ТРЕНАЖЕРИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ПІЛОТІВ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Коротенко О. М.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
6856531@stud.kai.edu.ua

Проведено аналіз використання авіаційних тренажерів для навчання майбутніх пілотів Повітряних сил Збройних сил України.

Ключові слова: авіаційний тренажер, Повітряні сили.

В умовах сучасних військових операцій та стрімкого розвитку технологій авіації забезпечення високого рівня тренувань пілотів є критично важливим завданням для будь-якої країни. Україна, яка активно співпрацює з іноземними партнерами та використовує їхні літаки у своїх Повітряних силах, також стикається з цим завданням. Одним із способів підвищення ефективності тренувань пілотів є впровадження сумісних авіатренажерів для літаків іноземних партнерів на аеродромах Повітряних сил Збройних сил України.

Авіаційний тренажер – це спеціалізоване технічне обладнання, що використовується для навчання і підготовки пілотів та інших членів екіпажу повітряних суден. Основна мета авіаційного тренажера – відтворення умов польоту та роботи повітряного судна для тренування навичок управління і прийняття рішень в різних ситуаціях, включаючи екстремальні та аварійні [9–11].

Одним з наймасовіших виробників авіатренажерів для Повітряних сил США та країн НАТО є компанія Lockheed Martin, яка спеціалізується в галузі авіабудування, авіакосмічної техніки, аеропоротної логістики. Також дана компанія має напрямок підготовки пілотів будь яких видів літальних апаратів як для цивільного сектору, так і військово-оборонного комплексу [10, 11].

Існує кілька типів авіаційних тренажерів:

- кабіні тренажери (Flingt Deck Simulator): відтворюють кабіну літака з усіма органами управління, інструментами та системами, що дозволяє пілотам тренуватися в умовах, максимально наближених до реальних польотів;

- фіксовані базові тренажери (Fixed Base Simulator): мають стаціонарну основу і зазвичай використовуються для відпрацювання процедур та роботи з приладами без моделювання фізичного відчуття польоту;

- повномасштабні тренажери (Full Flight Simulators): надають повне відтворення льотного досвіду з можливістю моделювання рухів, вібрацій та інших фізичних відчуттів, що виникають під час польоту. Такі тренажери встановлюються на рухомі платформи, що дозволяє створити відчуття прискорень і гравітаційних навантажень;

- тренажери процедурних тренувань (Procedual Training Devices): призначені для відпрацювання процедур без фізичного моделювання польоту, наприклад, для тренування екіпажу в процедурних операціях та взаємодії [10, 11].

Авіаційні тренажери є важливим інструментом у підготовці пілотів, оскільки дозволяють відпрацьовувати різноманітні сценарії без ризику для безпеки та знижують витрати на навчання.

Список використаних джерел:

1. Realistic F-16 Flight Simulator with Authentic Cockpit – F-16 Simulator. URL: <https://flightdecksolutions.com/our-fleet/F-16>
2. F-16 Training simulators at luke air force base. URL: <https://www.mvrsimulation.com/casestudies/f16-luke.html>

ОЦІНКА ЗАГРОЗ ІНФРАСТРУКТУРИ АЕРОДРОМІВ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Макуха Б. В.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
7077673@stud.kai.edu.ua

Проведено аналіз оцінки загроз, котрі можуть загрожувати функціонуванню Повітряних сил Збройних сил України.

Ключові слова: *загроза інфраструктури, критичні об'єкти, протидія.*

Потенційні загрози для аеродрому в умовах військового конфлікту включають не тільки терористичні акти і диверсії, але й прямі військові атаки, включаючи ракетні удари, авіанальоти та артилерійські обстріли.

Військовий стан диктує необхідність постійного моніторингу та аналізу розвідувальних даних для виявлення можливих атак з боку рф. Це включає використання радіоелектронної розвідки, супутникових знімків та інших засобів спостереження. Особлива увага приділяється виявленню переміщень ворожих військових підрозділів та техніки поблизу кордонів.

Оцінка загроз також включає аналіз потенційних шляхів проникнення диверсійно-розвідувальних груп (ДРГ) противника на територію аеродрому. Для цього необхідно враховувати особливості місцевості, стан інженерних споруд і наявність природних та штучних бар'єрів.

Важливим аспектом є визначення критичних об'єктів інфраструктури аеродрому, які можуть стати першочерговими цілями для ворога. Це злітно-посадкові смуги, ангари, паливно-мастильні склади, командні пункти та інші важливі об'єкти. Кожен з цих об'єктів потребує окремої оцінки ризиків та розробки заходів захисту.

Необхідно враховувати можливість використання противником безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для розвідки та атак.

Для протидії цій загрозі слід впроваджувати системи радіоелектронної боротьби (РЕБ) та засоби знищення БПЛА.

Системи кібербезпеки також відіграють ключову роль у захисті аеродрому, оскільки противник може здійснювати кібератаки з метою виведення з ладу систем управління та зв'язку.

Значну увагу необхідно приділяти забезпеченню безпеки персоналу аеродрому. Військовий стан вимагає від них підвищеної готовності до дій у випадках надзвичайних ситуацій, тому регулярні тренування та інструктажі є обов'язковими.

Аналіз загроз повинен включати також можливі сценарії розвитку подій і відповідну реакцію на них. Наприклад, у разі ракетного удару важливо мати план евакуації особового складу частини та медичної допомоги.

Для ефективного виявлення загроз необхідна координація з іншими військовими підрозділами та державними органами, такими як Служба безпеки України, поліція та рятувальні служби. Це дозволить обмінюватися інформацією і оперативно реагувати на зміни в ситуації.

В умовах агресії РФ постійне оновлення і вдосконалення системи оцінки загроз є критично важливим для забезпечення надійної охорони аеродрому та збереження життя людей і збереження майна.

Таким чином, комплексна оцінка спектру загроз для аеродрому в умовах військового конфлікту охоплює широкі аспекти – від моніторингу наявних військових атак та диверсій до аналізу вразливостей критичної інфраструктури, кіберзагроз та безпеки персоналу. Ефективне виявлення та протидія цим загрозам вимагають постійної пильності, міжвідомчої координації та гнучкої адаптації заходів безпеки відповідно до мінливої оперативної обстановки.

Список використаних джерел:

1. Інформаційно-аналітичний звіт з безпеки України. *Аналітичний центр «Український інститут майбутнього»*. 2023.
2. Матеріали Служби безпеки України (СБУ) щодо загроз національній безпеці. *Офіційний сайт СБУ*. 2023.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЙНОГО ПАРАМЕТРА НЕЖОРСТКОГО АЕРОДРОМНОГО ПОКРИТТЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Родченко О. В.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
oleksandr.rodchenko@npp.kai.edu.ua

Розглянуто спосіб використання штучного інтелекту ChatGPT і Llama для регресійного аналізу при визначенні класифікаційного параметру нежорсткого аеродромного покриття. Отримано емпіричні формули для визначення класифікаційного параметру нежорсткого аеродромного покриття PCR для чотирьох категорій міцності ґрунтової основи.

Ключові слова: класифікаційний параметр повітряного судна, класифікаційний параметр покриття, нежорстке аеродромне покриття, штучний інтелект, метод найменших квадратів, локальний штучний інтелект.

Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) прийняла новий метод ACR-PCR (Aircraft Classification Rating / Pavement Classification Rating), що замінює метод ACN-PCN (Aircraft Classification Number / Pavement Classification Number). Метод ACR-PCR включено до Поправки 15 Додатку 14 ICAO, Том 1 (ICAO, 2020), і детально описаний в оновленні до «Посібника з проектування аеродромів», частина 3 (ICAO, 2022) [1]. Метод ACR-PCR повністю замінив ACN-PCN 28 листопада 2024 року.

У зв'язку із введенням у дію нового методу ACR-PCR виникла необхідність в адоптації вітчизняної методики визначення несучої здатності нежорстких аеродромних покриттів до нових вимог [1, 2].

Будівництво та цивільна інженерія генерує величезну кількість даних, але за допомогою штучного інтелекту (ШІ) аналіз даних може займати всього кілька секунд.

Однією зі сфер, де використовується ШІ, є регресійний аналіз. Наприклад, маємо результати n пар незалежних спостережень. Суть задачі полягає у визначенні згладжувальної кривої, що проходить через множину точок. Найпоширенішим методом для розв'язання задачі є метод найменших квадратів.

Суть вітчизняної методики визначення класифікаційного числа аеродромного покриття PCN полягає у визначенні величини максимального категорійного нормативного навантаження, що діє на нежорстке аеродромне покриття, та встановленні за графіком величини PCN. Пропонується аналогічна методика для визначення PCR на основі категорійного нормативного навантаження та емпіричних формул.

За допомогою комп'ютерної програми ICAO ACR визначено класифікаційний параметр ACR для різних значень категорійного нормативного навантаження на чотириколісну опору при різних категоріях міцності ґрунтової основи. На основі отриманих даних визначено невідомі параметри поліноміальної моделі регресії $PCR = a \cdot F_n^2 + b \cdot F_n + c$ за допомогою методу найменших квадратів та OpenAI ChatGPT-4o (має понад 1,79 трильйони параметрів) і локального штучного інтелекту Meta Llama 3.1 8B (має 8 мільярдів параметрів). Llama – це мовна модель, що розроблена компанією **Meta**. Незважаючи на меншу кількість параметрів, Llama 3.1 показує конкурентні результати порівняно з більшими моделями, такими як ChatGPT-4o.

ChatGPT надав відповідь у вигляді програмного коду мовою Python і визначених значень невідомих параметрів поліноміальної регресії для всіх чотирьох категорій міцності ґрунтової основи. Llama надає відповідь у вигляді програмного коду мовою Python. Для виконання програмного коду мовою Python можна скористатися кількома методами: середовище розробки **PyCharm**, онлайн сервіси Google Colab і Replit, «Термінал» у macOS чи командний рядок PowerShell для Windows, Linux і macOS.

Результати, отримані за допомогою OpenAI ChatGPT та Meta Llama співпадають.

При визначенні невідомих параметрів поліноміальної моделі регресії за допомогою локального ШІ Meta Llama забезпечується така ж точність результатів, що і при використанні OpenAI ChatGPT, натомість локальний ШІ забезпечує конфіденційність та безпеку даних, оскільки останні зберігаються і обробляються локально, надає повний контроль над даними, алгоритмами та інфраструктурою і має незалежність від Інтернету, і, як результат, можливість працювати автономно навіть у віддалених локаціях.

Список використаних джерел:

1. Doc 9157, Aerodrome Design Manual. Part 3 – Pavements, ICAO 2022. 146 p.
2. Guidance for the implementation of the new Aircraft Classification Rating (ACR) – Pavement Classification Rating (PCR) method in the EASA Member States. European Union Aviation Safety Agency, 2024. 30 p.

ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-АЕРОДРОМНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УКРАЇНІ В ПЕРІОД ДО 2050 РОКУ

Ярмольчик М. О.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
mariia.iarmolchuk@npp.kai.edu.ua

Проведено аналіз стану інженерно-аеродромної мережі України. Проаналізовані перспективи розвитку інженерно-аеродромної інфраструктури.

Ключові слова: *інженерно-аеродромна мережа, відновлення, розвиток.*

Аеродромна інфраструктура є стратегічним елементом національної безпеки, економіки та транспортної системи України. Під час війни значна частина військових та цивільних аеродромів зазнала руйнувань, що ускладнює відновлення авіаційної галузі.

Перспективи відновлення інженерно-аеродромної інфраструктури України до 2050 року залежать від кількох ключових факторів:

- Закінчення війни та стабілізація безпеки.
- Фінансова та технологічна підтримка міжнародних партнерів.
- Впровадження сучасних технологій будівництва та експлуатації аеродромів.
- Реорганізація системи управління авіаційною інфраструктурою.

Аналіз поточного стану аеродромної інфраструктури показує, що на 2024 рік в Україні: зруйновано або пошкоджено понад 50 % військових та цивільних аеродромів. Деякі аеропорти, наприклад «Бориспіль», «Львів», «Одеса», зберегли інфраструктуру, але не можуть працювати на повну потужність через військові ризики.

Основні проблеми полягають у руйнуванні злітно-посадкових смуг, руліжних доріжок, терміналів [1].

Основні етапи відновлення інженерно-аеродромної інфраструктури в Україні можна розділити на три етапи, за умови завершення бойових дій на території нашої держави. Початковий етап відновлення, орієнтовно 2025–2030 роки, буде розпочинатись з розмінування територій колишніх аеродромів та оцінки придатності зруйнованих об'єктів для реконструкції. Після цього можливе відновлення критично важливих військових аеродромів (у Києві, Львові, Дніпрі, Одесі) з можливістю створення державної програми реконструкції цивільної авіації за підтримки іноземних партнерів.

Другий етап 2030–2040 роки – масштабна модернізація та розвиток. Буде здійснено будівництво нових аеродромів з урахуванням сучасних стандартів НАТО та ICAO [1].

Третій етап 2040–2050 роки – завершальний, на якому відбудеться інтеграція в глобальну авіаційну систему. Варто розраховувати на повне відновлення та розширення аеродромної мережі та створення екологічних аеропортів із мінімальним вуглецевим слідом. Таким чином, пройде інтеграція України в європейський повітряний простір як транзитного вузла між Європою та Азією. Поступово відбудеться впровадження автономних систем керування повітряним рухом на базі ІІІ.

