



НТУ



ДП "НІДІ"



ХНАДУ

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

МОЛОДЬ – ДРАЙВЕРИ ВІДНОВЛЕННЯ КРАЇНИ

**ЧЕТВЕРТА ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ**

15 ТРАВНЯ 2025 РОКУ



НТУ



ДП «НІРІ»



ХНАДУ

Збірник тез доповідей Четвертої Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених «Молодь – драйвери відновлення країни» (15 травня 2025 року). Київ, 2025. 78 с.

Конференція проведена на базі Державного підприємства «Національний інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»). Конференція організована спільно з Національним транспортним університетом (НТУ) та Харківським національним автомобільно-дорожнім університетом (ХНАДУ). До участі в Конференції було організовано збір та конкурсний відбір 24-ри кращих доповідей молодих вчених із різних наукових організацій: ДП «НІРІ», НТУ, ХНАДУ, Київський національний університет будівництва та архітектури, Національний університет водного господарства та природокористування, Київський інститут залізничного транспорту, Навчально-науковий інститут неперервної освіти Державного університету «Київський авіаційний інститут». У ході Конференції доповідачі презентували свої напрацювання та наукові здобутки за тематичними напрямками: сучасні матеріали та технології для відновлення об'єктів інфраструктури; транспортні споруди; стратегічне планування та цифровізація.

Науковий комітет:

Безуглий А. О.,

канд. екон. наук, доц., директор ДП «НІРІ»;

Славінська О. С.,

д-р техн. наук, проф., проректор з наукової роботи НТУ;

Батракова А. Г.,

д-р техн. наук, проф., проректор з науково-педагогічної роботи ХНАДУ.

<https://doi.org/10.36100/conference2025.01>

ЗМІСТ

СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ	5
УЛАШТУВАННЯ УКОЧЕНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА МІЦНОСТІ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИВУ	
Олександр КРИВОБОК, завідувач лабораторії випробувань бетонів відділу технологій Центру досліджень розвитку та утримання об'єктів інфраструктури ДП "НІРІ"	7
ФІБРОБЕТОН В ТРАНСПОРТНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ, ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ	
Орест ПОЛІЩУК, аспірант Національного університету водного господарства та природокористування	9
ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛИ-ВИНОСУ В МАТЕРІАЛАХ, ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛІНГУ	
Микола БИКОВЕЦЬ, завідувач лабораторії перевіряння якості відділу технологій Центру досліджень розвитку та утримання об'єктів інфраструктури ДП "НІРІ"	13
РАЦІОНАЛЬНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДХОДІВ ВІД ЗРУЙНОВАНИХ СПОРУД ПРИ ВІДБУДОВІ ДОРОЖНЬОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	
Михайло БІЛИК, аспірант НТУ	15
РОЗРАХУНКИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СТІЛОЧНИХ БРУСІВ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ НЕЗАВАНТАЖЕНИХ РЕЙКОВИХ НИТОК	
Микола УДОД, аспірант Київського інституту залізничного транспорту НТУ	19
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ОБ'ЇЗНОЇ ДОРОГИ НАВКОЛО С. ЧЕРКАСЬКА ЛОЗОВА ТА М. ДЕРГАЧІ	
Яна СЕЛІХОВА, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою ХНАДУ	23
ФОРТИКАЦІЙНІ ГАБІОННІ ЕЛЕМЕНТИ НА ОСНОВІ ГЕОРЕШТОК І ҐРУНТОВИХ МОДУЛІВ: ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ І МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ	
Леонід КУПНЄВИЧ, інженер-будівельник, експерт із захисних споруд	25
ТРАНСПОРТНІ СПОРУДИ	29
ВПЛИВ ВИБУХОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ	
Максим БОРИСЕНКО, завідувач відділу будівельних конструкцій Центру мостів та будівельних конструкцій ДП "НІРІ"	31
ПЕРСПЕКТИВИ ТА МОЖЛИВОСТІ БУДІВНИЦТВА МОСТІВ ТА ШЛЯХОПРОВODІВ ЗІ ЗМЕНШЕНОЮ КІЛЬКІСТЮ ПРОМІЖНИХ ОПОР НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ УКРАЇНИ	
Віталій ОСТАПЧУК, молодший науковий співробітник відділу визначення технічного стану споруд Центру мостів та будівельних конструкцій ДП "НІРІ"	33
НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ УКРИТТІВ ПІД ЧАС БУДУВАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ	
Андрій БУБЕЛА, доктор технічних наук, професор, декан факультету транспортного будівництва НТУ	
Андрій ОСАДЧИЙ, аспірант НТУ	37
ДИНАМІЧНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ НАТЯГУ КАНАТІВ МОСТОВИХ СПОРУД	
Сергій ЗАВГОРОДНІЙ, начальник Центру мостів та будівельних конструкцій ДП "НІРІ"	43

ПОРУШЕННЯ ТЕРМІНІВ РЕГУЛЯРНИХ ОБСТЕЖЕНЬ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД ТА ЇХ НАСЛІДКИ

Максим БОРИСЕВИЧ, молодший науковий співробітник відділу будівельних конструкцій
Центру мостів та будівельних конструкцій ДП "НІРІ"47

ДОСВІД ВЛАШТУВАННЯ АРМОГРУНТОВИХ ОПОР ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Борис МАЛООКІЙ, асистент НТУ49

ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ВАНТОВОГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Олег ВЕРЕТЕЛЬНИКОВ, молодший науковий співробітник відділу будівельних конструкцій
Центру мостів та будівельних конструкцій ДП "НІРІ"51

ПРОБЛЕМАТИКА УТРИМАННЯ МОСТОВИХ СПОРУД З ПРОГОНОВИМИ БУДОВАМИ ПОБУДОВАНИМИ ЗА ТИПОВИМ ПРОЄКТОМ ВТП-21

Олена ІВОНЕНКО, молодший науковий співробітник лабораторії обстеження та випробування
мостів відділу мостів Центру мостів та будівельних конструкцій ДП "НІРІ" 53

ОПТИМІЗАЦІЯ КРИТЕРІЇВ ФОРМУВАННЯ ПЕРЕЛІКІВ ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ МОСТІВ

Леоніда ЧАЙКОВСЬКА, молодший науковий відділу мостів Центру мостів
та будівельних конструкцій ДП "НІРІ"57

ВИКОРИСТАННЯ БАЗАЛЬНОГО ВОЛОКНА ТА ПЛАСТИФІКАТОРІВ У ЦЕМЕНТОБЕТОНІ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Євген ЯРОВИЙ, Артем МАЛЕНКО, аспіранти,
Олександра ДОРОШЕНКО, кандидат технічних наук, доцент кафедри залізничної колії
та колійного господарства Київського інституту залізничного транспорту НТУ59

ГІДРОАКУСТИЧНІ МЕТОДИ ОБСТЕЖЕННЯ ПІДВОДНОЇ ЧАСТИНИ ОПОР МОСТІВ

Богдан ЗЕЛЕНСЬКИЙ, завідувач відділу мостів Центру мостів та
будівельних конструкцій ДП "НІРІ"61

ПРИЧИНИ РУЙНУВАННЯ МОСТІВ У СВІТОВІЙ ТА УКРАЇНСЬКІЙ ПРАКТИЦІ: ПРОБЛЕМА ДЕФІЦИТУ ВІДКРИТОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО КОНКТРЕТНІ АВАРІЇ

Ярослав СМАГЛО, аспірант ХНАДУ 63

СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ТА ЦИФРОВІЗАЦІЯ67

МОДЕЛЮВАННЯ ФУНДАМЕНТІВ НОВИХ МОСТІВ В ПК PLAXIS 3D В КОНТЕКСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Владислав ФІТАРОВ, аспірант ХНАДУ69

ТЕОРЕТИКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ ЗДІЙСНЕННЯ ОБЛІКУ ДОВЖИНИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА ОСНОВІ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

Михайло ДУЛЯ, молодший науковий співробітник відділу мостів
Центру мостів та будівельних конструкцій ДП "НІРІ"75

ОПТИМІЗАЦІЯ ПІДХОДІВ ДО УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВИМИ РЕСУРСАМИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

Тетяна СТАСЮК, завідувач відділу організації будівельного виробництва Центру досліджень
розвитку та утримання об'єктів інфраструктури ДП "НІРІ"77



ТЕМАТИЧНИЙ НАПРЯМОК

СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ



УЛАШТУВАННЯ УКОЧЕНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА МІЦНОСТІ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИВУ

Олександр КРИВОБОК,

*завідувач лабораторії випробувань бетонів відділу технологій
Центру досліджень розвитку та утримання об'єктів інфраструктури
державного підприємства «Національний інститут
розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0000-0002-5424-8664>*

Постановка проблеми. Сучасне дорожнє будівництво вимагає впровадження новітніх матеріалів та технологій, здатних забезпечити довговічність, міцність і економічну ефективність дорожніх конструкцій. Традиційні асфальтобетонні шари мають обмежений термін служби та схильні до передчасних руйнувань під впливом навантажень і кліматичних чинників. У цьому контексті важливого значення набуває використання укоченного цементобетону. Матеріал, що поєднує властивості жорсткого дорожнього одягу з можливістю механізованого укладання, забезпечуючи високі фізико-механічні показники.

Основна частина. Укочений цементобетон — це суха або напівсуха суміш з мінеральних матеріалів, цементу та обмеженої кількості води, яка після укладання ущільнюється за допомогою важких котків. Після тверднення така суміш перетворюється на високоякісний бетон з характеристиками, які наближаються до монолітного цементобетону. Завдяки низькому водоцементному відношенню та ефективному ущільненню УЦБ демонструє значно вищі показники міцності, морозостійкості та зносостійкості порівняно з асфальтобетоном. Основними перевагами укоченного цементобетону є: висока міцність на стиск (до 30–35 МПа і більше), стійкість до температурних деформацій і втомних навантажень, зниження колійності та утворення тріщин у процесі експлуатації. Мінімальні експлуатаційні витрати протягом життєвого циклу автомобільної дороги. Можливість механізованого укладання з високою продуктивністю. У практиці застосування УЦБ особливу увагу слід приділяти: підготовці основи — вона повинна бути стабільною та рівною. Якісному ущільненню суміші з дотриманням оптимального вмісту вологи. Догляду за поверхнею у період тверднення, щоб уникнути передчасного висихання. Контролю за дотриманням рецептури суміші відповідно до вимог ДСТУ та норм EN.

Варто зазначити, що укочений цементобетон може застосовуватись як для основи, так і для верхнього шару дорожнього одягу. У деяких випадках його комбінують із тонкошаровим асфальтобетонним покриттям для підвищення комфортності руху та покращення зчеплення. В європейській практиці УЦБ широко використовується на магістралях, аеродромах, промислових майданчиках і міських вулицях з інтенсивним рухом. В Україні технологія має потенціал до



широкого впровадження, зокрема в регіонах із високими коливаннями температур і складними ґрунтовими умовами.

Висновки. Улаштування укоченого цементобетону є ефективною технологією, що дозволяє істотно підвищити довговічність, надійність і економічну ефективність дорожнього покриття. Завдяки своїм фізико-механічним властивостям, УЦБ здатен витримувати значні навантаження, зменшує витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування, а також сприяє зменшенню екологічного впливу за рахунок збільшеного строку служби. Подальше дослідження та впровадження цієї технології в Україні дозволить не лише поліпшити стан дорожньої мережі, але й сприятиме інтеграції в європейський простір будівельних стандартів і рішень.



ФІБРОБЕТОН В ТРАНСПОРТНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ, ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ

Орест ПОЛИЩУК,

*аспірант Національного університету водного господарства
та природокористування (НУВГП)*

<https://orcid.org/0009-0003-5700-8679>

Постановка проблеми. Впровадження фібробетону в дорожнє будівництво є перспективним напрямом підвищення експлуатаційної надійності та довговічності об'єктів транспортної інфраструктури. Застосування сталевих, полімерних, базальтових фібр як армувального компоненту у складі цементобетонних покриттів дозволяє зменшити ймовірність утворення мікротріщин, підвищити тріщиностійкість і знизити товщину конструктивного шару дорожнього одягу без втрати несучої здатності. Такий підхід є доцільним насамперед у зонах з підвищеними навантаженнями — на з'їздах з основних трас, перехрестях, місцях зупинки громадського транспорту та на ділянках розв'язок. Впровадження фібробетону також сприяє зменшенню витрат на ремонтно-експлуатаційні заходи протягом усього терміну служби дорожнього покриття. Використання фібробетону в дорожньому будівництві активно зростає в багатьох країнах світу. Він забезпечує підвищену міцність, довговічність і стійкість до тріщиноутворення, що робить його ефективним для застосування в інфраструктурних проектах де високі вимоги до довговічності та міцності конструкцій.

Основна частина. У Сполучених Штатах фібробетон широко використовується в будівництві доріг, мостів та аеропортів. Значні інвестиції в модернізацію інфраструктури та впровадження вискоелективних будівельних матеріалів сприяють зростанню застосуванню фібробетону. У 2024 році США займали 77 % ринку фібробетону в Північній Америці. Китай є лідером у використанні фібробетону в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні, займаючи 78 % регіонального ринку в 2024 році. Широке застосування фібробетону в дорожньому будівництві обумовлено масштабними інфраструктурними проектами, такими як будівництво мостів, тунелів і аеропортів. У Японії фібробетон активно застосовується в дорожньому будівництві, особливо в проектах, де вимоги стійкості до землетрусів. У Європі використання фібробетону зростає в дорожньому будівництві. В таких країнах як Німеччина, Франція та Велика Британія, активно впроваджують фібробетон у сучасні інфраструктурні проекти. У 2023 році Європа (ЕС) займала приблизно 20 % світового ринку виробництва фібробетону.

Можна виділити основні переваги та недоліки фібробетону які залежать від типу волокна і галузі застосування. Завдяки роботі сталевих фібр, структура стає більш щільною, мікротріщини розвиваються повільніше, однак у разі неякісного покриття або наявності порушень фібра може кородувати, за умов тривалого впливу вологи та солей, та часто потребує захисту від корозії. Завдяки



щільнішій структурі та тривимірному армуванню фіброю зменшується швидкість проникнення хімічних реагентів. Фіробетон має вищу тріщиностійкість і здатність до сприйняття динамічних навантажень.

Вибір типу фібри при використанні фіробетону визначається конструктивними вимогами, функціональним призначенням споруди та умовами експлуатаційного середовища. Оптимальний підбір фібри дозволяє забезпечити необхідні механічні характеристики та довговічність матеріалу.

Далі наведемо приклади ефективного застосування фіробетону в конструкціях об'єктів транспортної інфраструктури.

Дорожнє покриття на автомагістралі в штаті Айова армування проводилося відрізками сталевго дроту із 1,5 % від обсягу цементу, 80 см.

Дорожнє покриття на шосе в штатах Мічиган, та Міннесота виконані з додаванням синтетичних волокон Fibermesh у дозуванні 0,8-1,5 % на м³ бетону.

Транспортна розв'язка, м. Базель, Швейцарія, покриття кругового перехрестя, армоване поліпропіленовими волокнами типу Fibrofor High Grade 1,5 кг/м³, площа армування 3000 м², товщиною 15 см.

Автомобільна стоянка Хендерсон, штат Кентуккі, під час будівництва було застосовано фіробетон, армований поліпропіленовими волокнами Fibermesh у дозуванні 0,9 кг/м³ бетонної суміші.

Під'їзні шляхи до автобазу Спрінгфільд, штат Массачусетс, яка обслуговує важкий вантажний транспорт, було застосовано сталеву фібру типу IMIX XS у дозуванні 1,8 кг на м³ бетону, як альтернативу арматурі.

Під'їзні шляхи на підприємство Сібіу, Румунія, площа армування 400 м², використані синтетичні волокна Fibrofor High Grade із дозуванням 1,0 кг/м³.

Покриття стоянки автомобілів, Південний Тіроль, Італія були використані синтетичні волокна типу Fibrofor High Grade 1,0 кг/м³, площа армування 3000 м², товщиною 15 см.

Покриття підземного паркінгу м. Будапешт, Угорщина, були використані синтетичні волокна типу Fibrofor High Grade 1,0 кг/м³, площа армування 25000 м², товщиною 10 см

Автобусна зупинка м. Варшава, Польща, площа армування 1000 м², були використані синтетичні поліолефінові волокна Fibrofor High Grade із дозуванням 1,0 кг/м³.

Шляхопровід Донау, Австрія, площа армування 400 м², були використані синтетичні волокна типу Fibrofor High Grade із дозуванням 3,0 кг/м³.

Покриття стоянки літаків Аеропорт Мілан, Італія, площа армування 25000 м², використовувались фібрированні поліолефінові волокна Fibrofor High Grade із дозуванням 1,0 кг/м³.

Покриття стоянки для літаків Вільмінгтон, штат Огайо виконані з додаванням поліпропіленових волокон Fibermesh у дозуванні 2,5 % на м³ бетону.

Укріплення схилів м. Челопеч, Болгарія з додаванням поліпропіленових волокон Concgrix 4,5 кг/м³, товщиною 15 см.

Облицювання тунелю до аеропорту Forrestfield-Airport Link, Австралія для забезпечення вогнестійкості використовували сталеві та поліпропіленові волокна, суміш містила лише 195 кг цементу на м³ бетону.

Розширення рейкової лінії метро, м. Фінікс, штат Арізона у бетоні одночасно використовували тонкі сталеві та поліпропіленові волокна.



Корозійна стійкість фібробетону значною мірою визначає довговічність конструкцій та матеріалів на його основі. Можна виділити такі форми хімічної агресії бетонних конструкцій як вилугування цементу, дія сульфатів та природних вод з певним вмістом кислот. Були проведені дослідження на кубічних зразках розміром $10 \times 10 \times 10$ мм, визначення міцності на стиск після 28 днів твердіння в нормальних умовах і подальшого впливу агресивних середовищ, що імітують різні види корозії такі як 5 % розчин HCl (кислотна корозія), 5 % розчин $MgCl_2$ (магнієва корозія), 5 % розчин Na_2SO_4 (сульфатна корозія).

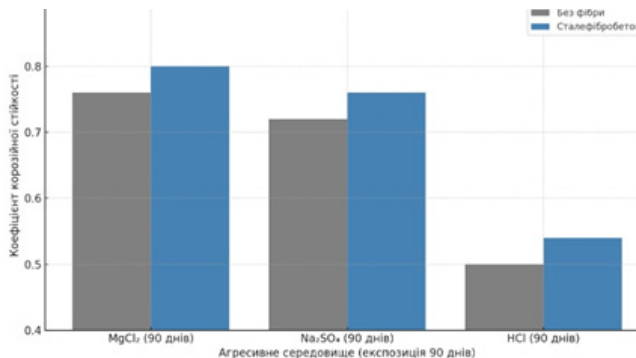
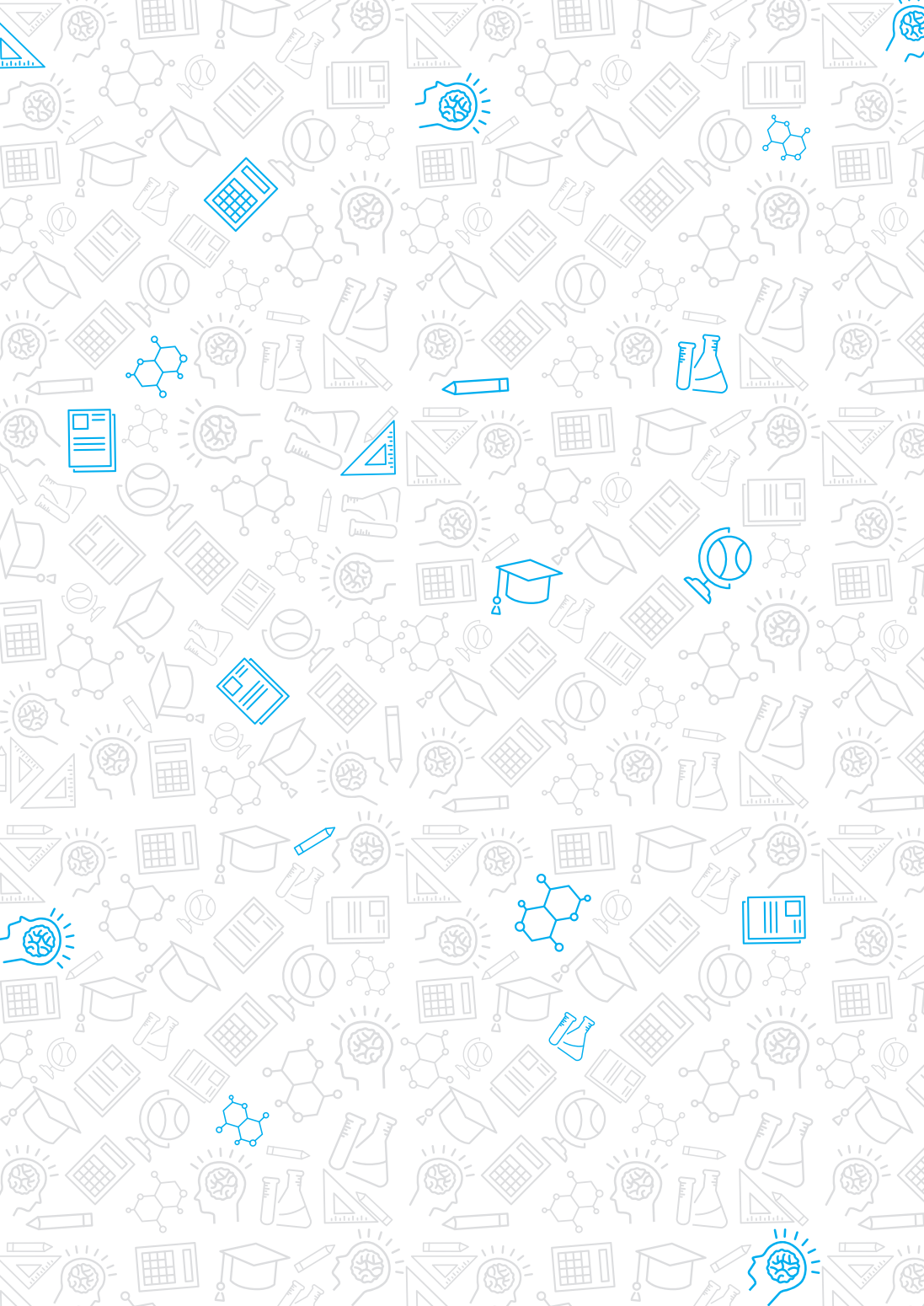


Рисунок 1 — Графік зміни коефіцієнта корозійної стійкості бетону та сталефібробетону після 90 днів впливу в різних агресивних середовищах

Висновки. Фібробетон демонструє підвищену стійкість до дії вологи, хімікатів та механічних навантажень, що є доцільним для використання в дорожньо-транспортних об'єктах — особливо в умовах інтенсивної експлуатації, перепадів температур і впливу агресивних середовищ. З проведених досліджень встановлено, що фібра сприяє підвищенню опору бетону до корозії, особливо в умовах магнієвої та сульфатної корозії. Додавання сталевих фібри до бетонної суміші позитивно впливає на корозійну стійкість матеріалу в агресивних середовищах. Після 90 днів експозиції в магнієвих і сульфатних середовищах сталефібробетон демонструє вищий коефіцієнт корозійної стійкості порівняно з бетоном без фібри. Найбільші пошкодження спостерігалися в розчині соляної кислоти, однак і в цьому випадку фібробетон виявився більш стійким. Це свідчить про ефективність використання фібри для підвищення тріщиностійкості та зниження ризику руйнування в умовах агресивного середовища.





ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛИ-ВИНОСУ В МАТЕРІАЛАХ, ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛІНГУ

Микола БИКОВЕЦЬ,

*завідувач лабораторії перевіряння якості відділу технологій
Центру досліджень розвитку та утримання об'єктів інфраструктури
державного підприємства «Національний інститут розвитку
інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0000-0002-7490-7479>*

Постановка проблеми. Під час роботи теплових електростанцій, що використовують тверде паливо, зокрема вугілля, виникає велика кількість відходів – золи та шлаків. Частина цих відходів осідає в силосах, інша – зберігається на спеціальних полігонах. Накопичення таких матеріалів створює низку екологічних проблем: забруднення повітря, води, деградація ґрунтів, а також збільшує витрати на утримання енергетичних об'єктів. У зв'язку з цим актуалізується питання повторного використання золошлакових відходів. Одним із перспективних напрямів є їхнє застосування у дорожньому будівництві, зокрема – у технології холодного ресайклінгу. Такий підхід сприяє зменшенню впливу на довкілля, скороченню вартості дорожніх робіт і раціональному використанню відходів виробництва.

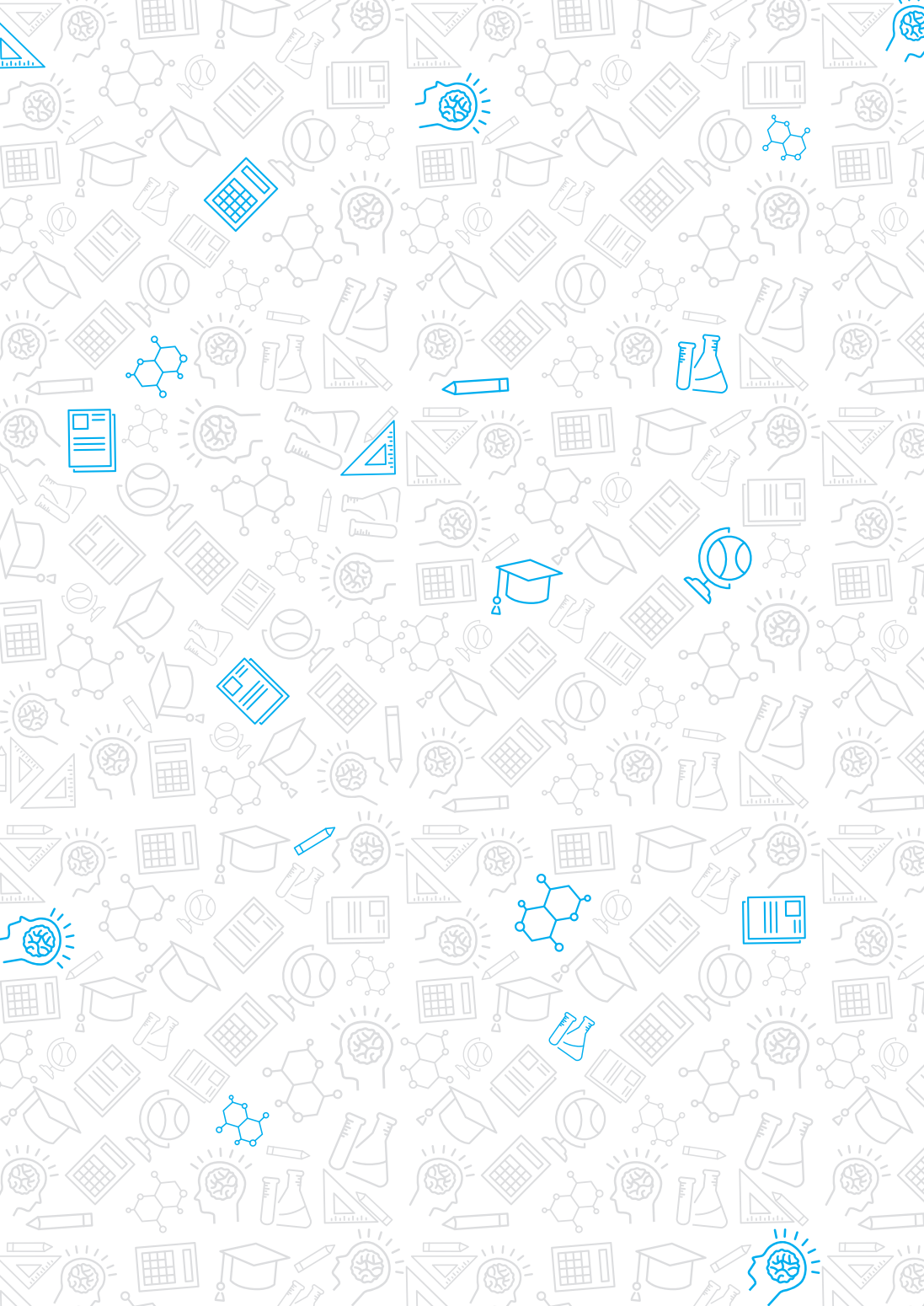
Основна частина. У ході дослідження було проаналізовано можливість використання золи-винесення у складі сумішей, що застосовуються для формування конструктивного шару дорожнього покриття методом холодного ресайклінгу. До складу суміші входили фрезерований матеріал, щебінь фракції (20 – 40) мм, цемент марки ПЦ-500, а також зола-виносу в обсязі 20 %. Перед виготовленням таких сумішей було здійснено підбір зернового складу відповідно до національних стандартів, що регламентують якість будівельних матеріалів.

Зразки, виготовлені в лабораторних умовах, пройшли низку випробувань на визначення щільності, водонасичення, міцності на стиск, морозостійкості та водостійкості. Результати тестувань показали, що суміші на основі золи-виносу відповідають чинним нормативним вимогам.

Після укладання шару з дослідною сумішшю проводився контроль його характеристик у реальних умовах. Зразки-керни, відібрані з покриття, підтвердили належні фізико-механічні властивості. Окрім того, виміряні модулі пружності свідчили про достатню несучу здатність нового шару дорожнього одягу.

Отримані результати свідчать про доцільність використання золи-виносу як компоненту для матеріалів холодного ресайклінгу без шкоди для якості дорожніх конструкцій.

Висновки. Результати проведених досліджень демонструють, що зола-виносу може успішно застосовуватись як складова сумішей для матеріалів, виготовлених за технологією холодного ресайклінгу. Це дозволяє вирішити проблему утилізації промислових відходів, зменшити екологічне навантаження та знизити витрати на будівництво доріг. Запропонована технологія є надійною, екологічно безпечною та економічно вигідною, що робить її перспективною для широкого впровадження в практику дорожнього будівництва.





РАЦІОНАЛЬНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДХОДІВ ВІД ЗРУЙНОВАНИХ СПОРУД ПРИ ВІДБУДОВІ ДОРОЖНЬОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Михайло БІЛИК,

аспірант Національного транспортного університету (НТУ),

<https://orcid.org/0009-0001-0944-4105>

Постановка проблеми. Проблема, на вирішення якої спрямовані дослідження, полягає у розробленні ресурсозберігаючих технологій виготовлення і використання дорожньо-будівельних якісних матеріалів і ґрунтів із раціональним застосуванням великотоннажних відходів від зруйнованих споруд для будівництва і ремонту у стислі терміни конструкцій дорожніх одягів автомобільних доріг. Що сприятиме більш інтенсивному і високотехнологічному відновленню та розвитку транспортної інфраструктури.

Основна частина. Згідно з Додатком 1 «Порядку поводження з відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 27 вересня 2022 р. № 1073, передбачено перелік компонентів відходів від руйнувань та можливі шляхи їх повторного використання у дорожньому будівництві.

До найбільш великотоннажних компонентів відходів від руйнування відносяться:

- бетону (бетонні, залізобетонні конструкції та вироби, їх уламки, мінеральні, полімер-цементні мурувальні та опоряджувальні розчини);
- цегли (цегляний бій);
- облицювальної плитки, черепиці та кераміки;
- суміші або окремі фракції бетону, цегли, облицювальної плитки і кераміки, що містять небезпечні речовини.

Серед шляхів їх повторного використання передбачено застосовувати у дорожньому будівництві при влаштуванні земляного полотна, шарів основи та покриття. Такі відходи після відповідних технологічних операцій можуть бути використані в якості техногенних ґрунтів або гранулометричних домішок доґрунтів для виконання земляних робіт, при виготовленні і застосуванні неукріплених та укріплених в'язучими (органічними, неорганічними, комплексними) речовинами.

Однак при використанні відходів від зруйнованих будівель існує велика вірогідність присутності слабких включень, які можуть руйнуватись при технологічних операціях та під дією транспортного навантаження при експлуатації. В таких випадках пропонується застосувати підхід проектування такого зернового складу ґрунтів або дорожньо-будівельних матеріалів, щоб в якості каркасоутворюючих компонентів були застосовані матеріали, що за властивостями відповідають нормативним вимогам. У даному випадку, використовуючи



результати досліджень професора Б.С. Радовського та його учнів пропонується, згідно теорії перколяції, забезпечити утворення кластеру із каркасоутворюючих компонентів. У цьому випадку їх об'ємна доля повинна становити не менше ніж 0,16. Для експериментального визначення цієї характеристики певної партії підготовленої для використання відходів розроблена методика, що ґрунтується на встановленні зміни питомої поверхні зернового складу кожного рецепту після механічних впливів, що імітують вплив технологічних та механічних факторів. Методика розроблена на кафедрі дорожньо-будівельних матеріалів і хімії під керівництвом професора В.В. Мозгового. Суть методики полягає у моделюванні умов змішування компонентів у лабораторному змішувачі з послідовним визначенням ступеню зміни зернового складу. Потім за допомогою секторного пресу імітуються процеси укочування з наступним моделюванням дії транспортного навантаження. За зміною зернового складу та його питомої поверхні у порівнянні з еталонними матеріалами, що відповідають нормативним вимогам, уточняється об'ємна доля каркасних зерен.

Дослідження професора Б.С. Радовського показали, що на поступове руйнування щебеневого шару конструкції дорожнього одягу впливають товщина та жорсткість верхніх і підстиляючих шарів, величина зовнішнього навантаження, загальна кількість навантажень та їх розподіл по ширині проїзної частини, а також властивості кам'яного матеріалу цього шару. Ним було запропоновано ступінь руйнування зернистого матеріалу повторними навантаженнями оцінювати за допомогою величини його питомої поверхні, а опір матеріалу – показником питомої роботи здрібнення. За показник дезінтеграції щебеневого шару було прийнято приріст питомої поверхні щебеню ΔS та обґрунтовано, що його значення якого не повинно перевищувати $200 \text{ см}^2/\text{см}^3$. На основі такого підходу була встановлена аналітично-експериментальна залежність для визначення приросту питомої поверхні щебеню

$$\Delta S_N = \frac{(\sigma'_z W' - \sigma''_z W'')}{h B \delta} 0,134 (1 + \lg N)^{5,27}$$

де N – кількість циклів повторних навантажень;

σ'_z ; σ''_z – максимальні вертикальні напруження на верхній та нижній граничних площинах зернистого шару товщиною h ;

w'_z ; w''_z – максимальні вертикальні переміщення точок граничних площин;

δ – співвідношення між об'ємною вагою щебеню та об'ємною вагою гірської породи;

B – показник питомої роботи здрібнення кам'яного матеріалу ($0,12 \text{ кгсм}/\text{см}^2$ для марки щебеню 600).

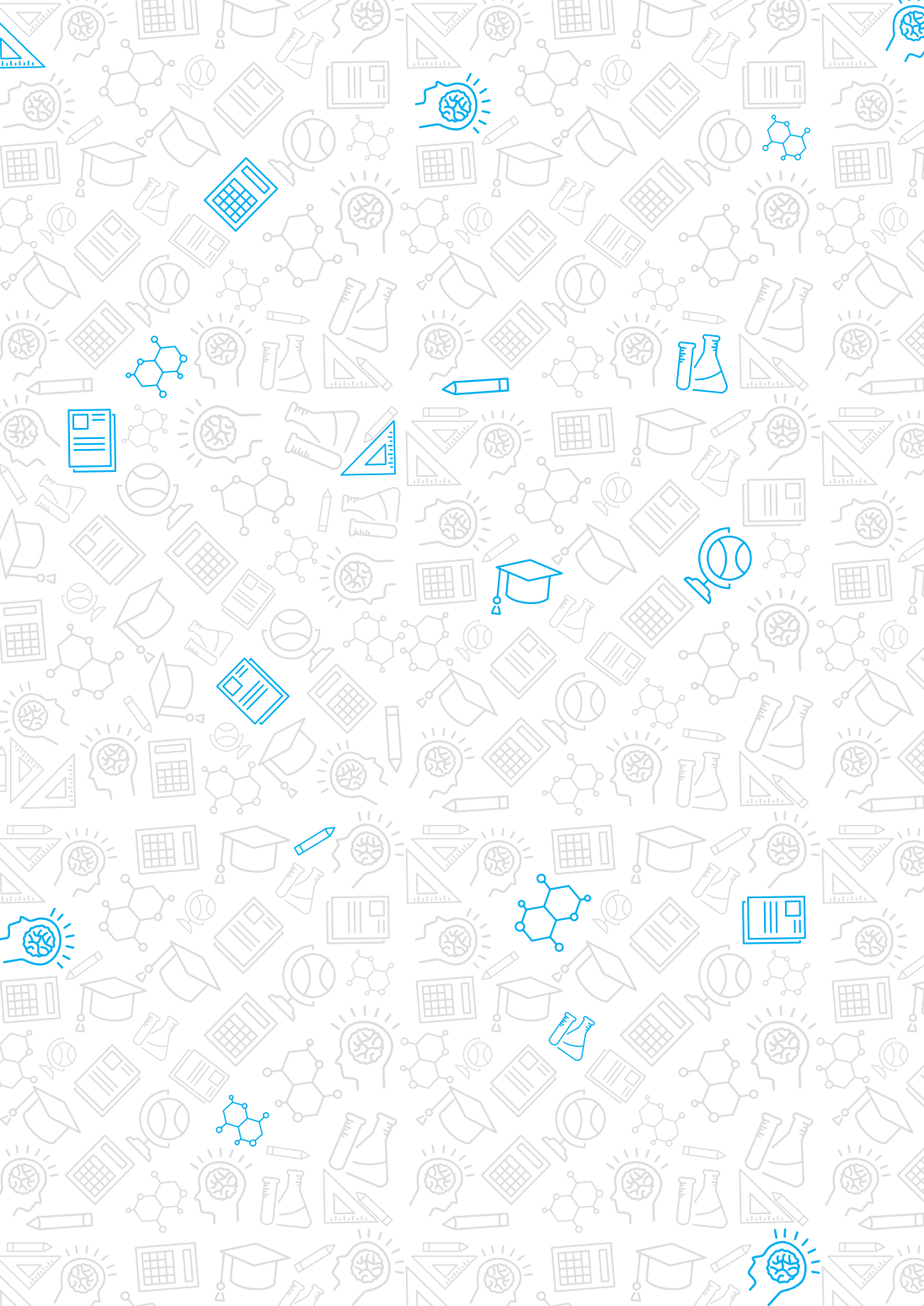
Було проаналізовано ступінь дезінтеграції фракціонованого щебеню в шарах основи традиційної конструкції дорожнього одягу з двохшаровою щебеневною основою. Так за результатами розрахунків значення цього показника для верхнього шару фракціонованого щебеню становить $295 \text{ см}^2/\text{см}^3$, що більше за допустиме значення ($200 \text{ см}^2/\text{см}^3$). Це свідчить про необхідність заміни фракціонованого щебеню на щебеневу-піщану суміш.



Якщо замінити верхній шар фракціонованого щебеню на щебеневопопільну суміш, а в нижньому шарі залишити щебінь пониженої міцності (М600), то за результатами розрахунків значення для такого нижнього шару фракціонованого щебеню ступінь дезінтеграції фракціонованого щебеню становить $22 \text{ см}^2/\text{см}^3$, що значно менше за допустиме значення ($200 \text{ см}^2/\text{см}^3$). Це свідчить про допустимість використання навіть фракціонованого щебеню в цьому шарі.

Висновки. Таким чином, на основі аналізу напружено-деформованого стану шарів дорожнього одягу з використанням відходів від руйнування будівель з пониженими механічними характеристиками є можливість направлено регулювати їх застосування в конструкції дорожнього одягу.

Запропоновано підхід раціонального використання у дорожньому будівництві великотоннажних відходів зруйнованих будівель (бетон, цегла, облицювальна плитка і кераміка) із забезпеченням нормативних вимог до матеріалів на основі експериментально-аналітичної методики встановлення кількості мінімально допустимого значення каркасних зерен в матеріалах з відходами, та аналізу напружено-деформованого стану таких матеріалів в шарах конструкції дорожнього одягу.





РОЗРАХУНКИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СТІЛОЧНИХ БРУСІВ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ НЕЗАВАНТАЖЕНИХ РЕЙКОВИХ НИТОК

Микола УДОД,

аспірант Київського інституту залізничного транспорту НТУ,

<https://orcid.org/0009-0008-7775-8174>

Постановка проблеми. Конструкція стрілочних переводів та умови їхньої роботи значно відрізняються від звичайної колії, тому при їх проектуванні, модернізації та експлуатації виникає цілий ряд питань, що потребують інженерного розв'язання. Призначення стрілочних переводів та їх конструктивне оформлення передбачають певні особливості взаємодії рухомого складу й колії при русі по них. Так при проектуванні залізобетонних перевідних брусів необхідно враховувати, що до них приєднано чотири рейкові нитки, дві з яких лишаються незавантаженими безпосередньо рухомим складом, однак вони приймають активну участь у формуванні напруженого стану брусів. Встановлено, що реакції незавантажених ниток, майже не впливають на величини згинаючих моментів в перерізах дії активних сил, спричиняють суттєвий вплив на максимальні від'ємні моменти в перерізах між завантаженими нитками. Дана проблема певною мірою досліджувалася, але запропоновані підходи недостатньо повно відображають особливості роботи брусів під навантаженням.

Основна частина. У ході дослідження було проаналізовано можливість використання золи-виносу якості розрахункової схеми залізобетонного бруса приймаємо «класичну» схему — балку постійного перерізу, що лежить на суцільній пружній основі (рис. 1). На представленій схемі прийнято наступні позначення: q_1 , q_3 — розподілені навантаження, що замінюють вертикальну дію завантажених рейкових ниток; M_1 , M_3 — зовнішні моменти від дії горизонтальних сил на бруси; R_2 , R_4 — реакції незавантажених рейкових ниток.

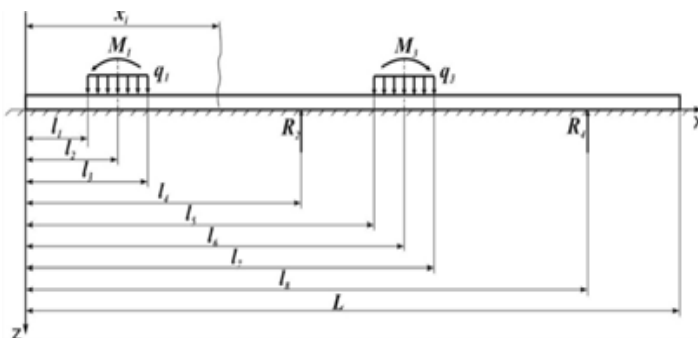


Рисунок 1 — Розрахункова схема залізобетонного бруса



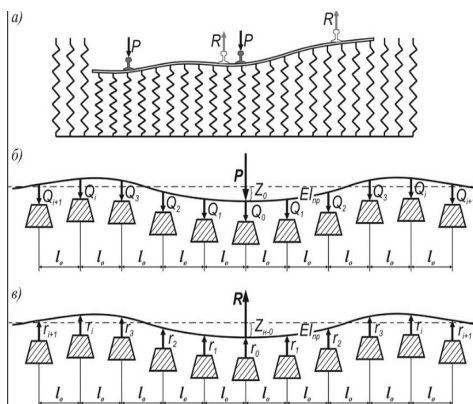
Для розрахунку такої балки зручним є класичний метод початкових параметрів з деякою адаптацією під специфіку поставленої задачі, розв'язок якого виконується через функції акад. Крилова О. М. Послідовне диференціювання базового рівняння методу початкових параметрів дасть систему рівнянь, що містить вирази для прогинів, кутів повороту, згинаючих моментів і поперечних сил. Для її розв'язання у якості констант вводитимуть чотири початкових параметри: прогин z_0 , кут повороту φ_0 , згинаючий момент M_0 та поперечна сила Q_0 для початкового перерізу. Невідомими є такі початкові параметри, як прогин z_0 й кут повороту φ_0 (для лівого кінця бруса) та реакції R_2 й R_4 незавантажених рейкових ниток стрілочного переводу (див. **рис. 2**), звідки видно, що вплив активних та реактивних сил має подібний характер, але відмінний за напрямком прикладання зусиль. Прогини під незавантаженими рейковими нитками можна виразити так:

$$z_2 = \frac{R_2}{K_2}; \quad z_4 = \frac{R_4}{K_4}$$

де z_2 і z_4 – прогини незавантажених рейкових ниток;
 K_2 і K_4 – розрахункові жорсткості незавантажених рейкових ниток.

