



НТУ



ДП «НІРІ»



ХНАДУ

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

Молодь – драйвери відновлення країни

**ТРЕТЯ ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВА
КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ**

15 травня 2024 року



НТУ



ДП «НІДІ»



ХНАДУ

Збірник тез доповідей Третьої Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених «МОЛОДЬ – ДРАЙВЕРИ ВІДНОВЛЕННЯ КРАЇНИ» (15 травня 2024 року). Київ, 2024. 85 с.

Конференція проведена у дистанційному режимі з використанням ZOOM Video Communications на базі Державного підприємства «Національного інституту розвитку інфраструктури» (ДП «НІДІ»). 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 17-ти кращих доповідей молодих вчених із різних наукових організацій: ДП «НІДІ», НТУ, ХНАДУ, НУ«ЛП» та Національний університет імені Юрія Кондратюка, Полтавська політехніка. У ході Конференції доповідачі презентували свої напрацювання та наукові здобутки за тематичними напрямками: сучасні матеріали та технології для відновлення дорожньої інфраструктури; сучасні виклики для розвитку цифровізації дорожньої інфраструктури; економічні дослідження в дорожній галузі; шляхи вирішення екологічних проблем для розвитку дорожньої інфраструктури. У складний воєнний час для організаторів надзвичайно важливим є підтримка молодих вчених, надання їм можливості проявити свої здібності і використати їх напрацювання практичній площині. Під час обговорення доповідей були намічені нові напрямки досліджень, як для самих молодих вчених, так і для дорожньої галузі країни. Цей колосальний досвід дозволить нашій працьовитій молоді розкрити свій потенціал для масштабного відновлення та відбудови дорожньої інфраструктури.

Науковий комітет:

Безуглий А. О.,

канд. екон. наук, доц., директор ДП «НІДІ»

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

СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ДОБАВКИ НА ПОКАЗНИК ТРИВАЛОЇ ВОДОСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Владислав ТЕТЕРА,

аспірант кафедри будівництва та експлуатації

*автомобільних доріг імені О.К. Біруля Харківського національного
автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ),*

Євген ДЕМЧЕНКО,

аспірант кафедри будівництва та експлуатації

автомобільних доріг імені О.К. Біруля ХНАДУ 7

УКОЧЕНИЙ ЦЕМЕНТОБЕТОН, ЯК РІЗНОВИД ЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Олександр КРИВОБОК

завідувач лабораторії випробувань бетонів відділу технологій

Центру досліджень розвитку та утримання об'єктів

інфраструктури державного підприємства «Національний

інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»), 11

ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В МАТЕРІАЛАХ ДОРОЖНІХ, ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ РЕСАЙКЛІНГУ

Микола БИКОВЕЦЬ,

в.о. завідувача лабораторії перевіряння якості відділу технологій

Центру досліджень розвитку та утримання об'єктів

інфраструктури ДП «НІРІ» 14

ЗОЛА-ВИНЕСЕННЯ — АЛЬТЕРНАТИВНИЙ НАПОВНЮВАЧ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ДОРІГ

Олексій СОКОЛОВ,

завідувач лабораторії випробувань матеріалів відділу матеріалів

Центру досліджень розвитку та утримання об'єктів

інфраструктури ДП «НІРІ» 17

БІТУМНІ КАТІОННІ ЕМУЛЬСІЇ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛІНГУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Володимир БІДОСЬ,

аспірант кафедри автомобільних доріг та мостів

Національного університету «Львівська політехніка» (НУ «ЛП»)

Юрій СІДУН,

кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних

доріг та мостів НУ «ЛП» 21

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДОВГОВІЧНІСТЬ ДОРОЖНЬОЇ РОЗМІТКИ, ЯК ЗАПОРУКА БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Денис ШПІНЬ,

молодший науковий співробітник відділу дорожньої

обстановки Центру безпеки дорожнього руху ДП «НІРІ» 25

ЕКОЛОГІЯ

ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ЗА РОБОТИ НА ЗРІДЖЕНОМУ НАФТОВОМУ ГАЗІ ДОБАВКОЮ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ

Микола ПАНІН,

аспірант кафедри двигунів і теплотехніки

Національного транспортного університету (НТУ),

Свєгеній ШУБА,

кандидат, технічних наук, доцент кафедри двигунів

і теплотехніки НТУ 28

ТРАНСПОРТНІ СПОРУДИ

АНАЛІЗ СВІТОВОГО ДОСВІДУ З ОБСТЕЖЕННЯ СПОРУД, ПОШКОДЖЕНИХ ВИБУХОВИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Максим БОРИСЕНКО,

молодший науковий співробітник відділу досліджень

транспортних споруд ДП «НІРІ»..... 32

ДОСВІД ТА ПРОБЛЕМАТИКА ОБСТЕЖЕННЯ ІСТОРИЧНИХ МОСТІВ

Віталій ОСТАПЧУК,

молодший науковий співробітник відділу досліджень

транспортних споруд ДП «НІРІ»..... 36

**ДИНАМІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ МОСТІВ МЕТОДОМ ЗБУДЖЕННЯ
КОЛИВАНЬ ІМПУЛЬСНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ**

Сергій ЗАВГОРОДНІЙ,

завідувач відділу досліджень транспортних споруд ДП «НІРІ»,..... 39

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ
СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОДОРОЖНІХ
МОСТІВ В УКРАЇНІ**

Максим БОРИСЕВИЧ,

молодший науковий співробітник відділу досліджень

транспортних споруд ДП «НІРІ» 43

**ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ
ДОРОЖНІХ ВОДОПРОПУСКНИХ СПОРУД З МЕТАЛЕВИХ
ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ
ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ**

Микола ГАРКУША,

кандидат технічних наук, доцент кафедри мостів,

тунелів та гідротехнічних споруд НТУ 47

**АНАЛІЗ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО
СКАНУВАННЯ ПРИ ОБСТЕЖЕННІ МОСТІВ, ЙОГО ПЕРЕВАГИ
ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ В УКРАЇНІ**

Олег ВЕРЕТЕЛЬНИКОВ,

молодший науковий співробітник відділу досліджень

транспортних споруд ДП «НІРІ» 51

**ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ САМОНАПРУЖЕННЯ У НЕРОЗРІЗНИХ
ПЛИТАХ МОСТОВИХ СПОРУД В РАМКАХ ПУБЛІЧНОГО
ОБГОВОРЕННЯ ПРОЕКТУ ДРУГОЇ РЕДАКЦІЇ ДБН В.2.3- 22:202Х
«МОСТИ І ТРУБИ. ОСНОВНІ ВИМОГИ ПРОЄКТУВАННЯ»**

Антон ГАСЕНКО,

доктор технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг,

геодезії та землеустро Національного університету

Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка,

Костянтин ШТАНЬКО,

аспірант кафедри автомобільних доріг, геодезії та

землеустрою Національного університету

Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка 55

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ НЕРУЙНІВНИМИ ТА РУЙНІВНИМИ МЕТОДАМИ

Олена ІВОНЕНКО,

молодший науковий співробітник відділу досліджень

транспортних споруд державного ДП «НІРІ»..... 59

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПІДРАХУНКУ ОБСЯГІВ РОБІТ ТА МАТЕРІАЛІВ З ВІМ ПРОЄКТУ

Вадим ПАРНИЦЬКИЙ,

директор BIM HELP 62

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ТА СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ

ГЕОПРОСТОРОВІ ДАНІ, ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОЇ ДОВЖИНИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Михайло ДУЛЯ,

молодший науковий співробітник відділу розвитку

цифровізації ДП «НІРІ» 65

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАТОПЛЕННЯ ТЕРИТОРІЇ ВНАСЛІДОК РУЙНУВАННЯ ДАМБИ ГЕС У ГЕОІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ QGIS

Ірина ГУНЬКО,

асистент кафедри проектування доріг,

геодезії і землеустрою ХНАДУ 67

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОРОСАД

Еліна ЗАХАРОВА,

асистент кафедри проектування доріг, геодезії

і землеустрою ХНАДУ 76

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ ДОРОЖНИХ ПІДПРИЄМСТВ В ТРУДОВИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РЕСУРСАХ З УРАХУВАННЯМ ПЛАНОВИХ ОБСЯГІВ РОБІТ

Тетяна СТАСЮК,

завідувач відділу організації будівельного виробництва,

Центру досліджень розвитку та утримання об'єктів

інфраструктури ДП «НІРІ»..... 80

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ
ДОБАВКИ НА ПОКАЗНИК ТРИВАЛОЇ ВОДОСТІЙКОСТІ
АСФАЛЬТОБЕТОНУ**

Владислав ТЕТЕРА,

*аспірант кафедри будівництва та експлуатації
автомобільних доріг імені О.К. Біруля Харківського національного
автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ),
<https://orcid.org/0000-0001-5008-6410>*

Свген ДЕМЧЕНКО,

*аспірант кафедри будівництва та експлуатації
автомобільних доріг імені О.К. Біруля Харківського національного
автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ),
<https://orcid.org/0009-0001-3709-5694>*

Постановка проблеми. Зі стрімким світовим будівництвом відкритим залишається питання енергозбереження ресурсів навколишнього середовища. Проте, з кожним роком зростають обсяги будівництва автошляхів та їх ремонту. Ключовим моментом є те, що переважно більша частина шарів покриття – це асфальтобетон, тому головна задача – зниження енергетичних витрат на приготування асфальтобетонної суміші та покращення властивостей асфальтобетону.

Основна частина. До одного з видів енергозберігаючих добавок вітчизняного виробництва до бітуму належать поверхнево-активні речовини амінного типу, що виготовляється у вигляді рідини. Мова про добавку «Адбіт-Н» – адгезійну енергозберігаючу добавку. «Адбіт-Н» застосовують для:

- можливості знизити на 30–40 °С температуру приготування і укладання асфальтобетонних сумішей;
- збільшення часу транспортування суміші без втрати її технологічних властивостей;

Сучасні матеріали та технології для відновлення об'єктів інфраструктури

- покращення гомогенності і реологічних характеристик бітумополімер-бітумних в'язучих і як наслідок – поліпшення рухливості і ущільнюваності асфальтобетонних сумішей;
- істотного поліпшення адгезії бітуму до щебеню і піску;
- покращення якості ямкового ремонту;
- підвищення тривалої водостійкості і як наслідок – довговічності асфальтобетонного покриття;
- уповільнення процесів старіння асфальтобетону.

Для дослідження використовували дрібнозернисту асфальтобетонну суміш типу А з максимальним розміром зерен щебеню 20 мм та щебенево-мастикову суміш з максимальним розміром зерен щебеню 20 мм (ЩМАС-20), приготувану з використанням бітуму марки БНД 50/70 та БНД 50/70 модифікованого добавкою «Адбіт-Н» у кількості 0,4 % від маси бітуму. Результати досліджень основних фізико-механічних властивостей бітумів наведені в **табл. 1**.

Таблиця 1
Фізико-механічні властивості дорожнього вихідного бітуму з добавкою «Адбіт-Н»

Назва показника	БНД 50/70	БНД 50/70 + 0,4 %«Адбіт-Н»
Глибина проникнення голки (пенетрація) за температури 25°C, 0,1 мм	65	68
Температура розм'якшення за кільцем і кулею, °C	50	50
Розтяжність (дуктильність), см, за температури 25 °C	56	80
Температура крихкості, °C	-18	-18
Зчеплення бітуму з поверхнею скляної пластини, %	32	81

Сучасні матеріали та технології для відновлення об'єктів інфраструктури

Виготовлення зразків та ущільнення асфальтобетонних сумішей здійснювали на гідравлічному пресі при стандартному ущільненні. Результати досліджень прийнятих асфальтобетонів представлені в табл. 2.

Таблиця 2

**Фізико-механічні властивості дрібнозернистого
асфальтобетону типу А 20 мм та ЩМА-20 на бітумі
БНД 50/70**

Назва показника	Асфальто- бетон типу А 20 мм на бітумі БНД 50/70	Асфальто- бетон типу А 20 мм на бітумі БНД 50/70 +0,4 % «Адбіт-Н»	ЩМА-20 на бітумі БНД 50/70	ЩМА-20 на бітумі БНД 50/70 + 0,4 % «Адбіт-Н»
Водонасичення, % за об'ємом	1,9	1,5	2,0	1,9
Границя міцності за стиску, МПа, за температури: 20 °С 50 °С	3,7 1,3	3,7 1,3	3,2 0,8	3,3 0,8
Коефіцієнт тривалої водостійкості	0,88	0,92	0,89	0,94
Середня щільність, кг/м ³	2 401	2 405	2 407	2 413
Вміст в'язучого, %	5,5	5,5	5,3	5,3

Результати дослідження властивостей коефіцієнту тривалої водостійкості дрібнозернистого асфальтобетону типу А та щебеневомасикового асфальтобетону виду ЩМА-20 показали, що

використання бітуму марки БНД 50/70 модифікованого 0,4 % енергозберігаючої добавки «Адбіт-Н» дозволяє підвищити коефіцієнт тривалої водостійкості на 0,04 для асфальтобетону типу А та на 0,05 для ЩМА-20 в порівнянні з асфальтобетонами приготовленими на вихідному бітумі БНД 50/70 без додавання добавки.

Висновки. Результати проведених досліджень показали, що при виготовленні теплих асфальтобетонних сумішей, використання добавки «Адбіт-Н» до бітуму, дозволяє покращити показник тривалої водостійкості та не потребує додавання додаткових модифікаторів.

**УКОЧЕНИЙ ЦЕМЕНТОБЕТОН, ЯК РІЗНОВИД ЖОРСТКОГО
ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ**

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. З метою удосконалення нормативної бази та її адаптації до європейських стандартів, в галузі будівництва цементобетонних доріг проводиться розроблення національних стандартів щодо виготовлення та укладання укоченного цементобетону. Відсутність відповідних нормативних документів ускладнює впровадження цієї технології в будівництво та гальмує розвиток сучасних підходів у цій галузі.