Реалізація програми відновлення потребуватиме значних фінансових вкладень: на військові аеродроми – 10–15 млрд доларів, на цивільну авіацію – 20–30 млрд доларів. Транзитна авіація та логістика вимагатимуть орієнтовно 10 млрд доларів [2].

Таким чином, відновлення інженерно-аеродромної інфраструктури України до 2050 року можливе за умови комплексного підходу, що включає військовий, цивільний та міжнародний аспекти. Першочерговими завданнями є відновлення критичних військових баз і захист об'єктів від можливих атак. До 2035 року очікується повноцінне функціонування цивільних аеропортів, що дозволить відновити авіасполучення на міжнародному рівні. Реалізація цих планів залежить від економічної стабільності,

інвестиційної підтримки та політичної і військової ситуації, але правильна стратегія дозволить Україні відродити авіаційну галузь та інтегруватися у світову транспортну систему.

Список використаних джерел:

1. План відновлення України [Електронний ресурс]. *Офіційний сайт уряду України*. 2024. URL: <https://recovery.gov.ua>
2. Міністерство розвитку громад та територій України. Державні програми щодо критичної інфраструктури [Електронний ресурс]. 2024. URL: <https://mtu.gov.ua/timeline/Plani.html>

СКЛАДАННЯ КАРТОГРАМИ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ

Зиньков А. Д., Дубик О. М.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
6880887@stud.kai.edu.ua

Проведено обчислення обсягів земляних робіт способом квадратів.

Ключові слова: *Розрахунок, обсяги земляних робіт.*

Земляні роботи є важливим етапом будівництва, оскільки вони забезпечують підготовку території для подальших інженерних та будівельних конструкцій. Одним із методів визначення обсягів земляних робіт є картограма, яка дозволяє візуалізувати рельєф та зміни висотних відміток.

У даній роботі розглядається метод розрахунку картограми земляних робіт способом квадратів. Цей метод базується на поділі території на рівні квадрати, у межах яких обчислюються середні відмітки та визначається об'єм ґрунту, що підлягає виїмці або насипу. Застосування цього підходу дозволяє підвищити точність розрахунків та ефективно планувати виконання земляних робіт.

1. Обчислення обсягів земляних робіт способом квадратів

Для визначення обсягів земляних робіт способом квадратів необхідно мати робочі позначки у вершинах квадратів. Залежно від знаків робочих позначок, можна назвати такі типи квадратів: повні, перехідні та неповні [1].

Робочі позначки у вершинах повних квадратів мають один знак. Це означає, що квадрат покладений повністю або в масиві, виїмки, чи масиві насипу. Межі земляних робіт через такі квадрати не минають.

У перехідних квадратах вершини мають робочі позначки різного знака. Це означає, що частина квадрата розташована в масиві виїмки, а частина – в масиві насипу.

У неповних квадратах частина вершин має нульові робочі позначки. Це означає, що земляні роботи захоплюють лише частину площі такого квадрата, а й на решті площі земляні роботи не виробляються. В середині неповних та перехідних квадратів проходить межа земляних робіт (нульова лінія).

При підрахунку обсягів земляних робіт у межах одного квадрата не залежно від його типу виходять з наступних геометричних передумов: чорна поверхня умовно приймається за площину; бічними гранями земляного тіла є вертикальні площини, проведені через лінії сітки квадратів; (проектна поверхня є площиною) [1].

Виходячи з даних обсяг земляних робіт у межах одного повного квадрата :

$$V = a \left(\frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \right).$$

Площа прямокутника – $a = 25 \cdot 20 = 500$;

h – значення робочої відмітки.

На рис. 1 наведений фрагмент плану вертикального планування ділянки подовження руліжної доріжки швидкісного зльоту.

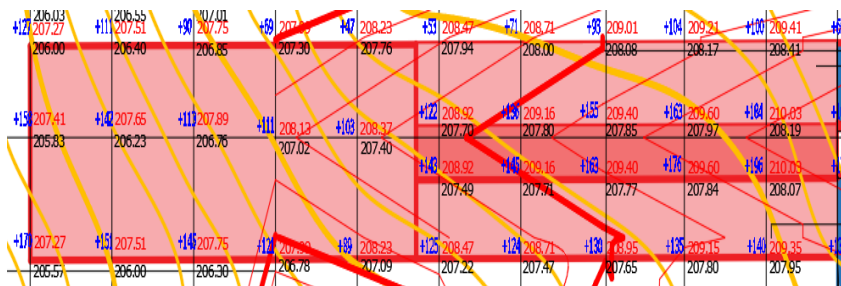


Рис. 1. Фрагмент плану вертикального планування ділянки подовження руліжної доріжки швидкісного зльоту

На рис. 2 наведений фрагмент картограми земляних робіт на ділянці подовження руліжної доріжки швидкісного зльоту.

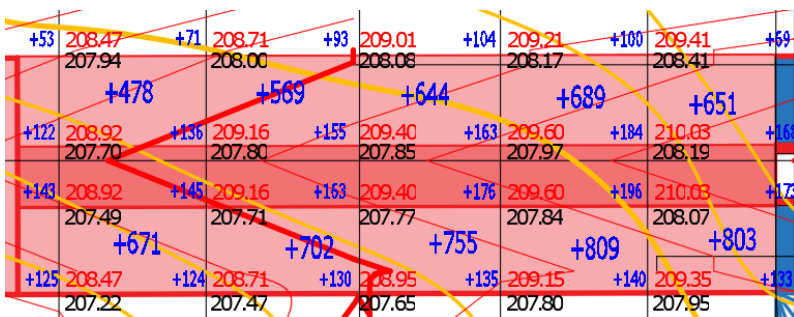


Рис. 2. Фрагмент картограми земляних робіт на ділянці подовження руліжної доріжки швидкісного зльоту

Розрахунок земляних робіт на ділянці:

$$V_1 = 500 \left(\frac{69 + 100 + 184 + 168}{4} \right) = 651 \text{ м}^3;$$

$$V_2 = 500 \left(\frac{173 + 133 + 140 + 196}{4} \right) = 803 \text{ м}^3;$$

$$V_3 = 500 \left(\frac{100 + 104 + 163 + 184}{4} \right) = 689 \text{ м}^3;$$

$$V_4 = 500 \left(\frac{176 + 196 + 135 + 140}{4} \right) = 809 \text{ м}^3;$$

$$V_5 = 500 \left(\frac{104 + 93 + 155 + 163}{4} \right) = 644 \text{ м}^3;$$

$$V_6 = 500 \left(\frac{163 + 176 + 130 + 135}{4} \right) = 755 \text{ м}^3;$$

$$V_7 = 500 \left(\frac{71 + 93 + 136 + 155}{4} \right) = 569 \text{ м}^3;$$

$$V_8 = 500 \left(\frac{145 + 163 + 124 + 130}{4} \right) = 702 \text{ м}^3;$$

$$V_9 = 500 \left(\frac{53 + 71 + 122 + 136}{4} \right) = 478 \text{ м}^3;$$

$$V_{10} = 500 \left(\frac{143 + 145 + 125 + 124}{4} \right) = 671 \text{ м}^3.$$

На рис. 3 наведений фрагмент картограми земляних робіт на ділянці кінцевої смуги безпеки подовженої рубіжної доріжки швидкісного зльоту [1].

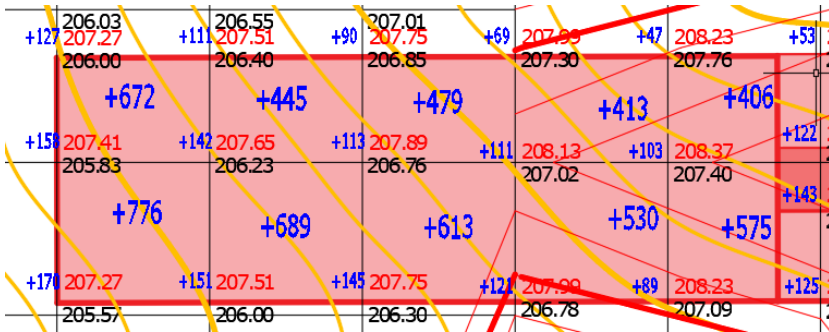


Рис. 3. Фрагмент картограми земляних робіт на ділянці кінцевої смуги безпеки подовженої рубіжної доріжки швидкісного зльоту

Розрахунок земляних робіт на ділянці:

$$V_1 = 500 \left(\frac{47 + 53 + 103 + 122}{4} \right) = 406 \text{ м}^3;$$

$$V_2 = 500 \left(\frac{103 + 143 + 89 + 125}{4} \right) = 575 \text{ м}^3;$$

$$V_3 = 500 \left(\frac{69 + 47 + 111 + 103}{4} \right) = 413 \text{ м}^3;$$

$$V_4 = 500 \left(\frac{111 + 103 + 121 + 89}{4} \right) = 530 \text{ м}^3;$$

$$V_5 = 500 \left(\frac{90 + 69 + 111 + 113}{4} \right) = 479 \text{ м}^3;$$

$$V_6 = 500 \left(\frac{113 + 111 + 145 + 121}{4} \right) = 613 \text{ м}^3;$$

$$V_7 = 500 \left(\frac{111 + 90 + 142 + 113}{4} \right) = 445 \text{ м}^3;$$

$$V_8 = 500 \left(\frac{142 + 113 + 151 + 145}{4} \right) = 689 \text{ м}^3;$$

$$V_9 = 500 \left(\frac{127 + 111 + 158 + 142}{4} \right) = 672 \text{ м}^3;$$

$$V_{10} = 500 \left(\frac{158 + 142 + 170 + 151}{4} \right) = 776 \text{ м}^3.$$

Визначаємо сумарний обсяг земляних робіт при влаштуванні ділянки подовження руліжної доріжки швидкісного зльоту: [2].

$$V = \sum_{i=1}^n V_i,$$

де V_i – обсяг ґрунту в одному прямокутнику. (1)

$$\begin{aligned} V &= \sum_{i=1}^n V_i = \\ &= (651 + 803 + 689 + 809 + 644 + 755 + 569 + 702 + 478 + 671) + \\ &+ (406 + 575 + 413 + 530 + 479 + 613 + 445 + 689 + 672 + 776) = \\ &= 12369 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Таким чином, потрібний загальний обсяг ґрунту становить 12369 м³. Під час виконання розрахунків земляних робіт були визначені обсяги виїмки та насипу, необхідні для підготовки будівельного майданчика. Отримані результати дозволяють оцінити трудові та матеріальні витрати, необхідні для виконання робіт. Правильний розрахунок обсягів ґрунту сприяє ефективному плануванню будівельного процесу, оптимальному використанню техніки та ресурсів, а також мінімізації витрат на транспортування та утилізацію зайвого ґрунту.

Список використаних джерел:

1. Петров П. П. Картограма земляних робіт. Харків : Будівель література, 2019. 250 с.
2. Annex 14 – Aerodromes – Volume I – Aerodromes Design and Operations 9th Edition, July 2022 (Додаток 14 Аеродроми. Том 1 Проектування та експлуатація аеродромів Видання дев'яте, липень 2022).

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ЗАПОВНЮВАЧІВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНІВ

Грабовчак В. В.¹, Грабовчак В. Є.²

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ

¹valentyna.hrabovchak@npp.kai.edu.ua, ²9250920@stud.kai.edu.ua

Розглядаються ключові фактори, що впливають на якість та характеристики бетонів на основі рециркуляційних відходів, такі як якість та склад рециркуляційних заповнювачів, пропорції заміни природних заповнювачів, водоцементне відношення.

Ключові слова: рециркульований бетон, лужні цемент, проектування доріг.

В Україні, де триває повномасштабна війна, проблема утилізації відходів від зруйнованих будівель набула особливої гостроти. Оскільки навіть при раціональному використанні площі для зберігання будівельного сміття не можливо уникнути вплив на навколишнє середовище в районах їх розміщення. Одним із перспективних шляхів вирішення даної проблеми є використання рециркульованих матеріалів у складі бетонів. Тому, зважаючи на дану проблему, Уряд нашої країни прийняв Постанову «Про затвердження Порядку управління відходами, що утворились у зв'язку з з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України» [1]. Однак, перед широким застосуванням бетонів до складу яких входять відходи від зруйнованих будівель необхідно дослідити ряд властивостей на стійкість бетонних конструкцій особливо в умовах експлуатації.

Будівельні матеріали, які отримують шляхом повторного використання відходів, викликають значний інтерес у науковій

спільноті [2, 3]. Їх потенціал полягає не лише у зменшенні негативного впливу на довкілля, але й у створенні нових, покращених будівельних сумішей. Науковці НДІВМ КНУБА проводять дослідження у напрямі керування структурними процесами які відбуваються у матриці лужного цементу із використанням рециркульованих заповнювачів під час структуроутворення. Досліджено, що застосування рециркульованого заповнювача у бетонних сумішах на основі лужних цементів дає можливість отримувати бетони, які за своїми експлуатаційними характеристиками задовольняють вимоги до будівельних матеріалів загального призначення. При цьому, в результаті експериментів, були отримані склади бетонів, з рухливістю Р2, та міцністю при стиску від 15,0 до 40 МПа через 28 діб в нормальних умовах [4].