Визначення жорсткостей K_2 та K_4 незавантажених рейкових ниток будемо виконувати виходячи з наступних міркувань. Розглядаючи рейкову нитку, яка опирається на окремі опори (бруси), завантажену вертикальною зосередженою силою P (**рис. 2, б**) бачимо, що рейкова нитка при згині пружно передає на опори відповідний тиск Q_i , чисельно рівний величині від опору на довжині міжшпального прольоту. При відомій просадці опори z_0 в перерізі під силою P можна знайти жорсткості рейкової нитки та окремої опори за відомими виразами:

$$\left. \begin{aligned} K_{px} &= \frac{P}{z_0} \\ K_{om} &= \frac{Q_0}{z_0} \end{aligned} \right\}$$





В свою чергу розрахункові бруси прогинаючись утягують за собою прикріплену до них незавантажену рейкову нитку (*рис. 2, в*), передаючи реактивні зусилля R , рівнодіюча яких і буде реакцією незавантаженої рейкової нитки R . В такому випадку, вирішуючи зворотну задачу за аналогією з виразом (2), можна визначити відповідно жорсткість незавантаженої рейкової нитки та жорсткість її зв'язку з опорою, замінивши P на R та Q на R_0 з відповідним прогином під незавантаженою рейковою ниткою. Оскільки рейкова нитка прикріплюється до підрейкових опор за допомогою проміжних скріплень, тому жорсткість зв'язку рейки з брусом Жн-оп буде рівною жорсткості вузла скріплення в напрямку «уверх». Жорсткість вузла скріплення у вертикальній площині в напрямку «уверх» може бути прийнята за результатами експериментальних досліджень, або визначена теоретичним способом. Виходячи з наведених міркувань, після підстановки визначених вище залежностей в базові рівняння методу початкових параметрів, можна знайти початкові параметри та отримати робочі рівняння для визначення напруженого стану стрілочного бруса. Отримані таким чином рівняння дозволяють визначати напружений стан підстрілочних опор (брусів) та дають більш точний результат в порівнянні з попередніми рішеннями даної задачі. Узагальнений алгоритм визначення напруженого стану стрілочних брусів відповідно до запропонованої методики може бути представлений у вигляді три етапної задачі:

- 1) визначення жорсткості незавантажених рейкових ниток в напрямку «уверх»;
- 2) визначення невідомих початкових параметрів – прогину $z(0)$ й кута повороту $j(0)$ (для лівого кінця бруса) з урахуванням впливу незавантажених рейкових ниток;
- 3) розрахунок внутрішніх згинаючих моментів $M(x)$ та прогинів $z(x)$ бруса в будь-яких перерізах по довжині бруса з урахуванням впливу незавантажених рейкових ниток.

В даному дослідженні, з використанням викладеної методики було розроблено відповідну комп'ютерну програму та виконано практичні розрахунки внутрішніх зусиль і прогинів в брусах стрілочних переводів сучасних конструкцій. Результати епюр розподілу згинаючих моментів та прогинів по довжині брусів, розміщених в різних зонах стрілочних переводів наведені на *рис. 3*. Представлені розрахунки виконано для брусів стрілочних переводів типу Р65 марки 1/11 на залізобетонній основі проекту Дн 345 для умов руху екіпажів по прямому напрямку стрілочних переводів. Розрахунок проводився з урахуванням (суцільна лінія) та без урахування (штрих-пунктирна лінія) впливу незавантажених рейкових ниток. Отримані результати показують, що при урахуванні впливу незавантажених рейкових ниток для деяких брусів з'являються відчутні відмінності, викликані різними параметрами жорсткості вузлів скріплень, епюрою розкладання брусів та розміщенням точок прикладання активних та реактивних зусиль. Також виявилось, що зовнішня незавантажена рейкова нитка спричиняє дуже незначний вплив на формування напружено-деформованого стану брусів.

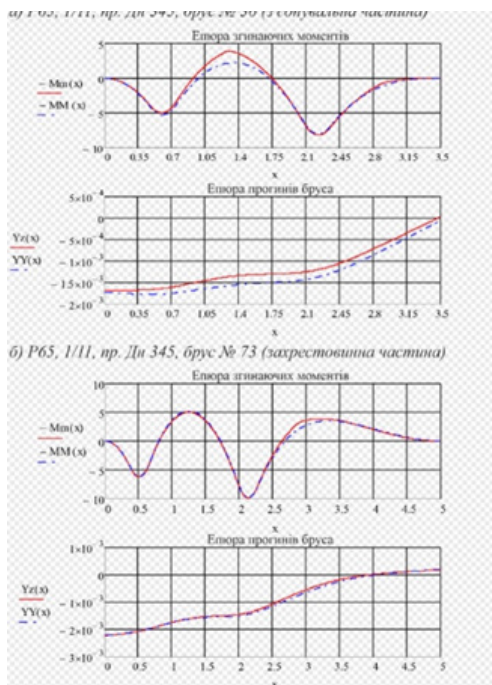


Рисунок 3 — Результати розрахунку напружено-деформованого стану для залізобетонних брусів стрілочних переводів

Отримані епюри внутрішніх згинаючих моментів та прогинів є основою для подальшої перевірки несучої спроможності брусів та виникаючим у них напруженням. При проектуванні залізобетонних брусів, зокрема, залежно від отриманих максимальних значень згинаючих моментів виконується перевірка брусів на витривалість та тріщиностійкість.

Висновки. Отримано практичні дані по величинах розподілу внутрішніх згинаючих моментів та прогинів по довжині усіх брусів під рейкової основи стрілочних переводів на залізобетонних брусах сучасних конструкцій, що в масовому порядку застосовуються на коліях АТ «Укрзалізниця» типу Р65, марки 1/11 і 1/9. Встановлено, що найбільші «додатні» згинаючі моменти та прогини виникають у перерізах брусів під хрестовинами стрілочних переводів. Максимальні «від'ємні» згинаючі моменти виникають у брусах, розміщених у з'єднувальній частині переводів, де внутрішня незавантажена рейкова нитка прикріплена до бруса посередині між завантаженими нитками, при цьому суттєвий вплив на величину цих моментів спричиняє жорсткість вузла скріплення в напрямку «уверх». Зовнішня незавантажена рейкова нитка спричиняє незначний вплив на формування напружено-деформованого стану брусів.



ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ОБ'ЇЗНОЇ ДОРОГИ НАВКОЛО С. ЧЕРКАСЬКА ЛОЗОВА ТА М. ДЕРГАЧІ

Яна СЕЛІХОВА,

*доцент кафедри проєктування доріг, геодезії та землеустрою
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ),
<https://orcid.org/0000-0002-4435-6557>*

Постановка проблеми. Сучасна дорожня інфраструктура регіону не відповідає потребам місцевих громад та комунальних служб, що призводить до перевантаження транспортних шляхів, зростання аварійності, забруднення повітря та підвищеного шумового навантаження у населених пунктах с. Черкаська Лозова та м. Дергачі. Відсутність об'їзної дороги ускладнює логістику, негативно впливає на екологію та знижує якість життя мешканців. Актуальним є розроблення та впровадження проєкту будівництва об'їзної дороги, який дозволить вирішити зазначені проблеми, зменшити транзитний рух через населені пункти, підвищити безпеку дорожнього руху, скоротити час транспортування, знизити рівень забруднення довкілля та забезпечити умови для сталого соціально-економічного розвитку регіону.

Основна частина. Проєктування об'їзної дороги навколо с. Черкаська Лозова та м. Дергачі є комплексним інженерно-технічним завданням, спрямованим на вирішення актуальних проблем транспортної інфраструктури, безпеки дорожнього руху, екології та соціально-економічного розвитку регіону.

В рамках проєкту здійснено всебічне вивчення транспортної ситуації, яке виявило суттєве перевантаження вулично-дорожньої мережі, зростання рівня аварійності та підвищене екологічне навантаження внаслідок транзитного руху через населені пункти. Було встановлено, що існуюча мережа доріг не відповідає сучасним вимогам щодо пропускної здатності, безпеки та екологічної стійкості, що обґрунтовує необхідність будівництва нової об'їзної дороги.

При розробленні проєкту застосовано сучасні підходи до інженерних вишукувань і моделювання. Використано технології LiDAR-сканування для створення високоточних тривимірних моделей рельєфу з точністю до 2 см, що дозволило ретельно адаптувати трасу до рельєфу та мінімізувати обсяги земляних робіт. Паралельно проведено аерофотозйомку з використанням безпілотних літальних апаратів для отримання актуальних ортофотопланів, що забезпечило точне відображення ситуації на місцевості та врахування існуючих об'єктів.

Інженерно-геологічні та гідрологічні дослідження включали буріння свердловин, лабораторний аналіз ґрунтів, зондування та моніторинг рівня ґрунтових вод. Це дозволило виявити потенційно нестабільні ділянки, розробити відповідні заходи з підсилення основи та передбачити ефективні системи дренажу і водовідведення.

Проєктна пропозиція передбачає будівництво об'їзної дороги II категорії з двома смугами руху шириною 3,75 м кожна, узбіччями 2,5 м, з оптимізованими ухилами та радіусами кривих для забезпечення безпеки руху. В складі дороги передбачено влаштування мостових переходів, водопропускних труб та екодуків для



збереження міграційних шляхів тварин.

Особливу увагу приділено конструкції дорожнього одягу, де заплановано використання інноваційних матеріалів:

- модифікованого асфальтобетону з полімерними добавками, що підвищує довговічність покриття на 30 %;
- екологічно чистих в'язучих з низьким рівнем шкідливих викидів;
- геосинтетичних матеріалів для стабілізації основи.

Система водовідведення розроблена з трирівневою системою очищення дорожнього стоку, яка включає придорожні лотки, колектори, відстійники та біофільтри, що забезпечують до 99% очищення від нафтопродуктів та важких металів.

Для забезпечення безпеки дорожнього руху передбачено впровадження елементів активної та пасивної безпеки: оцинковані бар'єрні огороження, енергопоглинальні демпфери, сучасне LED-освітлення, динамічні інформаційні табло, антижелезні системи на мостах, розмітка з підвищеною світловідбивною здатністю, а також впровадження інтелектуальної системи керування рухом.

З метою зменшення впливу на довкілля передбачено:

- встановлення шумозахисних екранів загальною довжиною 3,2 км;
- використання шумопоглинального асфальтобетону;
- будівництво 5 локальних очисних споруд для стоку;
- встановлення сонячних панелей потужністю 45 кВт для автономного

живлення інфраструктури;

- компенсаційна висадка дерев (співвідношення 1:3 до вирубаних).

Впровадження зазначених заходів дозволить знизити рівень шуму та забруднення повітря в населених пунктах, забезпечити безпечний та швидкий транзитний рух, оптимізувати логістику комунальних служб та створити умови для сталого розвитку регіону.

Висновки. Проектування та реалізація об'їзної дороги навколо с. Черкаська Лозова та м. Дергачі є стратегічно важливим кроком для вирішення існуючих транспортних, екологічних та соціальних проблем регіону. Застосування сучасних технологій проектування, інноваційних матеріалів та комплексних рішень у сфері безпеки руху та екології дозволяє забезпечити довговічність та ефективність об'єкта. Реалізація проекту сприятиме зниженню аварійності, покращенню екологічного стану, підвищенню рівня безпеки та комфорту місцевих мешканців, а також забезпечить сталий розвиток території, створюючи нові можливості для соціально-економічного зростання громад.



ФОРТИФІКАЦІЙНІ ГАБІОННІ ЕЛЕМЕНТИ НА ОСНОВІ ГЕОРЕШІТОК І ҐРУНТОВИХ МОДУЛІВ: ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ І МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ

Леонід КУПНЄВИЧ,

інженер-будівельник, експерт із захисних споруд,

<https://orcid.org/0009-0009-3377-4380>

Постановка проблеми. В умовах активних бойових дій, надзвичайних ситуацій або термінової інженерної підготовки територій виникає потреба у швидкому, ефективному, мобільному й економічному створенні фортифікаційних та дорожньо-будівельних конструкцій. Традиційні рішення — мішки з піском, бетонні блоки чи важка техніка — часто виявляються недостатньо гнучкими, логістично складними або надмірно дорогими. У цьому контексті актуальним стає застосування геосинтетичних матеріалів, зокрема георешіток, у складі габіонних систем як технологічної основи для створення мобільних захисних та інженерних споруд.

Основна частина. Георешітки — це армуючі чарункові конструкції, здатні утримувати різноманітні сипучі наповнювачі, включаючи піски низької якості, щебінь і ґрунт. Їхня перевага — мала вага, зручність транспортування, стійкість до ультрафіолету, вологи, циклів замерзання-відтаювання, та довговічність (строк служби — понад 100 років). Конструкції легко складаються в компактні модулі, з'єднуються без інструментів, мають інтуїтивну систему покажчиків та можуть бути зібрані навіть некваліфікованим персоналом у польових умовах.



Рисунок 1 — Застосування георешіток для швидкого забезпечення руху військової техніки

У порівнянні з мішками з піском, габіонні блоки дозволяють швидше формувати вертикальні захисні стіни з більшою стабільністю. Завдяки можливості створення жорстких та гнучких плит, заповнених бетоном, георешітки також забезпечують термічну тріщиностійкість, здатність протистояти вибуховим і динамічним навантаженням, що робить їх придатними для створення як тимчасових, так і постійних укриттів.



Рисунок 2 — Улаштування фортифікаційних споруд

У транспортному й аеродромному будівництві геосоти використовуються для спорудження мобільних доріг, майданчиків, злітно-посадкових смуг, укріплення ґрунтів і формування стабільної основи на слабких або торф'яних ґрунтах. Завдяки цьому забезпечується оперативне розгортання польових аеродромів та інших інженерних споруд навіть у важкодоступній місцевості або під вогневим ураженням.

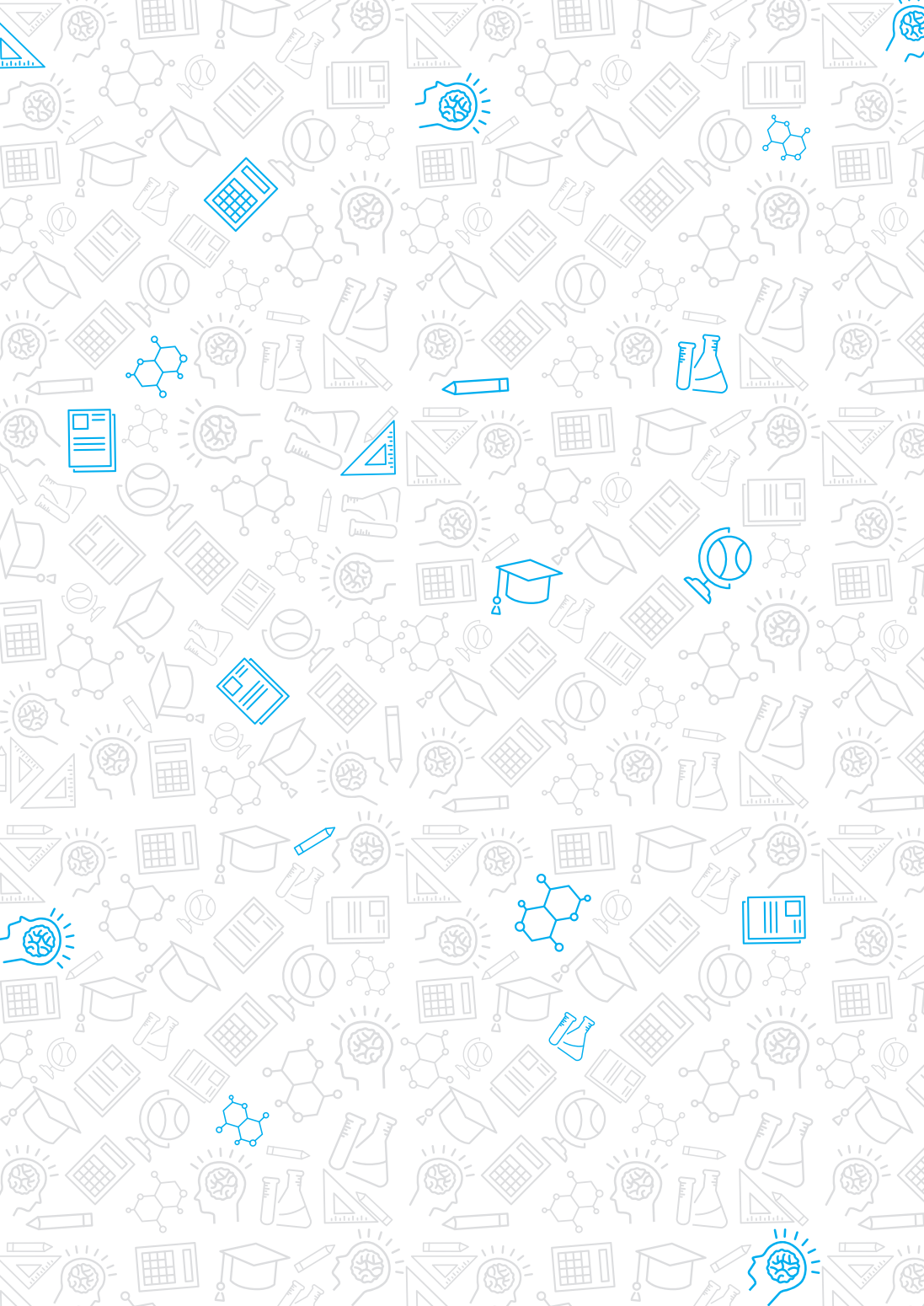


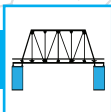
Рисунок 3 — Гнучка бетонна плита, для дорожнього й аеродромного будівництва



Додаткові переваги геосинтетиків — можливість багаторазового використання, екологічність, адаптивність до геометрії місцевості та сумісність з іншими збірно-розбірними технологіями.

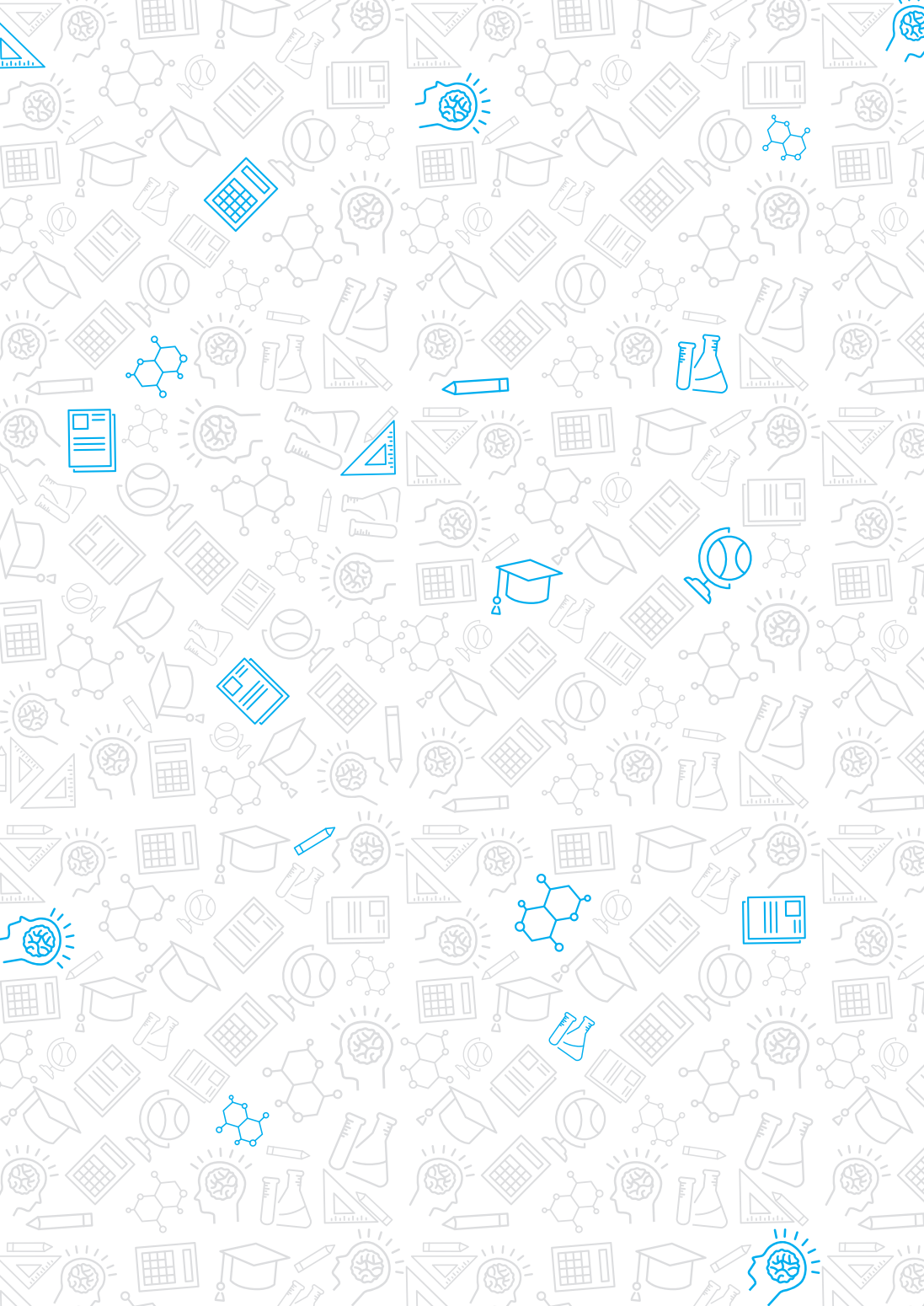
Висновки. Фортифікаційні габіонні елементи на основі георешіток є ефективним інструментом для оперативного облаштування інженерних, дорожніх та захисних споруд у складних умовах. Їх використання дозволяє поєднати мобільність, простоту монтажу, надійність та економічну доцільність. Геосотові технології мають великий потенціал для впровадження в системах військової логістики, мобільного будівництва, інфраструктурного відновлення та цивільного захисту.