Основна частина. Наразі відсутні нормативні документи, які дозволили застосовувати нові технології будівництва укочених цементобетонних доріг. Цементобетон укочений – монолітний матеріал, отриманий внаслідок гідратації в'язучого матеріалу та тверднення цементобетонної суміші укочуваної підібраного складу (з низьким вмістом в'язучого матеріалу та води зачинення) після її укладання та ущільнення в шарах жорсткого дорожнього одягу з використанням асфальтоукладача і дорожніх котків, є різновидом важкого бетону спеціального призначення, характеризується підвищеними вимогами до міцності на розтяг за згину, водонепроникненості, стиранності та морозостійкості. Крім того, в даній технології не використовують арматуру та опалубку. Ці аспекти дозволяють зменшити вартість такого улаштування порівняно з вартістю улаштування традиційного цементобетону. Зараз велика тенденція на розвиток технологій із жорсткого дорожнього одягу, одним з яких є укочений цементобетон. У нашій країні існує дефіцит

власної сировини для виробництва дорожнього бітуму, обмежені потужності для його виробництва, а також висока чутливість імпортованих товарів до змін курсу валют, що призводить до завищення їх вартості. Це підвищує актуальність використання цементобетонних доріг. У міжнародній практиці укладений цементобетон, відомий також як Roller Compacted Concrete (RCC), широко використовується у багатьох країнах світу. Зокрема, в Швеції та Фінляндії укладання дорожнього одягу з укладеного цементобетону отримало значне поширення. У 1984 році в Швеції було улаштовано 10 000 м² такого покриття, а у 1986 році — вже 100 000 м². У США зацікавленість у використанні укладеного цементобетону обумовлювалася кількома факторами. По-перше, у пошуку методів швидкого будівництва дорожнього покриття в умови воєнного часу (актуально для нашої країни). У цьому випадку головними перевагами були швидкість будівництва доріг і застосування простого обладнання в мінімальній кількості. По-друге, досягнення економічного та довговічного покриття, яке могло використовуватися військовою технікою. Вимоги до рівності та шорсткості на цьому етапі не були пріоритетними. Основними перевагами над асфальтобетонними дорогами є міцність. За цим показником дороги з цементобетону в десятки разів перевищують асфальтобетонні. Це дозволяє уникнути проблем, які регулярно виникають в Україні. У період найвищих температур асфальтобетонний покрив стає м'яким, що призводить до пошкоджень від важкої техніки, яка перевозить великі вантажі. Ці пошкодження призводять до утворення колій на дорозі. Щоб запобігти цим проблемам, розглядаються можливості зважування вантажівок та обмеження їхнього руху в спекотну погоду. Температура плавлення цементобетону перевищує 1 000 °С, тому літня спека не впливає на його жорсткість. Цементобетонна дорога може безпечно витримати набагато важчі вантажі та транспортний потік. Цементобетонна дорога має високу зносостійкість і стійкість до впливу морозу, що робить її відмінною альтернативою асфальтобетонним дорогам. З роками міцність цементобетонного покриття зростає, і воно не піддається

змиванню від осінніх та весняних злив, а також паводків. Для виготовлення асфальтобетону використовуються нафтопродукти, які можуть бути шкідливими для навколишнього середовища, тоді як для цементобетону використовуються вапняк і гіпс. Щоб оновити та покращити нормативну базу в галузі будівництва автомобільних доріг, розробляються нові нормативні документи, які містять технічні вимоги до сумішей та укладання укочуваних цементобетонів.

Висновки. Розроблення таких нормативних документів, а саме: ДСТУ ХХХХ:202Х «Настанова з проєктування жорсткого дорожнього одягу», ДСТУ ХХХХ:202Х «Суміші цементобетонні укочувані дорожні та цементобетон укочений дорожній. Технічні умови», ДСТУ ХХХХ:202Х «Настанова з влаштування жорсткого дорожнього одягу із сумішей цементобетонних укочуваних дорожніх», ДСТУ ХХХХ:202Х дозволить вдосконалити технології проєктування, будівництва і зменшити залежність від імпорту дорожнього бітуму. Крім того, це сприятиме створенню високоякісної транспортної інфраструктури з міцними конструкціями, довговічними та надійними автомобільними дорогами.

**ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ТЕПЛОВИХ
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В МАТЕРІАЛАХ ДОРОЖНИХ, ВИГОТОВЛЕНИХ
ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ РЕСАЙКЛІНГУ**

Микола БИКОВЕЦЬ,

*в.о. завідувача 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. У результаті експлуатації теплових електростанцій (ТЕС) неминує утворюються значні обсяги відходів у вигляді золошлакових матеріалів (ЗШМ). Завдяки використанню вугілля та іншого палива у процесі генерації електроенергії, ТЕС стають джерелом великогабаритних відходів, які потребують ефективної утилізації.

Основна частина. На території золовідвалів ТЕС скупчено близько 240 мільйонів тонн золошлаків, зокрема щорічно надходить приблизно 5 мільйонів тонн нових відходів. Україна в основному використовує золошлакові матеріали для виробництва цементу, що становить надзвичайно великий обсяг – 86 % від загального об'єму. За даними операторів ринку, виробники цементу в країні максимально використовують золошлакові матеріали, проте при поточному рівні виробництва цементу використання золошлаків у цьому секторі досягло максимального потенціалу.

Метою цього дослідження є встановлення можливостей використання золи, утвореної у процесі гідровидалення, в поєднанні з мінеральними в'язучими для створення суміші, придатної для улаштування основи дорожнього з матеріалів дорожніх, виготовлених за технологією холодного ресайклінгу. Такий підхід може відкрити нові

Сучасні матеріали та технології для відновлення об'єктів інфраструктури

перспективи у використанні відходів від ТЕС та сприяти зниженню негативного впливу їхнього накопичення на довкілля.

Важливим аспектом використання золошлакових матеріалів у будівництві автомобільних доріг є не лише можливість заміщення матеріалів з використанням відходів від ТЕС, але і підвищення міцності та тривалості конструкцій дорожнього покриття. Застосування золошлакових матеріалів як компоненту в сумішах, виготовлених за технологією холодного ресайклінгу сприяє покращенню фізико-механічних властивостей.

Переваги використання золошлакових матеріалів полягають у підвищенні стійкості до руйнування та тріщиноутворення та збільшенні терміну служби дорожнього одягу. Збільшення міцності конструкції дороги дозволяє збільшити термін експлуатації дорожнього одягу і знизити витрати на його подальший ремонт і обслуговування.

Таким чином, використання золошлакових матеріалів у будівництві автомобільних доріг сприяє створенню більш міцних, стійких та довговічних дорожніх покриттів. Це не лише сприяє підвищенню безпеки дорожнього руху, але і приносить економічні вигоди завдяки зменшенню витрат на ремонт та обслуговування доріг у майбутньому.

Переваги використання золошлакових матеріалів у дорожньому будівництві:

- підвищення міцності й довговічності конструкцій: Золошлакові матеріали можуть сприяти покращенню міцності та витривалості дорожнього одягу, що робить його більш стійким до деформацій та зношування;

- підвищення енергоефективності: Використання золошлакових матеріалів допомагає зменшити енерговитрати виробництва дорожнього матеріалу, оскільки воно замінює дорогі та енергоємніші матеріали, такі як пісок і щебінь;

- простота у використанні: Золошлакові матеріали можуть легко інтегруватися в будівельний процес без необхідності

Сучасні матеріали та технології для відновлення об'єктів інфраструктури

використання складного або спеціалізованого устаткування. Це дозволяє зручно впроваджувати їх у будь-яких умовах будівництва;

— зниження витрат на матеріали: Використання золошлакових матеріалів може призвести до значних економічних вигод, оскільки вони часто є дешевшими за традиційні будівельні матеріали. Це дозволяє знизити витрати на будівництво дорожнього покриття без втрати якості.

Висновки. Проведені досліджень свідчать про потенційну перспективність використання золи гідровидалення у якості складової шарів основи дорожнього одягу з матеріалах дорожніх, виготовлених за технологією холодного ресайклінгу. Поєднання золи з мінеральними в'язучими дозволяє створювати матеріали з покращеними фізико-механічними властивостями, що може сприяти підвищенню стійкості дорожнього покриття.

Цей підхід також відкриває можливості для подальшого використання відходів від ТЕС, сприяючи їхній ефективній утилізації та зменшенню негативного впливу на довкілля. При цьому необхідно провести подальші дослідження з метою визначення оптимальних співвідношень складових у суміші для досягнення оптимальних результатів.

Отже, впровадження виробництва дорожніх матеріалів дорожніх, виготовлених за технологією холодного ресайклінгу на основі золи гідровидалення може бути перспективним напрямом для використання відходів ТЕС, сприяючи сталому розвитку та зменшенню екологічного впливу промислових підприємств.

**ЗОЛА-ВИНЕСЕННЯ — АЛЬТЕРНАТИВНИЙ НАПОВНЮВАЧ ДЛЯ
ВІДНОВЛЕННЯ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ДОРІГ**

Олексій СОКОЛОВ,

*завідувач лабораторії випробувань матеріалів
відділу матеріалів Центру досліджень розвитку та утримання
об'єктів інфраструктури державного підприємства «Національний
інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»)
<https://orcid.org/0000-0002-4694-9647>*

Постановка проблеми. В Україні як наповнювач використовують переважно матеріал, отриманий подрібненням карбонатних гірських порід, що установлено в ДСТУ Б В.2.7-119 та ДСТУ Б В.2.7-121. У той самий час на електрогенеруючих підприємствах України, у результаті спалювання вугілля, утворюються мільйони тон пилоподібних відходів – золи-винесення. Такі відходи є порівняно недорогою альтернативою стандартним наповнювачам.

На сьогодні в Україні не вирішено питання утилізації відходів промисловості, тому значна їх частина знаходяться у відвалах та несе в собі великий ризик для екології, і тільки незначна частина утилізується в будівельних проєктах, хоча вже існує «Державна цільова економічна програма розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018–2022 роки» та розпорядженням Кабінету міністрів України, які регламентують використання місцевих матеріалів, включаючи відходи промисловості під час будівництва автомобільних доріг.

Основна частина. Першочерговим питанням використання вторинних відходів виробництва є хімічний склад даного матеріалу, тому було визначено оксидний склад золи-винесення. За результатами аналізу оксидного складу золи-винесення проведена оцінка її якості розрахунковим методом з визначенням модуля основності (Мо), силікатного модуля (Мс) та коефіцієнта якості (Кя).

Згідно з оксидним складом у всіх досліджуваних зол-винесення, понад 70 % складають оксиди силіцію та алюмінію. За класифікацією, ці золи відносяться до кислої приховано активної золи. Основними складовими золи-винесення ТЕС є SiO_2 та Al_2O_3 , які знаходяться у склоподібній фазі. Значна частина SiO_2 знаходиться у формі кварцу, тоді як Al_2O_3 міститься у муліті.

Золу-винесення по показнику основності відносять до понад кислих ($\text{Mo} < 0,6$). Силікатна активність проявляється через наявність у складі золи винесення силікатних мінералів, які підвищують температуру розплаву та впливають на реологічні властивості системи.

До складу даних зол-винесення також входять K_2O , CaO , TiO_2 , Fe_2O_3 та MgO так як їх частка в складі золи-винесення менша ніж 25 % можна зробити висновок що їх цілком можливо використовувати у виробництві асфальтобетонної суміші.

Наступним кроком були проведені випробування даного матеріалу на відповідність національним вимогам та порівняння з стандартним наповнювачем.

Результати випробування показали, що за зерновим складом досліджуваний вапняковий мінеральний порошок, зола-винесення Бурштинської ТЕС, зола-винесення Дарницької ТЕС та зола-винесення Трипільської ТЕС відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7–121 відповідно до неактивованого мінерального порошку марки І. При цьому, через сито з розміром отворів 0,071 мм проходить 87,6 % вапнякового мінерального порошку, 86,3 % золи-винесення Бурштинської ТЕС, 85,7 % золи-винесення Дарницької ТЕС та 83,1 % золи-винесення Трипільської ТЕС.

Найбільша дійсна густина характерна для мінерального порошку і становить $2,63 \text{ г/см}^3$, найменша — у золи-винесення Дарницької ТЕС.

Найбільша середня густина також характерна для вапнякового мінерального порошку і становить $1,85 \text{ г/см}^3$, найменша — для золи-винесення Дарницької ТЕС. Середня густина зола-винесення Бурштинської ТЕС та зола-винесення Трипільської ТЕС становить

1,78 г/см³ та наближається до середньої густини вапнякового мінерального порошку.

Суттєві відмінності в значеннях середньої та дійсної густини досліджуваних матеріалів відображається на їх пористості при ущільненні 40 МПа.

Пористість, разом з вивченими фізико-механічними характеристиками золи-винесення, має вирішальне значення в процесах взаємодії з бітумом і суттєво впливає на його споживання. Пористість золи-винесення є близькою до максимального нормованого значення, але всі матеріали знаходяться в нормативних мажах.

Найбільшою структурувальною здатністю, що характеризується приростом температури розм'якшеності бітуму під час змішування його із наповнювачем, відзначається зола-винесення Трипільської ТЕС та зола-винесення Бурштинської ТЕС, а інші досліджувані матеріали мають на 1 °С нижчу структурувальну здатність. При цьому, найнижча структурувальна здатність зафіксована для вапнякового мінерального порошку.

Таким чином встановлено, що дані матеріали за всіма визначеними показниками відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7–121 відповідно до неактивованого мінерального порошку марки І.