Для того, щоб забезпечити надійність та довговічність конструкцій з таких матеріалів, необхідно ретельно дослідити їх поведінку в різноманітних умовах експлуатації. Це передбачає проведення комплексного аналізу фізико-механічних властивостей, стійкості до агресивних середовищ, а також вивчення їх реакції на температурні коливання та інші зовнішні фактори.

Отже, використання рециркульованого бетону є перспективним напрямком для вирішення проблеми утилізації будівельних відходів та відновлення зруйнованої інфраструктури. Ретельний аналіз впливу рециркульованого заповнювача на експлуатаційні властивості бетонів, а також застосування ефективних напрямів покращення властивостей композиційного складу, дозволять розширити сферу застосування цього перспективного матеріалу.

Список використаних джерел:

1. Постанова КМУ «Про затвердження Порядку управління відходами, що утворились у зв'язку з з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України». *Верховна Рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1073-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 06.03.2025 р.).

2. Liu Yang and others. Durability of waste concrete powder-based geopolymer reclaimed concrete under carbonization and freeze-thaw cycles. *Construction and Building materials*. 2023. Vol. 403. P. 133155.
3. Alhawati M., Ashour A., Yildirim G., Aldemir A., Sahmaran M. Properties of geopolymers sourced from construction and demolition waste: a review / *J. Build. Eng.* 2022. Vol. 50. Article 104104.
4. Kovalchuk O., Zozulynets V., Tomczak A., Grabovchak V. and others. Mix Design of Acid Resistant Alkali Activated Materials for Reconstruction of the Building Constructions Damaged by the War. *International Journal of Conservation*. 2024. Science. P. 43–52.

**ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЩЕБЕНЕВО-ПІЩАНОЇ СУМІШІ МИКИТІВСЬКОГО
РОДОВИЩА ГРАНІТІВ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ
ВОЗНЕСЕНСЬКОГО РАЙОНУ**

Котоуч А. В.

Національний університет водного господарства
та природокористування, м. Рівне
a.v.kotouch@nuwm.edu.ua

Проведено дослідження сучасного матеріалу для використання в дорожньому будівництві як основу дорожнього одягу.

Ключові слова: щебеневі піщана суміш, гранулометричний склад, морозостійкість.

Основи дорожнього полотна відіграють ключову роль у забезпеченні довговічності, стійкості та ефективності транспортної інфраструктури. Розвиток дорожньої мережі супроводжується підвищеними вимогами до якості покриттів, оскільки сучасні дороги повинні витримувати значні транспортні навантаження, різкі кліматичні зміни та динамічні впливи. Традиційні матеріали й методи будівництва часто не забезпечують необхідної довговічності, що призводить до значних експлуатаційних витрат і необхідності частих ремонтних робіт.

Основна проблема полягає у виборі й застосуванні матеріалів для штучних основ, які дозволять рівномірно розподілити навантаження від транспортних засобів на ґрунт і зменшити вплив деформацій. У сучасних умовах усе більшу увагу приділяють інноваційним матеріалам та методам проектування, здатним вирішити ці проблеми.

Микитівський кар'єр є одним із важливих джерел видобутку граніту в Миколаївській області, що активно використовується у будівництві та дорожній інфраструктурі. Його стратегічне

розташування за 3 км на північний захід від смт Олександрівка та за 8 км від залізничної станції сприяє зручному транспортуванню матеріалів до місць використання. Гранітні відклади кар'єру характеризуються високою міцністю та стійкістю до впливу зовнішніх факторів, що робить їх ідеальними для використання у зносостійких покриттях.

Щебенево-піщана суміш (С7), що має фракція 0–40 мм характеризується зерновим складом з максимальним номінальним розміром зерен – 40 мм. Основний фракційний розподіл відповідає вимогам нормативних документів [1], що забезпечує ефективне ущільнення та стабільність покриття. При цьому має такі фізико-механічні характеристики:

- насипна густина: 1680 кг/м³ (не нормується, але свідчить про щільну структуру матеріалу);
- вміст глинистих часток: 0,2 % (відповідає нормам, що забезпечує міцність та однорідність суміші);
- міцність (втрата маси при стисканні): 14,4 % (відповідає марці 1200, що забезпечує довговічність конструкцій). Марка за міцністю (дробильність): 1200 МПа (перевищує мінімально допустиме значення 800 МПа, що підтверджує високу якість матеріалу). Клас породи за міцністю: дуже міцна (що забезпечує високу зносостійкість при тривалому навантаженні);
- вміст зерен лещадної форми: 21,7 % (не більше 35 %, що свідчить про гарну оброблюваність матеріалу);
- морозостійкість (втрата маси після 15 циклів обробки сульфатом натрію): 1,5 % (не більше 2,0 %, що свідчить про стійкість до заморожування та відтаювання). Група за морозостійкістю дуже висока (що дозволяє використовувати матеріал у зонах з складними температурами);
- марка за морозостійкістю – F300 (значно перевищує мінімальні вимоги F25, що робить матеріал придатним для холодного клімату);
- група за формою зерен – поліпшена (що сприяє більш щільному ущільненню в конструкціях);

Випробування, проведені відповідно до [1], підтверджують відповідність матеріалу встановленим нормативам і гарантують його придатність для широкого спектра будівельних робіт.

Практичне значення дослідження. Отримані результати дослідження підтверджують, що ЩПС Микитівського кар'єру є високоякісним будівельним матеріалом, який може використовуватися для: створення міцних дорожніх одягів. Висока морозостійкість та міцність дозволяють застосовувати цей матеріал у регіонах з складними кліматичними умовами, що підтверджується даними проведеного випробування.

ЩПС Микитівського кар'єру є перспективним матеріалом для будівництва, який поєднує високу якість, довговічність та відповідність сучасним стандартам. Його використання в дорожньому будівництві сприяє підвищенню експлуатаційних характеристик об'єктів, забезпечуючи їхню стійкість до механічних навантажень і впливу навколишнього середовища.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 9179:2022 Щебінь та гравій зі щільних гірських порід і металургійних шлаків для дорожнього будівництва. Методи фізико-механічних випробувань.
2. Жданюк В. К. Властивості комплексно укріпленого ґрунту для будівництва конструктивних шарів дорожніх одягів автомобільних доріг / В. К. Жданюк, А. С. Лапченко, Я. І. Панасюк. *Наукові нотатки*. Луцьк: ЛНТУ, 2012. Вип. 37.

ВІДНОВЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ, ЯКИЙ ОТРИМАВ ПОШКОДЖЕННЯ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

Голоднов О. І.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
oleksandr.holodnov@npp.kai.edu.ua

Як об'єкт дослідження розглянуто прийнятий в експлуатацію багатопверховий житловий будинок, окремі конструкції якого отримали пошкодження внаслідок бойових дій Російської Федерації проти України. Проведено інструментальне обстеження конструкцій житлового будинку, який отримав пошкодження внаслідок бойових дій. Обстеження конструкцій виконувалося в місцях загального доступу: фасад, стіни, дах, загальні коридори, сходові клітки та в приміщеннях, до яких був доступ.

Ключові слова: житловий будинок, бойові дії, пошкодження, технічний стан, відновлення.

Об'єктом досліджень був багатопверховий житловий будинок в місті Ірпінь, окремі конструкції якого отримали пошкодження внаслідок бойових дій Російської Федерації проти України.

Обстеження проводилось з метою обґрунтування рішень замовника щодо подальшої експлуатації будинку [1, 2]:

- підтвердження можливості подальшої безпечної експлуатації будинку;
- встановлення (обґрунтування) необхідності відновлення окремих конструкцій і будинку в цілому;
- планування і виконання робіт з відновлення будинку.

Мета обстеження досягалась шляхом вирішення відповідних завдань обстеження, серед яких були:

- оцінювання (діагностування) технічного стану будівельних конструкцій, інженерних систем і будинку в цілому;
- визначення виду та обсягів робіт з відновлення будинку;

- визначення обґрунтованої необхідності демонтажу (ліквідації) будинку.

Методи обстеження:

- ознайомлення з об'єктом, наявною проєктною та технічною документацією на будинок;

- аналіз вихідних даних;

- проведення візуальних та інструментальних обстежень конструктивних елементів будинку, інженерних систем та будинку в цілому;

- уточнення умов експлуатації;

- виявлення та фіксація наявних пошкоджень конструкцій на основі проведеного обстеження;

- аналіз результатів обстеження та складання висновку з наведенням класифікації будинку у відповідності до вказаних груп та надання остаточних рекомендацій щодо першочергових та протиаварійних заходів;

- оформлення технічного звіту за результатами виконаної роботи з розробкою проєкту посилення конструкцій.

Обстеження конструкцій виконувалося в місцях загального доступу: фасад, стіни, дах, загальні коридори, сходові клітки та в приміщеннях, до яких був доступ.

Визначення технічного стану конструкцій будинку проводилось шляхом візуального та інструментального обстеження несучих і огорожувальних конструкцій, а також їх вузлів з метою виявлення пошкоджень і деформацій, а також геометричних розмірів. Проведено огляд інженерних систем, які мають вплив на будівельні конструкції, виконано вибіркове розкриття закритих елементів та вузлів для оцінки їх технічного стану та вимірювання необхідних технічних та експлуатаційних характеристик.

Інструментальне обстеження конструкцій проводилось шляхом вимірювання геометричних параметрів конструкцій, діаметрів застосованої при виготовленні конструкцій арматури та її розташування, параметрів зруйнованих конструкцій для розробки проєктів посилення. Визначення характеристик бетону конструкцій не виконувалось, оскільки для тих конструкцій, які були

пошкоджені під час обстрілів, було прийнято рішення про посилення шляхом встановлення сталевих обойми з кутиків, а для конструкцій, які отримали пошкодження захисного шару бетону з оголенням арматури, було прийнято рішення про ремонт з відновленням параметрів перерізу ремонтними сумішами.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 9273:2024. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2024. 78 с.
2. Методика обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів : затверджено Наказом Міністерства розвитку громад та територій України 28.04.2022 року № 65. Київ, 2022. 38 с.

ДЕФОРМАЦІЇ ҐРУНТОВОГО МАСИВУ ПРИ ДІЇ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО ПОТОКУ ВОДИ

Кузло М. Т.

Національний університет водного господарства та
природокористування, м. Рівне
m.t.kuzlo@nuwm.edu.ua

Отримано аналітичні розв'язки з визначення зміщень, при дії фільтраційного потоку води у вертикальному напрямку (одновимірна задача) для одношарового. Це дає змогу виконати прогноз деформацій ґрунтових масивів при дії гідродинамічних сил.

Ключові слова: ґрунтовий масив, об'ємні сили, переміщення.

Рух ґрунтових вод веде до виникнення об'ємних сил (гідродинамічних сил фільтраційного потоку) і зміни напружено-деформованого стану ґрунтових масивів і основ [64]. У зв'язку з цим виникла необхідність з визначення переміщень, деформацій і напружень в водонасичених ґрунтових масивах і основах.

Виходячи зі складності поставленої проблеми, розглянемо одновимірну задачу з визначення переміщень, деформацій та напружень шару ґрунту з врахуванням дії фільтраційного потоку у вертикальному напрямку. Для цього розглянемо водопроникний ґрунтовий масив (рис. 1).

Математична модель даної задачі буде складатися з рівнянь НДС ґрунту, що записані у переміщеннях та рівняння фільтрації ґрунтових вод. Рівняння НДС ґрунту у переміщеннях записуються у вигляді:

$$(\lambda_1 + 2\mu_1) \frac{d^2 w_1}{dx^2} = X_1, x \in (0, l), \quad (1)$$

$$(\lambda_2 + 2\mu_2) \frac{d^2 w_2}{dx^2} = X_2, x \in (l_1, l), \quad (2)$$

де $X_2 = \gamma_{sb} + \frac{dp}{dx}$, $X_2 = \gamma_{np}$; γ_{sb} – ґрунт, що знаходиться в зваженому стані; γ_{np} – питома вага ґрунту в природному стані; p – фільтраційний тиск.

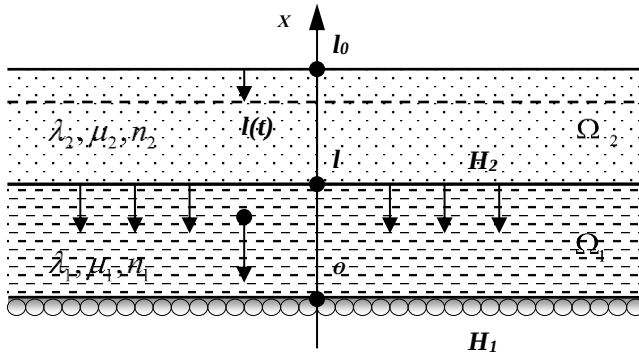


Рис. 1. Розрахункова схема

У даному випадку розв'язок задачі (1–2) отримано у вигляді:

$$w_1(x) = \frac{a_1 x^2}{2} + A_1 \int_0^x \left(\int_0^z \frac{ds}{k(s)} \right) dz + c_1 x + c_2, x \in (0, l_1), \quad (3)$$

$$w_2(x) = \frac{a_2 x^2}{2} + c_3 x + c_4, x \in (l_1, l), \quad (4)$$

$$\text{де } a_1 = \frac{\gamma_{\text{нас.}} - \gamma_{\text{р.}}}{\lambda_1 + 2\mu_1}, \quad a_2 = \frac{\gamma_{\text{р.}}}{\lambda_2 + 2\mu_2}, \quad A_1 = \frac{\gamma_{\text{р.}} (H_2 - H_1)}{(\lambda_1 + 2\mu_1) \int_0^{l_1} \frac{ds}{k(s)}}.$$

Список використаних джерел:

1. Кузло М. Т. Про деякі математичні моделі напружено-деформованого стану ґрунтових масивів у процесі руху вільної поверхні ґрунтових вод / М. Т. Кузло, І. А. Філатова. *Вісник НУВГП* : зб. наук. праць. Рівне, 2005. Вип. 2 (30). С. 282–287.