ТЕМАТИЧНИЙ НАПРЯМОК

ТРАНСПОРТНІ СПОРУДИ





ВПЛИВ ВИБУХОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

Максим БОРИСЕНКО,

завідувач відділу будівельних конструкцій

Центру мостів та будівельних конструкцій державного підприємства

«Національний інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»),

<https://orcid.org/0000-0001-9772-3536>

Постановка проблеми. Оцінка впливу вибухових навантажень на транспортні споруди — новий виклик для інженерів. У роботі систематизовано міжнародні дослідження щодо аналізу таких пошкоджень, розглянуто ключові методології вивчення механізмів руйнування конструкцій та сучасні методи діагностики пошкоджених об'єктів з використанням новітніх технологій.

Основна частина. У сучасному світі, де безпека інфраструктури набуває пріоритетного значення, вибухозахисне проектування стає невід'ємною складовою архітектурно-будівельної галузі. Ця спеціалізована дисципліна спрямована на забезпечення стійкості споруд до надзвичайних вибухових навантажень, які можуть виникати внаслідок різноманітних загроз. Інженери-вибухотехніки виконують унікальну роль у створенні безпечного середовища, інтегруючи передові технічні знання з естетичними та функціональними аспектами будівництва. Їхня робота починається з фундаментального розуміння характеру вибухових явищ та їхнього впливу на різноманітні будівельні матеріали й конструкції. Професійна кваліфікація цих фахівців базується на міцній інженерно-будівельній освіті з додатковою спеціалізацією у сфері динамічних навантажень та їх наслідків. У Великій Британії діє комплексна система градації через Реєстр інженерів та спеціалістів з безпеки (RSES), де експерти класифікуються від початкового рівня (Grade A) до найвищого рівня компетенції (Grade C). Ця система забезпечує стандартизацію кваліфікацій та гарантує, що лише належним чином підготовлені фахівці беруть участь у проектуванні критично важливих об'єктів. Ключовим етапом у процесі вибухозахисного проектування є всебічна оцінка загроз і ризиків. Цей аналітичний документ охоплює: Інвентаризацію критично важливих систем та компонентів об'єкта Виявлення потенційних вразливостей в конструкції та планувальних рішеннях Моделювання можливих сценаріїв вибухових загроз Прогнозування наслідків для людей, обладнання та операційних процесів Розробку стратегій мінімізації ризиків На основі проведеного аналізу визначається Проектна Базова Загроза (ПБЗ) — розрахункова величина вибухового заряду, на яку проектується будівля. Цей параметр зазвичай корелює з розмірами потенційного транспортного засобу чи контейнера з вибуховою речовиною. Паралельно встановлюються критерії експлуатаційних характеристик конструкції при вибуховому навантаженні. Рівні захисту від вибуху варіюються залежно від призначення споруди та прийнятого рівня ризику: Мінімальний рівень (безпека життєдіяльності) — забезпечує можливість евакуації та запобігає прогресуючому руйнуванню, хоча споруда потребуватиме капітального ремонту Середній рівень — обмежує локальні пошкодження та деформації при збереженні загальної структурної цілісності Максимальний рівень — передбачає мінімальні



пошкодження для забезпечення безперервності функціонування особливо важливих об'єктів Статистичні дослідження демонструють, що основною причиною летальних випадків при вибухах є не сама вибухова хвиля, а вторинні фактори — руйнування конструкцій та утворення осколків. Тому сучасні підходи фокусуються на запобіганні обваленню та мінімізації фрагментації матеріалів. Вибух як фізичне явище характеризується трьома ключовими ознаками: надзвичайною швидкістю процесу (мілісекунди), інтенсивним вивільненням енергії та генерацією потужної хвилі стиснення. Залежно від характеру горіння виділяють детонацію (надзвуковий процес з формуванням ударної хвилі) та дефлаграцію (дозвуковий процес з більш тривалою дією тиску). Ефективний захист від вибухових навантажень завжди представляє собою балансування між рівнем безпеки та економічною доцільністю. Хоча абсолютний захист теоретично можливий, на практиці встановлення прийнятного рівня ризику здійснюється з урахуванням вартісних обмежень та технічної реалізованості захисних заходів.

Висновки. Захист транспортних споруд від вибухових навантажень став критично важливим для України через російську агресію. Цей напрямок активно розвивається у США, Британії та Ізраїлі. Ключові аспекти включають визначення проектної базової загрози, балансування безпеки та економічності, врахування як ударної хвилі, так і осколкового ураження. Вибухове навантаження характеризується короткотривалістю (мілісекунди) та локальністю. Захисні методи включають встановлення бар'єрів, збільшення відстані до загрози, посилення критичних елементів та забезпечення альтернативних шляхів передачі навантаження.



ДОСВІД ТА ПРОБЛЕМАТИКА ОБСТЕЖЕННЯ ІСТОРИЧНИХ МОСТІВ

Віталій ОСТАПЧУК,

*завідувач лабораторії обстеження та випробування мостів
відділу мостів Центру мостів та будівельних конструкцій
«Національний інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0000-0002-3903-6591>*

Постановка проблеми. За даними з АЕСУМ, на сьогодні на автомобільних дорогах України загалом налічується 1900 мостів віком понад 80 років. Відповідно до вимог ДСТУ 9181 мости віком понад 80 років потребують щорічного обстеження. Значна частина з цих споруд має історичну й архітектурну цінність, тому потребує експлуатаційних заходів, які враховують та не псують зовнішній вигляд мостів.

У більшості випадків такі мости не відповідають сучасним вимогам до вантажопідйомності та габаритах. Рано чи пізно має постати питання щодо виведення їх експлуатації та будівництва сучасних нових мостів замість них. У такому випадку виникає питання щодо долі старих мостів.

У доповіді описано світовий та український досвід збереження історичних мостів та можливості його застосування в Україні.

Основна частина. Фермовий міст через р. Дністер у с. Нижнів. Міст побудовано у 1908-1910 рр. та є прикладом транспортної споруди часів панування Австрії на цих землях. Складається з 13 прогонів перекритих малими фермами з паралельними поясами та великими полігональними фермами. Металеві ферми пофарбовані в буро-червоний колір, що надає їм непересічного вигляду. Дугоподібна форма полігональних руслових ферм збагачує образ споруди. Опори виконані з великих кам'яних блоків та мають заокруглені торці. Споруда розташована на відкритій місцевості та чудово проглядається з розташованого неподалік пляжу.

Зважаючи на всі проблеми даної споруди, а саме: недостатній габарит проїзду та неможливість його збільшення у зв'язку з особливостями конструкції ферми з їздою понизу, невідповідність вантажопідйомності мосту сучасним вимогам, значна корозія поперечних балок, очевидним є факт, що рано чи пізно стане актуальним питання будівництва нового мосту на важливому логістичному шляху.

У такому випадку постає питання що робити з існуючим мостом. Відповідь очевидна — зберегти його, оскільки він є цінним та досить рідкісним для України екземпляром історичного мосту віком понад 100 років. Дана споруда пережила дві світові війни (хоч і не без руйнувань), проте була відновлена в оригінальному вигляді. Тому міст заслуговує бути збереженим як пам'ятник мостобудуванню в Україні. Так, він не спроможний повноцінно пропускати сучасне автомобільне навантаження, проте він без проблем може стати вело-пішохідним мостом, і це розповсюджена практика у світі.



Світових прикладів збереження історичних мостів не за їх прямим призначенням є дуже багато і ось деякі з них:

1. Залізний міст в Англії збудований у 1779 році та став першим у світі металевим мостом. У 1934 році по мосту було заборонено рух автомобільного транспорту, а сама споруда стала виключно пішохідною. Він дійсно є унікальною спорудою, яка є пам'ятником технічному прогресу та мостобудуванню в Англії та повністю заслужено став об'єктом атракції.

2. Міст Валентре у Франції є черговим прикладом збереження історичного мосту як пішохідного. Міст збудовано у 1308-1378 роках у готичному стилі. Споруду виконано з 6 прогонів з кам'яних стрільчастих готичних арок. Руслові опори обладнані льодорізами. На двох опорах влаштовано високі оборонні вежі. На сьогодні міст є пішохідним.

3. Міст Сен-Бенезе у Франції споруджений у 1355 році. Споруда виконана з кам'яних арок та прикрашена каплицею на одній з опор. Міст зазнавав багатьох руйнувань протягом століть. Насьогодні споруда є частково розібраною та складається з 4 прогонів. У зв'язку з цим міст не перетинає річку повністю та слугує оглядовим майданчиком з видом на річку і місто Аваньйон.

4. Залізничний міст у м. Хо Чі Мінг у В'єтнамі побудований у 1902 році. Виконаний зі сталевих полігональних ферм з їздою понизу. У 2020 році споруду було розібрано, а два прогони залишили як пам'ятник цьому мосту.

5. Залізничний міст через р. Дніпро в м. Канів побудований у першій половині XX століття (точний час будівництва невідомий, але скоріш за все, 1930-ті роки). За конструкцією це споруда з металевих полігональних ферм. Насьогодні міст є частково розібраний, проте нині збережено три прогони та вісім опор. Міст чудово проглядається з обох берегів Дніпра та є чудовим нагадуванням про історію мостобудування в Україні.

6. Металевий міст через річку Дністер у Галичі був зведений ще за часів Австро-Угорщини, протягом 1906-1910 років. 6-прогоновий металевий міст довжиною 312 м виконаний з ажурних металевих ферм перемінної висоти з підвищеннями над проміжними опорами. Споруда зазнавала багатьох руйнувань, проте щоразу її відновлювали у первісному вигляді. У 1981 році паралельно зі старим мостом було споруджено новий, а існуючий міст перетворили в пішохідний. У 2006 та у 2014 роках виконували капітальний ремонт. Насьогодні цей міст є пішохідним, а також виконує функцію трубопроводу.

Отже світова практика утримання історичних мостів показує, що тенденція щодо їх збереження після виведення з експлуатації є поширеною. Україна також не є винятком у цьому плані, проте цей процес можна зробити загальноприйнятим. Збереження Нижнівського мосту стане вагомим прикладом поважного ставлення до цінної історичної транспортної споруди.

Серед розглянутих вище варіантів експлуатаційних заходів щодо історичних мостів, можна виділити основні напрямки їх збереження як цінних об'єктів: повне збереження споруди зі зміною її призначення на пішохідний або вело-пішохідний міст; також збереження декількох його прогонів та опор як пам'ятника мостобудуванню, проте такий варіант частіше використовується при руйнуванні частини його конструкцій різних причин, не пов'язаних з організованим демонтажем.

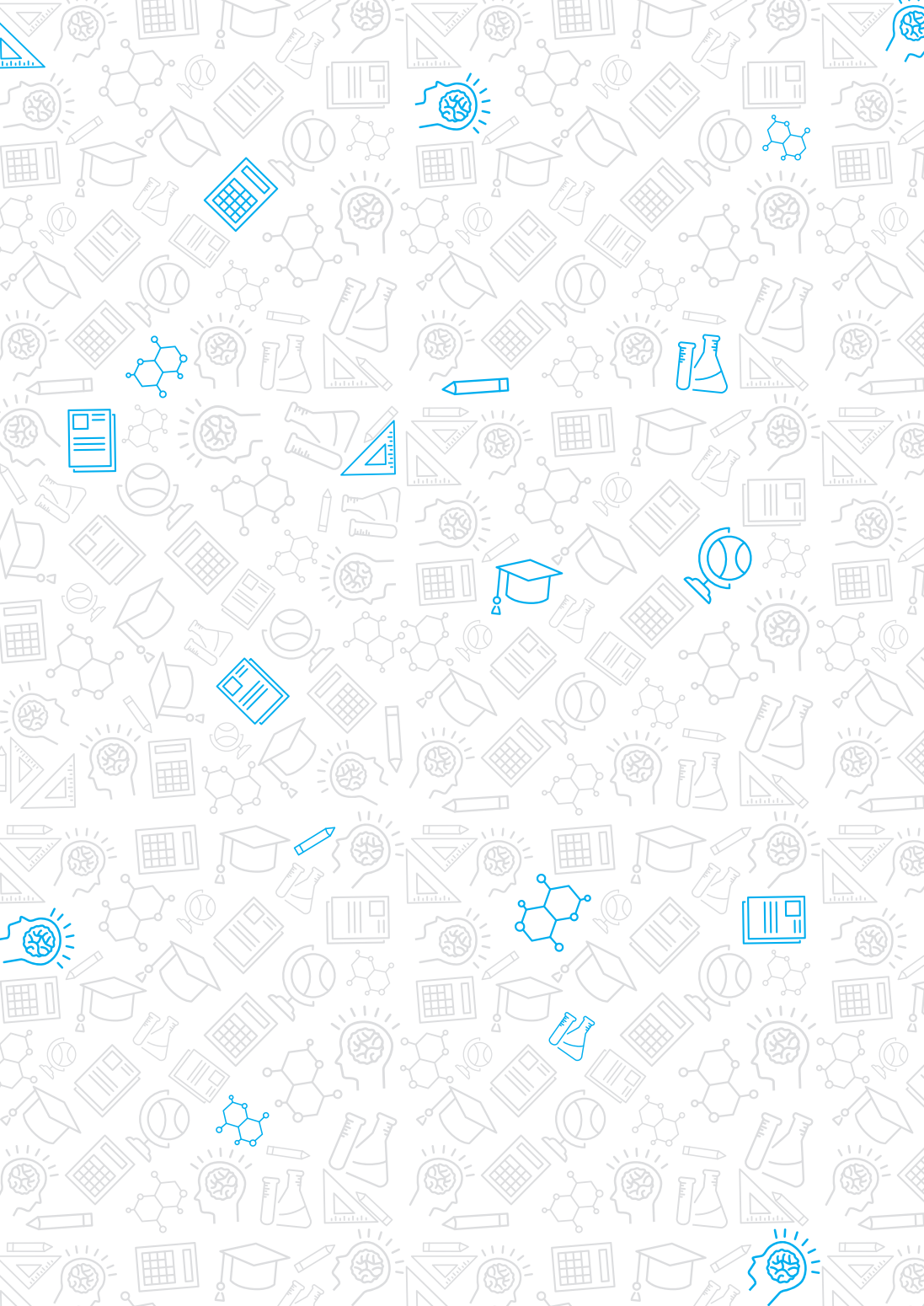


Найкращим серед перерахованих вище варіантів, очевидно, є переведення моста у вело-пішохідний, як це зробили у Галичі. Проте є деякі моменти, що ускладнюють таке рішення: додаткова вартість його ремонту та подальшого утримання; також доцільність влаштування вело-пішохідного моста за межами населеного пункту. На відміну від Галича, де споруда розташована в самому місті. Хоча цілком можливим є варіант влаштування вело-шляху між селами в майбутньому часі. Проте збереження Нижнівського моста має й ряд позитивних моментів: крім його історичної цінності та естетичної привабливості, він також слугує як трубопровід. Тому при будівництві нового моста не потрібно буде передбачати перенесення існуючої труби.

Прикладом одночасного використання та обслуговування паралельних пішохідного та автомобільного мостів є місто Могилів-Подільський у Вінницькій області, де старий міст 1939 року побудови пропускає виключно автомобілі, в той час як для руху пішоходів у 2021 році було споруджено окремий міст.

У такому контексті, при проектуванні нового моста в селі Нижнів можна передбачити лише один службовий прохід, тим самим знизивши вартість нового мосту.

Висновки. Збереження старого Нижнівського мосту стане визначним прикладом дбайливого ставлення до історичної спадщини. Першим кроком на шляху до цього може стати надання статусу пам'ятки архітектури (навіть місцевого значення) цій споруді та низці подібних історичних мостів по всій Україні. У світлі цього пропонується балансоутримувачам визначити мости, які можуть претендувати на даний статус та виконати відповідні процедури. Це дасть можливість, хоч і не зараз, а в майбутньому, отримати додаткове фінансування на їх утримання, навіть після того як вони перестануть виконувати свою функцію як автомобільні мости.





НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ УКРИТТІВ ПІД ЧАС БУДУВАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ

Андрій БУБЕЛА,

*доктор технічних наук, професор, декан факультету транспортного
будівництва Національного транспортного університету (НТУ),*

<https://orcid.org/0000-0002-5619-003X>

Андрій ОСАДЧИЙ,

аспірант Національного транспортного університету (НТУ),

<https://orcid.org/0009-0000-2353-3246>

Постановка проблеми. Влаштування залізобетонних укриттів набуває надважливого значення в умовах сьогодення та буде таким в умовах повоєнного відновлення. З'являються нові види та конструктиви укриттів, яких не було раніше, і які не охоплені законодавством. Актуалізація законодавства в сфері будівництва залізобетонних укриттів тісно пов'язана з вивченням світового досвіду — країн, які мають аналогічні військові або терористичні загрози. Міжнародний досвід має бути врахований для вдосконалення нормативно-правового забезпечення будівництва укриттів і «захисних просторів», та використаний під час будівництва нових та відновлення пошкоджених об'єктів інфраструктури. Розглянути актуальні тенденції зміни законодавства та будівельних норм України при будівництві укриттів. Дослідити міжнародний досвід забезпечення цивільного захисту населення та порівняти найкращі практики громадського та житлового будівництва захисних, які передбачатимуть наявність укриттів та безпечного простору, у відповідності до сучасних реалій та економії відновлення.

Основна частина. Більша частина поранень в міських умовах, це осколки ураження від боєприпасів, уламків зруйнованих будівельних конструкцій та вибухової хвилі під час обстрілів громадських місць.

Правильне життєзабезпечення полягає в тому, щоб не шукати бомбосховище за кілька кварталів, не бігти з 25 поверху у підвал під будинком, а мати приміщення, збудовані як захисна броньована споруда та укриття для захисту людей. До того ж знати, що ліфт працює навіть за відключеної електрики, а генератор — це одна з вимог, без якої будинок не буде зданий в експлуатацію.

На досвіді, наприклад, Сінгапура можемо побачити використання інфраструктури мегаполісів для цивільного захисту. Зокрема, якщо ви опинилися на вулиці під час надзвичайної ситуації у Сінгапурі, ви можете отримати доступ до будь-якого з більш ніж 580 громадських укриттів — просто знайшовши найближчий. Школи, станції метрополітену та громадські центри спроектовані таким чином, щоб у разі потреби їх можна було використовувати як укриття.

Окрім укриттів цивільного захисту, які використовуються для великої кількості людей, цікавим є досвід Ізраїлю з точки зору створення безпечного простору у складі об'єктів різного призначення, насамперед житлових будинків, захищених просторів. Україна зараз — це Ізраїль 50 років тому: із ще слабким



захистом, але вже сильним розумінням необхідності адаптуватися до життя у стані війни. Законодавством та технічними нормами цієї держави передбачено створення нової концепції будівництва, в яку покладено принцип капсульної безпеки. В Ізраїлі, крім звичних бомбосховищ, використовуються інші види укриттів, такі як: мамад — укріплена кімната у квартирі; мамак — укріплена кімната в громадських будівлях.

Мамади почали створювати, щоб люди могли не бігти на вулицю, аби потрапити до бомбосховища, а буквально пройти до сусідньої захищеної кімнати. А у мирний час кімната-мамад може слугувати спальнею, робочим кабінетом, дитячою.

Згідно з вимогами: це кімната з залізобетонними стінами товщиною зазвичай 25-30 см, потовщеними перекриттями, металевими герметичними дверима, які витримують вибухову хвилю. Площа мамада має бути не менше 9 квадратних метрів, а висота — 2,5 метри, з висувними віконницями з двосантиметрового листа сталі, що розташовуються на висоті понад 1,5 м від підлоги, із фільтрацією повітря для хімзахисту та автономним електропостачанням. Мамади зазвичай планують і будують один над одним: по-перше, так дешевше, по-друге для підвищення стійкості.

Мамак — укріплена кімната на кожному поверсі громадських будівель, розраховані за кількістю людей на поверсі або в житлових будівлях в об'ємі сходової клітини для користування кількох сімей.

Будувати будинки з мамадами почали лише після 1993 року. Для будинків, які збудовані давніше, уряд запустив програму реновації. Вона називається ТАМА-38. Мета програми — укріпити будинки, які не мають мамадів. За згодою 75 % мешканців будинку забудовник може добудувати мамади, а також ще дватри поверхи квартир на продаж. Подекуди забудовники ще добудовують ліфт та зміцнюють фасад будинку.

Наголошується, що до таких захищених просторів існують чіткі технічні вимоги, без урахування та виконання яких неможливо здати ні проект, ані готову будівлю в експлуатацію. Кожне місто окремо, з певною періодичністю, перевіряє наскільки чітко працює інфраструктура, як швидко люди можуть нею скористатися, потрапити до укриття.

Сучасне українське законодавство вже почало поступово адаптуватися до викликів часу. Основними нормативними документами в сфері будівництва укриттів є «Кодекс цивільного захисту України», а також ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту», який вступив в дію з 01 листопада 2023 року. Даними нормами визначаються конкретні вимоги до захисних споруд споруди цивільного захисту, якими є:

- протирадіаційні укриття;
- споруди подвійного призначення;
- найпростіші укриття, і належать до засобів колективного захисту.

Для захищених просторів в Україні технічні вимоги відсутні. Натомість, така потреба існує. Насамперед це стосується об'єктів критичної інфраструктури, персонал яких часто, навіть в умовах реальної небезпеки, не може полишити обладнання та пульти управління такими об'єктами, та зайняти місце у захисній споруді цивільного захисту.