Наступним етапом було визначено вплив заміни стандартного наповнювача на золу-винесення.

Випробування показали, що оптимальний вміст бітуму в асфальтобетонній суміші типу Б з вапняковим мінеральним порошком становить 6 % тоді як оптимальний вміст бітуму в асфальтобетонній суміші із золою-винесення становить 5,5 % за масою мінеральних матеріалів. При цьому асфальтобетони відповідали вимогам ДСТУ Б В.2.7–119 за всіма фізико-механічними показниками, що свідчить про їхню високу якість та відповідність встановленим стандартам.

Результати проведених випробувань свідчать про те, що асфальтобетон з вапняковим мінеральним порошком має вищу середню густину в порівнянні з асфальтобетоном із золою-винесення

(2,40 г/см³ проти 2,30 г/см³) та менше водонасичення (2,1 % проти 2,2 %).

Під час випробувань виявлено, що асфальтобетон з вапняковим наповнювачем відзначається меншою границею міцності при стиску за температури 0 °С. Однак, має більші границі міцності при стиску за температур 20 °С та 50 °С.

Варто відзначити, що склади асфальтобетону мають різну кількість бітуму на рівні 0,5 %, що свідчить про те, що використання золи-винесення в асфальтобетоні дозволить покращити екологічну ситуацію, а також зменшить витрати на матеріали. Важливо відзначити, що всі показники асфальтобетону з використанням золи-винесення відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7–119 для району А-2.

Висновки. Досліджувані золи-винесення придатні для використання в асфальтобетоні як наповнювачі відповідно до національних стандартів та мають не суттєві відмінності від стандартного вапнякового наповнювача.

Визначено атмосферостійкість асфальтобетонів із золою-винесення. Всі досліджувані наповнювачі може бути використано для виробництва асфальтобетонних сумішей.

Підтверджений економічний ефект заміни стандартного наповнювача на золу-винесення. При використанні золи-винесення оптимальний склад бітуму зменшується на 0,5 – 1,0 %, що робить асфальтобетонну суміш із золою-винесення вигіднішою на 10,5 % за стандартну.

Результати теоретичних та лабораторних досліджень апробовані при влаштуванні шарів покриття дорожнього одягу із асфальтобетону і шарів основи під'їзної автомобільної дороги до прохідної 1-го блоку ДТЕК Бурштинської ТЕС. Трирічні спостереження за дослідною ділянкою підтвердили, що асфальтобетон із золою-винесення має високу якість, що не поступається (візуально) традиційному.

**БІТУМНІ КАТІОННІ ЕМУЛЬСІЇ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛІНГУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ**

Володимир БІДОСЬ,
*аспірант кафедри автомобільних доріг та мостів
Національного університету «Львівська політехніка» (НУ «ЛП»),*
<https://orcid.org/0000-0002-2395-2042>

Юрій СІДУН,
*кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних
доріг та мостів Національного університету
«Львівська політехніка» (НУ «ЛП»),*
<https://orcid.org/0000-0003-3606-6899>

Постановка проблеми. Використання хлоридної (хлороводневої, соляної) кислоти при виготовленні катіонних бітумних емульсіяx різного призначення має широке висвітлення, як в літературі, так і значне практичне поширення на теренах України та закордоном. Зокрема бітумні емульсії із цією кислотою використовують для технологій холодного ресайклінгу під час спорудження шарів дорожніх одягів. Що стосується використання ортофосфорної (ортофосфатної) кислоти для катіонних бітумних емульсій, її використання в основному обмежується застосування із спеціальними емульгаторами для литих емульсійно-мінеральних сумішей (slurry surfacing). Рідко в літературі зустрічається використання бітумних емульсій з ортофосфорної кислотою для інших дорожніх технологій, зокрема і для технології холодного ресайклінгу. Отже, ідеєю дослідження є вивчення можливості застосування катіонних бітумних емульсій із ортофосфорною кислотою та місцевими кам'яними матеріалами для технології холодного ресайклінгу.

Основна частина. Мета дослідження: проектування та дослідження складів суміші виготовленої за технологією холодного

Сучасні матеріали та технології для відновлення об'єктів інфраструктури

ресайклінгу та матеріалів дорожніх виготовлених за технологією холодного ресайклінгу на основі щебенево-піщаних сумішей карбонатної та магматичної (гранітної) порід та катіонних бітумних емульсій із використанням спеціальних емульгаторів та хлоридної та ортофосфатної кислот.

Завдання дослідження:

1. Провести огляд проблематики використання бітумних емульсій для технології холодного ресайклінгу.
2. Підібрати вихідні матеріали для проектування бітумних емульсій та сумішей для холодного ресайклінгу.
3. Навести методи досліджень бітумних емульсій, щебенево-піщаних сумішей та відпрацьованого асфальтобетону (фрезерованого матеріалу) та самих матеріалів дорожніх виготовлених за технологією холодного ресайклінгу.
4. Запроектувати та дослідити особливості катіонних бітумних емульсій із використанням спеціальних емульгаторів та хлоридної і ортофосфатної кислот.
5. Встановити основні характеристики щебенево-піщаних сумішей в залежності від використаної вихідної породи.
6. Визначити вплив вихідних матеріалів на фізико-механічні показники матеріалів дорожніх виготовлених за технологією холодного ресайклінгу.

Предмет дослідження: суміш та матеріали дорожні виготовлені за технологією холодного ресайклінгу

Об'єкт дослідження: встановлення показників якості суміші та матеріалів виготовлених за технологією холодного ресайклінгу на основі різних складів катіонних бітумних емульсіях та заповнювачах.

Загалом у роботі досліджено використання нетрадиційної для дорожніх катіонних бітумних емульсій ортофосфорної кислоти зі спеціальним емульгатором для технології холодного ресайклінгу дорожніх одягів. Підбрано дорожні катіонні бітумні емульсії з соляною та ортофосфорною кислотами та порівняно їх фізико-механічні показники. Досліджено особливу взаємодію дорожніх катіонних

бітумних емульсій з ортофосфорною кислотою та портландцементом, яка проявляється під час визначення характеристик розпаду бітумної емульсії. Також визначено різницю між показниками стабільності при зберіганні для катіонних бітумних емульсій з використанням хлоридної та ортофосфорної кислот. Розроблено суміші для технології холодного ресайклінгу на основі бітумних емульсій з хлоридною та ортофосфорною кислотами та з кам'яними матеріалами магматичного (гранітного) і карбонатного походження, фрезерованим асфальтобетонним матеріалом, портландцементом і водою. Досліджено фізико-механічні властивості отриманих сумішей за атмосферостійкими та міцнісними характеристиками та отримано відповідні залежності..

Висновки. Проведено огляд проблематики використання бітумних емульсій, для технології холодного ресайклінгу.

Підібрано вихідні матеріали для проектування бітумних емульсій та сумішей для холодного ресайклінгу.

Наведено методи досліджень бітумних емульсій, щебеневопіщаних сумішей та фрезерованого матеріалу та самих матеріалів дорожніх виготовлених за технологією холодного ресайклінгу.

Запроектовано та досліджено особливості катіонних бітумних емульсій із використанням спеціальних емульгаторів та хлоридної і ортофосфатної кислот.

Встановлено основні характеристики щебеневопіщаних сумішей в залежності від використаної вихідної породи.

Визначено вплив вихідних матеріалів на фізико-механічні показники матеріалів дорожніх виготовлених за технологією холодного ресайклінгу.

Встановлено, що за характеристиками границі міцності за стискання та водостійкості бітумні емульсії на ортофосфорній кислоті доцільно застосовувати у технології холодного ресайклінгу за використання, як карбонатного заповнювача, так і гранітного. Проте використання карбонатного заповнювача разом із бітумною емульсією

Сучасні матеріали та технології для відновлення об'єктів інфраструктури

на ортофосфорній кислоті є ефективнішим за атмосферостійкими та міцнісними характеристиками.

Досліджено, що застосування катіонних бітумних емульсій з ортофосфорною кислотою доцільно використовувати з кам'яними матеріалами карбонатного походження, а бітумні емульсії, виготовлені з використанням хлоридною кислоти з гранітним и кам'яними матеріалами.

**ФУНКЦІОНАЛЬНА ДОВГОВІЧНІСТЬ ДОРОЖНЬОЇ РОЗМІТКИ, ЯК
ЗАПОРУКА БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ**

Денис ШПІНЬ,

*молодший науковий співробітник відділу дорожньої обстановки
Центру безпеки дорожнього руху державного підприємства
«Національний інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0000-0003-0779-5558>*

Постановка проблеми. Дорожня розмітка є одним із надзвичайно важливих технічних засобів організації дорожнього руху. Для нанесення горизонтальної розмітки потрібно застосовувати сертифіковані в установленому порядку матеріали, а саме: фарби, пластики гарячого чи холодного нанесення, спреї-пластики, полімерні стрічки, мікрокульки скляні. Кожен матеріал має свій власний набір унікальних характеристик, пов'язаних із довговічністю, світлоповертанням, вартістю нанесення та життєвого циклу. Для того щоб правильно вибрати матеріали для розмітки доріг, потрібно враховувати рівень навантаження на дорогу і передбачувальні строки використання. З метою їх оптимального вибору, насамперед, необхідно здійснювати перевірку якісних характеристик матеріалів шляхом проведення випробувань за фізико-механічними, технологічними, функціональними характеристиками. Використовуючи сертифіковані матеріали та дотримуючись технології нанесення, дорожня розмітка зберігає свою функціональну довговічність протягом строку експлуатування, що у свою чергу впливає на покращення безпеки дорожнього руху, оскільки основне призначення дорожньої розмітки — організація дорожнього руху забезпеченням візуального орієнтування водіїв під час вибору напрямку й режимів руху за різних дорожніх умов; інформування та попередження про небезпеку й умови руху; позначення ділянок для перетину проїзної частини пішоходами та велосипедистами тощо.

Сучасні матеріали та технології для відновлення об'єктів інфраструктури

Основна частина. Основне призначення розмітки — організація дорожнього руху забезпеченням візуального орієнтування водіїв під час вибору напрямку й режимів руху за різних дорожніх умов; інформування та попередження про небезпеку й умови руху; позначення ділянок для перетину проїзної частини пішоходами та велосипедистами. Розмітка має бути видимою як у світлу, так і в темну пору доби протягом функціональної довговічності.

Протягом строку функціональної довговічності зношеність горизонтальної розмітки по площині не повинна перевищувати 25 %. Для досягнення максимальної довговічності поперечної та повздовжньої горизонтальної дорожньої розмітки потрібно враховувати інтенсивність автомобільної дороги.

За результатами проведених досліджень на автомобільних дорогах середньої та високої інтенсивності для повздовжньої горизонтальної розмітки можна використовувати матеріали з середньою стійкістю до зношування, а для поперечної (в більшості випадках регульовані та нерегульовані пішохідні переходи) дорожньої розмітки рекомендовано використовувати матеріали з високою стійкістю до зношування через набагато частіші наїзди на певні частини об'єкта. Як свідчать раніше проведені дослідження, відсутність або погана видимість дорожньої розмітки впливає на виникнення 64 % ДТП, зокрема таких видів ДТП як: «зіткнення», «перекидання», «наїзд на перешкоду» та «наїзд на пішохода». Саме тому, дорожня розмітка має бути видимою як у світлу, так і в темну пору доби протягом всієї функціональної довговічності. За результатами аналізу обстеження автомобільних доріг відділом дорожньої обстановки ДП «ДерждорНДІ» встановлено, що правильний підбір матеріалу для кожної окремо автомобільної дороги в залежності від інтенсивності руху на ній суттєво збільшує функціональну довговічність розмітки, що в свою чергу призводить до зменшення виникнення кількості ДТП.

Висновки. Горизонтальна дорожня розмітка – це важливий елемент дорожньої інфраструктури, який впливає на зниження

аварійності та кількості жертв ДТП за рахунок забезпечення комфортних і безпечних умов руху, покращення інформованості учасників дорожнього руху що впливає на зменшення економічних втрат за рахунок зменшення збитків та підвищення пропускної здатності автомобільних доріг.

На дорогах з високою інтенсивністю, а також крупношорстким дорожнім покритвом рекомендується влаштування горизонтальної дорожньої розмітки пластиком гарячого чи холодного нанесення. У разі нанесення розмітки фарбою на пішохідних переходах, які влаштовані на автомобільних дорогах з високою інтенсивністю руху, рекомендуємо наносити їх за два проходи. Це сприятиме підвищенню безпеки руху за рахунок покращення видимості дорожньої розмітки.

ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ЗА РОБОТИ НА ЗРІДЖЕНОМУ НАФТОВОМУ ГАЗІ ДОБАВКОЮ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ

Микола ПАНІН,

*аспірант кафедри двигунів і теплотехніки Національного
транспортного університету (НТУ),
<https://orcid.org/0000-0003-4857-4583>*

Євгеній ШУБА,

*кандидат, технічних наук,
доцент кафедри двигунів і теплотехніки,
Національного транспортного університету (НТУ),
<https://orcid.org/0000-0003-2036-8024>*

Постановка проблеми. Найпоширенішим альтернативним паливом для двигунів внутрішнього згоряння (далі – ДВЗ) є зріджений нафтовий газ (далі – ЗНГ), який отримують при видобутку й переробці нафти як побічний продукт. Використання ЗНГ для живлення

двигунів в Україні зростає дуже високими темпами, що пов'язано з багатьма перевагами даного палива перед бензином. Основним недоліком ЗНГ на транспорті є деяке підвищення об'ємної витрати палива (на 10-15 %). Одним із шляхів поліпшити паливну економічність та екологічні показники ДВЗ при роботі на зрідженому нафтовому газі є використання активуючих добавок, що інтенсифікують процес згоряння. Даний шлях є дуже перспективним, оскільки він не потребує зміни конструкції двигуна і його можна реалізувати в умовах експлуатації. В даній роботі наведені результати дослідження впливу добавки водневмісного газу до повітряного заряду на показники двигуна з іскровим запалюванням

при роботі на зрідженому нафтовому газі в різних швидкісних та навантажувальних режимах.