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ СПОРУДЖЕННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІДРОТЕХНІЧНИХ РОБІТ

Талавіра Г. М.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
hennadii.talavira@npp.kai.edu.ua

Проведено аналіз сучасних способів гідромеханізації робіт для спорудження земляних споруд автомобільних доріг, з наведенням аналізу за техніко-економічними показниками.

Ключові слова: Автомобільна дорога, гідромеханізація, земляна споруда.

Сутність гідромеханізованих робіт по спорудженню земляних споруд автомобільних доріг полягає в тому, що ґрунт розробляється, транспортується й укладається за допомогою потокової енергії води яка є основною рушійною силою, на відміну від «сухих» способів розробки ґрунтів в зонах будівельно-технічної дії, цей спосіб не залучає великої кількості будівельно-дорожніх машин (горюче-мастильних матеріалів, машиністів, ремонтних майстерень і т. д.). але є доволі енергозатратним.

Основні переваги гідромеханізації це – розробка, транспортування й укладання ґрунту в споруду чи відвал виконуються в єдиному технологічному процесі, що значно підвищує продуктивність одного працівника; можливість розробки ґрунту з-під води, що дозволяє ефективно використовувати засоби гідромеханізації при видаленні мулу, поглибленні каналів і регулюванні рівня водоприймачів; укладання ґрунту в споруди різної форми гідравлічним способом забезпечує високу щільність ґрунту й оптимальну структуру його розкладки в поперечному перерізі споруди.

До недоліків гідромеханізації відносяться: велика потреба у воді (від 4 до 20 м³ на розробку 1 м³ ґрунту); можливість

розробки в основному незв'язних і мало зв'язних ґрунтів; велика енергоємність (на розробку, перекачування й укладання 1 м³ ґрунту потрібно від 3 до 8 кВт/год).

В основному роботи з гідромеханізації застосовуються для: для розробки ґрунту в котлованах і каналах із транспортуванням його у відвали; розробки ґрунту в кар'єрах з переміщенням і укладанням в профільні насипи; очищення каналів і відстійників від наносів; видобутку піску і гравію в кар'єрах з транспортуванням і складуванням матеріалу на місці.

Проведемо невеликий аналіз основних способів будівництва земляних споруд з залученням гідромеханізованих робіт, які використовуються при будівництві автомобільних доріг в Україні.

ПЕРШІЙ спосіб має назву КОМБІНОВАНИЙ. При його застосуванні – розробка ґрунту землерийними машинами, а транспортування і укладка за допомогою водяного потоку, на жаль, практично немає широкого застосування з-за складності поєднання технологічних ланцюгів техніки різного типу дії та наявності джерела води з високими дебітними властивостями

ДРУГИЙ спосіб має назву ГІДРОМОНІТОРНИЙ, в якому застосовується – гідромонітор, що є пристроєм для формування компактного струменю води і спрямування його в необхідну точку місця розробки ґрунту (виїмка) під великим робочим тиском.

Вода до гідромонітору подається з дебітної водоюми насосами. Розмита порода з водою (пульпа) від забою по площадці уступу або каналі надходить в зумпф, звідки ґрунтовим насосом перекачується по трубопроводу (пульпопроводу) до місця укладання шарів наміву. При сприятливому рельєфі (природний ухил) може бути застосоване самопливне гідротранспортування розмитої породи.

Застосовуються дві основні схеми розмиву ґрунту гідромоніторами: попутним і зустрічним забоєм. У практиці найбільше часто застосовується зустрічний забій, при якому гідромонітор встановлюється на підшві розмивного забою, а струмінь направляється назустріч потоку пульпи.

ТРЕТІЙ спосіб має назву РЕФУЛЕРНИЙ, при застосуванні якого земснаряди (драги) розробляють ґрунт у підводному забої. Частки ґрунту захоплюються вихровими потоками води, усмоктуваним ґрунтовим насосом земснаряда (драги), і, змішуючись з цим потоком, переміщуються по напірному пульпопроводу у вигляді пульпи до місця укладання ґрунту (насипу майбутньої автодороги). Для використання цього способи необхідний дебітне джерело води з можливістю потужного розходу.

ЧЕТВЕРТИЙ спосіб має назву ДВОСТОРОННІЙ – пульпопроводи розміщують на високих естакадних опорах, які збираються з універсальних металевих конструкцій, з висоти яких проводиться скидання пульпи з одночасним ущільненням шарами товщиною 0,15–1,0 м.

П'ЯТИЙ спосіб має назву ПІОНЕРНО-ТОРЦЬОВИЙ – характеризується розташуванням елементів випусків пульпи з торців труб вздовж висі споруди, що намивається, його постійно застосовують при підводному наміві, при наявності включень з крупнозернистих ґрунтів, на великих площах і для намівання вузькопрофільних споруд при умові щільного обмеження розтікання пульпи елементами обвалування.

ШОСТИЙ спосіб має назву МОЗАЇЧНИЙ, при застосуванні якого намівання земляних споруд проводять з зосередженими випусками пульпи у вигляді окремих конусів, розмішуючи їх картами в плані і по висоті в шаховому порядку.

Після техніко-економічного порівняння, кожного з вищезгаданих способів провадження гідромеханізованих робіт за основними показниками, це: час на підготовчі та монтажні роботи, величина експлуатаційних перерв, технологічний час на розробку 1 м³, технологією провадження робіт, вартість розробки 1 м³, особливості технології провадження робіт в зимовий час, продуктивність, темп робіт, та енергоємність можна зробити висновок, що найбільш вдалим способом гідромеханізованих робіт з представлених для спорудження земляних споруд автодоріг є четвертий та шостий.

Список використаних джерел:

1. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=
2. <https://studfile.net/preview/5729374/page:7/>
3. <https://vseosvita.ua/library/embed/0100e78f-7c07.doc.html>
4. <https://vuc.gov.ua/Гідромеханізація>
5. <https://shpola-otg.gov.ua/2021/06/25/dotrymannia-vymoh-okhorony-pratsi-pry-provedenni-zemlianykh-robot/>
6. <https://budtehnika.pp.ua/585-mashini-ta-obladnannya-dlya-gdromehanzacyi.html>

ЕКСТРЕМАЛЬНИЙ ВПЛИВ ХВИЛЬОВОГО ІМПУЛЬСНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА КАРКАСНУ ЗАЛІЗОБЕТОННУ БУДІВЛЮ

Голоднов О. І.¹, Горб О. Г.²

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ

¹oleksandr.holodnov@npp.kai.edu.ua, ²oleksandr.horb@npp.kai.edu.ua

Виконано технічне обстеження багатоповерхової житлової будівлі, пошкодженої в результаті динамічних хвильових імпульсних впливів під ведення бойових дій. Розглянуто вплив динамічних навантажень вибухового та ударного походження внаслідок детонації вибухових речовин з надзвичайно швидким збільшенням тиску та температури, а також механічного зіткнення уламків боєприпасів з несучими та огорожувальними конструктивними елементами.

Ключові слова: динамічні навантаження, каркасна залізобетонна будівля, пошкодження.

В сучасній інженерній практиці, забезпечення стійкості та безпеки будівель і споруд від динамічних навантажень високої інтенсивності є надзвичайно важливим завданням. Особливу увагу приділяють монолітним залізобетонним каркасним будівлям, які набули широкого застосування в будівництві завдяки своїй міцності, довговічності та адаптивності до різноманітних архітектурних рішень. Однак, вплив вибухів, сейсмічних коливань, механічних і хвильових ударів та інших екстремальних навантажень може становити серйозну загрозу для їхньої цілісності та безпечної експлуатації.

Важливим фактором, що впливає на стійкість конструкції до динамічних навантажень, є її здатність до поглинання енергії. Монолітні залізобетонні конструкції, завдяки своїй пластичності, мають здатність поглинати значну кількість енергії, що дозволяє їм витримувати значні навантаження з мінімальними локальними руйнуваннями [1–3].

Дія екстремальних динамічних навантажень на монолітні залізобетонні каркасні будівлі призводить до різноманітних пошкоджень, починаючи від незначних тріщин і закінчуючи повним руйнуванням конструкції.

Основні ефекти впливу включають (рис. 1):

- утворення тріщин у бетоні, особливо в зонах концентрації напружень, таких як кути отворів або місця з'єднання елементів;
- відшарування захисного шару бетону в наслідок імпульсних навантажень, що оголює арматуру і робить її вразливою до корозії;
- надлишкові деформації та прогини, що призводять до втрати місцевої та загальної стійкості;
- руйнування з'єднань між різними елементами конструкції, наприклад, з'єднання колон з балками або стінами, які є найбільш вразливими до динамічних навантажень;
- повне руйнування несучих конструктивних елементів чи будівлі в цілому.



Рис. 1. Пошкодження конструктивних елементів будівлі під дією хвильових імпульсних впливів

Список використаних джерел:

1. Фролов Е. А., Резніченко М. К., Коробко Б. О., Попов С. В., Дерябіна Є. С. Експериментальне дослідження тривалої міцності бетону під дією імпульсного навантаження. *Машинобудування* : зб. наук. пр. Харків : УПА, 2020. № 25. С. 145–151.

2. Бахтин А., Крючков А., Жукова Н. Вплив типів сейсмічних хвиль на стійкість об'єктів, що охороняються. *Молодий вчений*. 2020. № 6 (82).
3. Епоян С. М., Кузьменко В. М., Шилін В. В., Філатов С. В. Фізична та математична моделі взаємодії вітрових хвиль з кріпленням укосів залізобетонними плитами. *Науковий вісник будівництва*. 2020. Том 99. № 1.

ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БОЛТОВИХ З'ЄДНАНЬ ДЛЯ ПРЕФАБ-ТЕХНОЛОГІЙ

Паливода О. А.¹, Паливода А. О.²

¹Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
oleksandr.palyvoda@npp.kai.edu.ua

²ЗАТ “PROGRESIVY STATYBA”, м. Вільнюс, Литва
alina.palyvoda@gmail.com

Проведено порівняння техніко-економічних показників, зокрема обсягів і вартості основних операцій та матеріалів, необхідних для з'єднання колони з фундаментом, на прикладі двох варіантів, що були розглянуті під час розробки проектної документації для будівництва підприємства: болтове з'єднання колон з фундаментом і фундамент стаканного типу.

Ключові слова: збірний залізобетон, несуча здатність, підсилення конструкцій, болтові з'єднання, анкери, закладні деталі.

В останні десятиліття промисловість збірного залізобетону в Україні переживає кризу. Порівняно з 70–90-ми роками минулого століття її потужності функціонують на рівні 10–20 % від попередніх показників [1]. Проте досвід європейських країн свідчить про економічну доцільність застосування збірних конструкцій у цивільному, житловому та промисловому будівництві.

Перелік рішень, розроблених для удосконалення застосування конструкцій зі збірного залізобетону, поступово розширюється [3].

На нашу думку, одним із найбільш недооцінених рішень для індустриалізації технологій префаб для залізобетону на сьогодні є болтові з'єднання в різних варіантах їх виконання.

Для зручності та ефективності проектування таких рішень існує ряд програмних комплексів, зокрема Peikko Designer.

Авторами було ухвалено рішення провести техніко-економічне порівняння двох типів з'єднання фундаменту з колоною на етапі розробки проектної документації для будівництва заводу

з виробництва легкових автомобілів відомого виробника в м. Кошице (Словаччина). Комплекс в цілому складається з кількох виробничих та адміністративно-побутових будівель. Сітка колон здебільшого має розміри 6 і 12 м, а кількість поверхів – переважно 1 та 2. Для аналізу ми обрали корпус, призначений для нанесення лакофарбових покриттів.

Загальна висота фундаменту у класичному рішенні (зі стаканом) становить 3,4 м, тоді як висота фундаменту під болтове з'єднання лише 1,2 м. Для забезпечення міцності та жорсткості вузла з болтовим з'єднанням, еквівалентної фундаменту зі стаканом, було обрано 10 болтів (у комплекті з башмаками) на кожен стовпець згідно з специфікацією фірми Peikko.

Для порівняння варіантів влаштування вузла з'єднання колони з фундаментом було означено перелік ключових конструктивних елементів та визначено їх обсяги і вартість для кожного із рішень відповідно.

В ході дослідження було укладено таблиці із даними для аналізу, зокрема представлено вартість ключових операцій та конструктивних елементів, необхідних для виконання вузлів з'єднання колони з фундаментом для всіх 172 стовпів цеху, а саме: земляні роботи, влаштування фундаменту, обсяги бетону та використання болтових елементів (у 2-му варіанті). Розрахунки цін виконані у валюті євро, станом на 2024 рік.