Нещодавно Верховна Рада України прийняла Закон, який передбачає, що нове житло, яке будуватиметься в Україні, повинно мати власне бомбосховище або доступ до укриття, яке розташоване неподалік, а містобудівна документація на регіональному та місцевому рівнях повинна містити розділ про інженерно-технічні заходи цивільного захисту. Проте ці вимоги є досить «розмитими» і можуть ігноруватись забудовниками для уникнення додаткових витрат на будівництво, посилаючись наприклад на наявність укриттів неподалік.

Стандарти щодо захисних споруд цивільного захисту та захищених просторів мають бути конкретизовані відповідними державними стандартами та нормативами, а також має бути чітка система перевірки дотримання при забудові чи реконструкції територій.

Також актуальним є створення захищених просторів у складі житлових та громадських будівель та споруд, особливо для областей, що межують з державою-агресором. Повноцінних захисних споруд цивільного захисту вони не замінять, але як доповнення до них, тобто для організації захисту населення на початковому етапі виникнення небезпеки, та в умовах дефіциту часу — є надзвичайно актуальними.

Вже є важливі тенденції в даному напрямку на регіональному рівні. Зокрема у Львові створили «Стандарти забезпечення якісного житлового будівництва». Дані рекомендації передбачають вимоги до підземних приміщень укриттів, захищених просторів в межах квартир, або офісних будівель, особливостей інженерних комунікацій, систем життєзабезпечення та планування територій.

Це гарна практика, але лише початок шляху модернізації законодавства на державному рівні.

Очевидно, що посилення вимог — це збільшення собівартості будівництва. Якщо забудовник буде більше вкладати у будівництво, то: або буде змушений менше заробляти; або збільшувати вартість нерухомості при цьому ризикуючи втратою попиту.

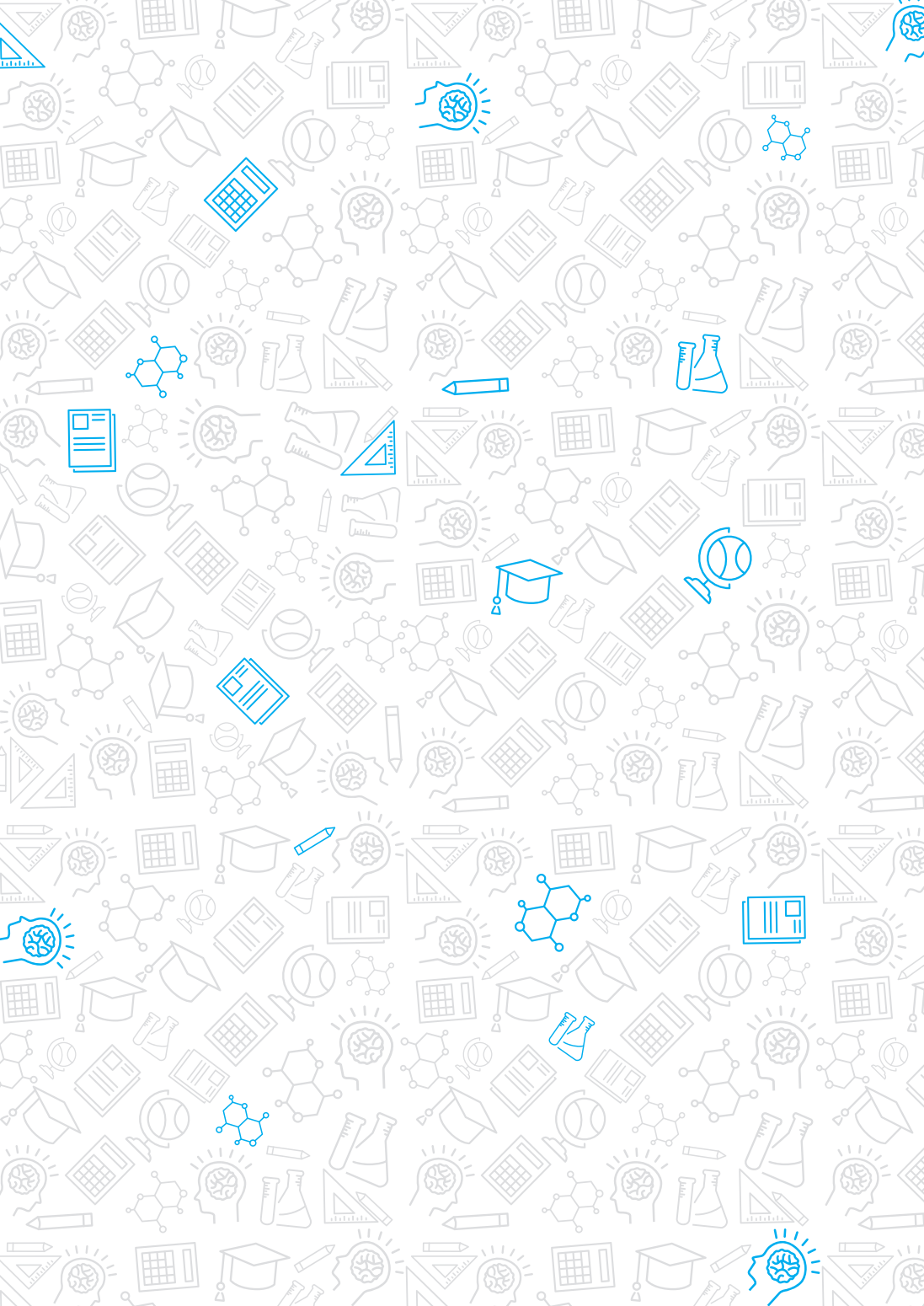
З іншого боку існуючі, поки поодинокі практики впровадження нових підходів до будівництва засвідчують, що удорожчання на наявності захищених просторів є незначними, приблизно

5 % — 10 % інвестицій від вартості нерухомості, які при цьому надають суттєву перевагу споживачу нерухомості при виборі безпечного помешкання.

Крім того наявність державних програм та грантів на влаштування укриттів та безпечних кімнат в новобудовах, сприятиме пошуканню інвестиційного клімату та розвитку будівельної галузі під час відновлення чи забудови міст.

Висновки. Будівництво залізобетонних укриттів зазнає суттєвих змін в умовах військової агресії, підвищення та постійних змін видів небезпек. Коли мова йде про захисні укриття, важливо розуміти, що не всі рішення, охоплені державними стандартами, забезпечують захист у реальних умовах. Також важливо розуміти, що безпечний простір це більше, ніж просто стіни. Безпечний простір включає в себе також комфорт і можливість перебувати в приміщенні протягом тривалого часу. Саме тому важливо врахувати та адаптувати до наших реалій міжнародний досвід створення укриттів та безпечного простору.

В умовах стрімких змін важливо, щоб законодавство та нормативно-правова база не тільки адаптувалась до сучасних реалій, а також задавали актуальний напрямок та кращі практики.





ДИНАМІЧНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ НАТЯГУ КАНАТІВ МОСТОВИХ СПОРУД

Сергій ЗАВГОРОДНИЙ,

*начальник Центру мостів та будівельних конструкцій
державного підприємства «Національний інститут розвитку
інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0000-0003-1928-4544>*

Постановка проблеми. Вантові системи широко застосовуються в сучасних мостах завдяки ефективності та естетиці. Однак зусилля натягу в канатах з часом змінюються під дією експлуатаційних, кліматичних та конструктивних чинників. Втрата натягу може призвести до деформацій, порушення геометричної стабільності та зниження несучої здатності конструкції. Класичні методи контролю натягу мають низку обмежень і не завжди дають достатню точність без втручання в конструкцію. Потреба в надійному та точному методі визначення натягу вант залишається актуальною, особливо для обстеження діючих об'єктів критичної інфраструктури.

Основна частина. Вантові системи — критичний елемент мостових споруд, які працюють виключно на розтяг і забезпечують не лише несучу, але й стабілізуючу функцію. Особливо важливими є похилі ванти, які відіграють ключову роль у забезпеченні просторової жорсткості прогонової будови. Ослаблення однієї ванти призводить до несиметричного перерозподілу зусиль, викликає деформації та нестабільні коливання, що може загрожувати безпеці експлуатації. Надійний контроль натягу вант є невід'ємною частиною експлуатаційного обстеження подібних об'єктів. Традиційні методи контролю мають обмеження. Динамометричний метод вимагає монтажу на ділянці каната біля анкера і залежить від точної попередньої тарування динамометра на зразках відповідного каната. Геодезичний метод базується на фіксації провисання каната, але є недостатньо точним для коротких або жорстко закріплених вант і сильно залежить від точності визначення геометричних параметрів. Альтернативою є динамічний метод, який передбачає збудження коливань ванти, реєстрацію сигналів та визначення натягу через аналіз власних частот коливань. Цей метод є безконтактним, не вимагає втручання в конструкцію та може застосовуватись у польових умовах на діючих об'єктах. У процесі реалізації дослідження на вантовому аміакопроводі з унікальною висячою конструкцією (довжина прогону — понад 700 м) було застосовано динамічний метод визначення натягу вант. Для цього використовувались акселерометри п'єзоелектричного типу та реєстратори, підключені до комп'ютера. В якості збудження коливань використовувались як імпульсні, так і кінематичні методи. Аналіз коливань проводився у спектральному середовищі шляхом визначення власних частот.



Розрахунок зусиль натягу проводився за формулою:

$$N = \frac{m \cdot L^2}{a} \left[(2\pi F)^2 - \frac{a^2 \cdot EI}{L^4 \cdot m} + \frac{a \cdot 9.81 \cdot \sin \alpha}{2L} \right] \quad (1)$$

де N — зусилля натягу, Н;
 m — погонна маса, кг/м;
 EI — жорсткість перерізу канату, Н*м²;
 L — довжина канату, м;
 α — кут нахилу до горизонту;
 F — частота власної форми, Гц;
 a — $n\pi^2$ ($n = 1, 2, \dots$) номер форми коливань.

Ця формула враховує геометричні та фізичні параметри каната, проте її точність в основному залежить від правильності визначення власної частоти. Виявлено, що на результат значно впливає форма коливань. У нашому випадку найбільш вираженою була третя форма коливань, що дозволило отримати чіткий спектральний пік і зменшити похибку визначення частоти.

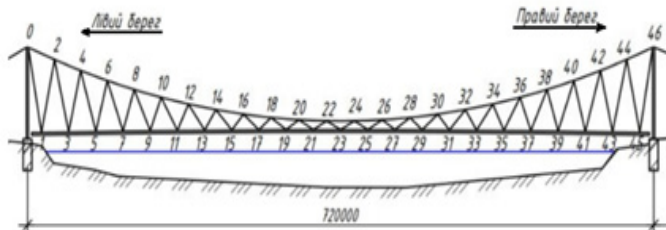


Рисунок 1 — Схема досліджуваного об'єкта



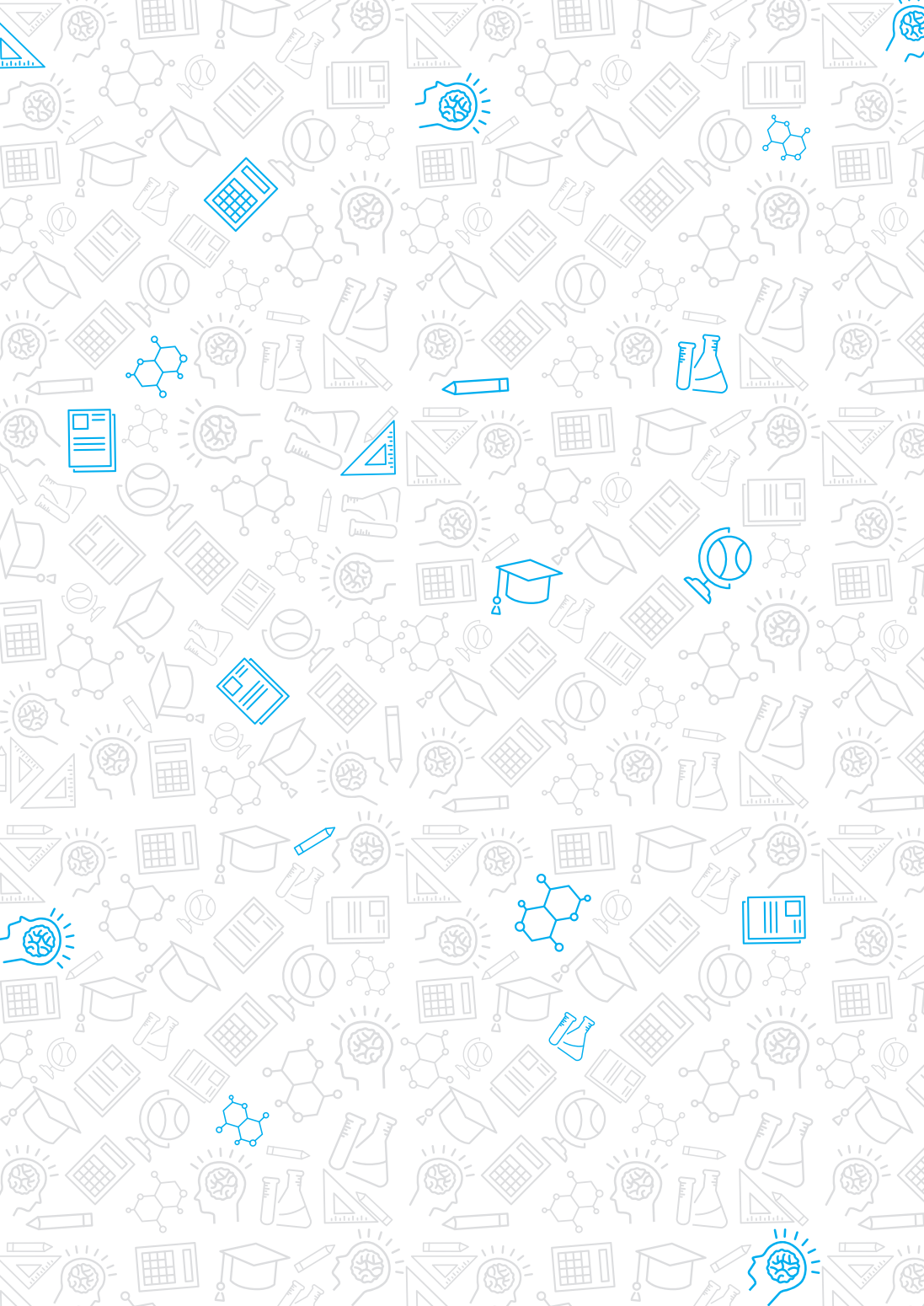
Рисунок 2 — Процес реєстрації коливань



Переваги динамічного методу були підтверджені під час вимірювань:

- точність не залежить від анкерного доступу;
- зменшується вплив похибок геометрії каната (довжина може визначатися скануванням);
- є можливість багаторазового повторення вимірювань для спостереження змін натягу в часі.

Висновки. Даний метод визначення натягу вант шляхом аналізу частоти власних коливань є ефективним, точним і придатним для застосування на діючих інженерних спорудах без необхідності втручання в конструкцію. Досвід використання цього методу на вантовому аміакопроводі показав його високу інформативність і практичність навіть у складних умовах. Метод дозволяє виявити ослаблення натягу, визначити форму коливань, а також здійснювати моніторинг зусиль у часі. Отримані результати можуть слугувати основою для ухвалення технічних рішень щодо регулювання або заміни вант, а також впровадження систем постійного моніторингу для запобігання втраті несучої здатності споруд.





ПОРУШЕННЯ ТЕРМІНІВ РЕГУЛЯРНИХ ОБСТЕЖЕНЬ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД ТА ЇХ НАСЛІДКИ

Максим БОРИСЕВИЧ,

*молодший науковий співробітник відділу будівельних конструкцій
Центру мостів та будівельних конструкцій державного підприємства
«Національний інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0000-0003-1391-4437>*

Постановка проблеми. Транспортні споруди (мости, шляхопроводи, тунелі, естакади) є критично важливою складовою інфраструктури будь-якої країни, забезпечуючи транспортні зв'язки, економічну діяльність та мобільність населення. Їх надійна та безпечна експлуатація є надзвичайно важливою.

Регулярні обстеження є ключовим елементом системи управління станом цих споруд, дозволяючи своєчасно виявляти дефекти, запобігати аваріям та забезпечувати довговічність об'єктів.

Порушення термінів проведення таких обстежень може мати серйозні наслідки, включаючи загрозу для життя людей, значні економічні збитки та негативний вплив на навколишнє середовище.

Основна частина. Нормативні документи регламентують визначення типів обстежень та їхньої періодичності, вимоги до кваліфікації організацій та фахівців та порядок ведення документації транспортних споруд в Україні:

- ДБН В.2.3-6:2009 Мости та труби. Обстеження і випробування;
- ДСТУ 9123:2021 Настанова з обстеження і випробування мостів і труб.

Огляд основних будівельних норм і правил, що регламентують проведення обстежень транспортних споруд в Україні.

Визначення типів обстежень та їхньої періодичності залежно від типу споруди, її віку, інтенсивності руху, кліматичних умов та інших факторів.

Типові дефекти та пошкодження транспортних споруд

Огляд найбільш поширених видів пошкоджень для різних типів транспортних споруд:

- мости та шляхопроводи: тріщини в бетоні та залізобетоні, корозія арматури та металевих елементів, руйнування опорних частин, деформації прогонових будов, пошкодження мостового полотна.
- естакади: пошкодження опор, деформації балок та плит проїзної частини, знос поверхонь.

Фактори, що сприяють розвитку дефектів:

- природні фактори (кліматичні умови, вологість, температурні коливання, сейсмічна активність);
- транспортні навантаження (інтенсивність та склад руху, динамічні впливи);
- якість будівельних матеріалів та виконання будівельно-монтажних робіт;
- недостатнє або неналежне утримання та обслуговування споруд;
- вік споруд та знос конструкцій.



Наслідки порушення термінів регулярних обстежень

Підвищення ризику аварій та катастроф:

- несвоєчасне виявлення критичних дефектів, що можуть призвести до обвалення споруди або її частин;

- збільшення ймовірності дорожньо-транспортних пригод через погіршення стану проїзної частини (вибоїни, тріщини, руйнування покриття);

- порушення безпеки руху поїздів;

Збільшення витрат на ремонт та відновлення:

- вартість відновлення споруди після аварії значно перевищує витрати на своєчасне проведення обстежень та поточний ремонт;

- запущені дефекти потребують складніших та дорожчих ремонтних робіт, включаючи повну заміну конструкцій;

- зростання експлуатаційних витрат у зв'язку з необхідністю обмеження руху, організації об'їздів, проведення термінових ремонтних робіт;

Деградація дефектів

Наочний приклад деградації дефектів за відсутності вчасного обстеження і виконання ремонтних робіт деформаційних швів.

Висновки. Регулярні та своєчасні обстеження транспортних споруд є критично важливим фактором забезпечення їхньої безпечної та надійної експлуатації.

Порушення термінів обстежень призводить до підвищення ризику аварій, значних економічних збитків та негативних соціальних наслідків.

Необхідне неухильне дотримання вимог законодавства, впровадження сучасних методів діагностики та моніторингу, а також підвищення відповідальності всіх учасників процесу для забезпечення належного стану транспортної інфраструктури.



ДОСВІД ВЛАШТУВАННЯ АРМОГРУНТОВИХ ОПОР ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Борис МАЛООКИЙ,

аспірант Національного транспортного університету (НТУ),

<https://orcid.org/0009-0007-6586-7085>

Постановка проблеми. В сучасних умовах розвитку транспортної інфраструктури України все більшу актуальність набувають питання забезпечення надійності та довговічності елементів автомобільних доріг. Особливо, у контексті частих ремонтних робіт та відновлення інфраструктури після стихійних лих і військових дій, що, на жаль, стали реаліями нашого часу. Традиційні конструктивні рішення в проектуванні та будівництві підходів до мостових переходів (в тому числі і самих опор мостів), хоча й широко використовуються, часто виявляються неефективними в складних геотехнічних умовах. Це зумовлює необхідність пошуку нових технологій, які забезпечували б не лише надійність, але й економічну ефективність у довгостроковій перспективі. Одним із таких перспективних напрямків є застосування армоґрунтових опор, які представляють собою інтегровані конструкції з використанням геосинтетичних матеріалів для армування ґрунту.

Основна частина. У рамках дослідження проведено огляд сучасних підходів до проектування та будівництва армоґрунтових конструкцій в якості опор транспортних споруд. Виконано аналіз публікацій щодо історичного розвитку даної технології, та її основних конструктивних елементів.

Існує багато варіацій конструкції армоґрунтових опор:

- опори диванного типу;
- інтегрована мостова система (США);
- інтегрована мостова система з жорстким облицюванням на всю висоту (Японія);
- опори з розділеними функціями;
- армоґрунтові опори на палях;
- та інші.

Основний вектор дослідження спрямований на американську технологію, оскільки вона є більш економічно вигідною та простішою у будівництві порівняно із аналогами.

Система GRS-IBS була розроблена Федеральним управлінням автомобільних доріг (FHWA) в США. Як правило, GRS-IBS включає в себе опору з армованого ґрунту (GRS), армований ґрунтовий фундамент (RSF), армовану опорну частину, прогонову будову та інтегрований перехід. Типовий переріз та розрахункова схема зображені на рис. 1.

Фундамент складається із зернистого заповнювача, огорнутого геотекстилем, який ущільнюється, за рахунок чого збільшується несуча здатність і ширина опори GRS. Опора GRS представляє собою пошарово ущільнений ґрунт засипки із геоґратками, розташованими між шарами із



розрахунковим інтервалом. Прогонова будова вкладається безпосередньо на армогрунтову опору. Під місцем опирання балки влаштовується вторинне армування між шарами основного, яке забезпечує передачу навантаження від моста на GRS. Інтегрований перехід забезпечує плавний заїзд на транспортну споруду без потреби у влаштуванні перехідних плит та деформаційних швів.