Основна частина. В лабораторії випробування двигунів кафедри «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету проведені експериментальні дослідження впливу добавки водневмісного газу на показники роботи двигуна з іскровим запалюванням. Дослідження проводили на двигуні VW BBU встановленому на гальмівному стенді.

Водневмісний газ для досліджень отримували за допомогою електролізної газової установки «Ліга-02». Витрату зрідженого нафтового газу під час стендових випробувань вимірювали масовим витратоміром палива коріолісового типу FlexCOR.

Об'ємний вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах (ВГ) (CO , CO_2 , CmHn , NO_x) і коефіцієнт надміру повітря визначали газоаналізатором Bosch BEA 060. Перед використанням в ході експериментальних досліджень прилади відкалібрували еталонними газовими сумішами.

Оцінити вплив палива або впровадити заходи, які здатні поліпшити паливну економічність та екологічні показники двигуна можна на підставі даних, отриманих тільки під час експериментальних випробувань, але такий метод є досить складним і потребує високоякісного обладнання, значних затрат часу та матеріальних ресурсів. Тому доцільним є визначення показників роботи двигуна методом факторного експерименту.

Метою проведення трифакторного експерименту було визначення поліноміальної залежності годинних витрат палива та повітря, кута випередження запалювання, коефіцієнта надміру повітря, температури відпрацьованих газів, концентрацій шкідливих речовин від незалежних параметрів — величини добавки водневмісного газу, частоти обертання колінчастого вала і крутного моменту.

Для побудови матриці експерименту визначили мінімальні, максимальні, середні значення факторів, кількість рівнів, а також

крок між значеннями. Мінімальні та максимальні значення для: величини добавки водневмісного газу ($r_{H_2O_2}$) – 0 і 3 л/хв; частоти обертання колінчастого вала двигуна (n_d) – 1600 і 5000 хв⁻¹; крутного моменту (M_k) – 0 і 100 Нм.

В роботі наведено план експерименту з нормованими та натуральними показниками.

Під час проведення експерименту послідовно, для кожної точки задавали значення крутного моменту, частоти обертання колінчастого вала двигуна, величини добавки водневмісного газу і вимірювали наступні параметри: час витрати доз палива та повітря, розрідження у впускному трубопроводі, температуру охолоджуючої рідини, кут відкриття дросельної заслінки і кут випередження запалювання, коефіцієнт надміру повітря, концентрації CO, C_mH_m , CO₂, NO_x, O₂ у відпрацьованих газах до і після нейтралізатора. Розраховували ефективну потужність, годинну і питому витрати палива, годинну витрату повітря.

Адекватність величин, отриманих за допомогою розрахунку на математичній моделі, що описують екологічні показники, показники паливної економічності двигуна визначено за допомогою критерію Фішера (F).

З використанням отриманих поліноміальних залежностей було розраховано годинну витрату палива та концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигуна VW BBY за роботи без добавки та з оптимальною добавкою водневмісного газу для різних швидкісних та навантажувальних режимів. Розраховані поліноміальні залежності показників роботи двигуна в досліджені представлені у вигляді поверхонь.

Для об'єктивної оцінки впливу добавки водневмісного газу на екологічні показники двигуна з іскровим запалюванням були визначені масові викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами за роботи з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду та без неї.

Висновки. Встановлено, що найбільша економія палива спостерігається за роботи двигуна в режимах малих навантажень і

за меншої частоти обертання колінчастого вала. Зокрема за роботи двигуна при різних навантаженнях з частотою 1400 хв^{-1} годинна витрата палива в середньому зменшується на 8.6 % порівняно з витратою палива за роботи двигуна без добавки H_2/O_2 , за роботи з частотою 5000 хв^{-1} – в середньому на 4 %. За роботи двигуна без навантаження в різних швидкісних режимах (від 1400 до 5000 хв^{-1}) витрата палива знижується в середньому на 9.9 %.

Концентрації CO знижуються в середньому на 7.7 – 19.8 %. Концентрації незгорілих вуглеводнів C_mH_n знижуються в середньому на 6.8 – 11.2 %. Встановлено, що за роботи двигуна з добавкою водневмісного газу концентрації оксидів азоту NO_x зростають в середньому на 7.7 %.

Встановлено, що сумарні масові викиди з відпрацьованими газами приведені до CO до нейтралізатора збільшуються в середньому на 8.6 %, після нейтралізатора – зменшуються в середньому на 2.4 %.

АНАЛІЗ СВІТОВОГО ДОСВІДУ З ОБСТЕЖЕННЯ СПОРУД, ПОШКОДЖЕНИХ ВИБУХОВИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Максим БОРИСЕНКО,

*молодший науковий співробітник відділу досліджень
транспортних споруд державного підприємства «Національний
інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0000-0001-9772-3536>*

Постановка проблеми. Починаючи з 24 лютого 2022 року, галузь мостобудування пережила значні зміни через військову агресію російської федерації проти України. Пошкоджено або повністю зруйновано близько 340 транспортних споруд у 15 областях. Основні пошкодження по спорудам викликані вибуховим навантаженням або окремим точковим ураженням елементів мосту.

Для відновлення транспортних споруд необхідна надійна процедура проведення обстежень. Під час обстеження отримані дані мають бути адекватно проаналізовані для подальшого проведення робіт із відновлення цих споруд.

У доповіді наведено роботу про складання інспекційної форми, використаної під час обстеження транспортних споруд і будівель промислового та цивільного будівництва, що постраждали від терористичних актів в Малайзії. Дослідження зосереджене на методах оцінки та класифікації пошкоджень залізобетонних конструкцій пошкоджених або зруйнованих вибуховим навантаженням.

Основна частина. Вибухове навантаження створює вибухову хвилю. Повітряна ударна хвиля є одним із основних механізмів руйнування під час вибуху. Тиск, який вона спричиняє на поверхню конструкцій транспортних споруд може перевищувати навантаження, на які розраховувалась споруда.

Малайзійські науковці проводять порівняння вибухового та сейсмічного навантаження. Вибухова хвиля і сейсмічне навантаження – це два різних типи екстремальних сил, які можуть спричинити руйнування конструкції, але вони мають спільні риси. Подібність між сейсмічним і вибуховим навантаженням полягає в наступному:

- динамічні навантаження та динамічна реакція конструкції;
- неструктурні пошкодження та небезпека;
- відмінність між цими двома типами навантажень;
- вибухове навантаження виникає внаслідок поширення хвилі тиску, на відміну від струсу ґрунту спричиненого збільшенням сейсмічної активності
- вибухове навантаження призводить до прямого тиску на конструкцію, тиск ударної хвилі діє у всіх напрямках, на відміну від струсу ґрунту;
- вибухове навантаження має більшу амплітуду і дуже коротку тривалість у порівнянні із сейсмічною активністю;
- значне руйнування є серйозним наслідком вибухового навантаження.

Вплив вибухового навантаження є локалізованим, порівняно із землетрусом, здатність витримувати локальні пошкодження без повного руйнування споруди (структурна цілісність) є ключовою схожістю між сейсмостійким і вибухостійким проектуванням. У дослідженні наводяться оцінки, які були перераховані в інспекційній формі адаптовані та модифіковані з форми оцінки для споруд пошкоджених землетрусами. Хоча сейсмічне навантаження спричиняє локальну реакцію але при виконанні обстеження може використовуватись подібна процедура оцінювання пошкоджень.

Методологія проведення обстежень будівель та споруд пошкоджених вибуховим навантаженням пов'язана із вивченням літератури, використання знань про вплив вибухової хвилі на конструкції споруд, відповідний метод оцінки пошкоджень і технологію відновлення, вивчення та аналізування методу оцінки пошкоджень конструкцій, особливо в Малайзії. Важливою складовою

є приведення методів обстеження до узагальненої форми, яке можна виконувати завдяки анкетуванню даних зібраних під час опитування у інженерів, проєктувальників та будівельників, визначення важливих критеріїв у процедурі оцінювання збитків на основі запропонованого методу оцінювання збитків (інспекційні форми).

Анкетування проводять з інженерами з Департаменту судової експертизи цивільного будівництва та мостів при Департаменті громадських робіт Малайзії. Цей департамент є одним із головних агентств з проведенням обстежень та оцінки пошкоджень, пов'язаних із структурними проблемами Малайзії. Форма огляду пошкодженої транспортної споруди вкрай важлива для інспектора (інженера) як систематичний інструмент для оцінки пошкодження. Для уніфікації форми огляду пошкодженої споруди, шляхом анкетування направлено форму 40 різним організаціям, які мають досвід в оцінці збитків з метою отримання зворотного зв'язку за всіма критеріями, переліченими для огляду будівлі та оцінки пошкоджень.

Проведене опитування показало результат, що 96 % респондентів у цьому опитуванні мали досвід проведення обстежень будівель та транспортних споруд, але жоден із них не мав досвіду огляду пошкоджень транспортних споруд пошкоджених вибуховим навантаженням. Це очевидно, оскільки за останні 20 років в Малайзії не було жодного подібного інциденту, лише кілька випадків були зафіксовані до 1990 року. Крім того, результат показав, що 96 % респондентів мають досвід проєктування транспортних споруд та будівель, з чого можна зробити висновки, що опитані респонденти розуміли структуру обстежуваного об'єкту до того, які були проведені інспекційні роботи.

Висновки. З проведеного дослідження можна зробити висновки, що всі відповідні відомства мають процедуру оцінки пошкоджень. Однак, ці процедури потребують перегляду, щоб зробити їх найбільш придатними для різних випадків руйнувань транспортних споруд пошкоджених вибуховим навантаженням. Основним результатом дослідження була запропонована уніфікована форма огляду пошкоджень будівель та транспортних.

Для того, щоб робота з оцінки пошкоджень була ефективною, необхідна детальна форма огляду, щоб отримати точні дані, які можна було б використовувати для прийняття та розроблення проєктних рішень і планування відновлювальних робіт.

Враховуючи поточну ситуацію в Україні, на основі актів обстеження транспортних споруд, паспортів та звітів з обстеження необхідно розробити загальну форму обстеження транспортних споруд пошкоджених вибуховим навантаженням із розділенням дефектів, які утворились внаслідок пошкодження на категорії та підкатегорії для окремих елементів.

ДОСВІД ТА ПРОБЛЕМАТИКА ОБСТЕЖЕННЯ ІСТОРИЧНИХ МОСТІВ

Віталій ОСТАПЧУК,

*молодший науковий співробітник відділу досліджень
транспортних споруд державного підприємства «Національний
інститут розвитку інфраструктури»,
<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.

За період з 2018 року співробітниками відділу досліджень транспортних споруд ДП «НІРІ» було обстежено понад 500 транспортних споруд, серед яких були й мости збудовані 90-110 років тому та мають виразний силует і художньо виконані деталі, які надають спорудам унікальний вигляд.

У даній доповіді описано досвід обстеження трьох таких споруд з метою наголошення на проблемі збереження історичних мостів, які у більшості випадків, не відповідають сучасним вимогам до вантажопідйомності.

Основна частина. Кожен з описаних мостів має свої характерні особливості з точки зору архітектури, конструкції та ситуації навколо них.

У доповіді описано досвід обстеження історичних мостів та надано рекомендації щодо експлуатаційних заходів, які включають збереження архітектурного образу споруд.

Міст через р. Саксагань на Т-04-34 неподалік Кривого Рогу збудований у 1910. За період експлуатування даний міст зазнав

багатьох втручань у свій зовнішній вигляд, які суттєво псують вигляд споруди.

Особливістю цієї споруди є те, що поряд з нею почали будівництво нового мосту з метою проведення дороги в обхід історичної споруди та міста. На момент виконання обстеження у 2020 році новий міст вже довгий час знаходився у майже готовому стані, проте не був введений в експлуатацію.

За результатами обстеження було визначено фактичну вантажопідйомність мосту, яка не відповідає сучасним вимогам. У зв'язку з цим було надано рекомендації про доцільність добудови нового мосту та повернення історичній споруді первинного вигляду з відновленням декоративного оздоблення елементів, розкриттям старої бруківки на проїзній частині та перенесенням комунікацій на новий міст.

Альтернативним варіантом може бути демонтаж тротуарів на металевих кронштейнах, та переведення моста у виключно автомобільний зі спорудженням окремого пішохідного мосту з забезпеченням гарної оглядовості історичної споруди.

Фермовий міст через р. Дністер у с. Нижнів. Міст побудовано у 1908-1910 рр. та є прикладом транспортної споруди Австро-Угорської імперії.

Значною проблемою даної споруди є недостатній габарит проїзду та неможливість його збільшення у зв'язку з особливостями конструкції ферми з їздою понизу. Внаслідок цього по всій довжині споруди наявні численні викривлення стійок, розкосів та поперечних з'єднань верхніх поясів від ударів транспортних засобів.

Іншою проблемою мосту, яка потребує особливої уваги є значна корозія з ослабленням площі на 50 % поперечних балок, що з'єднують нижні пояси головних ферм. Схожий дефект мав фермовий міст через р. Тересва, який призвів до його аварійного падіння у липні 2023 року.

За результатами обстеження було рекомендовано виконати відновлення погнутих елементів і підсилення прогонових будов з обов'язковим відновленням антикорозійного покриття. Підсилення

елементів бажано виконувати таким чином, щоб уникнути суттєвих змін первісного вигляду для збереження архітектурної цінності споруди. Також було рекомендовано обмежити габарит проїзду та організувати реверсний режим руху для унеможливлення ударів транспортних засобів об елементи ферми.