Перша група даних містила загальну вартість фундаменту зі з'єднанням стаканного типу. У другій – було представлено дані для вузлів із болтовими з'єднаннями стовпів від Peikko, а також наведено різницю витрат на окремі конструктивні елементи за обома варіантами.

Результати порівняння обсягів і вартості основних операцій та виробів, необхідних для влаштування з'єднання колони з фундаментом, показали, що болтові з'єднання є більш ефективними порівняно з рішенням із фундаментом стаканного типу. Економія складає 48,6 % (враховуючи земляні роботи).

Список використаних джерел:

1. Промисловість. Збірний залізобетон [Електронний ресурс]. URL: <https://esu.com.ua/article-16540>
2. Лапенко О., Табаркевич Н., Макаров В., Паливода О. Відновлення покрівлі та перекриттів будівель, які постраждали внаслідок бойових дій в Україні. LWRT 2022, LNCE 469. 2024. С. 77–82. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-55068-3_7.
3. Products and solutions. Products for precast [Електронний ресурс]. URL: <https://www.peikko.com/products/precast-products/>
4. Peikko. Column Connections [Електронний ресурс]. URL: <https://www.peikko.com/products/precast-products/column-connections/>

ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ЗОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ У АЕРОПОРТАХ

Пустовойт Р. О.¹, Степанчук О. В.²

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ

¹ruslan.pustovoit@npp.kai.edu.ua, ²oleksandr.stepanchuk@npp.kai.edu.ua

Проведено аналіз планувальних рішень транспортно-пересадочних вузлів на території аеропортів для встановлення їх функціонального зонування.

Ключові слова: транспортно-пересадочний вузол, аеропорт, функціональне зонування, привокзальна площа.

Більшість сучасних транспортно-пересадочних вузлів (ТПВ) в аеропортах формуються на території аеровокзальних комплексів, а саме на привокзальній площі, де організовується пішохідний та транспортний рух. В сучасних умовах, основою формування ТПВ в аеропортах з пасажиропотоком більш як два мільйони пасажирів є залізничний транспорт, який забезпечує потужний пасажиропотік безпосередньо із міста в аеропорт та навпаки. ТПВ може виступати також станція метрополітену, автобусна станція, зупиночні пункти, де сполучаються лінії маршрутів наземного пасажирського транспорту, між якими здійснюється пересадка. Транспортно-пересадочний вузол становить собою комплекс структурних елементів, які можна розподілити за відповідними зонами: транспортно-пішохідна, зона архітектурних споруд (за наявності) та резервна зона (за наявності).

Транспортно-пішохідна зона є основною одиницею аеропортового ТПВ, де розміщуються зупиночні пункти різних видів транспорту та транспортно-пішохідні шляхи, що об'єднують пункти пересадки пасажирів. Транспортно-пішохідна зона розташовується на привокзальній площі, де здійснюються між маршрутні пересадки пасажирів перед аеровокзалом. Відповідно

дана територія складається із таких підзон: зони озеленення та благоустрою, пішохідної території, зони місць паркування та проїжджих частин та зони автомобільних доріг.

Зона озеленення та благоустрою складається з місць відпочинку пасажирів та зелених насаджень.

Пішохідна зона включає доріжки та пішохідну площу перед аеровокзалом та зупинки громадського та приватного транспорту. Оскільки, зупинки транспорту складаються з ділянки скупчення пасажирів перед пересадкою та місцем зупинки транспорту, то їх можна включити до складу пішохідної зони. Своєю чергою, зупинки громадського транспорту класифікуються на автобусні, трамвайні та залізничні пункти висадки та посадки пасажирів. До приватного транспорту відносяться зупинки таксі та індивідуальних транспортних засобів.

Зона місць паркування та проїжджих частин складається з паркувальних майданчиків, які можна класифікувати на такі типи: короткострокові автостоянки для приватного транспорту; довгострокові автостоянки, що обслуговують приватний транспорт на добу і більше; стоянки для громадського транспорту; автостоянки закритого типу; стоянка для велосипедів; стоянка для співробітників; паркувальні місця для зони оренди автомобілів.

Зона автомобільних доріг містить транспортні сполучення, які розподіляються на такі типи: службові дороги аеропорту, під'їзні дороги, проїзні смуги перед аеровокзалом, рециркуляційні дороги.

Зона архітектурних споруд (за наявності). При формуванні ТПВ на основі вокзалу, станції громадського транспорту чи транспортно-комерційної споруди на території аеровокзального комплексу до структури ТПВ додається зона архітектурних споруд та об'єктів соціального призначення. До її складу може входити: залізничний чи автобусний вокзал, станція метро та інші транспортно-комерційні споруди.

Резервна зона (за наявності). Розширення та розбудова ТПВ можливе шляхом використання резервної території у разі збільшення пасажиропотоку аеропорту, його попиту та інтенсивності прибуття транспортних засобів або в разі її

відсутності – влаштування багаторівневого вузла із відокремленими площами прибуття та відправлення пасажирів.

Підсумовуючи все вище сказане можна зробити висновок, що структура ТПВ на території аеропортів може складатися із трьох зон: транспортно-пішохідної, зони архітектурних споруд (за наявності) та резервної зони (за наявності). *Транспортно-пішохідна зона* є основною територією ТПВ, яка забезпечує організацію транспортних та пішохідних потоків. *Зона архітектурних споруд* в переважній більшості наявна в аеропортах з пасажиропотоком понад два мільйони пасажирів із впровадженням залізничним транспортом. *Резервна зона* не є наявною в більшості аеропортів. Вона може виступати додатковою територією для розширення та розбудови ТПВ у разі збільшення пасажиропотоку аеропорту.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО СПОЛУЧЕННЯ З ПЕРСПЕКТИВНИМ ВАНТАЖНИМ АЕРОПОРТОМ

Чернишова О. С.¹, Степанчук О. В.²,
Дубик О. М.³, Вишневська А. В.⁴

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
¹oksana.chernyshova@npp.kai.edu.ua, ²oleksandr.stepanchuk@npp.kai.edu.ua,
³oleksandr.dubyk@npp.kai.edu.ua, ⁴alina.vyshnevskaya@npp.kai.edu.ua

Проведено аналіз ефективності функціонування вантажних аеропортів за умови забезпечення залізничним сполученням. Запропоновано варіанти проєктних рішень щодо улаштування під'їзної колії до нового перспективного аеропорту Бородянка.

Ключові слова: вантажний аеропорт, залізничне сполучення, системи автоматизованого проєктування.

Планом повоєнного відновлення України [1] одними з першочергових завдань сформульовані відновлення транспортної інфраструктури, зокрема, її авіаційної складової. Реалізація поставлених задач дозволить прискорити стійке економічне зростання країни та підвищить її рівень привабливості для іноземних інвестицій. У програмах відновлення та наукових працях вітчизняних вчених передбачено створення потужних міжнародних транспортних вузлів [1–3], в тому числі вантажних терміналів авіаційного міжнародного сполучення. Одним з перспективних проєктів намічено створення вантажного аеропорту міжнародного значення на території України в населеному пункті Бородянка. У селище Бородянка розташований аеродром, який має злітно-посадкову смугу з ґрунтовим покриттям довжиною 1400 м та шириною 75 м та до 2022 року був резервним аеродромом стратегічної авіації й обслуговував потреби аероклубу. Даний аеродром має унікальне розташування за рядом характеристик: віддаленість від житлової забудови та заповідних зон, близькість

до інфраструктури – автомобільної дороги Е373, яка є частиною міжнародної траси М07, автодороги територіального значення Т 1019 та частини ділянки залізниці Київ – Коростень – Ковель. Реалізація проєкту будівництва Міжнародного аеропорту «Бородянка» буде сприяти розвантаженню Київського авіаційного вузла, створенню нових робочих місць, більш цільному залученню країни до міжнародних перевезень та економічного розвитку України в цілому.

Слід відмітити, що залізниця відіграє важливу роль у розвитку вантажних аеропортів, забезпечуючи ефективну інтеграцію різних видів транспорту та оптимізацію логістичних процесів. Основні аспекти цієї взаємодії включають [4]: розвиток інфраструктури в цілому, розвиток інтермодальних перевезень, підвищення економічної ефективності, підтримки глобальних ланцюгів постачання та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Тому ефективне функціонування перспективного вантажного хабу потребує улаштування залізничного сполучення.

За допомогою сучасного комплексу автоматизованого проєкування Autodesk AutoCAD Civil 3D запроєктовано декілька варіантів організації примикання під'їзної колії аеропорту Бородянка до існуючої мережі залізниць. Довжини запропонованих варіантів коливаються у межах 4,45...5,39 км залежно від місця примикання. У AutoCAD Civil 3D запроєктовано план, поздовжній та поперечні профілі майбутньої ділянки залізниці, а також її 3D модель на підставі цифрового рельєфу місцевості. Вибір кращого варіанта повинен ґрунтуватися на детальному аналізі інженерних розвідувальних даних. А залізничне сполучення з перспективним вантажним хабом Бородянка суттєво підвищить ефективність та конкурентоспроможність на ринку міжнародних перевезень.

Список використаних джерел:

1. План відновлення України. URL: <https://recovery.gov.ua/>
2. Davydiuk T. Analysis of the economic indicators of airports of Ukraine. *Modern engineering and innovative technologies* : journal. 2023. Issue 29. Part 2. P. 107–111.

3. Чернишова О. С., Дубик О. М., Осовський І. М., Чемакіна О. В. Перспективи створення нового міжнародного аеропорту в Україні. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2024. № 3. Р. 103–109. DOI: <https://doi.org/10.32782/apcmj.2024.3.14>
4. Rattanakijsumton W., Suwannarat B., Samittivate N., Nithikittiwat C. Success Factors and Partnership Evaluation of Air–Rail Integration Development: A Case of a High-Speed Rail Project Linking Three Airports in Thailand. *Infrastructures*. 2024. № 9 (7). Р. 115. DOI: <https://doi.org/10.3390/infrastructures9070115>

ЩОДО СУЧАСНИХ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В АЕРОДРОМНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Поліщук О. М.

Національний університет водного господарства
та природокористування, м. Рівне
o.m.polischuk@nuwm.edu.ua

Наведено результати експериментальних досліджень використання сталевих фібри для дисперсного армування бетонів. Проведено експериментальні дослідження сталефібробетонних зразків.

Ключові слова: *фібробетон, аеродромне покриття.*

Авіаційний транспорт є ключовим елементом глобальної транспортної системи, що сприяє економічному розвитку, міжнародній торгівлі та мобільності населення. Однак, забезпечення його сталого розвитку потребує значних зусиль щодо утримання та відновлення інфраструктури. Це питання стає особливо актуальним у зв'язку із старінням аеропортових об'єктів і необхідністю впровадження сучасних ефективних технологій.

Станом на березень 2025 року, використання цивільної авіації в Україні призупиненою через триваючу війну з Росією. З 20 цивільних аеропортів країни, 15 зазнали пошкоджень від початку вторгнення у лютому 2022 року.

В Україні знову заговорили про можливість відновлення польотів для пасажирських літаків. Приводом для цього стала гучна заява представників страхового бізнесу про відновлення польотів з аеропортів «Львів» або ж «Бориспіль» до кінця січня 2025 року. Тому відновлення та відбудова цих аеропортів в майбутньому буде мати важливе значення.

Фібробетон – це ефективна альтернатива традиційному армованому бетону в аеродромних покриттях. Він забезпечує високу довговічність, міцність, морозостійкість і зносостійкість, дозволяє

зменшити товщину покриття, знизити ризик утворення тріщин та підвищити стійкість до агресивних середовищ.

Досвід використання сталевібробетону в аеропортах країн Європи та США демонструє його ефективність у підвищенні міцності та довговічності конструкцій злітно-посадкових смуг аеропортів. Завдяки своїм підвищеним властивостям, цей матеріал знижує експлуатаційні витрати і забезпечує стабільну роботу об'єктів аеропорту навіть в умовах інтенсивного використання. Очікується, що поточні дослідження та практичні проекти ще більше розширять його застосування в інфраструктурі аеропортів у всьому світі.

Були проведенні дослідження міцності на двох видах бетону та сталевібробетонну. Значення міцності дрібнозернистого бетону та сталевібробетонів показані на діаграмі.

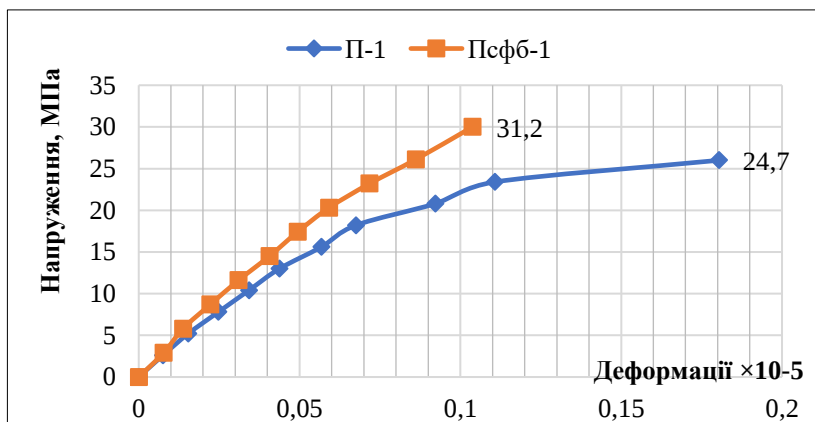


Рис. 1. Діаграма порівняння напруження-деформації неармованого зразку П-1 і армованого фібробетону Псфб-1

Варто зазначити, що застосування фібробетону в будівництві аеропортів набирає популярність завдяки своїм перевагам, проте конкретні технологічні рішення часто залежать від особливостей об'єкта, кліматичних умов та вимог до експлуатації.