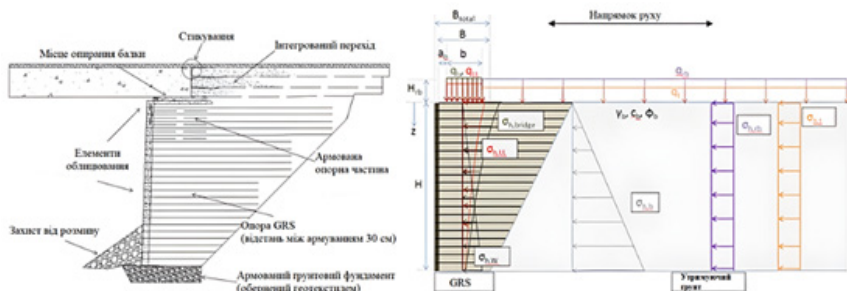


Рисунок 1 – Типовий переріз та розрахункова схема GRS-IBS

Наприкінці 2014 року в Словенії, а саме в селі Жеровинці було побудовано першу в Європі інтегровану мостову систему, яка поєднувала в собі американську та японську технології. На основі даних, отриманих з розташованого поруч залізобетонного мосту було проведено порівняння необхідної кількості бетону (*табл. 1*).

Таблиця 1 – Порівняння кількості бетону, необхідного для опор мосту в Жеровинцях у випадку опор з GRS та залізобетонних опор

Елемент	Необхідна кількість бетону [м³]		Різниця	
	Залізобетонні опори	GRS опори	[м³]	[%]
Палі (D = 100см, L = 24м)	75	-	75	-100
Оголовки паль (120/120 см)	23	-	23	-100
Опори (d = 50 см)	21	9	12	-57,1
Відкрилки (d = 30 см)	7	5	2	-28,5
Перехідні плити	12	-	12	-100
Прогонова будова	35,5	42	-6,5	18,3
Всього:	173,5	56	117,5	-67,7

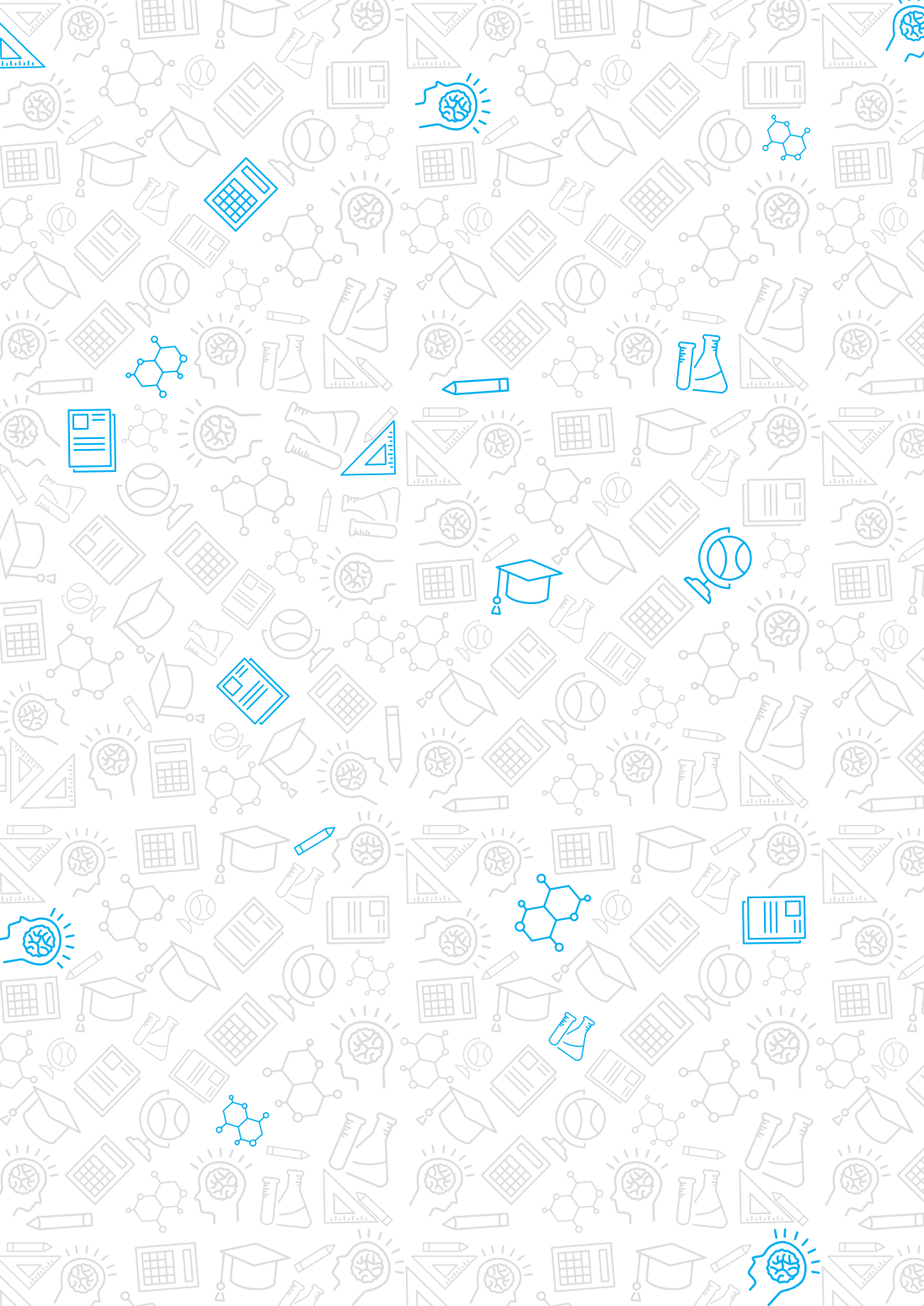


Результати показали, що у випадку зі залізобетонними опорами знадобилося б майже 120 м³ додаткового бетону порівняно з армованими ґрунтовими опорами.

Висновки. За результатами дослідження можна виділити основні переваги армоґрунтових опор:

- зниження витрат до 60 % в залежності від розрахункової схеми;
- прискорене будівництво мосту в порівнянні з традиційними методами;
- не потрібно спеціалізованої робочої сили;
- використання легкодоступних інструментів та обладнання;
- плавний заїзд на транспортну споруду, без потреби у влаштуванні перехідної плити;
- зниження навантаження на основу;
- адаптивність до нерівномірних осідань;
- можливість оздоблення фасадів декоративними елементами.

За умови правильного проєктування та дотримання технології будівництва, такі конструкції демонструють високу довговічність і ремонтпридатність.





ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ВАНТОВОГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Олег ВЕРЕТЕЛЬНИКОВ,

*молодший науковий співробітник відділу будівельних конструкцій
Центру мостів та будівельних конструкцій державного підприємства
«Національний інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0009-0002-4757-0134>*

Постановка проблеми. Використання сучасних методів інструментальних вимірювань при обстеженні інженерних споруд, особливо вантових мостів, є критично важливою для безпечної експлуатації та своєчасного виявлення дефектів. Традиційні методи часто трудомісткі та недостатньо детальні та мають обмежену кількість даних.

Лазерне сканування має значні переваги перед традиційними геодезичними методами для отримання точних та детальних геометричних параметрів складних об'єктів та ділянок з обмеженим або відсутнім до них доступом. Воно забезпечує високу швидкість, точність та деталізацію, створюючи щільні хмари точок, що відображають геометрію об'єкта з високою роздільною здатністю. Отримана тривимірна модель є цінним інструментом для аналізу та прийняття рішень щодо обслуговування.

Метою доповіді є демонстрація можливостей лазерного сканування для отримання геометричних параметрів вантового мостового переходу, які складно визначити традиційними інструментальними методами, з подальшим використанням цих даних для оцінки стану споруди.

Основна частина. Об'єктом дослідження є вантова мостова споруда з відстанню між пілонами 720,0 м. Берегові відтяжки кріпляться на відстані 150,0 м від лівого берега та 210,0 м від правого берега. Балка жорсткості виконана у вигляді двох висячих вертикальних ферм із труб круглого перерізу, з'єднаних підвісками, діагональними розкосами та поперечними балками. Канатні елементи мають діаметри 71,5 мм, 39,5 мм та 26,0 мм. Металеві пілони є рамами з А-подібними стійками висотою 87,0 м. Опори пілонів та анкерні опори берегових відтяжок – залізобетонні.

Складність конструкції мосту, що ускладнює визначення геометричних параметрів традиційними методами, зумовила необхідність застосування лазерного сканування.

Сканування проводилось тахеометром Trimble SX10 у тиху погоду (температура +15 °C до +19 °C, вітер східний до 2 м/с) з оптимальної кількості станцій для забезпечення максимального перекриття сканів, мінімізації тінювих зон та досягнення максимальної точності. Орієнтування виконувалось за допомогою існуючих та встановлених реперних точок.

Камеральна обробка включала фільтрацію шумів, зшивання сканів за реперними мітками, математичне коригування, прив'язку до системи координат та експорт даних для аналізу в САПР.



Визначалися наступні параметри:

- просторове положення пілонів та відхилення по вертикалі;
- провисання та довжина вантів;
- провисання, довжина та стріла кривої канатів вітрових відтяжок;
- відхилення балки жорсткості від осі споруди в плані;
- довжина горизонтальних відтяжок;
- кут нахилу та довжини похилих підвісок вантової ферми;
- стріла кривої головних кабелів та кабелів берегових відтяжок;
- висотне положення поясів вітрової ферми.

У процесі обробки хмари точок виявились певні складності, пов'язані з великими розмірами споруди та важкодоступністю деяких елементів, особливо розташованих у середині русла. Сканування з великої відстані призвело до зниження щільності хмари точок на цих ділянках. Отримання якісних даних з верхніх частин пілонів та точок кріплення вант було ускладнено через їхню висоту та наявність оглядового майданчика. Вимірювання довжин канатів між проушинами у вузлах об'єднання виявилось неможливим через недостатню деталізацію даних у цих зонах.

Незважаючи на зазначені труднощі, застосування лазерного сканування дозволило отримати значний обсяг цінних даних про геометричні параметри вантового мосту, що було б значно складніше або неможливо виконати традиційними методами. Отримана хмара точок стала основою для подальшого аналізу та оцінки стану споруди.

Висновки. Лазерне сканування є ефективним інструментом для отримання детальних та точних геометричних даних вантових мостових переходів. Використання хмари точок дозволяє визначити параметри, які складно або неможливо отримати традиційними методами. Отримані дані можуть бути використані для оцінки технічного стану мосту, порівняння з проектними значеннями та виявлення відхилень. Незважаючи на переваги, лазерне сканування має певні обмеження, які необхідно враховувати при плануванні та проведенні обстежень.

Враховуючи на певні обмеження доцільно комбінувати результати лазерного сканування із традиційними геодезичними методами та натурними обмірами, що забезпечує повноту інформації про об'єкт для проведення розрахунків та дозволяє точно визначити технічний стан та надійність споруди.



ПРОБЛЕМАТИКА УТРИМАННЯ МОСТОВИХ СПОРУД З ПРОГОНОВИМИ БУДОВАМИ ПОБУДОВАНИМИ ЗА ТИПОВИМ ПРОЄКТОМ ВТП-21

Олена ІВОНЕНКО,

молодший науковий співробітник лабораторії обстеження та випробування мостів відділу мостів Центру мостів та будівельних конструкцій державного підприємства «Національний інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0000-0003-4234-7419>

Постановка проблеми. Плити за проєктом ВТП-21 мають типові дефекти:

- поздовжні та поперечні тріщини;
- затікання води на плити та руйнування захисного шару бетону;
- оголення та корозія арматури.

Наслідки цих дефектів:

- порушення роботи конструкції;
- проникнення води та інших речовин;
- прискорена корозія арматури;
- зменшення несної здатності.

Для запобігання розвитку дефектів і довгої експлуатації моста необхідно:

- регулярно проводити огляди;
- проводити обстеження (згідно вимог нормативних документів);
- своєчасно виконувати роботи з утримання та ремонту за необхідності.

Основна частина. Об'єктом дослідження є вантова мостова споруда з відстанню між пілонами 720 м. Прогонова будова за типовим проєктом ВТП-21 являє собою збірну залізобетонну конструкцію, розраховану для мостів із малими та середніми прогонами. Плити довжиною 6,00 м, 12,00 м та 18,00 м з поздовжніми пустотами циліндричної форми, що забезпечують зменшення власної ваги та економію матеріалів. Плитні прогонові будови армовані попередньо напруженою стрижневою арматурою. Спільна робота плит забезпечується шпонковим з'єднанням. Проєктне навантаження Н-30, НК-80.



Рисунок 1 — Пошкодженні плити прогонової будови за типовим проєктом ВТП-21 внаслідок воєнного вторгнення

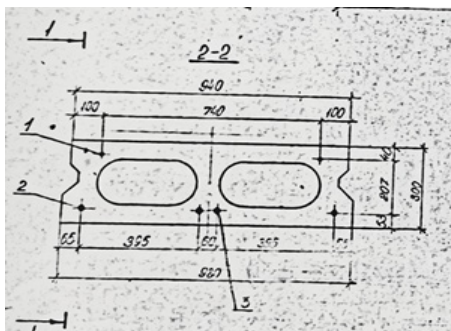


Рисунок 2 — Зображення армування попередньо напруженою арматурою плити довжиною 6 м

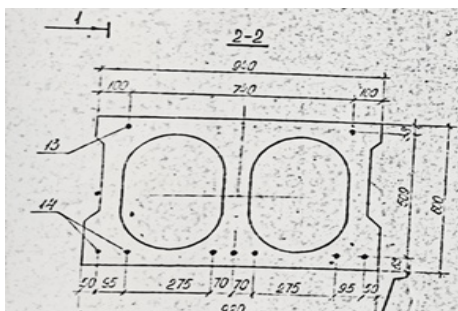


Рисунок 3 — Зображення армування попередньо напруженою арматурою плити довжиною 12 м

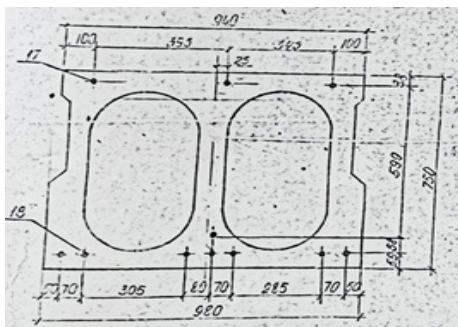


Рисунок 4 — Зображення армування попередньо напруженою арматурою плити довжиною 18 м



Експлуатаційний стан мостів на дорогах державного значення на підконтрольних територіях обстежених в період з 2018 р зазначені в **табл. 1**.

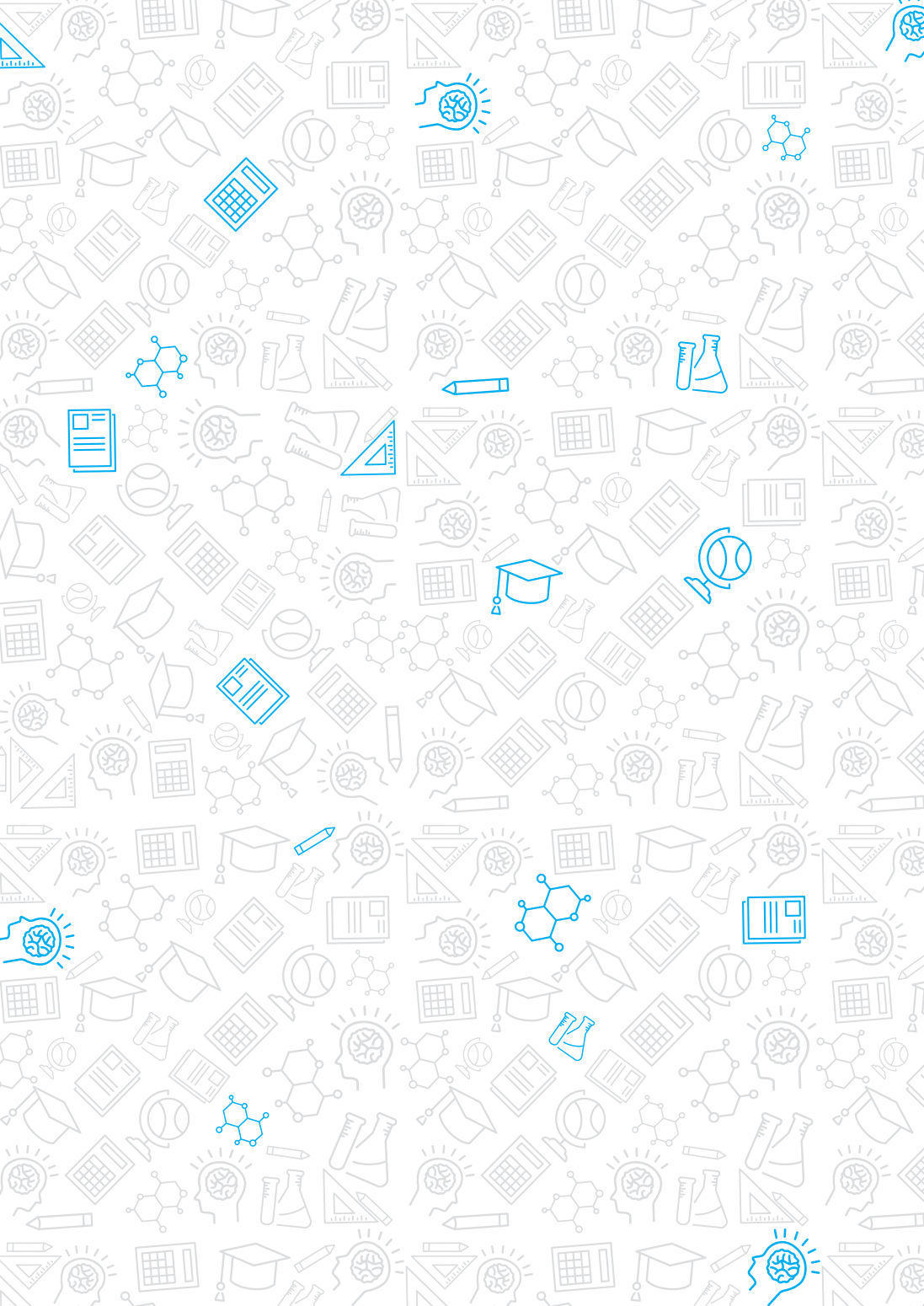
Таблиця 1 — Експлуатаційний стан мостів

Всього мостів, шт	Експлуатаційний стан				
	1	2	3	4	5
259	2	29	86	90	52

Переваги конструкцій виготовлених за типовим проєктом ВТП-21:

- швидке виробництво на заводах;
- мала вага конструкції;
- технологія влаштування - можливість швидкого монтажу завдяки збірній конструкції;
- раціональне використання матеріалів.

Висновки. Своєчасне виявлення та усунення незначних дефектів дозволяє уникнути масштабних руйнувань, подовжити строк служби моста, зменшити витрати на ремонтування та забезпечити безпеку руху по споруді.





ОПТИМІЗАЦІЯ КРИТЕРІЇВ ФОРМУВАННЯ ПЕРЕЛІКІВ ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ МОСТІВ

Леоніда ЧАЙКОВСЬКА,

*молодший науковий співробітник відділу мостів Центру мостів та
будівельних конструкцій державного підприємства «Національний інститут
розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0009-0006-4299-5140>*

Постановка проблеми. Ефективне управління мостовим господарством вимагає своєчасного отримання достовірної інформації щодо технічного стану транспортних споруд.

Одним із критичних викликів сьогодні є формування переліків транспортних споруд для технічного обстеження, яке здебільшого здійснюється переліком «ручного» формування, без урахування об'єктивних ознак пріоритетності. Такий підхід призводить до нерівномірного розподілу ресурсів, втрати часу та недостатнього охоплення критичних об'єктів.

Основна частина. Представлені критерії надано по мірі їх вагомості, при складанні плану обстежень мостів на 10 років встановлюється необхідність обстеження:

Критерії для формування планів з обстежень ПК АЕСУМ;

Зруйновані/пошкоджені мости в ході бойових дій;

Перебування споруди або її визначальних елементів в непрацездатному (п'ятому) технічному стані;

Проведення обстежень за індивідуальним планом;

Відсутність інформації з обстеження в ПК АЕСУМ;

Перебування споруди в четвертому технічному стані;

Відсутність інформації за результатами обстежень, що передусе передачі в експлуатацію після завершення будівництва нової споруди або після реконструкції існуючої;

Відсутність інформації щодо зміни технічного стану моста після виконання ремонту;

Перебування моста на міжнародному транспортному коридорі;

Проблемний типовий проєкт прогонової будови;

Адміністративне значення дороги;

Категорія дороги;

Шляхопроводи через залізницю;

Інші шляхопроводи;

Довжина моста;

Матеріал моста.

На даний момент перелік об'єктів, сформований за «ручним» підходом, суттєво відрізняється за кількістю від переліку, сформованого на основі бази даних ПК АЕСУМ.

Застосування «ручного» підходу до формування річного переліку обстежень несе ризик ігнорування транспортних споруд, що потребують більшої уваги через критичний технічний стан. Це може призвести до суттєвого



погіршення їхнього стану або навіть до повного руйнування конструкцій, що, в свою чергу, спричинить значно вищі фінансові витрати порівняно з вчасним проведенням обстежень та ремонтних робіт.

Застосування зазначених критеріїв дозволяє уникнути ігнорування споруд, що потребують термінового обстеження, особливо в умовах обмеженого фінансування.

Критерії формування переліку з урахуванням поточного фінансування:

Мости в 5 технічному стані, які обстежувались до 2023 року;

Мости на Міжнародних та Національних дорогах які, не обстежені;

Мости в 5 технічному стані які, обстежувались 2023-2024 роках;

Мости в 4 технічному стані які, обстежувались до 2020 року;

Мости на Міжнародних та Національних дорогах, які не обстежувались 10 років;

Мости в 4 технічному стані, які обстежувались 2020-2024 роках;

Мости більше 100 метрів ,які не обстежувались більше 10 років;

Мости старші 60 років, які не обстежувались.