Проте наведені експлуатаційні заходи не вирішують проблему цілком. Фактичні значення вантажопідйомності мосту не відповідають сучасним вимогам. Дана дорога є важливим та практично безальтернативним шляхом для перевезення вантажів. Тому є дуже бажаним спорудження нового мосту відповідно до сучасних нормативних документів. Старий фермовий міст однозначно потребує збереження та належного догляду, оскільки, безсумнівно, є цінним прикладом історичної транспортної споруди.

Фермовий міст через р. Прут у м. Чернівці побудований у 1927-1931 рр. Проблеми даної споруди аналогічні Нижнівському мосту: недостатній габарит проїзду, що спричиняє удари транспортних засобів об ферми, вигини елементів, недостатня вантажопідйомність. Балки поперечного з'єднання нижніх вузлів ферм також страждають від корозії металу. Висновки та рекомендації є аналогічними Нижнівському мосту.

Висновки. Усі три мости об'єднує невідповідність сучасним нормам по вантажопідйомності та габариту проїзду. Проте у зв'язку зі своєю архітектурною та історичною цінністю вони потребують збереження та належного експлуатаційного утримання. На прикладі мосту через р. Саксагань можна побачити найкращий варіант вирішення проблеми – будівництво нового сучасного мосту неподалік від існуючої старої споруди.

Необхідно проводити кампанію з популяризації історичних мостів як об'єктів атракції та з усвідомлення їх архітектурної цінності.

ДИНАМІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ МОСТІВ МЕТОДОМ ЗБУДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ ІМПУЛЬСНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Сергій ЗАВГОРОДНИЙ,

*завідувач відділу досліджень транспортних споруд
державного підприємства «Національний інститут розвитку
інфраструктури»,*

<https://orcid.org/0000-0003-1928-4544>

Постановка проблеми. Одним із видів випробування мостів є динамічне випробування прогонових будов в об'ємі модального контролю, яке виконується шляхом збудження та реєстрації вільних коливань конструкції. Одним із варіантів збудження коливань є дія на конструкцію імпульсного навантаження. Теоретичні основи такого підходу обґрунтовані та викладені в ряді наукових робіт і пізніше стали основою для ряду положень національного стандарту. Практична сторона проведення випробувань з використанням імпульсного навантаження ще перебуває на стадії свого відпрацювання. Тут є ряд питань, які потребують перевірки практикою, а саме: як створити безпечну імпульсну дію на конструкцію, в яких точках прикладати імпульс, як далеко від точки прикладання навантаження є можливість реєструвати виражені коливання конструкції, тощо. Планування та проведення ряду натурних робіт з випробування шляхом прикладання імпульсу і повинно дати відповіді на всі ці питання. У цій статті дається огляд натурних випробувань криволінійної естакади з монолітного залізобетону з використанням імпульсного навантаження.

Основна частина. Модальне контролювання полягає в оцінюванні технічного стану прогонової будови шляхом її збудження прикладанням навантаження та дослідженням власних форм коливань конструкції (модальні параметри). Значення модальних параметрів та їх зміни залежать від структурних характеристик конструкції та їх змін, тому можуть використовуватися для оцінки та моніторингу технічного стану конструкцій. Збудження коливань при

модальному контролюванні досягають шляхом прикладання та зняття навантаження. Це може бути рухоме навантаження (транспорт, пішоходи), імпульсне навантаження чи будь-яке інше динамічне навантаження.

Практичне застосування імпульсного динамічного випробування прогонової будови в об'ємі модального контролю методом збудження коливань імпульсним навантаженням було виконано співробітниками ДП «НІРІ» спільно з фахівцями приватного спеціалізованого підприємства «Мост-сервіс» в 2023 році на об'єкті незавершеного будівництва, а саме криволінійної естакади із монолітного залізобетону, яка розташована на одній із доріг загального користування державного значення біля міста Київ. Будівництво даної споруди розпочалось ще у 2012 році та зупинилося на стадії спорудження монолітної плити прогонової будови. У 2020 році будівництво було поновлено. На момент проведення обстеження будівельні роботи не велись.

Імпульсне навантаження на практиці реалізовувалося скиданням мішка з піском вагою близько 100 кг з висоти близько 1 м на проїзну частину з використанням ручної лебідки. За попередніми розрахунками енергії падіння такої маси повинно бути достатньо для збудження вільних коливань потрібної початкової амплітуди. Використання мішка з піском визначалося необхідністю збереження цілісності ділянки конструкції, на яку падає вантаж. Також це забезпечує непружний удар і відсутність відскоку та повторного удару. Залишалися сумніви щодо того, яка частина енергії падіння маси буде передаватися конструкції. Попередніми експериментами було встановлено, що найкращим варіантом є набивка загального мішка окремими меншими торбинками з піском (10 шт), які міцно стягуються лямками загального мішка. Як показала практика даного випробування, після близько 40 скидань вантажу в одній точці пошкоджень конструкції (навіть поверхневих) не зафіксовано. Енергії, яка передавалася конструкції було цілком достатньо для збудження вільних коливань, які реєструвалися по всій довжині

естакади протягом 20 с, що цілком достатньо для їх коректного аналізування.

Аналіз конструкції прогонової будови як динамічної системи виконувався шляхом дослідження її розрахункової моделі та порівняння розрахункових і натурних даних. Розрахункова модель будувалася в програмному комплексі, який реалізує метод скінчених елементів. Розглядалося два варіанти розрахункової моделі: як криволінійної балки змодельованої стрижневими елементами та як плитної конструкції змодельованої плитними елементами. Стрижнева модель використовувалася для розрахунку зусиль від постійних та тимчасових навантажень у перерізах прогонової будови, плитна модель — для уточнення модальних характеристик прогонової будови як просторової системи.

Оцінка технічного стану прогонової будови виконувалася за двома критеріями: порівнянням фактичних та розрахункових модальних параметрів та порівнянням розрахункової і фактичної жорсткості перерізу прогонової будови.

Розрахункове значення жорсткості перерізу прогонової будови визначалося за проектними значеннями моменту інерції перерізу та фактичним модулем пружності бетону. За даними обстеження фактичний клас бетону В35, розрахункова жорсткість має значення:

— без врахування включення парпетної огорожі
 $EIp = 1,60 \cdot 10^{13} \text{ кг/см}^2$;

— при включенні в роботу парпетної огорожі
 $EIp = 1,98 \cdot 10^{13} \text{ кг/см}^2$.

Фактичне значення інтегральної жорсткості за результатами випробування визначалося згідно ДСТУ 8748 з використанням засобів Mathcad. Залежність між частотою власних коливань і відношенням інтегральних жорсткості та маси, визначалася розрахунком балкової моделі прогонової будови. За виконаними розрахунками фактична інтегральна жорсткість прогонової будови має значення $EIf = 1,935 \cdot 10^{13} \text{ кг} \cdot \text{см}^2$. Якщо розрахунки виконати для моделі, у якої жорсткість надпорних перерізів балки менша на 20 %

від жорсткості її перерізів у прольоті (як це є за порівнянням нормалізованих власних форм коливань), то фактична жорсткість перерізів у прольотах має значення $EIf = 2,03 \cdot 10^{13} \text{ кг/см}^2$. Це значення перевищує розрахункове значення жорсткості перерізу з урахуванням включення в роботу парасетної огорожі, як це і повинно бути.

Таким чином, за результатами виконаного випробування визначено, що наявні тріщини впливають на жорсткість перерізу прогонової будови – зменшують її на рівні до 20 % у порівнянні з ділянками без тріщин. Жорсткість перерізу прогонової будови без тріщин перевищує розрахункову на 5 %. З урахуванням отриманих даних та інших результатів обстеження, технічний стан прогонової будови естакади оцінено як працездатний (3-й стан).

Висновки. Проведення динамічних випробувань естакади з використанням імпульсного навантаження показали наявні можливості та хороші перспективи даного способу прикладання навантаження при виконанні модального контролю. Отримані за результатами випробувань дані дозволили оцінити вплив наявних дефектів на жорсткість прогонової будови естакади та аргументовано визначити її технічний стан. По ходу робіт було відпрацьовано технологію прикладання імпульсного навантаження та перевірено принципові підходи щодо реєстрації вільних коливань прогонової будови складної геометрії та нерозрізної статичної схеми.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ В УКРАЇНІ

Максим БОРИСЕВИЧ,

*молодший науковий співробітник відділу досліджень транспортних споруд державного підприємства «Національний інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0000-0003-1391-4437>*

Постановка проблеми. Україна, як країна з розвинутою транспортною системою, має значну кількість мостів, які є важливими елементами інфраструктури. Вони забезпечують зв'язок між різними регіонами, сприяють розвитку торгівлі, туризму та інших галузей економіки. Однак, через постійне навантаження та вплив негативних факторів, технічний стан мостів піддається зношуванню і може погіршуватися з часом. Тому важливо вживати заходів для регулярного моніторингу їх технічного стану.

Останні роки відзначаються широким впровадженням автоматизованих систем моніторингу технічного стану мостів в різних країнах світу. Такі системи дозволяють отримувати об'єктивну інформацію про технічний стан мостів та своєчасно виявляти потенційні проблеми, що дозволяє забезпечити безпечну та ефективну експлуатацію і своєчасний ремонт важливих інженерних споруд.

Основна частина. Використання автоматизованих систем моніторингу технічного стану (АСМТС) рекомендується на великих та позакласних автодорожніх мостах за відповідного обґрунтування та у випадку, коли технічний стан споруди потребує постійного контролювання з метою недопущення руйнування або граничних деформацій елементів споруди та з дотриманням вимог і рекомендацій.

Ключовими питаннями при використанні ACMTC є визначення контрольованих параметрів та перевірка адекватності отриманих значень автоматизованими системами, а також визначення критеріїв оцінки технічного стану автодорожніх мостів з використанням автоматизованих систем збору даних.

Мета і задачі моніторингу визначаються на підставі вимог нормативної та проектної документації на стадії проектування об'єкта. Якщо об'єкт моніторингу знаходиться в експлуатації, додаються результати обстеження і розрахунків. Визначаються умови експлуатації об'єкта:

- зовнішні навантаження згідно з нормативними документами або виконується збір навантажень для окремого району і місцевості (сейсмомікрорайонування та районування за метеорологічними впливами);
- внутрішні впливи і навантаження, регламентовані технологічними режимами експлуатації;
- впливи наколишнього середовища на об'єкт та прогнозування їх розвитку у майбутньому;
- наявність небезпечних суспільних факторів (тероризму та інших обставин непереборної сили).

У сфері моніторингу будівель та споруд в Україні на даний час діють нормативні документи згідно яких, основою організації моніторингу із забезпечення експлуатаційної безпеки будівель та споруд є спостереження за змінами показників параметрів стану та оцінювання визначених змін. Кількість і види контрольованих параметрів визначаються результатами попереднього обстеження, вимогами нормативної і проектної документації та умовами збереження експлуатаційних властивостей об'єкта впродовж його життєвого циклу.

Реакції змін технічного стану конструктивних елементів споруди реєструються датчиками системи моніторингу, які дозволяють отримувати дані реакції об'єкта на зовнішні і внутрішні впливи.

За видом контрольованого відгуку розрізняємо два види автоматизованого моніторингу технічного стану автодорожніх мостів — деформаційний та вібраційний.

Деформаційний моніторинг змін технічного стану (АСДМ) виконується для отримання інформаційних відомостей про рівень деформацій і переміщень, які відбуваються з спорудами на всіх стадіях їх існування.

У якості вимірювальних пристроїв, застосовуються датчики вимірювання відносної і абсолютної деформації, датчики вимірювання абсолютних зміщень окремих точок несних конструкцій у просторі.

У якості датчиків вимірювання відносних деформацій конструкцій можливе використання фольгових тензорезисторів (налаштованих в конфігурації на чверть, пів чи повний міст), електротензометри Карлсона, струнні тензодатчики, інклінометрів, екстензометрів та оптичних датчиків деформацій.

Найбільш поширеними у використанні на даний час є тензорезистори, що підбирають в залежності від матеріалу конструкції. Для залізобетонних конструкцій довжина датчика (база вимірювань) повинна бути не менше 100 мм. Для сталевих конструкцій доцільно використовувати тензорезистори з базою вимірювань від 5 мм до 10 мм. Тензорезистори мають забезпечувати безперебійну роботу та точність вимірювань протягом всього терміну моніторингу.

Вібраційний моніторинг технічного стану об'єкту (АСВМ) виконується для отримання інформаційних даних для подальшого їх оброблення та визначення інтегральних характеристик об'єкту моніторингу (споруди, конструкції, тощо), своєчасного виявлення на ранній стадії негативних змін жорсткості та напружено-деформованого стану конструкцій, основ та фундаментів, які можуть спричинити перехід об'єкта в непрацездатний або аварійний стан.

У якості вимірювальних пристроїв, застосовуються датчики вимірювання віброприскорення (акселерометри), сейсмодатчики, або датчики вимірювання віброшвидкості. Для визначення

динамічних характеристик можливо використовувати також тензорезистори та датчики переміщень.

Для забезпечення високої точності та надійності вимірювань, акселерометри зазвичай встановлюються на стратегічно важливих місцях споруди, таких як елементи прогонових будов та опор. Вони можуть бути встановлені як на поверхні мосту, так і всередині його конструкції, залежно від потреб моніторингу та вимог безпеки.

Один з прикладів використання акселерометрів в США — це програма моніторингу мостів, розроблена Федеральним управлінням автомобільних доріг (Federal Highway Administration, FHWA). В рамках цієї програми були встановлені стаціонарні акселерометри на різних мостах по всій країні для вимірювання динамічних параметрів. Дані, зібрані акселерометрами, передаються в центральну систему моніторингу в режимі реального часу, де вони аналізуються та використовуються для оцінки стану мостів та виявлення можливих пошкоджень або несправностей.