За результатами проведених досліджень можна зменшити масу бетонних виробів; збільшити марочну міцність бетону в середньому до 20 %.

Список використаних джерел:

1. Дворкін Л. Й. Основи бетонознавства / Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Дворкін. Київ : Основа, 2007.
2. Коваленко В. В. Исследование работоспособности восстановленного фибробетона при различных армирующих волокнах. *Науковий вісник НГУ*. 2010. № 9–10. С. 26–30.
3. Пасажирські літаки в небі над Україною: чи можливо це 2025 року і що для цього потрібно. URL: <https://tsn.ua/exclusive/pasazhirski-litaki-v-nebi-nad-ukrayinoyu-chi-mozhlivo-ce-u-2025-i-scho-dlya-cogo-potribno-2716341.html> (дата звернення: 01.03.2025).

ВИКОРИСТАННЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ У РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВИХ СМУГ

Гончарик А. П.

ЗВО «Університет Короля Данила», м. Івано-Франківськ
andrii.honcharyk@ukd.edu.ua

Реконструкція злітно-посадкових смуг є критично важливим аспектом підтримки ефективної та безпечної роботи аеропортової інфраструктури. З часом злітно-посадкові смуги зазнають значних навантажень, що може призвести до їх зношення та пошкоджень, що створює загрози для безпеки авіаційних операцій. У зв'язку зі збільшенням обсягу авіап перевезень та розвитку авіаційної техніки, а також з необхідністю підтримки інфраструктури під час війни, реконструкція цих об'єктів стає надзвичайно актуальною.

Використання BIM-технологій (Building Information Modeling) у реконструкції злітно-посадкових смуг дозволяє підвищити точність проектування, зменшити витрати, скоротити терміни виконання робіт та забезпечити високий рівень безпеки. BIM забезпечує інтеграцію геометричних, матеріальних та фінансових даних, що дозволяє оптимізувати процеси на всіх етапах реконструкції, від проектування до експлуатації.

Сучасні програмні засоби, такі як Autodesk Revit, Civil 3D, та Navisworks, активно використовуються для створення тривимірних моделей, що дають змогу виконувати детальні розрахунки, перевіряти колізії та планувати будівельні роботи з високою точністю.

Застосування BIM в умовах війни має особливе значення для забезпечення обороноздатності країни через підтримку та швидку реконструкцію військових аеродромів. Використання світового досвіду в застосуванні BIM для реконструкції злітно-посадкових смуг підтверджує ефективність цієї технології в покращенні управління ресурсами та мінімізації ризиків.

Ключові слова: BIM-технології, реконструкція злітно-посадкових смуг, аеропортова інфраструктура, цифрове моделювання, військові аеродроми.

Актуальність теми: важливість реконструкції злітно-посадкових смуг для підтримки аеропортової інфраструктури.

Реконструкція злітно-посадкових смуг є критично важливим елементом підтримки ефективної та безпечної роботи інфраструктури аеропортів.

Злітно-посадкові смуги – це основний елемент інфраструктури аеропорту, від якого залежить безпека та ефективність авіаційних перевезень.

З роками злітно-посадкові смуги зазнають значних навантажень від постійних авіаційних операцій, що може призвести до зношення покриття, утворення пошкоджень, що, у свою чергу, створює загрози для безпеки польотів.

Зростаючий обсяг авіаперевезень, модернізація авіаційної техніки та збільшення вантажопотоку вимагають від аеропортів постійного вдосконалення своєї інфраструктури. Реконструкція злітно-посадкових смуг має на меті не тільки відновлення їх працездатності, а й підвищення технічних характеристик, таких як міцність, довговічність і стійкість до погодних умов.

Особливе значення реконструкція злітно-посадкових смуг набуває в умовах війни на території нашої держави України, коли необхідність підтримки інфраструктури аеропортів та військових аеродромів стає ще більш актуальною.

Аеропорти та військові аеродроми виконують ключові функції не лише для цивільної авіації, а й для забезпечення обороноздатності країни. Пошкодження інфраструктури, зокрема злітно-посадкових смуг, може мати серйозні наслідки для логістики, евакуації, перевезення вантажів і військової техніки, а також для постачання гуманітарної допомоги.

У таких умовах швидка та ефективна реконструкція, зокрема аеродромних покриттів, набуває критичного значення.

Застосування сучасних технологій, зокрема BIM (Building Information Modeling), дає змогу значно прискорити процес відновлення, оптимізувати витрати та підвищити точність проєктування. Це особливо актуально для військових аеродромів,

де оперативність і надійність інфраструктури мають пріоритетне значення.

Таким чином, використання BIM-технологій для реконструкції злітно-посадкових смуг є надзвичайно актуальним як у мирний час, сприяючи ефективному розвитку авіаційної галузі та модернізації аеродромної інфраструктури, так і у період війни, коли відновлення аеропортів та військових аеродромів підтримує функціонування цивільної інфраструктури та забезпечує оборонні можливості держави.

BIM (Building Information Modeling) – це методологія та технологія, яка використовує цифрові тривимірні моделі для створення, управління та аналізу інформації про будівельні об'єкти протягом всього їхнього життєвого циклу.

Дана технологія є більш, ніж просто інструментом для створення 3D-моделей: це система, яка об'єднує не лише геометричні дані, але й інформацію про матеріали, вартість, енергоефективність, терміни виконання та багато інших аспектів. У сучасному будівництві цифрове моделювання дозволяє підвищити точність проєктування, скоротити витрати та час, а також покращити якість об'єктів за рахунок комплексного підходу до проєктування та будівництва.

BIM-технології стають все більш важливими на всіх етапах життєвого циклу будівлі – від проєктування і будівництва до експлуатації та реконструкції. У випадку реконструкції інфраструктури, як-от злітно-посадкових смуг, дане інформаційне моделювання дозволяє точно планувати роботи, передбачати потенційні проблеми та оптимізувати використання матеріалів, що забезпечує ефективність і економічність процесів.

BIM відіграє важливу роль у проєктуванні та будівництві інфраструктурних об'єктів завдяки своїм численним перевагам, які сприяють ефективності, точності та зниженню витрат. Ця технологія дозволяє створювати цифрові моделі будівель та інфраструктури, що є інтегрованими в одній системі і містять усю необхідну інформацію про об'єкти: геометрію, матеріали, структурні елементи, системи, інженерні мережі тощо.

У проектуванні інфраструктурних об'єктів дані технології дозволяють значно покращити процес планування. Інформаційне моделювання на етапі проектування дає змогу з більшою точністю оцінювати витрати, враховувати всі деталі й особливості, що можуть вплинути на реалізацію проєкту. Зокрема, BIM дає змогу визначити оптимальні матеріали, розрахувати навантаження на конструкції, передбачити потенційні проблеми на ранніх етапах і уникнути серйозних помилок на будівельному майданчику.

У процесі будівництва інформаційне моделювання дозволяє інтегрувати роботу всіх учасників проєкту – архітекторів, інженерів, підрядників і замовників, що забезпечує високу координацію та мінімізацію ризиків. Завдяки чітко визначеній цифровій моделі, будівельники можуть використовувати точні дані для виконання робіт, що призводить до скорочення термінів і зниження витрат на будівельні матеріали.

Завдяки своїй здатності обробляти великий обсяг даних, BIM також дозволяє вести контроль за якістю будівельних робіт, керувати змінами проєкту та вести детальну документацію протягом усього життєвого циклу об'єкта.

Крім того, технологія інформаційного моделювання сприяє полегшенню процесу обслуговування та ремонту інфраструктурних об'єктів, адже вся необхідна інформація про об'єкт доступна в цифровій формі і може бути використана на будь-якому етапі експлуатації.

Для роботи з BIM в реконструкції злітно-посадкових смуг та інших інфраструктурних об'єктів використовують широкий спектр програм які забезпечують створення, аналіз і управління інформаційними моделями.

Основним інструментом для моделювання є Autodesk Revit – одна з найпопулярніших програм для інформаційного проєктування, яка дозволяє створювати детальні 3D-моделі, інтегрувати креслення, здійснювати розрахунки та керувати інформацією про об'єкт на всіх етапах його життєвого циклу.

Аналогом Revit є Graphisoft Archicad, який часто використовується архітекторами та інженерами для створення різних моделей будівель та споруд.

Для цивільного будівництва та проектування інфраструктурних об'єктів, зокрема злітно-посадкових смуг, ефективним є Autodesk Civil 3D. Даний софт дозволяє розробляти детальні цифрові моделі місцевості, аналізувати геодезичні дані, виконувати трасування та розрахунки для доріг, мостів, аеродромів тощо.

Додатково використовується InfraWorks, який дозволяє створювати концептуальні 3D-моделі інфраструктурних об'єктів і аналізувати їхню взаємодію з навколишнім середовищем.

Для координації та управління BIM-моделями застосовується Autodesk Navisworks, який забезпечує перевірку на колізії між різними елементами проекту, дозволяє інтегрувати моделі з різних джерел, аналізувати проектні рішення та планувати будівельні роботи.

Альтернативою є Solibri Model Checker, який використовується для виявлення помилок у BIM-моделях, перевірки відповідності нормам і автоматичного аналізу конструктивних рішень.

Важливим аспектом даного проектування є управління документацією та спільною роботою над проектами. У цьому допомагають Autodesk BIM 360 – платформа для зберігання даних у хмарі, що дозволяє координувати роботу проектних команд, відстежувати зміни та контролювати виконання будівельних робіт у режимі реального часу.

Для параметричного моделювання та автоматизації складних процесів у Revit застосовується Dynamo, що дозволяє створювати певні алгоритми інформаційного проектування будівель та споруд.

Застосування BIM при реконструкції злітно-посадкових смуг

BIM-технології відіграють ключову роль у реконструкції злітно-посадкових смуг, забезпечуючи точність проектування, оптимізацію витрат і скорочення термінів виконання робіт. Основні етапи застосування даного типу проектування включають аналіз існуючих конструкцій, створення інформаційної моделі,

проведення симуляцій та інтеграцію з геоінформаційними системами.

Перед початком реконструкції важливо отримати точні дані про стан злітно-посадкових смуг. Для цього використовують сучасні технології лазерного сканування (LiDAR) та безпілотні літальні апарати (БПЛА) з фотограмметрією.

Лазерне сканування дозволяє створювати тривимірні хмарні моделі точок, які точно відображають поточний стан покриття смуги, виявляють деформації, тріщини, зсуви плит та інші пошкодження.

Дані з дронів та сканерів інтегруються у відповідні програми для подальшого аналізу та прийняття рішень щодо необхідності ремонту чи повної реконструкції окремих ділянок.

Після отримання цифрових даних створюється повноцінна інформаційна-модель злітної смуги. Ця модель включає всі конструктивні та інженерні елементи: основу, дренажні системи, покриття, розмітку, освітлення та системи управління повітряним рухом. Використовуючи такі програми, як Autodesk Revit, Autodesk Civil 3D та Tekla Structures, інженери створюють тривимірну модель, яка дозволяє проводити детальні розрахунки та прогнозувати поведінку конструкцій під навантаженням.

Також вносяться параметричні дані, такі як характеристики матеріалів, строки експлуатації, необхідність обслуговування та технічні вимоги.

Одним із ключових етапів BIM-проектування – перевірка ефективності запропонованих рішень. Для цього створена інформаційна модель використовується у спеціалізованих програмах, таких як Autodesk Navisworks, InfraWorks або Solibri Model Checker, що дозволяють:

- Перевірити колізії між конструктивними елементами, наприклад, між дренажною системою та комунікаціями.
- Моделювати навантаження від повітряних суден, вплив погодних умов та температурних змін.

- Оцінювати терміни реконструкції за допомогою 4D-моделювання, що дозволяє поєднати будівельні процеси з графіком виконання робіт.

- Проаналізувати економічну ефективність проєкту за рахунок 5D-моделювання, яке додає до віртуальної моделі фінансову інформацію, зокрема вартість матеріалів, обладнання та робіт.

Впровадження цифрових-технологій у реконструкцію злітно-посадкових смуг забезпечує значні переваги у процесі проєктування, будівництва та експлуатації об'єкта. Використання тривимірних моделей та інтегрованих рішень дозволяє підвищити ефективність усіх етапів робіт, скоротити витрати та мінімізувати ризики.

Використання інформаційної тривимірної моделі у реконструкції злітно-посадкових смуг має саме такі переваги:

1. Підвищена точність проєктування. BIM-технології дозволяють створювати детальні тривимірні моделі, враховуючи всі конструктивні елементи та інженерні системи.