Висновки. Своєчасне обстеження мостів та інших транспортних споруд є ключовим елементом забезпечення їхньої надійності, безпеки та довговічності.

Застосування чітко визначених критеріїв першочерговості обстеження дозволяє ефективно розподіляти наявні ресурси, зосереджуючи увагу на об'єктах з найвищим рівнем ризику, що особливо актуально в умовах обмеженого фінансування.

Регулярне та своєчасне обстеження сприяє оптимізації витрат на реконструкцію та ремонт, запобігаючи значним збиткам, які можуть виникнути внаслідок аварій або повного руйнування конструкцій.

Достовірні результати технічного обстеження забезпечують коректність прийняття проектних рішень, що безпосередньо впливає на якість і терміни виконання будівельно-ремонтних робіт.

Оперативне виявлення пошкоджень та дефектів дозволяє своєчасно планувати й реалізовувати ремонтні заходи, знижуючи ризик виникнення надзвичайних ситуацій.



ВИКОРИСТАННЯ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА ТА ПЛАСТИФІКАТОРІВ У ЦЕМЕНТОБЕТОНІ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Євген ЯРОВИЙ,

аспірант Київського інституту залізничного транспорту НТУ
<https://orcid.org/0009-0007-0767-7195>

Артем МАЛЕНКО,

аспірант Київського інституту залізничного транспорту НТУ
<https://orcid.org/0009-0002-1414-8738>

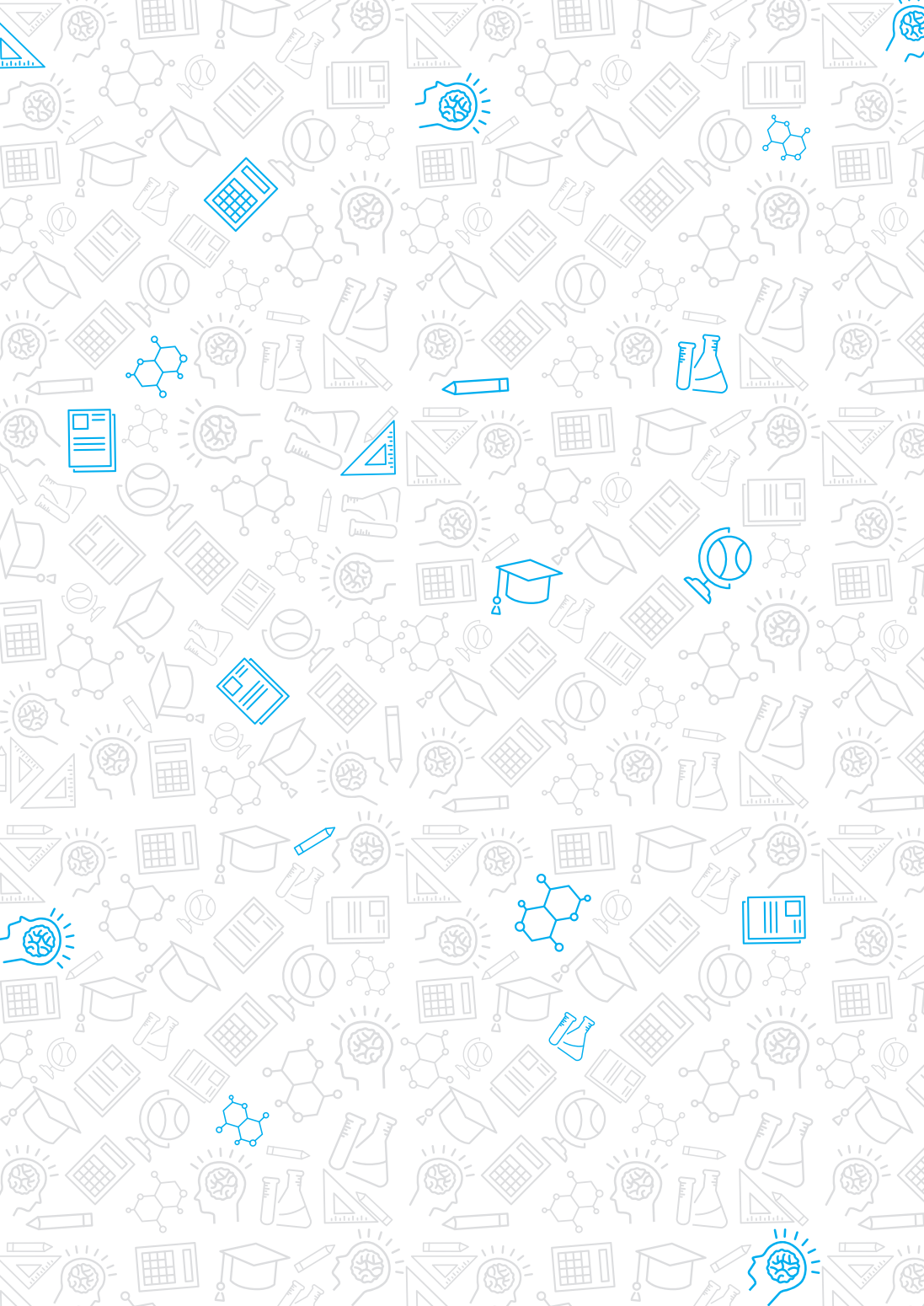
Олександра ДОРОШЕНКО,

кандидат технічних наук, доцент кафедри залізничної колії та колійного господарства Київського інституту залізничного транспорту НТУ
<https://orcid.org/0000-0002-6724-0709>

Постановка проблеми. Загальна протяжність цементобетонних доріг у світі становить понад 40 %, тоді як в Україні більш ніж 95 % доріг з асфальтобетонним покриттям. При цьому обсяги виробництва цементу щорічно зростають. Причиною, що стримує упровадження цементобетону для покриття доріг, є його невисока міцність при вигині. Одним з рішень зазначеної проблеми є використання армуючих компонентів, зокрема неметалевої фібри, наприклад базальтового волокна. Однак базальтове волокно характеризується низькою лугостійкістю. Підвищення ефективності базальтової фібри можливе завдяки її модифікації. Використання модифікованої фібри при виробництві дорожнього дрібнозернистого цементобетону дасть змогу отримувати матеріали з необхідними техніко- експлуатаційними характеристиками. Також до перспективних способів підвищення характеристик міцності матеріалів належить дисперсне армування. Для цього використовують широкий спектр армувальних компонентів. При цьому ефективність дисперсного армування бетону і будівельних розчинів безпосередньо залежить від правильного вибору виду волокон відповідно до функціонального призначення армованого матеріалу.

Основна частина. Отримання ефективних будівельних матеріалів і виробів, до яких сьогодні ставляться все більш високі вимоги, може бути досягнуто застосуванням технологій, які використовують композиційні матеріали. Одним з перспективних конструкційних матеріалів є мікроармовані бетони. У таких матеріалах сполучаються матриця, що має високу міцність на стиск, і волокно, що характеризується значним опором розриву і високим модулем пружності.

Висновки. Проектування та реалізація об'їзної дороги навколо с. Черкаська Лозова та м. Дергачі є стратегічно важливим кроком для вирішення існуючих транспортних, екологічних та соціальних проблем регіону. Застосування сучасних технологій проектування, інноваційних матеріалів та комплексних рішень у сфері безпеки руху та екології дозволяє забезпечити довговічність та ефективність об'єкта. Реалізація проекту сприятиме зниженню аварійності, покращенню екологічного стану, підвищенню рівня безпеки та комфорту місцевих мешканців, а також забезпечить сталий розвиток території, створюючи нові можливості для соціально-економічного зростання громад.





ГІДРОАКУСТИЧНІ МЕТОДИ ОБСТЕЖЕННЯ ПІДВОДНОЇ ЧАСТИНИ ОПОР МОСТІВ

Богдан ЗЕЛЕНСЬКИЙ,

*завідувач відділу мостів Центру мостів та будівельних конструкцій
державного підприємства «Національний інститут розвитку
інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0000-0002-9949-3209>*

Постановка проблеми. Підводна частина опор мостів зазнає значного впливу гідрологічних і фізико-механічних факторів, що призводить до утворення вимойн, підмивів і пошкоджень. Обстеження цих зон традиційно виконується водолазами, але це трудомісткий, небезпечний і затратний процес. Для швидкої локалізації проблемних ділянок та підвищення ефективності робіт доцільно використовувати гідроакустичні методи – зокрема ехолоти та підводні дрони.

Основна частина. Гідроакустичні методи базуються на аналізі відбитих звукових хвиль, які дозволяють відтворити рельєф дна та зафіксувати потенційно небезпечні зони біля мостових опор. Ехолоти (одно- та багатопроменеві) формують профілі або 3D-моделі дна, виявляючи вимоїни, западини, засмічення. Застосування бокових і кругових сонарів розширює можливості огляду навіть у каламутній воді.



Рисунок 1 — Ехолот / картплоттер із датчиком



Рисунок 2 — Зображення профіля дна



Рисунок 3 — Зафіксований локальний розмив підводної частини опори

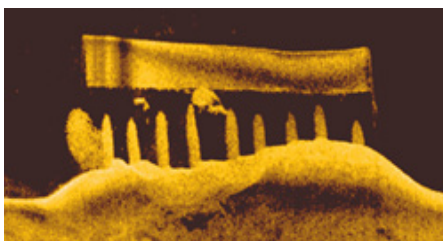


Рисунок 4 — Зафіксований розмив підводної частини опори по всьому периметру

Для підвищення точності доцільно поєднувати ехолот із підводним дроном (ROV), який проводить візуальне обстеження конструкцій на виявлених проблемних ділянках. Такий підхід забезпечує ефективне охоплення площі та уточнення пошкоджень без ризику для водолазів.

Переваги: безконтактність, безпека, швидкість зйомки, висока деталізація, можливість динамічного моніторингу.

Недоліки: не замінює контактне обстеження, обмеження при сильній течії чи глибоких шарах мулу, висока вартість обладнання.

Хоча гідроакустика не забезпечує повного огляду конструкцій, вона є ефективним експрес-методом, що дозволяє локалізувати зони пошкоджень та оптимізувати подальші водолазні роботи.

Висновки. Гідроакустичні методи дозволяють оперативно й безпечно виявляти пошкодження підводної частини мостових опор. Поєднання ехолота та підводного дрона забезпечує комплексну оцінку стану конструкцій. Це дає змогу зменшити обсяг занурень водолазів, підвищити ефективність обстеження та інтегрувати отримані дані у цифрові моделі для подальшого моніторингу. Водночас гідроакустика не замінює повністю роботу водолазів, а виконує функцію швидкої попередньої діагностики.



ПРИЧИНИ РУЙНУВАННЯ МОСТІВ У СВІТОВІЙ ТА УКРАЇНСЬКІЙ ПРАКТИЦІ: ПРОБЛЕМА ДЕФІЦИТУ ВІДКРИТОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО КОНКТРЕТНІ АВАРІЇ

Ярослав СМАГЛО,

аспірант Харківського національного автомобільно-дорожнього
університету (ХНАДУ),

<https://orcid.org/0009-0004-8806-7812>

Постановка проблеми. Аварійний стан або суттєве погіршення стану мостів на ключових автодорогах України може серйозно порушити функціонування всієї транспортної мережі країни, а також призвести до негативних впливів на її економіку та загальну безпеку.

Надійність мосту насамперед залежить від того, наскільки він здатен стабільно функціонувати за призначенням протягом проектного періоду експлуатації. Одним з важливих аспектів надійності мостів є здатність працювати без відмов.

Відмову моста, його окремих частин або елементів можна розглядати як стан, за якого споруда втрачає можливість виконувати своє призначення що, у свою чергу, може спричинити суттєві матеріальні збитки чи соціальні втрати.

Стан мостів напряму залежить від економічних умов у регіоні, де розташована споруда, її конструктивних особливостей, призначення, часу проведеного у експлуатації та матеріалів, використаних під час будівництва. За результатами досліджень, що описані в роботі понад 70 % аварій, пов'язаних із мостовими спорудами, сталися внаслідок п'яти ключових чинників: руйнуючої дії води (зокрема повені та розмиви), зіткнення з конструкцією, перенавантаження та помилок, допущених під час проектування чи будівельних роботах. При цьому перші три з названих чинників спричиняють понад 40 % усіх зареєстрованих випадків руйнувань.

Основна частина. Єдиної загальноприйнятої системи класифікації причин аварій на мостах не існує. На стан мостів впливає багато чинників, які в працях поділяються на дві основні категорії: природного походження і антропогенного. За таким діленням в межах цієї роботи наводимо перелік причин руйнування мостів.

Природні фактори:

- Сейсмічне навантаження;
- Виверження вулкану;
- Лахар;
- Виверження грязьового вулкану;
- Селевий потік;
- Обвал мас гірських порід, осип породи, каменепад;
- Деформації ґрунтової основи (втрата міцності ґрунту через його розрідження, зсув ґрунту, осідання, провал, карстовий провал, морозне пучення,



нерівномірне осідання опор, тиск ґрунту насипу, ерозія чи суфозія ґрунту, абразія, розмив русла тощо);

- Льодові та снігові навантаження (крупний град більше 20 мм, дуже сильний снігопад, мокрий сніг, обвал снігових або льодяних брил, снігова лавина, ожеледь, зсув льоду, льодохід, льодостав, затори та зажори льоду);

- Температурні навантаження (температура повітря мінус 30° С і нижче, температура повітря плюс 35° С і вище, різкі перепади температури зовнішнього повітря, нерівномірний вплив сонячного випромінювання);

- Вплив води (сильна злива, паводок, водопілля чи повінь, повідь, підвищення рівня ґрунтових вод, гідростатичний тиск, припливи, відливи, накат хвиль, цунамі);

- Зіткнення дрейфуючих об'єктів з мостом (льодовик, корчехід тощо);

- Вітрове навантаження (сильний вітер, шквал, шторм, ураган чи тайфун, смерч);

- Лісова, степова, польова пожежі;

- Влучання блискавки;

- Деградація матеріалу мосту (втрата міцності бетону, корозія металу, повзучість і усадка матеріалів);

- Агресивна дія води, повітря, ґрунтів через природне забруднення (фізичне, хімічне).

Антропогенні (людські) фактори

- Ударне чи вибухове навантаження від дії транспортних засобів, (автомобільний, водний, авіаційний, рейковий);

- Пожежа викликана аварією транспортних засобів чи іншими надзвичайними подіями;

- Відцентрові зусилля, гальмівні або від сили тяги транспортних засобів;

- Фізичний стан водія, недотримання ПДР, що призводить до зіткнення зі спорудою;

- Замалі габарити проїзду на мосту чи підмостового простору;

- Перевантаження мосту;

- Пішохідне навантаження та його вібраційний характер;

- ДТП на мосту або поруч з ним з потраплянням на споруду небезпечних речовин;

- Аварія на трубопроводі, газопроводі, нафтопроводі, продуктопроводі чи водопроводі з потраплянням небезпечних речовин на конструкції мосту;

- Аварія на промислових об'єктах з викиданням небезпечних речовин, які проконтактують з конструкціями мосту;

- Дія вибухонебезпечних предметів, застарілих боєприпасів поруч з мостом;

- Воєнні чи терористичні дії із використанням вибухових матеріалів або вибухових пристроїв; боєприпасів, вогнепальної зброї, зброї масового ураження;

- Прорив греблі (дамби, шлюзу тощо) з утворенням хвилі прориву, проривної повені, затоплення;

- Вандалізм;

- Зміна русла через діяльність людини;

- Помилки проектування (недосконалість нормативних вимог,



недосконалість методів розрахунку, недостатнє армування, ненадійна конструкція водовідводу тощо);

- Помилки при будівництві чи ремонтних роботах (технологія зведення, необґрунтоване прискорення темпів будівництва, низька якість будівельних робіт та матеріалів тощо);
- Недоліки експлуатаційного обслуговування (обмежене фінансування, відсутність технічного нагляду тощо);
- Помилки при монтажних роботах, реконструкції чи ремонті;
- Тривалий час використання мосту;
- Прогресуюче руйнування.

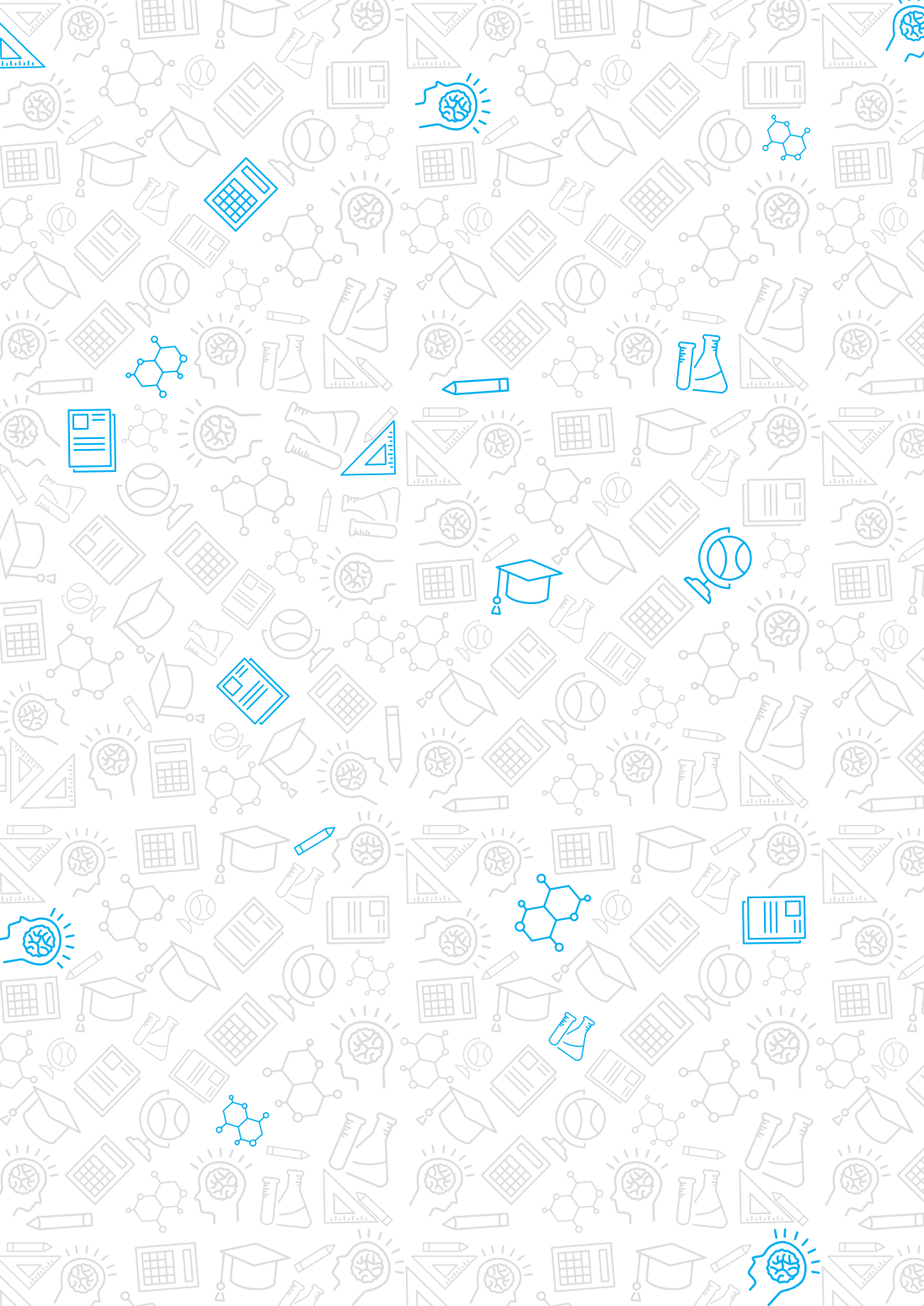
Природні та антропогенні фактори впливу також можуть стати причиною руйнування мосту коли діють на споруду в комбінації один з одним, тоді вони носять змішаний природно-антропогенний характер.

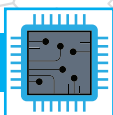
Висновки. Починаючи з 1960-х років, у США та країнах Європи почастишали випадки руйнування мостів, вік яких становить від 50 до 100 років. Ці регіони зіткнулися з явищем, яке називають «пасткою старіння» - коли значна частина транспортної інфраструктури одночасно досягає критичної межі зносу, що пов'язано із завершенням проектного строку експлуатації.

В Україні подібна ситуація теж стає загрозливою реальністю, тому що вік все більшої кількості автомобільних мостів наближається до кінця свого розрахункового терміну використання. У деяких регіонах країни середній вік мостів на дорогах державного значення перевищує 65 років, а на мережі місцевих доріг навіть 100 років.

Водночас з цим дослідження випадків руйнування мостів України частіше за все залишаються не проаналізованими і не висвітленими у відкритих наукових джерелах. Публікації, що вивчають причини конкретних інцидентів, україн поодинокі і в них часто не має детального опису обставин та висновків аварій.