Висновки. Технічні параметри елементів АСМТС відіграють важливу роль у забезпеченні ефективного та надійного моніторингу транспортних споруд. Врахування технічних параметрів сприяє підвищенню надійності та довговічності системи моніторингу, забезпечуючи безперебійне функціонування та доступ до інформації про транспортні споруди.

Враховуючи всесвітній досвід використання АСМТС показав наявні можливості та хороші перспективи даного способу для використання на великих, стратегічно важливих мостах в Україні.

ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОРОЖНІХ ВОДОПРОПУСКНИХ СПОРУД З МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Микола ГАРКУША,

кандидат технічних наук,

доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд

Національного транспортного університету (НТУ),

<https://orcid.org/0000-0002-5388-0561>

Постановка проблеми. Дорожні водопропускні споруди з металевих гофрованих конструкцій (далі — МГК) є перспективним видом штучних споруд, використання яких вимагає мінімальних транспортних витрат, невеликих витрат матеріалів та трудовитрат на будівельному майданчику, маючи при цьому великі переваги з альтернативними конструкціями та нерідко застосовуються як малі та середні мости. Крім того, одним із напрямків застосування металевих гофрованих конструкцій є ремонт існуючих малих мостів і дорожніх водопропускних труб.

Актуальним питанням, сьогодні є, необхідність розробки і впровадження нових підходів проектування дорожніх водопропускних споруд з МГК, в тому числі, гасників енергії нижнього б'єфу згідно існуючих прогресивних світових підходів, з урахуванням підходів проектування за Єврокодами; удосконалення підходів з укріплення схилів нижнього та верхнього б'єфів; технологій ремонту існуючих дефектних дорожніх водопропускних споруд з МГК; будівництва та ремонту малих мостів із застосуванням МГК.

Основна частина. Згідно з даними досліджень не менше ніж 29 % дорожніх водопропускних труб вимагають ремонтних заходів. Основними їх дефектами є тріщини кілець та їх просідання, порушення гідроізоляції стиків між кільцями, корозія елементів споруди, руйнування лотка і укріплень, тощо.

Поверхневий стік дорожніх водопропускних споруд впливає не лише на ерозію ґрунтів, а й руйнування транспортної споруди вцілому. Дорожні водопропускні споруди переважно працюють у безнапірному або рідше в напівнонапірному режимі течії, в нижньому б'єфі дорожніх водопропускних споруд з МГК в залежності від умов протікання водного потоку при раптовому розширенні русла спряження потоків може здійснюватися або вільним розтіканням двовимірного у плані бурхливого потоку, або збійним перебігом струменя, що повільно розтікається. Обидва способи спряження впливають на деформацію дна відвідного русла в нижньому б'єфі, що спричинює місцеві розмиви дна і берегів відвідного русла та становлять небезпеку для стійкості дорожніх водопропускних споруд з МГК, та може призвести до руйнування всієї споруди.

У випадку вільного розтікання бурхливого потоку значному розмиву може піддаватися дно русла по всій його ширині. Варто зазначити, що розмив, як правило, виникає внаслідок нерівномірності величини пропускної витрати, під час збійної течії транзитний струмінь, зберігає надмірну кінетичну енергію на значній відстані від вихідного перерізу споруди, що надає йому високу розмивну здатність. Глибокий розмив, не зважаючи, що ширина транзитного струменя відносно невелика, загрожує руслу в будь-якій точці дна поперечного перерізу відвідного русла з огляду на те, що транзитний струмінь може змінити своє положення в плані, також значні деформації русла виникають у зоні бічних водоворотних зон. Потік в зоні розтікання володіє швидкостями, що в кілька разів перевищують нерозмивну швидкість для ґрунтів дна русла та насиченості його донними і залученими наносами та сміттям, малим підтопленням із боку нижнього б'єфу, що негативно впливає не лише на експлуатацію та утримання споруди, але й на безпеку та життєдіяльність людей в тому числі і на екологічну ситуацію в регіоні.

Зі збільшенням глибини розмивання стійкість фундаменту конструкції може бути втрачена, що призведе до ризику пошкодження конструкції та її відмови. Крім того, ерозія вниз за течією та розмив вважаються однією з основних причин руйнування

водопропускної споруди. Погіршення структурної цілісності водопропускної системи також може призвести до серйозного та дорогого пошкодження водопропускної споруди та пов'язаної з нею системи, обвалення дорожнього покриття, що лежить вище, та необхідності дорогого технічного обслуговування. Розмивання ґрунту вниз за течією в кінцях водопропускних споруд також може спричинити проблеми з навколишнім середовищем, оскільки це може спричинити падіння поверхні води, що, у свою чергу, може стати перешкодою для руху водних видів фауни. Таким чином, існує потреба у вдосконаленні конструкції кінців водопропускних споруди, щоб зменшити ерозію вниз за течією, розмив та подальший ризик передчасного виходу з ладу водопропускної споруди.

Крім того, швидкість потоку та кінетична енергія постійно включаються в дослідження ерозії, спричиненої потоками. Висока швидкість потоку, що витікає з кінців водопропускної споруди, створює високу кінетичну енергію, що призводить до розмиву та ерозії, якщо цю енергію не можна зменшити або розсіяти. Попередні дослідження також показали, що висока швидкість і кінетична енергія випускного потоку на кінці водопропускної споруди збільшують її ерозійну здатність.

Запобігання небезпечним деформаціям русла в нижньому б'єфі дорожньої водопропускної споруди досягають за рахунок зміцнення відповідного русла або влаштування гасників надлишкової кінетичної енергії потоку, що забезпечують розтікання потоку в плані.

Крім того при аналізі причин таких руйнувань встановлено, що однією з причин руйнувань також є недостатня вивченість місцевого стоку або недооблік його особливостей, що веде до неузгодженості водного режиму та пропускної спроможності дорожніх водопропускних споруд з МГК. Це викликає необхідність передбачити заходи щодо захисту конструктивних елементів у нижньому б'єфі споруди від абразивного зносу, занесення великоуламковим матеріалом, забезпечити перепустку плаваючих тіл.

Для запобігання розмиву споруди з боку нижнього б'єфу, що працює в таких умовах, передбачається влаштування гасників надлишкової кінетичної енергії потоку.

Отже, розробка і впровадження нових підходів проектування дорожніх водопропускних споруд з МГК, в тому числі, гасників енергії нижнього б'єфу згідно існуючих прогресивних світових підходів, з урахуванням підходів проектування за Єврокодами; удосконалення підходів з укріплення схилів нижнього та верхнього б'єфів; технологій ремонту існуючих дефектних дорожніх водопропускних споруд з МГК; будівництва та ремонту малих мостів із застосуванням МГК на автомобільних дорогах України, є актуальною на сьогоднішній день проблемою.

Висновки. В умовах воєнного та післявоєнного часу застосування прогресивних підходів з проектування та будівництва дорожніх водопропускних споруд з МГК є необхідним, беручи до уваги значну кількість пошкоджених штучних споруд, внаслідок бойових дій, виникає необхідність їх швидкого та якісного відновлення без затримки транспортного потоку ремонтом дефектних, пошкоджених водопропускальних споруд.

Проведення досліджень з оцінки та гасіння швидкості та кінетичної енергії випускного потоку, оптимізації конструкції нижнього б'єфу з урахуванням даних чинників є актуальним та необхідним фактором під час проектування дорожніх водопропускних споруд.

АНАЛІЗ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ПРИ ОБСТЕЖЕННІ МОСТІВ, ЙОГО ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ В УКРАЇНІ

Олег ВЕРЕТЕЛЬНИКОВ,

*молодший науковий співробітник відділу досліджень
транспортних споруд державного підприємства «Національний
інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»),
<https://orcid.org/0009-0002-4757-0134>*

Постановка проблеми. Обстеження мостів — це процес систематичного огляду та оцінки стану мостових споруд з метою оцінювання і прогнозування технічного стану, визначення відповідності їх елементів до вимог нормативних документів, встановлення можливості безпечного перепуску транспортних засобів та режиму їх руху по спорудам, та для забезпечення виконання робіт з експлуатаційного утримування. Цей процес має ключове значення для збереження інфраструктури та запобігання можливим аваріям. До польових робіт відносять:

- обстеження споруди та підходів до/від неї, елементів конструкції прогонових будов, огляд опор та опорних частин, огляд проїзної частини, тротуарів, перил, деформаційних швів, систем водовідведення;
- визначення геометричних параметрів споруди;
- інструментальна зйомка (нівелювання поперечних перерізів проїзної частини споруд та підходів до них, контроль поперечних та поздовжніх похилів, обміри підмостового габариту);
- фотофіксація виявлених дефектів при обстеженні.

При обстеженні великих та позакласних мостів отримання великої кількості геометричних параметрів, виконання інструментальної зйомки вимагає закладання великих часових ресурсів на польові роботи, що є значною частиною витрат при проведенні робіт. Із вищенаведеним переліком польових робіт,

повністю або частково може впоратись лазерне сканування. В даній доповіді буде розглянуто світовий досвід використання лазерного сканування при обстеженні мостів, методи обробки, порівняння даних, переваги та можливості використання лазерного сканування в обстеженнях мостів України.

Основна частина. Лазерне сканування є сучасною технологією швидкого дистанційного здобуття просторових даних. Принцип роботи лазерного сканера аналогічний принципу роботи безвідбивачевого електронного тахеометра і полягає у вимірі часу проходження лазерного променя від випромінювача до поверхні, що відбиває і назад до приймача. Скануючі прилади по мірі їх вдосконалення та зниження вартості стають більш ефективними для використання у різних інженерно-геодезичних задачах. Воно надає можливість отримати детальні тривимірні моделі із деталізованими елементами мостових споруд з високою точністю. Це дозволяє виявляти навіть невеликі дефекти та відхилення в геометрії конструкцій, що надає можливість надання великого масиву даних до та після випробування конструкцій моста, а також змін конструкції у часі і робить його важливим інструментом при обстеженні мостів, дозволяє значно скоротити час, необхідний для проведення обстеження, порівняно з традиційними методами. Це особливо важливо в умовах обмеженого доступу до елементів конструкції, на великих та позакласних мостах або спорудах, що мають архітектурну виразність, які надають спорудам унікальний вигляд.

У світових наукових працях минулих років вже описано переваги використання даного методу отримання даних при обстеженні мостів. Будуть наведені приклади використання лазерного сканування при обстеженні середньовічного мосту, побудованого в 1500 р. за правління династії Медічі над річкою Сиве, недалеко від Флоренції, Віадуку у Четвінді, Ірландія — пам'ятка культурної спадщини, розташована на покинутій ділянці залізниці, та залізничного мосту через річку Шкумбіні в Албанії, процес будівництва якого тривав близько 70 років. Всі ці мости конструктивно абсолютно різні, отже потребують різних методів

аналізу результатів сканування. Авторами було сформовано мету, із чого постало завдання на виконання робіт із лазерного, послідовність виконання робіт, камеральна обробка матеріалів, наведено декілька варіантів аналізу хмар точок, в тому числі у часі та представлено тривимірні моделі, що висвітлюють всі необхідні параметри для оцінки стану конструктивних елементів споруди, їх придатність до подальшого використання в існуючому чи відновленому вигляді.

Враховуючи, що в Україні наявна значна кількість позакласних мостів на р. Дніпро, також наявні унікальні для України розвідний міст через р. Інгул та поворотно-розвідний Південний Буг, великі мости через р. Дністер, серед яких історично цінний металевий фермовий міст у с. Нижнів 1910 року побудови, міст біля с. Устечко — десяти прогонова нерозрізна прогонова будова виконана із збірних залізобетонних блоків коробчастого перерізу, в процесі експлуатації якого були виявлені конструктивні недоліки, які навіть призвели до аварійного руйнування подібного мосту в м. Великий Устюг (росія), доцільно в процесі їх обстеження та випробувань, в разі необхідності проводити роботи із лазерного сканування, адже їх розміри, конструктивні особливості потребують значних ресурсів в процесі виконання польових робіт. Наприклад, для мосту через р. Дністер в с. Устечко доцільно проводити лазерне сканування не тільки ззовні, а і в середині прогонової будови, для більш детального аналізу об'ємів використаного бетону для підсилення даної конструкції під час ремонту даної споруди та дослідження геометричних параметрів конструкції в часі задля забезпечення безпеки руху. Доцільно також буде використовувати лазерне сканування не тільки в рамках обстеження мостів, а і в рамках проектування нових, робіт з ремонтів чи реконструкцій, виконувати супровід будівництва мостів. Це сприятиме в першу чергу забезпеченню проєктантів великим об'ємом вихідних даних для обрання найбільш оптимального рішення, вести контроль за витратами матеріалів, та вести постійний контроль за спорудою на

всьому строку її експлуатації, що є важливим для балансоутримувача в процесі менеджменту своїх ресурсів.

Висновки. Лазерне сканування виявляється ефективним інструментом для обстеження мостів, забезпечуючи швидке та точне збирання тривимірних даних про їх стан і геометрію. Цей метод дозволяє виявляти навіть мінімальні дефекти та відхилення, що робить його незамінним для забезпечення безпеки руху та продовження терміну експлуатації мостових споруд.