2. Скорочення термінів реалізації проєкту. За допомогою інформаційного моделювання, ми значно прискорюємо процес реконструкції злітно-посадкових смуг за рахунок автоматизації багатьох завдань та покращеної координації між учасниками проєкту.

3. Оптимізація витрат і зменшення помилок. Інформаційні технології дозволяють значно знизити витрати на реконструкцію за рахунок ефективного управління ресурсами та уникнення зайвих витрат на усунення помилок.

4. Покращення управління даними та документацією. Однією з основних переваг є централізоване зберігання та управління всією проєктною документацією, використовуючи Autodesk BIM 360, Bentley ProjectWise.

Застосування BIM-проєктування у реконструкції аеропортів стало ключовим фактором для підвищення ефективності проєктування, оптимізації витрат і забезпечення високої точності виконання будівельних робіт. У багатьох міжнародних аеропортах дані цифрові технології використовується для аналізу, планування

та координації проєктів реконструкції, включаючи оновлення злітно-посадкових смуг, терміналів та інфраструктури.

Світовий досвід використання інформаційного моделювання у реконструкції аеропортів та злітно-посадкових смуг:

1. Міжнародний аеропорт Гітроу (Велика Британія). У рамках масштабного проєкту з модернізації аеропорту BIM-технології використовувалися для реконструкції злітно-посадкових смуг, інженерних систем та інфраструктури терміналів.

2. Міжнародний аеропорт Лос-Анджелеса (США). Реконструкція головної злітно-посадкової смуги аеропорту виконувалася з використанням тривимірної цифрової моделі для проєктування всіх етапів будівництва та забезпечення ефективного управління ресурсами.

3. Аеропорт Чангі (Сінгапур). Один із найсучасніших аеропортів у світі, активно використовує BIM для реконструкції та розширення своїх об'єктів.

Отже, Використання сучасних інформаційних моделей у реконструкції злітно-посадкових смуг дозволяє суттєво підвищити точність проєктування, оптимізувати витрати та скоротити терміни реалізації проєктів.

Завдяки цифровому моделюванню, а також інтеграції з геоінформаційними системами, можна ефективно аналізувати стан існуючих конструкцій, прогнозувати майбутні навантаження та уникати проєктних колізій.

Світовий досвід демонструє, що запровадження тривимірного проєктування в реконструкції аеропортів сприяє покращенню управління даними, мінімізує помилки та дозволяє використовувати ресурси з максимальною ефективністю. Цифрові двійники об'єктів забезпечують довгострокове планування експлуатації, а спільне середовище даних покращує комунікацію між усіма учасниками проєкту.

Застосування цих технологій у цивільній та військовій авіації дає змогу аеропортам і авіабазам відповідати сучасним стандартам безпеки, експлуатаційної надійності та економічної ефективності.

Список використаних джерел:

1. Автоматизовані системи проектування та BIM-технології: навчальний посібник / В. П. Кривенко, О. С. Гринько, І. О. Костенко. Київ : НТУУ «КПІ», 2020. 312 с.
2. Бабенко О. В., Петренко В. І. Інформаційні моделі в будівництві : монографія. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 280 с.
3. Building Information Modeling for Airports. Federal Aviation Administration (FAA), 2019. 150 p.
4. Гнатенко В. П., Мельник Р. А. Цифрові технології в проектуванні аеродромів. Львів : Видавництво «Новий Світ», 2022. 256 с.
5. Guide to BIM Implementation in Airport Development / International Air Transport Association (IATA). Geneva, 2020. 134 p.
6. ДСТУ 8736:2017. Аеродроми. Загальні вимоги до проектування, будівництва та експлуатації. Київ : Міністерство інфраструктури України, 2017.
7. Євтух В. І., Коваленко П. О. Геоінформаційні системи та 3D-моделювання в інженерії. Одеса : ОНАС ім. О. С. Попова, 2020. 290 с.
8. Implementation of BIM in Airfield Pavement Projects / American Society of Civil Engineers (ASCE). Washington, 2021. 210 p.
9. Мінченко С. В. Технології цифрового сканування для реконструкції інфраструктури аеропортів. Київ : НУБіП України, 2019. 198 с.
11. International Civil Aviation Organization (ICAO). Digital Transformation and BIM in Aviation [Електронний ресурс]. URL: <https://www.icao.int> (дата звернення: 09.03.2025).
12. Bentley Systems. BIM Applications in Airport Infrastructure [Електронний ресурс]. URL: <https://www.bentley.com> (дата звернення: 09.03.2025).
13. Autodesk. BIM for Airports and Runways [Електронний ресурс]. URL: <https://www.autodesk.com> (дата звернення: 09.03.2025).
14. BuildingSMART International. Standards and Guidelines for OpenBIM in Airport Projects [Електронний ресурс]. URL: <https://www.buildingsmart.org>. (дата звернення: 09.03.2025).

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ КОМУНІКАЦІЙНИХ ШЛЯХІВ У БУДІВЛЯХ АЕРОПОРТІВ

Степанчук О. В.¹, Тімкіна С. Ю.², Тімкіна Є. М.³

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ

¹oleksandr.stepanchuk@npp.kai.edu.ua, ²svitlana.timkina@npp.kai.edu.ua

³8601556@stud.kai.edu.ua

Розглянуті основні принципи проєктування комунікаційних шляхів, які включають розподіл потоків пасажирів, мінімізацію пішохідних відстаней, використання сучасних технологій та інтеграцію з іншими видами транспорту. Особлива увага приділяється зонуванию простору, забезпеченню безпеки, доступності для осіб з обмеженими можливостями та адаптивності до змін у пасажиропотоках.

Ключові слова: комунікаційні шляхи, функціонально-планувальні рішення, аеропорт, пропускна спроможність.

Сучасні аеропорти є складними багатофункціональними комплексами, де ефективна організація внутрішніх комунікаційних шляхів забезпечує зручність для пасажирів, оптимізацію потоків та підвищення загальної пропускної спроможності. Оптимальна організація шляхів руху пасажирів та персоналу сприяє підвищенню ефективності функціонування аеропортів та комфорту користувачів. Успішне проєктування комунікаційних систем дозволяє знизити витрати часу на пересування пасажирів та підвищити якість їхнього обслуговування.

Одним з найважливіших питань з проєктування є врахування зональності аеропортного комплексу, що дозволяє уникнути перевантаження окремих маршрутів. Також важливо враховувати питання безпеки, забезпечуючи чітку організацію евакуаційних шляхів та мінімізуючи ризики виникнення скупчення людей у окремих місцях (критичних зонах). Комунікаційні шляхи аеропорту забезпечують доступність для всіх категорій пасажирів, включаючи осіб з обмеженими можливостями. Також вони

є однією з ключових складових інфраструктури аеропорту, яка забезпечує ефективне функціонування цих складних транспортних вузлів. Головною метою яких є забезпечення швидкого, безпечного та комфортного переміщення великої кількості людей, що особливо актуально в умовах високої інтенсивності руху, характерної для сучасних аеропортів.

Організація пішохідного руху на комунікаційних шляхах у будівлях аеропорту базується на принципах, серед яких потрібно виділити такі, як розподіл потоків пасажирів та мінімізація пішохідних відстаней, використання технологій для оптимізації пішохідного руху, інтеграція з іншими видами транспорту.

Головним завданням є розподіл потоків пасажирів та зонування простору, що передбачає чітке відокремлення потоків відправлення, прибуття та транзиту, а також внутрішніх і міжнародних рейсів, аби уникнути конфліктності у пішохідному русі і покращити умови переміщення пасажирів.

Мінімізація пішохідних відстаней відіграє значну роль у створенні зручних маршрутів, з мінімальними затримками та витратами часу. Крім того, важливим є забезпечення швидкого переходу між рівнями будівлі за допомогою ескалаторів та ліфтів.

При проєктуванні комунікаційних шляхів аеропортів необхідно використовувати технології для оптимізації пішохідного руху. Інтерактивні навігаційні системи, мобільні додатки, пункти самостійної реєстрації та системи моніторингу дозволяють ефективно керувати пасажиропотоками та прогнозувати їх завантаженість.

Інтеграція з іншими видами транспорту також є критичною, адже аеропорт має забезпечувати зручні переходи між терміналом, залізничним вокзалом, метро, автобусними зупинками та паркінгами, а пункти висадки і посадки пасажирів повинні бути розташовані максимально раціонально. Крім того, значна увага приділяється ергономіці та комфорту пасажирів.

Проектування та організація комунікаційних шляхів у аеропортах є комплексним завданням, яке вимагає врахування багатьох факторів від технічних до потреб пасажирів. Успішна

реалізація ефективних підходів дозволяє створити аеропорти, які не лише ефективно функціонують, але й забезпечують високий рівень комфорту та безпеки для всіх користувачів. У майбутньому розвиток аеропортів буде тісно пов'язаний із впровадженням новітніх технологій, збільшенням пропускної спроможності та підвищенням якості обслуговування, що робить їх головними елементами глобальної міської транспортної інфраструктури.

ПОВЕДІНКА СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ІЗ ЛИСТОВИМ АРМУВАННЯМ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ

Табаркевич Н. В.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
329918@stud.nau.edu.ua

Науковий керівник – Лапенко О. І.

oleksandr.lapenko@npp.nau.edu.ua

У сучасному будівництві важливим аспектом є підвищення несучої здатності та довговічності конструкцій, зокрема сталезалізобетонних балок. Одним із перспективних методів є використання листового армування. Дослідження поведінки сталезалізобетонних балок із листовим армуванням під навантаженням дозволяє визначити їхню жорсткість, міцність і деформаційні характеристики. Аналіз отриманих експериментальних даних сприятиме вдосконаленню конструктивних рішень і розробці ефективних методик проектування балок із комбінованими матеріалами, що забезпечить підвищення надійності та економічності будівельних споруд.

Ключові слова: *сталезалізобетонні балки, листове армування, навантаження, міцність, жорсткість, тріщиностійкість, деформації.*

Проведено експериментальні дослідження сталезалізобетонних балок з листовим армуванням (рис. 1), яке показало, що під дією навантаження відбувалося викривлення поздовжньої вісі елемента, що призводило до нерівномірного розподілу поздовжніх деформацій у листовому армуванні, внаслідок чого гофри утворювались із боку, протилежного до напрямку вигину. Ці результати доводять важливість питання стійкості в гнучких сталезалізобетонних конструкціях. На всіх етапах навантаження в конструкціях була забезпечена спільна робота залізобетонної складової зі сталевими листами, що свідчить про надійність використаних хомутив.

Під час випробовувань зразків навантаження на балку прикладалося поступово, по 10 тон з 5–10-ти хвилинною витримкою. Протягом кожної витримки знімалися показники з тензорезисторів та індикаторів годинникового типу, проводився візуальний огляд зразків з фіксуванням деформацій та відшарування листової сталі від бетону в бокових зонах перерізу.



Рис. 1. Загальний вигляд дослідного зразка



Рис. 2. Вигляд дослідного зразка після проведення експерименту

Результати випробувань свідчать про наявність залишкових деформацій сталезалізобетонної балки з листовим армуванням (до 20 %).

Виходячи із результатів експериментальних досліджень (рис. 2) можна сказати наступне:

- прогин сталезалізобетонної балки з листовим армуванням при різних навантаженнях складав в межах 2–7 см;
- тріщин у металі не відбувалось;
- залишковий прогин балки після розвантаження становив близько 7 мм, що пояснюється перерозподілом внутрішніх зварних напружень та деформацій, пластичними властивостями бетону та листової сталі стінок і розтягнутої полиці балки, недовикористанням міцності розтягнутої стержневої арматури.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогини та переміщення. Вимоги проектування. *Мінбуд України*. Київ, 2006. 40 с.
2. Білокуров П. С. Міцність та деформативність сталезалізобетонних балкових конструкцій, посилених зовнішнім сталевим армуванням : дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Київ, 2015. 158 с.

ІННОВАЦІЙНІ СТРАТЕГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АВІАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Чемакіна О. В.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ
oktiabrjna.chemakina@npp.kai.edu.ua

Доповідь охоплює аналіз викликів сучасного міського простору в умовах стрімкої урбанізації та змін клімату, із зосередженням на відновленні та реконструкції авіаційної інфраструктури. Представлено інноваційні підходи для модернізації об'єктів авіаційного транспорту, що спрямовані на підвищення експлуатаційної надійності, зниження експлуатаційних витрат та мінімізацію екологічного впливу.

Ключові слова: *стале містобудування, авіаційна інфраструктура, відновлення міського простору, інноваційні технології, екологічна безпека, модернізація.*

Актуальність дослідження визначена такими факторами:

– демографічною динамікою, що підтверджено даними ООН [1, 3], що у 2024 році понад 58 % населення світу мешкали у містах, а до 2050 року цей показник зросте до 68 %. Такий приріст створює додатковий тиск на транспортну інфраструктуру, зокрема, на аеропорти, що функціонують у межах міських агломерацій. За даними Світового банку, глобальні інвестиції у відновлення та модернізацію транспортної інфраструктури щорічно перевищують 150 млрд доларів;

– кліматичними викликами, які, згідно з ІРСС супроводжуються збільшенням кількості екстремальних погодних явищ (сильні дощі, повені, вітрові шторми, зростання середньої глобальної температури на 1,1 °C). Ці умови значно впливають на експлуатаційний стан інфраструктурних об'єктів, вимагаючи застосування новітніх технологій для їх безперебійної роботи та довгострокової стійкості. В Європейському Союзі в рамках Європейського зеленого пакту було виділено понад

1 трильйон євро на відбудову інфраструктури, що включає модернізацію аеропортів та транспортних вузлів;

– спрямованістю на відновлення та відбудову транспортної інфраструктури, включно з авіаційною складовою.