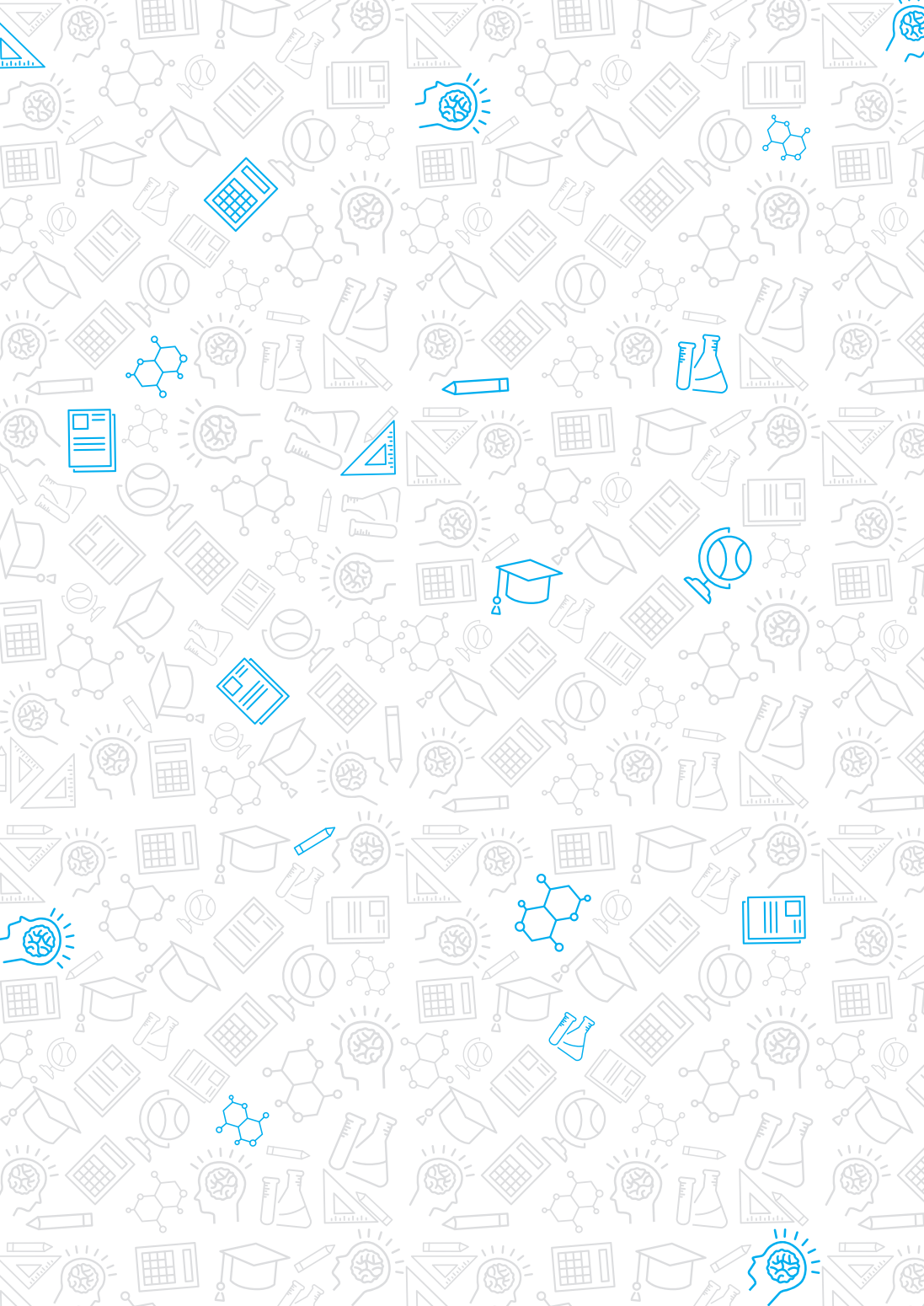
Значна частина інформації про випадки руйнувань зберігається лише в закритих службових звітах, що ускладнює не лише формування колективного досвіду проектування, будівництва та експлуатації, але й обмежує можливості для системного аналізу таких випадків дослідниками.





ТЕМАТИЧНИЙ НАПРЯМОК

СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ТА ЦИФРОВІЗАЦІЯ





МОДЕЛЮВАННЯ ФУНДАМЕНТІВ НОВИХ МОСТІВ В ПК PLAXIS 3D В КОНТЕКСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Владислав ФІТАРОВ,

*аспірант Харківського національного автомобільно-дорожнього
університету (ХНАДУ),*

<https://orcid.org/0000-0003-0478-3893>

Постановка проблеми. За інформацією Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури, від початку повномасштабної війни в Україні було зруйновано 346 мостів. Більш того, результати роботи комісії з перевірки стану мостових споруд показали, що з понад 25 тисяч обстежених мостів по всій країні кожен четвертий знаходиться в критичному стані. У зв'язку з цим гостро постає питання відновлення старих та побудови нових мостових споруд.

При будівництві нових мостів одним з найважливіших та дороговартісних елементів (~60 % від загальної вартості споруди) є фундамент. Так, при проєктуванні фундаментів інженерами-геотехніками широко використовуються програмні комплекси, які використовують метод скінченних елементів, завдяки їх здатності моделювати складні взаємодії ґрунту та конструкції та надавати детальне розуміння поведінки фундаментів за різних умов навантаження. Одним з таких програмних комплексів є PLAXIS 3D. Він пропонує розширені можливості моделювання взаємодії ґрунту та конструкції, дозволяючи інженерам аналізувати та моделювати фундаменти, схили, тунелі та інші геотехнічні споруди.

Основна частина. Мета дослідження. Дослідити можливості та ефективність моделювання фундаментів мостових споруд методом скінченних елементів у програмному комплексі PLAXIS 3D. Фундаменти мостів

Фундаменти мостів мають ключове значення з точки зору стійкості конструкції та розподілу напруження від навантажень у ґрунтову основу. Вибір типу фундаменту мостових конструкцій залежить від величини та характеру навантажень, інженерно-геологічних умов, технологічних обмежень та бюджету на будівництво. У будівництві мостів зустрічаються фундаменти наступних типів:

- плитні фундаменти;
- пальові фундаменти;
- плитно-пальові / пальово-плитні фундаменти;
- та інші.

Аналіз фундаменту мосту

Аналіз конструкції фундаменту зазвичай складається з наступних етапів:

1. Створення скінченно-елементної моделі фундаменту та попередня оцінка його типу та геометрії;
2. Калібрування моделі конструкції, ітеративний процес, під час якого оцінюються навантаження на фундамент та відповідні параметри фундаменту під дією цих навантажень. Тип фундаменту та його геометрія можуть змінюватися під час цього процесу. Верифікація отриманої моделі;
3. Фінальний аналіз змодельованого фундаменту та звіт про результати аналізу.



Моделювання у ПК PLAXIS 3D.

PLAXIS 3D — це програмний комплекс, який використовує метод скінченних елементів для моделювання геотехнічних проблем, таких як деформація ґрунту і гірських порід, розподіл навантажень і зусиль, тиск води, просочування, консолідація тощо. Даний ПК також підтримує різні типи навантажень та граничних умов, такі як гравітація, прикладені сили, переміщення, температури та сейсмічні хвилі. PLAXIS пропонує широкий спектр моделей ґрунтів (лінійно-пружна модель, пружноідеальнопластична модель Кулона-Мора, Hardening Soil та інші) та конструкцій, що дозволяє моделювати різні геотехнічні задачі, такі як: фундаменти, котловани; стіни у ґрунті; укріплення ґрунтів; тунелі; насипи; схили; сейсмічний аналіз та інші.

Проект пальово-плитного фундаменту нового мосту на ділянці автомагістралі А45 Гіссен-Ашаффенбург, Німеччина.

В межах дослідження ефективності моделювання фундаментів мостових споруд у ПК PLAXIS 3D, був розглянутий проєкт нового мосту на ділянці автомагістралі А45 Гіссен-Ашаффенбург, Німеччина, де під опори мосту був розроблений пальово-плитний фундамент.

Пальово-плитний фундамент це система, де навантаження від споруди розподіляються між палями і плитою ростверку. Цей вид фундаментів зарекомендував себе як альтернатива пальовим фундаментам зі значною економією бюджету на будівництво. Моделювання інженерно-геологічних умов в ПК PLAXIS 3D.

Під час моделювання геотехнічної задачі були задані інженерно-геологічні умови району будівництва, які характеризуються наступними типами ґрунтів:

B2 – Мул/глина (четвертинні заплавні суглинки);

B3 – Гравій та піски (четвертинні відклади);

B4 – Глини та піски (третинні відклади);

B5 – Глини з деревиною та вугіллям (третинний відклади).

Згідно з вихідними даними для проєктування, рівень ґрунтових вод був прийнятий безпосередньо під фундаментною плитою.

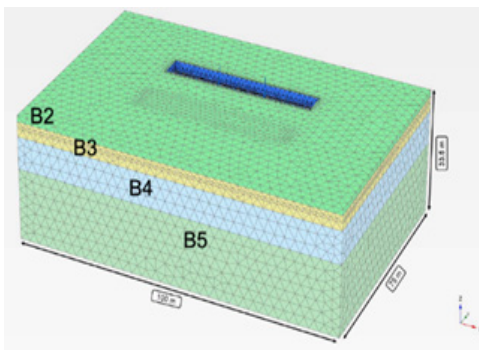


Рисунок 1 — Модель шарів ґрунту ділянки проєкту в PLAXIS 3D (Hardening Soil)



Моделювання фундаменту мосту в ПК PLAXIS 3D. Змодельований пальово-плитний фундамент має наступні параметри:

Плита:

Довжина – 46 м;

Ширина – 6,25 м;

Товщина – 1,30 м.

Палі:

Діаметр – 1,20 м;

Довжина – 9,90 м;

Крок – 5,20-7,40 м, два ряди.

Навантаження, що сприймається фундаментом: 59,9 МН.

В цій моделі палі були задані як суцільне тверде тіло, а плита – пластина, відокремлена від ґрунту підпірними стінками по всьому периметру.

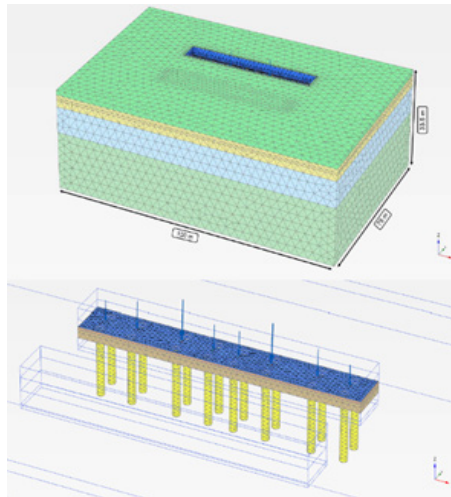


Рисунок 2 — Моделювання фундаменту мосту в ПК PLAXIS 3D

В ході проведеного моделювання були отримані результати осідань пальово-плитного фундаменту, які склали приблизно 0,9-1,3 см.

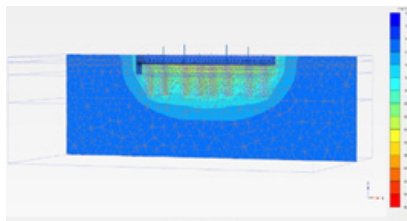


Рисунок 3 — Ізополя осідань пальово-плитного фундаменту у розрізі



Нахил фундаменту становить приблизно $\psi = 1/3260$. Так, вимоги до ефективності фундаменту, отримані в рамках технічного завдання на проектування, були задоволені.

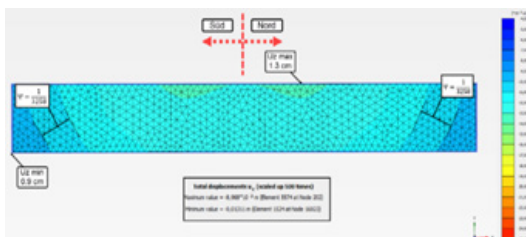


Рисунок 4 — Ізополя осідань пальово-плитного фундаменту у плані

Критерій оцінки взаємодії елементів пальово-плитного фундаменту

Основним критерієм оцінки взаємодії елементів пальово-плитного фундаменту є пальово-плитний коефіцієнт, який полягає у відношенні суми навантаження, що сприймає пальова складова, до загального навантаження від споруди та описаний рівністю. Якщо цей коефіцієнт дорівнює 0, то пальово-плитна система працює як плитний фундамент, якщо 1 – як пальовий фундамент. Для того, щоб пальово-плитна система працювала як пальово-плитний фундамент, повинна бути задоволена тотожність.

$$P_{tot} = P_r + \sum P_p \quad (1)$$

де P_{tot} – загальне навантаження від споруди;
 P_r – навантаження, що сприймається плитою;
 $\sum P_p$ – сума навантажень, що сприймаються пальовою складовою.

$$a_{pr} = \frac{\sum P_p}{P_{tot}} \quad (2)$$

де a_{pr} – пальово-плитний коефіцієнт.

$$0 < a_{pr} < 1. \quad (3)$$

Так, сумарне навантаження на фундамент, змодельований в PLAXIS 3D, дорівнює 59,9 МН, з яких 40,6 МН сприймаються пальовою складовою, а 19,3 – плитною:

$$a_{pr} = \frac{40,6 \text{ МН}}{59,9 \text{ МН}} = 0,68$$

З огляду на те, що палі сприймають 68% від усіх навантажень, змодельований фундамент класифікується як пальово-плитний.



Висновки. Проведене дослідження показало, що PLAXIS 3D є потужним та ефективним ПК для моделювання фундаментів конструкцій, що потребують особливої уваги, таких як мости. PLAXIS 3D має велику базу моделей ґрунтів, конструкцій та навантажень, моделюючи тривимірні геотехнічні задачі будь-якої складності. Також в даному ПК є широкий спектр інструментів для зручного та інформативного аналізу переміщень, напружень та інших результатів моделювання, такі як ізополя, таблиці, епюри і т. д.

Також варто зазначити, що з огляду на економічні переваги змодельованого пальово-плитного фундаменту та важливість повоєнного відновлення цивільної інфраструктури України, дослідження цієї геотехнічної системи у мостових спорудах та розвиток наукових основ її моделювання є актуальним і перспективним напрямом у механіці ґрунтів та фундаментобудуванні в українській практиці.

Метою подальших досліджень є обґрунтування раціональних параметрів пальово-плитних фундаментів мостових конструкцій із застосуванням методу скінченних елементів за допомогою програмного комплексу PLAXIS 3D.



ТЕОРЕТИКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ ЗДІЙСНЕННЯ ОБЛІКУ ДОВЖИНИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА ОСНОВІ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

Михайло ДУЛЯ,

*молодший науковий співробітник відділу мостів Центру мостів та
будівельних конструкцій державного підприємства «Національний інститут
розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0000-0002-1916-8642>*

Постановка проблеми. Без достовірної інформації про мережу автомобільних доріг та її завантаженості транспортними потоками, неможливе адекватне обґрунтування розподілу фінансів на утримання та ремонт доріг. Мережа автомобільних доріг постійно зазнає значних змін, як і через руйнування внаслідок повномасштабного вторгнення російської федерації, природну деградацію, так і в результаті змін логістичних маршрутів, що викликає потребу у опрацюванні інформації, що динамічно знінюється, для прийняття найбільш оптимальних рішень. Одним із основних аспектів є ефективний облік довжини автомобільних доріг. Традиційні методи обліку часто не забезпечують необхідної точності та оперативності, що ускладнює планування, фінансування та експлуатацію дорожньої мережі. Використання просторових даних та геоінформаційних систем (ГІС) відкриває нові можливості для вдосконалення облікових процесів, забезпечуючи точність, актуальність та інтеграцію з іншими інформаційними системами. Однак впровадження таких технологій потребує чіткого теоретико-організаційного обґрунтування та адаптації до національних умов.

Основна частина. Облік довжини автомобільних доріг є важливою складовою управління транспортною інфраструктурою. Він забезпечує інформаційну базу для планування, фінансування, експлуатації та розвитку дорожньої мережі. Традиційно облік здійснюється на основі інвентаризаційних даних, що часто є застарілими та не відповідають реальному стану доріг. Це призводить до неефективного використання ресурсів та ускладнює прийняття управлінських рішень. Використання просторових даних та ГІС дозволяє автоматизувати процес обліку, забезпечити його точність та актуальність. ГІС-технології дозволяють інтегрувати різноманітні джерела інформації, включаючи супутникові знімки, дані GPS, результати аерофотозйомки, що забезпечує комплексний підхід до обліку дорожньої мережі. Впровадження просторових даних в облік довжини автомобільних доріг потребує розробки відповідної нормативно-правової бази, стандартизації процесів збору та обробки даних, а також підготовки кваліфікованих кадрів. Необхідно визначити відповідальні органи за ведення обліку, встановити порядок оновлення та верифікації даних, забезпечити інтеграцію з іншими інформаційними системами.

Досвід інших країн свідчить про ефективність використання ГІС у сфері управління транспортною інфраструктурою. Наприклад, у США та країнах ЄС активно використовуються національні геопортالي, що містять актуальні дані



про дорожню мережу, що сприяє прозорості та ефективності управління. Технічна реалізація обліку довжини доріг на основі просторових даних передбачає використання сучасних технологій збору та обробки інформації. Отримані дані обробляються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, що дозволяє створювати точні цифрові моделі дорожньої мережі.

Важливим аспектом є забезпечення сумісності даних з існуючими інформаційними системами, що дозволяє інтегрувати облік довжини доріг з іншими видами обліку, такими як облік стану покриття, інтенсивності руху, аварійності тощо. Крім того, точна та актуальна інформація про дорожню мережу є важливою для розвитку логістики, туризму, екологічного моніторингу. Це підвищить прозорість управління, залучення громадськості до процесів планування та контролю, покращення якості життя населення за рахунок розвитку інфраструктури.

В Україні впровадження просторових даних в облік довжини автомобільних доріг стикається з низкою викликів, серед яких: недостатнє фінансування, відсутність єдиної нормативно-правової бази, обмежена кількість кваліфікованих фахівців, низький рівень технічного забезпечення. Однак існують і перспективи для розвитку. Зокрема, активізація процесів діджиталізації, підтримка з боку міжнародних організацій, наявність позитивного досвіду впровадження ГІС у інших сферах. Таким чином, впровадження просторових даних в облік довжини автомобільних доріг — це не лише технічне, але й стратегічне завдання, що має вирішальне значення для розвитку транспортної галузі України.

Висновки. Застосування просторових даних у системі обліку довжини автомобільних доріг є одним з ключових кроків до цифрової трансформації управління транспортною інфраструктурою. Це дозволяє значно підвищити точність і оперативність облікових даних, забезпечити ефективне планування та раціональне використання ресурсів. Водночас успішне впровадження вимагає вирішення організаційних, нормативних та технічних питань, а також міжвідомчої координації та підготовки кадрів. Урахування міжнародного досвіду та розвиток національної геоінформаційної інфраструктури створюють передумови для побудови сучасної та ефективної системи обліку автомобільних доріг в Україні.



ОПТИМІЗАЦІЯ ПІДХОДІВ ДО УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВИМИ РЕСУРСАМИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

Тетяна СТАСЮК,

*завідувач відділу організації будівельного виробництва
Центру досліджень розвитку та утримання об'єктів інфраструктури
державного підприємства «Національний інститут розвитку
інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0000-0001-5921-4503>*

Постановка проблеми. Утримання автомобільних доріг у належному технічному стані — одна з ключових передумов забезпечення їх довговічності, безпеки та комфорту усіх учасників дорожнього руху. У сучасних умовах функціонування дорожньої галузі України, зокрема в період воєнного стану, особливої актуальності набуває проблема ефективного розподілу обмежених фінансових ресурсів на експлуатаційне утримання автомобільних доріг. Зміна пріоритетів державного фінансування, низький рівень технічного обстеження доріг, а також відсутність адаптованих під сучасні умови інформаційних систем, зумовлюють необхідність удосконалення підходів до планування дорожніх робіт. Виникає потреба у впровадженні нових підходів, які дозволять оперативно приймати обґрунтовані рішення в умовах обмежених ресурсів.

Основна частина. Раціональне управління фінансовими ресурсами під час експлуатаційного утримання автомобільних доріг передбачає поєднання стратегічного планування з адаптивними методами прийняття рішень, які ураховують поточний стан дорожнього покриття. Існуючі інформаційні системи, зокрема СУСП та HDM-4, є потужними інструментами для аналізу та прогнозування технічного стану мережі доріг, однак їх ефективне застосування обмежується відсутністю актуальних даних, високими витратами на їхнє впровадження та обслуговування в українських реаліях.

Упродовж багатьох років у країнах з різним рівнем економічного розвитку □ від розвинених до тих, що знаходяться у процесі трансформації чи інтенсивного зростання, □ активно впроваджуються й удосконалюються системи управління станом автомобільних доріг (PMS). Практика їх застосування свідчить про високу економічну доцільність таких підходів.

Системи управління станом автомобільних доріг, як правило, створюють з урахуванням регіональних особливостей експлуатації доріг. Вони відрізняються великою різноманітністю структур, показників оцінювання стану доріг та підходами до оптимізації стратегії їхнього утримання. Застосування цих систем для специфічних умов експлуатації автомобільних доріг в Україні, що суттєво змінилися останніми роками, практично неможливе навіть після їхньої суттєвої модернізації.

Створення ефективної системи управління транспортно-експлуатаційним станом доріг в Україні має спиратися на міжнародний досвід країн, де подібні



механізми успішно діють. Оптимальна система управління має включати:

- достовірну інформаційну підсистему з базою даних про стан доріг;
- стратегії експлуатації;
- механізм оптимального розподілу ресурсів.

Досвід впровадження подібних систем управління в інших країнах свідчить про доцільність поступового впровадження цього складного процесу. Запровадження систем контролю за станом автомобільних доріг дозволяє забезпечити обґрунтований і максимально ефективний розподіл обмежених фінансових ресурсів, а також визначити необхідні обсяги фінансування для підтримки та розвитку мережі доріг загального користування.

В умовах обмеженого фінансування актуальним є використання сучасних методів планування та оптимізації дорожніх робіт. Це включає:

- пріоритезацію заходів, що передбачає ранжування робіт за ступенем пошкоджень і впливу на безпеку руху;
- багатокритеріальний аналіз, зокрема метод аналізу ієрархій, що дає змогу розподіляти ресурси між різними типами робіт;
- ГІС-технології, які дозволяють моделювати технічний стан дорожньої мережі та прогнозувати її подальше погіршення.

Висновки. Рациональне використання ресурсів в умовах їх обмеженості — основа сучасної стратегії експлуатаційного утримання автомобільних доріг в Україні.

Для забезпечення довготривалого функціонування транспортної інфраструктури необхідно сформувати гнучку систему управління, яка базується на реальних даних про технічний стан покриття, інструментах прогнозування та економічному обґрунтуванні рішень. Практичне застосування адаптованих PMS-систем, з урахуванням українських реалій, дозволить не лише зберегти мережу в прийнятному стані, але й оптимізувати витрати, уникнувши нецільового або нерационального використання ресурсів.