Застосування лазерного сканування у світовій практиці вже показало свою ефективність при обстеженні різних типів мостів, включаючи історичні та складні споруди. Це дозволяє здійснювати оперативні та комплексні обстеження з мінімальними затратами часу та ресурсів. В Україні існує потреба у впровадженні лазерного сканування для обстеження своїх мостових споруд, особливо для позакласних та історичних конструкцій. Застосування цього методу дозволить оптимізувати процес обстеження, забезпечити високу точність збору даних та підвищити рівень безпеки та надійності мостів. Помітні переваги лазерного сканування полягають у можливості не лише обстеження мостів, а й у використанні його під час проектування нових споруд, ремонтів чи реконструкцій. Це сприятиме підвищенню якості проектування та контролю за виконанням робіт на всіх етапах життєвого циклу мостових споруд.

Отже, впровадження лазерного сканування в практику обстеження та будівництва мостів в Україні є перспективним та обґрунтованим кроком для підвищення безпеки та надійності транспортної інфраструктури країни.

ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ САМОНАПРУЖЕННЯ У НЕРОЗРІЗНИХ ПЛИТАХ МОСТОВИХ СПОРУД В РАМКАХ ПУБЛІЧНОГО ОБГОВОРЕННЯ ПРОЕКТУ ДРУГОЇ РЕДАКЦІЇ ДБН В.2.3- 22:202X «МОСТИ І ТРУБИ. ОСНОВНІ ВИМОГИ ПРОЄКТУВАННЯ»

Антон ГАСЕНКО,

*доктор технічних наук, доцент кафедри
автомобільних доріг, геодезії та землеустрою,
Національного університету Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка,
<https://orcid.org/0000-0003-1045-8077>*

Костянтин ШТАНЬКО,

*аспірант кафедри автомобільних доріг, геодезії та
землеустрою Національного університету Полтавська
політехніка імені Юрія Кондратюка,
<https://orcid.org/0009-0008-2070-1628>*

Постановка проблеми. 24 квітня 2024 року відбулося публічне онлайн обговорення проекту другої редакції ДБН В.2.3-22:202X «Мости і труби. Основні вимоги до проектування». Онлайн зустріч організована командою ДП «НІРІ».

Під час заходу обговорені актуальні питання, що потребують особливої уваги під час проектування конструкцій мостів, зокрема:

- визначення класів наслідків об'єктів транспортної інфраструктури під час їх проектування та будівництва, а також коефіцієнтів надійності;
- можливість прокладання ліній електропередач і комунікацій на мостових конструкціях;
- використання збірно-монолітних залізобетонних плит та врахування їх сумісної роботи із сталевими чи залізобетонними балками під час визначення несучої здатності мостових конструкцій;

- антикорозійний захист елементів моста шляхом гарячого цинкування і фарбування;
- впровадження велосипедної мережі під час проектування нових та реконструкції існуючих мостових споруд;
- призначення отворів для труб та ін.

Основна частина. Згідно **табл. 5.1** проекту другої редакції ДБН В.2.3-22:202X, всі постійні автомобільні, велосипедні та пішохідні мости відносяться до класу наслідків (відповідальності) СС2, що враховують введенням коефіцієнту надійності $\gamma_p = 1,1$ для зменшення абсолютного розрахункового значення опору, що приводить до необхідності збільшення перерізів конструктивних елементів мостів на 10 % та відповідного їх здорожання.

Зазвичай, несуча прогінна частина мостових конструкцій виконується балкового типу, а плитна частини – із монолітних чи збірних плит. Для збільшення величини прольотів та зменшення перерізу прогінних балкових частин згинаних конструкцій, останні виконують по нерозрізній статично-невизначеній багатопрогінній схемі. Також для зменшення висоти перерізу балки, конструктивно її поєднують з бетонною плитною частиною для сумісної їх роботи. Проте монолітна залізобетонна плита, що влаштована по сталевих балках розміщених з однаковим кроком, є нерівномічною за рахунок різних значень опорних та прольотних моментів крайніх і середніх прольотів. При однаковому армуванні крайніх і середніх прольотів матимемо різний рівень напружень та деформативності елементів конструкції.

Із зазначеного вище випливає, що розроблення та експериментальне дослідження спеціальної методики бетонування двома етапами монолітної нерозрізної плити по несучим балкам мостової конструкції, що включатимуться в сумісну роботу, є актуальним та необхідним питанням. У результаті виконання бетонування двома етапами створюватиметься попереднє самонапруження (попередні внутрішні напруження, протилежні тим, що виникають у процесі експлуатації) структурних частин мостових конструкцій виключно від їх власної ваги, конструктивних

особливостей чи технології монтажу без застосування інших заходів попереднього напруження (механічного, електротермічного чи електротермомеханічного). За рахунок створення самонапруження частин мостових конструкцій можливо зменшити їх поперечний переріз чи армування. Це приведе до зменшення витрат на виготовлення конструкцій, що компенсує необхідне збільшення перерізів мостових конструкцій із врахуванням коефіцієнтів надійності при їх проектуванні для другого чи третього класів відповідальності конструкцій.

Для досягнення поставленої мети сформульовано завдання:

- сформулювати пропозиції щодо оптимізації та врівноваження рівня використання несучої здатності монолітної плити сталезалізобетонних нерозрізних згинаних конструкцій;

- провести експериментальні дослідження впливу змінного кроку встановлення опор, як одного з методів врівноваження рівня використання несучої здатності монолітної плити нерозрізних згинаних конструкцій;

- провести експериментальні дослідження впливу двоетапної методики бетонування монолітної плити сталезалізобетонних згинаних конструкцій, як одного з методів врівноваження рівня використання її несучої здатності, за результатами випробувань зразків сталезалізобетонних плит.

Об'єктом дослідження є сталезалізобетонна багато прогінна конструкція. Предмет дослідження — створення попередніх самонапружень у перерізах сталезалізобетонної багато прогінної конструкції виключно від їх власної ваги та технології виготовлення.

Під час експериментальної перевірки двостадійного самонапруження трипролітних монолітних залізобетонних плит, на першій стадії влаштовується монолітна плита середнього прольоту. На цьому етапі балка на ділянці бетонування від власної ваги бетонної суміші прогинається вниз, чим змушує крайні вільні від навантаження ділянки вигинатися вверху. Ширина ділянки бетонування визначається точками нульових згинальних моментів. Після набору бетоном першої черги бетонування проектної міцності,

виконують бетонування крайніх прольотів. При цьому крайні прольоти від ваги бетонної суміші прогинаються вниз, змушуючи середній проліт, що має вже сталезалізобетонний переріз, вигинатися вверху.

Висновки. Самонапруження збірно-монолітної нерозрізної мостової конструкції полягає у створенні протилежних експлуатаційним попередніх напружень у несучих балках, що розташовані у прольотах другої черги бетонування, та монолітній залізобетонній плиті першої черги бетонування.

Під час експериментальних досліджень зразків сталезалізобетонних нерозрізних трипролітних плит загальною довжиною 6м доведено можливість змінювати жорсткість перерізу в процесі виготовлення та регулювати прогини для одночасного вичерпування несучої здатності плити у всіх прольотах, що дає можливість збільшити корисне навантаження до 47 %.

Таким чином, запропонована двостадійна технологія бетонування монолітної нерозрізної плити мостової конструкції дозволяє створювати попередні напруження, за рахунок яких підвищується загальна несуча здатність конструкції. За рахунок цього без збільшення витрат на виготовлення, вказані мостові конструкції можуть відповідати вищому класу наслідків (відповідальності).

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ НЕРУЙНІВНИМИ ТА РУЙНІВНИМИ МЕТОДАМИ

Олена ІВОНЕНКО,

молодший науковий співробітник

відділу досліджень транспортних споруд

державного підприємства «Національний інститут розвитку

інфраструктури» (ДП «НІРІ»),

<https://orcid.org/0000-0003-4234-7419>

Постановка проблеми. Бетон широко застосовується в будівництві транспортних споруд завдяки своїм технічним властивостям та особливостям. Найбільш поширені в Україні — саме залізобетонні мости (такі споруди складають майже 94 % від загальної кількості всіх мостів). Матеріал присвячений аналізу різних методів визначення міцності бетону, їх недолікам та перевагам.

Основна частина. Контроль міцності бетону транспортних споруд є важливим етапом для забезпечення їх надійності, довговічності і ефективності експлуатації. Також, внаслідок вторгнення Російської федерації в Україну крім моніторингу стану вже побудованих споруд, виникає нагальна необхідність виконання робіт із відновлення пошкоджених та зруйнованих споруд.

При дослідженні несних елементів конструкцій мостів та шляхопроводів під час виконання робіт з капітального ремонту, реконструкції або будівництва виконується визначення міцності бетону механічними методами неруйнівного контролю, методами руйнівного контролю на зразках відібраних із конструкцій та на контрольних зразках кубах.

Неруйнівний та умовно неруйнівний метод визначення міцності бетону здійснюється за допомогою спеціальних приладів без порушення цілісності досліджуваного елемента та наявних в ньому значних руйнувань. Його частіше використовують у випадках, коли відсутні бетонні зразки кубу для дослідження, а також за неможливості вибурення керну з елемента через наявність густого армування.

До цих методів належать: метод пружного відскоку, метод відриву зі сколюванням, метод сколювання ребра.

Метод пружного відскоку — це метод неруйнівного випробування бетону, який забезпечує зручне та швидке визначення міцності бетону на стиск. Відбійний молоток також називають молотком Шмідта або склерометр, який складається з пружинно-контрольованої маси, яка ковзає по плунжеру всередині трубчастого корпусу.

Метод відриву зі сколюванням – це метод неруйнівного випробування бетону, основним принципом якого є фіксування зусилля необхідного для виривання анкера. Прилад для вимірювання міцності бетону методом відриву зі сколюванням монтується на поверхні бетону до попередньо закріпленого анкера. При використанні цього методу на бетонних конструкціях відбувається відділення невеликого шару бетону (сколювання) від поверхні.

Метод сколювання ребра — це метод неруйнівного випробування бетону, який базується на вимірюванні зусилля сколювання бетону в ребрі конструкції. Прилад для вимірювання міцності бетону методом сколювання ребра монтується до однієї зі сторін досліджуваної ділянки за допомогою анкера.

Методи руйнівного контролю. Найпоширенішим руйнівним методом є випробування бетону на стиск. Визначення міцності бетону полягає у вимірюванні мінімальних зусиль, що призводять до руйнування спеціально виготовлених контрольних зразків бетону при їх навантаженні з постійною швидкістю зростання навантаження і наступному розрахунку напружень при цих зусиллях. Для проведення таких дослідів використовуються спеціальні преси або випробувальні установки.

Для проведеного дослідження використовувався важкий бетон монолітних залізобетонних конструкцій під час виконання робіт із капітального ремонту моста у Київській області.

На етапі влаштування шафної стінки крайньої опори споруди було відібрано бетонні куби розміром 100х100х100 мм, виготовлення зразків кубів виконувалось згідно з вимогами чинних нормативних

документів. Випробування бетонних кубів проводилось на 30-ту добу після влаштування елемента.

Відбирання зразків кернів виконувалось із того самого елемента на 33 день після його виготовлення, відбір керну виконувався у найменш напруженій зоні шафної стінки крайньої опори та за відсутності армування у місці відбору. Вибурений керн піддавався навантаженню на лабораторному пресі.

Дослідження еталонних зразків, відібраних із конструкцій під час будівництва елемента (керни) та на зразках кубах бетону, для визначення міцності на стиск методом руйнівного контролю проведено у лабораторії ДП «НІРІ».

Висновки. Дослідження бетону виконувалося як руйнівними, так і неруйнівними методами, з використанням зразків кубів та кернів, відібраних з елементів конструкції моста. Зазначено, що найточнішими результатами виявилися значення, отримані методом відриву зі сколюванням, що дозволяє здійснити оцінку міцності бетону з меншою розбіжністю.

Проведення випробувань методом пружного відскоку виявилось менш точним і вимагає додаткових підтверджень, таких як апробація на кубах бетону або кернах. Зокрема, для обстеження старих мостів рекомендується використовувати руйнівний контроль на кернах, методом відриву зі сколюванням або скол ребра, оскільки це дозволяє отримати найбільш точні результати.

Отже, проведення досліджень фізико-механічних властивостей бетону є важливим етапом у забезпеченні надійності та безпеки транспортних споруд, а використання найточніших методів дозволяє забезпечити належний рівень якості та тривалості їх експлуатації.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПІДРАХУНКУ ОБСЯГІВ РОБІТ ТА МАТЕРІАЛІВ З BIM ПРОЄКТУ

Вадим ПАРНИЦЬКИЙ,
директор, BIM HELP

<https://orcid.org/0000-0002-5388-0561>

Постановка проблеми. Всупереч глобальній цифровізації, будівельна галузь в Україні залишається однією з найменш оцифрованих. Більшість даних які генеруються зараз, є результатом ручного постопрацювання. Паперова проєктна документація, різноманіття журналів, актів та інших стандартизованих документів є “паперовою нормою”, яка мимоволі поспішає видозмінюватися.

Наразі розглядаються законодавчі ініціативи стосовно застосування BIM технологій на державному рівні на об'єктах з класом наслідків СС3. Проте варто зазначити, що впровадження BIM технологій вимагає від нас високих вимог до збереження та структурування даних, починаючи від найменування файлів, систем, розділів, і закінчуючи класифікацією елементів в моделі. Якщо говорити за перші пункти, то вони мають безліч світових прикладів, які відносно успадковуються і нашими спеціалістами в Україні. Проте, якщо говорити за класифікацію, а саме класифікацію робіт та послуг, а також основних будівельних виробів та матеріалів, то для застосування в BIM моделях, не існує єдиного довідника / класифікатора який застосовується на будівельному ринку.

Основна частина. В результаті динамічного зростання та популяризації інформаційного моделювання, ситуація яка спостерігається в компаніях які працюють з BIM технологіями (в основному мова йде за комерційні організації) виглядає такою, що кожний окремо підходить до створення індивідуального класифікатора, що ніяк не наближає нас до глобального оцифрування ринку, а лише часткової автоматизації та цифровізації процесів у межах одного суб'єкту.