Враховуючи стрімке зростання міського населення та підвищення екологічних викликів, відновлення авіаційної інфраструктури повинно стати ключовим напрямком у стратегіях сталого розвитку. Це стосується не тільки модернізації існуючих об'єктів, а й впровадження інноваційних рішень, які дозволять адаптувати транспортні вузли до сучасних потреб і майбутніх викликів.

Мета дослідження: розробка концептуальної моделі, що інтегрує інноваційні технології для відновлення міського простору через модернізацію та реконструкцію авіаційної інфраструктури, з акцентом на баланс економічних, екологічних і соціальних аспектів.

Для досягнення мети виконано аналітичні та пошукові етапи дослідження:

Аналіз сучасного стану: Використання статистичних даних та аналітичних звітів (ООН, Світового банку, IPCC [1–3]) для оцінки поточного експлуатаційного стану авіаційних об'єктів у контексті урбанізації та змін клімату.

Ідентифікація ключових проблем: зношеність конструкцій аеродромних покриттів, що призводить до підвищення експлуатаційних витрат; недостатня енергоефективність, що впливає на ресурсозбереження та збільшує витрати на обслуговування; застарілі технології, що не відповідають сучасним екологічним стандартам, та високий рівень викидів [2, 3]. (посилання на публікації О. Дубика)

Оцінка інноваційних технологій: проведення порівняльного аналізу традиційних методів із сучасними «розумними» системами моніторингу та енергоефективними рішеннями, які вже показали зниження експлуатаційних витрат до 30 % у деяких регіонах [3].

Аналіз успішних прикладів модернізації транспортної та авіаційної інфраструктури на основі кейс-стаді є важливим етапом дослідження. Розглядаються практики міст, які вже впровадили

інноваційні підходи для підвищення ефективності своїх транспортних вузлів. Наприклад, досвід модернізації аеропортів у Копенгагені та Сінгапурі демонструє можливості інтеграції «розумних» систем моніторингу, використання енергоефективних матеріалів та інноваційних технологій, що сприяють зниженню експлуатаційних витрат та підвищенню екологічної безпеки. У 2021 році уряд Німеччини запустив програму відновлення аеропортів із залученням понад 2,5 млрд євро, що сприяло модернізації систем моніторингу та впровадженню енергоефективних технологій.

У Сінгапурі реалізовано проекти «розумних» аеропортів, де використання новітніх систем дозволило знизити експлуатаційні витрати на 20 % і підвищити стійкість до екстремальних погодних умов.

В Японії після природних катастроф було впроваджено комплекс заходів із відновлення інфраструктури, завдяки яким термін повернення до нормальної роботи скоротився на 30 %, а використання інноваційних технологій забезпечило зниження викидів CO₂ на 18 % [4, 5].

Відновлення інфраструктури дозволяє не лише знизити експлуатаційні витрати, але й сприяти збереженню природних ресурсів: зниження викидів парникових газів до 25 % було зафіксовано в ряді європейських проектів.

Використання енергоефективних матеріалів і технологій під час реконструкції сприяє економії енергії, що підтверджується даними про зниження споживання електроенергії на 15–20 % в модернізованих об'єктах.

Розробка інтеграційної моделі: формування концепції відновлення авіаційної інфраструктури через застосування інноваційних технологій, спрямованої на зниження негативного впливу кліматичних змін та оптимізацію витрат [1, 3, 4].

Основні результати дослідження включають **ключові фактори формування концепції** відновлення авіаційної інфраструктури через застосування інноваційних технологій:

- Значна зношеність конструкцій і високі експлуатаційні витрати вимагають негайних заходів щодо модернізації.

- Необхідність впровадження енергоефективних технологій для оптимізації ресурсоспоживання та зниження викидів.

- Застосування інноваційних технологій дозволяє скоротити негативний вплив екстремальних погодних умов і підвищити довговічність об'єктів.

Визначено стратегію концептуальної моделі відновлення:

- Інтеграція «розумних» систем моніторингу для оперативного контролю стану інфраструктури.

- Використання сучасних енергоефективних технологій і матеріалів для реконструкції, що дає змогу скоротити експлуатаційні витрати до 30 %.

- Розробка рекомендацій для формування державно-приватного партнерства, яке сприятиме залученню інвестицій і передачі передового досвіду.

Висновки та рекомендації

Стратегічна важливість: В умовах стрімкого зростання міського населення та кліматичних викликів модернізація авіаційної інфраструктури є ключовим напрямком для забезпечення сталого розвитку міст.

Комплексний підхід: Відновлення та реконструкція повинні базуватись на інтеграції сучасних технологій, що дозволяє досягти значного зниження витрат і підвищення екологічної безпеки.

Подальші дослідження: Необхідно розробити критерії оцінки ефективності впроваджених рішень і моделювати довгострокові сценарії розвитку з урахуванням змін клімату та демографічних процесів.

Таким чином, розширена концепція відновлення та відбудови авіаційної інфраструктури, заснована на фактичних даних і практичному досвіді країн із високим рівнем інновацій, дозволяє сформулювати ефективну стратегію для забезпечення сталого розвитку міського простору в умовах сучасних глобальних викликів.

Список використаних джерел:

1. Організація Об'єднаних Націй (ООН). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. URL: <https://population.un.org/wup/> (дата звернення: 15.02.2024).
2. Міжурядова панель з питань зміни клімату (IPCC). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (дата звернення: 15.02.2024).
3. Світовий банк. Оцінка стану та потреб відбудови інфраструктури в умовах урбанізації. URL: <https://www.worldbank.org/> (дата звернення: 15.02.2024).
4. Європейська Комісія. Urban Agenda for the EU. URL: https://ec.europa.eu/regional_policy/en/policy/themes/urban (дата звернення: 15.02.2024).
5. Офіційний сайт Копенгагена (Данія). Кліматичний план та сталий розвиток. URL: <https://www.kk.dk/> (дата звернення: 15.02.2024).

ШАРИ ЗНОСУ ДЛЯ АЕРОДРОМНИХ ТА ДОРОЖНІХ ПОКРИВІВ

Сідун Ю. В.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів
yurii.v.sidun@lpnu.ua

Виявлена проблемне місце, що стосується можливостей застосування шарів зносу для аеродромних покриттів та розглянутий варіант використання литих емульсійно-мінеральних суміші для вирішення цієї проблем.

Ключові слова: *шари зносу, дорожні та аеродромні покриття, литі емульсійно-мінеральні суміші.*

Шари зносу з використання бітумного в'язучого (бітуму або бітумної емульсії) сьогодні в Україні в основному застосовують під час поточного ремонту та експлуатаційного утримання доріг та вулиць. Використання їх на аеродромних покриттях в наших реаліях є обмеженим, адже вітчизняна законодавча та нормативна база не містить інформації щодо застосування таких шарів для аеродромних покриттів [1–5]. Важливим є, що шар зносу для аеродромів повинен витримувати випробування на стійкість до палива за ДСТУ EN 12697-43 [6] та протижеледних матеріалів за ДСТУ EN 12697-41 [7].

Одним із найпопулярніших видів шарів зносу у світі є литі емульсійно-мінеральні суміші (ЛЕМС, англійською Slurry Surfacing), які часто використовують і для вітчизняних дорожніх покриттів. В США, Великій Британії та інших країнах шари з ЛЕМС успішно використовують для герметизації та покращення зчепних властивостей аеродромних покриттів. Технологія ЛЕМС дозволяє улаштовувати шари, як на асфальтобетонних, так і на цементобетонних основах. Для цього в лабораторних умовах підбирають спеціальний склад модифікованої бітумної емульсії та

інших компонентів ЛЕМС. Для влаштування ЛЕМС в аеропортах рекомендується застосовувати найдрібніший тип суміші, який в англійській термінології має назву Slurry Seal або підбирати тип ЛЕМС за крупністю в залежності від функціонального елементу аеродрому: злітно-посадкових смуг, магістральних та інших руліжних доріжок, місць зупинок та перонів. Відповідно на сьогодні залишається відкритим питання використання спеціальних складів ЛЕМС для різних елементів аеродрому в залежності від типу існуючої поверхні.

Список використаних джерел:

1. Інструкція з експлуатації аеродромів державної авіації України (Із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства оборони № 348 від 23.09.2020). Київ : Міністерство оборони України, 2013.
2. ДБН В.2.2-XX:2022 (Проект, друга редакція). Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022.
3. СНиП 3.06.06-88 Аеродроми. Москва : Держбуд СРСР, 1988.
4. СНиП 2.05.08-85 Аеродроми. Москва : Держбуд СРСР, 1985.
5. ДСТУ 3228-95 Аеродроми цивільні. Терміни та визначення.
6. ДСТУ EN 12697-43:2022 Бітумні суміші. Методи випробування гарячих асфальтобетонних сумішей. Частина 43. Стійкість до палива (EN 12697-43:2014, IDT). Київ : Мінекономіки України, 2022.
7. ДСТУ EN 12697-41:2019 Бітумомінеральні суміші. Методи випробування гарячих асфальтобетонних сумішей. Частина 41. Визначення стійкості до протиожезедних рідин (EN 12697-41:2013, IDT). Київ : Мінекономіки України, 2019.

Робота виконана в рамках реалізації проєкту «Інноваційні комплексні підходи для відновлення транспортних споруд» від Національного фонду досліджень України (грант № 2023.05/0026).

МОНІТОРИНГ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНЕ УТРИМАННЯ І РЕМОНТ АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ

Дубик О. М.¹, Осовський І. М.²

Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ

¹oleksandr.dubyk@npp.kai.edu.ua, ²5177530@stud.kai.edu.ua

Розглянуті актуальні питання щодо моніторингу, експлуатаційного утримання та ремонту аеродромних покриттів. Розвиток сучасної авіаційної техніки висуває все більш високі вимоги до якості та довговічності аеродромних покриттів. Це зумовлює необхідність вдосконалення методів їх проєктування, будівництва, ремонту та утримання.

Ключові слова: аеродромні покриття, шари основи, експлуатаційно-технічний стан, моніторинг.

Моніторинг експлуатаційно-технічного стану аеродромних покриттів – це система технічно обґрунтованих і економічно виправданих спостережень за чинниками впливу, опору цьому впливу чи іншими показниками, які визначають надійність конструкції аеродромного покриття.

Моніторинг експлуатаційно-технічного стану аеродромних покриттів має велике значення для забезпечення надійності і довговічності покриттів як інженерних споруд. Він дозволяє в будь-який момент часу мати вичерпну інформацію про їх експлуатаційно-технічний стан.

У випадку, коли один із критеріїв оцінки експлуатаційно-технічного стану елемента льотного поля не відповідає вимогам нормативних документів чи умовам експлуатації розрахунковим типом повітряних суден, покриття обстежуваного елемента льотного поля підлягає ремонту чи підсиленню [1].

Напруження, які виникають в аеродромному покритті в процесі його експлуатації, враховують: напруження від механічного

навантаження і температурні напруження з урахуванням фізико-механічних характеристик штучної основи та покриття.

Задача моделювання зміни експлуатаційно-технічного стану аеродромного покриття зводиться до визначення ймовірностей впливу коліс повітряних суден і ймовірності виникнення пошкоджень.

Зміна стану аеродромного покриття відбувається в результаті зовнішніх впливів на фоні внутрішніх процесів, що відбуваються в конструктивних шарах аеродромного покриття. Прогнозування включає в себе оцінювання зміни стану покриття з часом на прогнозованому фоні. Прогнозний фон – це сукупність зовнішніх по відношенню до об'єкта прогнозування умов, суттєвих для вирішення задачі прогнозування.

Зміна структури і властивостей матеріалів конструктивних шарів призводить до перерозподілу напружень в конструктивних шарах аеродромних покриттів та до виникнення та розвитку пошкоджень.

Список використаних джерел:

1. Doc 9157 Aerodrome Design Manual – Part 3 – Pavements 3rd Edition – 2022 (Unedited) (Керівництво по проектуванню аеродромів. Частина 3 Покриття. Видання третє, 2022 без змін).

Наукове видання

**МАТЕРІАЛИ II ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**СТАЛІЙ РОЗВИТОК ІНФРАСТРУКТУРИ
АВІАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ:
ПРОБЛЕМИ УТРИМАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ**

**12 березня 2025 року
Київ**

Технічне редагування *О. Гринюк*
Дизайн обкладинки *А. Юдашкіна*
Верстання *Ю. Семенченко*



Формат 60×84/16.
Гарнітура Times.
Ум. друк. арк. 4,10.
Замовлення № 0425/005.

Видавництво та друк: Олді+
65101, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1
тел.: +38 (095) 559-45-45, e-mail: office@oldiplus.ua
Свідоцтво ДК № 7642 від 29.07.2022 р.
Замовлення книг:
тел.: +38 (050) 915-34-54, +38 (068) 517-50-33
e-mail: book@oldiplus.ua