Зважаючи на виклики які сьогодні стоять перед нами, а це масштабне відновлення нашої батьківщини, нам потрібно максимальна консолідація зусиль.

Наша команда вже протягом 2-х років працює над створенням саме такого класифікатора будівельних послуг (робіт) та матеріалів який закриває перш за все класифікацію елементів моделі, а також над інструментами для взаємодії з цим класифікатором в BIM проєктах. Водночас ми переконані, що подібного роду класифікація може ефективно застосовуватися для взаємодії учасників всього будівельного ринку. Адже, завдяки класифікованим елементам, ми можемо здійснювати швидкий їх підрахунок, взаємодію, та подальшу аналітику.

В основі можливого класифікатора для будівельної галузі може стати вдосконалена/доопрацьована версія Єдиного закупівельного словника ДК 021:2015, що був перекладений із європейського закупівельного словника Common Procurement Vocabulary (CPV), що знайшов своє застосування на тендерних майданчиках ЄС, в тому числі України.

Праця, яку необхідно здійснити із даним словником полягає у тому, щоб розширити його категорії до рівня окремих одиниць матеріалів, виробів та послуг. Необхідно, щоб класифікація послуг, та згодом їх закупівля була не на рівні “Будівництво моста”, а на рівні переліку необхідних робіт для будівництва цього моста. Подібного стосується і перелік необхідних класифікацій для матеріалів, тобто у нас в оригінальному класифікаторі ДК 021:2015 є код класифікатора “Цегла” чи “Бетонна суміш”, проте немає представлення яка саме цегла (силікатна, керамічна, клінкерна), якщо бетонна суміш, то її нам також потрібно класифікувати за міцністю, пластичністю, чи морозостійкістю і т.д. Одне з основних правил, яким ми керуємося в роботі над класифікацією визначається в тому, що якщо будь-яка характеристика впливає на вартість матеріалу, ми її повинні розглянути як окрему групу товарів, з відповідним класифікаційним номером/кодом.

Висновки. Вже сьогодні на рівні BIM моделей, ми в компанії BIM HELP здійснюємо онлайн класифікацію елементів в проєкті, чим забезпечуємо швидкий підрахунок обсягів робіт та матеріалів. Далі додаємо ціни послуг та товарів, і отримуємо попередню кошторисну вартість будівлі. Змінили щось в проєкті або змінилася ціна на ринку матеріалів чи робіт, відразу змінюється і загальна вартість зведення об'єкта.

Маємо глибокі переконання, що для створення умов з метою пришвидшення розвитку цифровізації будівельної галузі необхідні кроки що зумовлюють послідовне розроблення та застосування розширеного класифікатора робіт та послуг.

ГЕОПРОСТОРОВІ ДАНІ, ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОЇ ДОВЖИНИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Михайло ДУЛЯ,

*молодший науковий співробітник відділу розвитку
цифровізації державного підприємства «Національний інститут
розвитку інфраструктури» (ДП «НІІ»),
<https://orcid.org/0000-0002-1916-8642>*

Постановка проблеми. Метою інформаційного забезпечення дорожньої галузі є надання даних про наявні дороги і дорожні споруди та іншу дорожню інфраструктуру, яка знаходиться в межах дорожньої смуги, їх параметрів і технічного стану, що дає можливість обґрунтування та раціонального планування робіт з будівництва, реконструкції, ремонту та утримання доріг, а також для планування та проведення робіт, які забезпечать максимально ефективне використання існуючого фінансового ресурсу. Використання географічних просторових даних мережі автомобільних доріг загального користування призвела до виникнення питання доцільності застосування існуючих методів обліку довжини автомобільних доріг та необхідності запровадження обліку довжини автомобільних доріг в односмуговому обчисленні.

Основна частина. Пошук альтернативних способів обліку довжини автомобільної дороги викликає потребу удосконалити принципи формування титулів автомобільних доріг, які мають певні рішення, щодо обліку ділянок з понад однією смугою руху в кожному напрямку та встановлення довжин транспортних розв'язок, додаткових смуг руху на підйомах, зовнішніх та внутрішніх перехідно–швидкісних смуг, виділених (каналізованих) смуг руху тощо.

Запроваджені в СОУ 42.1 37641918-122:2014 принципи формування титулів автомобільних доріг мають певні рішення щодо обліку ділянок з понад однією смугою руху в кожному напрямку та встановлення довжин транспортних розв'язок, які були раціональними на момент прийняття, але без подальшого удосконалення можуть виявитись неефективними та дедалі частіше призводити до

суперечностей. Необхідність введення терміну «довжина автомобільної дороги загального користування в односмуговому обчисленні» пов'язана з тим, що існують принципи розбіжності між довжинами доріг затвердженими Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку автомобільних доріг загального користування державного значення» від 15 грудня 2023 р. № 1318 та реальною довжиною (площею) смуг руху, які підлягають ремонту та експлуатаційному утриманню, оскільки автомобільна дорога по своїй довжині може мати різну кількість основних смуг руху, додаткові смуги руху на підйомах, зовнішні та внутрішні перехідно-швидкісні смуги, виділені (каналізовані) смуги руху, а з'їзди можуть мати декілька смуг руху в одному напрямку.

Розглянуті питання обліку приведення довжини доріг до односмугового еквіваленту для встановлення точної довжини транспортних розв'язок, додаткових смуг руху, перехідно-швидкісних смуг тощо, з метою визначення обсягів робіт з нового будівництва, реконструкції, ремонтів і експлуатаційного утримання автомобільних доріг на основі просторових даних мережі автомобільних доріг. Наведені схеми та залежності розрахунку довжини для найбільш вживаних із існуючих варіантів транспортних розв'язок у різних рівнях та в кільцевих в одному рівні з урахуванням можливих варіацій кількості смуг руху для з'їздів–виїздів, з'їздів, смуг розгону та гальмування перехідно-швидкісних смуг транспортних розв'язок. Сформульовані принципи розрахунку довжин в односмуговому обчисленні при інших варіантах комбінацій елементів транспортних розв'язок на основі просторових даних автомобільних доріг.

Висновки. Запровадження запропонованого методу обліку приведення довжини доріг до односмугового еквіваленту дозволяє встановити точну довжину транспортних розв'язок в одному та різних рівнях, додаткових смуг руху, перехідно-швидкісних смуг та забезпечує більш точне обчислення обсягів робіт нового будівництва, реконструкції, ремонтів та експлуатаційного утримання автомобільних доріг на основі просторових даних автомобільних доріг. Це сприятиме раціональному плануванню державних видатків на нове будівництво, реконструкцію, ремонти та експлуатаційне утримання автомобільних доріг.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАТОПЛЕННЯ ТЕРИТОРІЇ ВНАСЛІДОК РУЙНУВАННЯ ДАМБИ ГЕС У ГЕОІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ QGIS

Ірина ГУНЬКО,

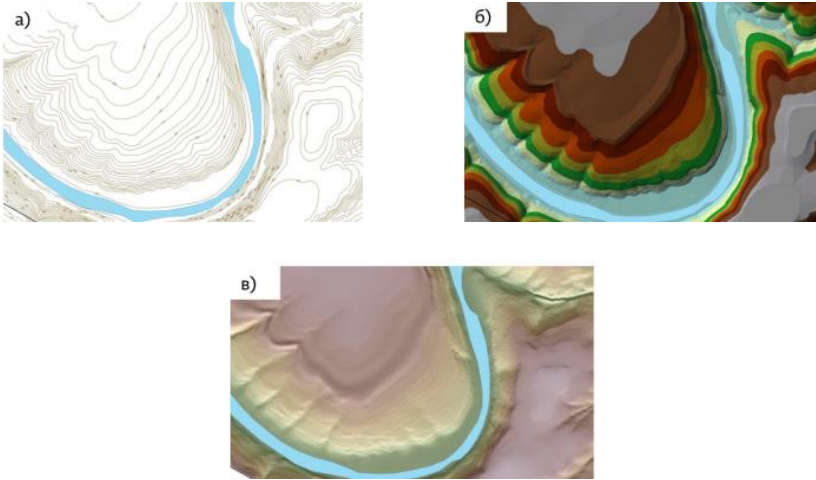
*асистент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою
Харківського національного автомобільно-дорожнього
університету (ХНАДУ),*

<https://orcid.org/0000-0002-7645-8654>

Постановка проблеми. В сучасному світі цифрові технології відіграють вирішальну роль у багатьох аспектах життя суспільства. Одним із напрямків, де цифрові інструменти набувають особливого значення, є цивільний захист та техногенна безпека. Стратегічне планування в цьому контексті стає ключовим елементом у попередженні та управлінні надзвичайними ситуаціями. Один із методів стратегічного планування, що набуває все більшої популярності та визнання — це використання геоінформаційних систем (ГІС).

Підготовка до можливих кризових ситуацій передбачає не лише вивчення вже існуючих загроз, а й моделювання сценаріїв надзвичайних подій. Геоінформаційні системи дозволяють аналізувати просторові дані та створювати цифрові моделі реальності, що допомагає у прогнозуванні та управлінні надзвичайними ситуаціями. Моделювання затоплення території внаслідок руйнування дамби ГЕС у геоінформаційній системі QGIS є одним із прикладів застосування таких технологій.

Виклад основного матеріалу. Для відображення даних про рельєф (як і будь-якої реальної або абстрактної поверхні або поля) використовують векторне, растрове представлення даних та триангуляційну модель (**рис. 1**).



- а) векторна модель даних;
- б) триангуляційна модель даних;
- в) растрова модель даних.

Рисунок 1 — Цифрова модель рельєфу

Растрове представлення даних є найзручнішим для кількісного аналізу цифрових моделей рельєфу. На основі растрової ЦМР за допомогою інструментів геоінформаційних систем можна отримати різноманітні похідні продукти — морфометричні параметри. Найбільшою значущістю серед них є нахил, кривизна і експозиція схилу. Також досить часто на практиці використовуються розраховані за допомогою ЦМР характеристики, такі як зони видимості, об'єм насипів і виїмок.

Для вирішення різних вузькоспеціалізованих задач (наприклад, для оцінки площинного змиву і лінійної ерозії ґрунтів, ідентифікації перенасичених ділянок, розрахунку шляхів міграції речовин в ґрунті тощо) застосовуються інші морфометричні параметри. До них

відносяться топографічний індекс вологості, індекси потужності лінійної ерозії і площинного змиву, вертикальна відстань до мережі тальвегів та інші.

Основними геоморфометричними параметрами, що розраховуються на основі похідних першого порядку, є нахил і експозиція. Ці параметри взаємопов'язані, оскільки характеризують градієнт поверхні (**рис. 2**).

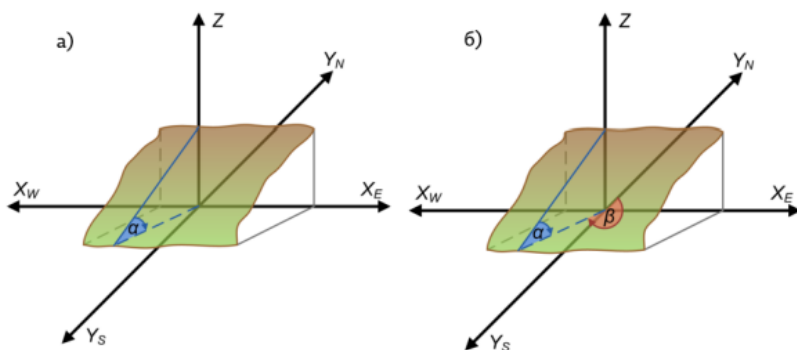


Рисунок 2 — Визначення ухилу

Основним геоморфометричним параметром, який обчислюється на основі другого порядку по ЦМР, є кривизна схилу. Якщо нахил і експозиція характеризують градієнт поверхні (його величину і напрям), то кривизна фіксує міру змін цього градієнту, тобто є градієнтом першої похідної в заданому напрямку. Загалом кривизну в певній точці поверхні можна описати як кривизну лінії, утвореної перетином земної поверхні з площиною певної орієнтації, яка проходить через задану точку. Найчастіше використовуються планова (**рис. 3**), профільна (**рис. 4**) і загальна кривизна (**рис. 5**).

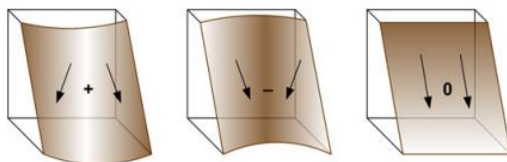


Рисунок 3 – Планова кривизна

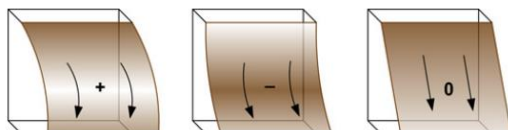


Рисунок 4 — Профільна кривизна

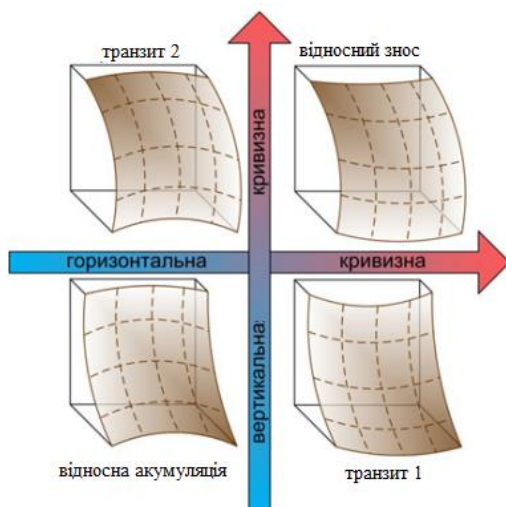
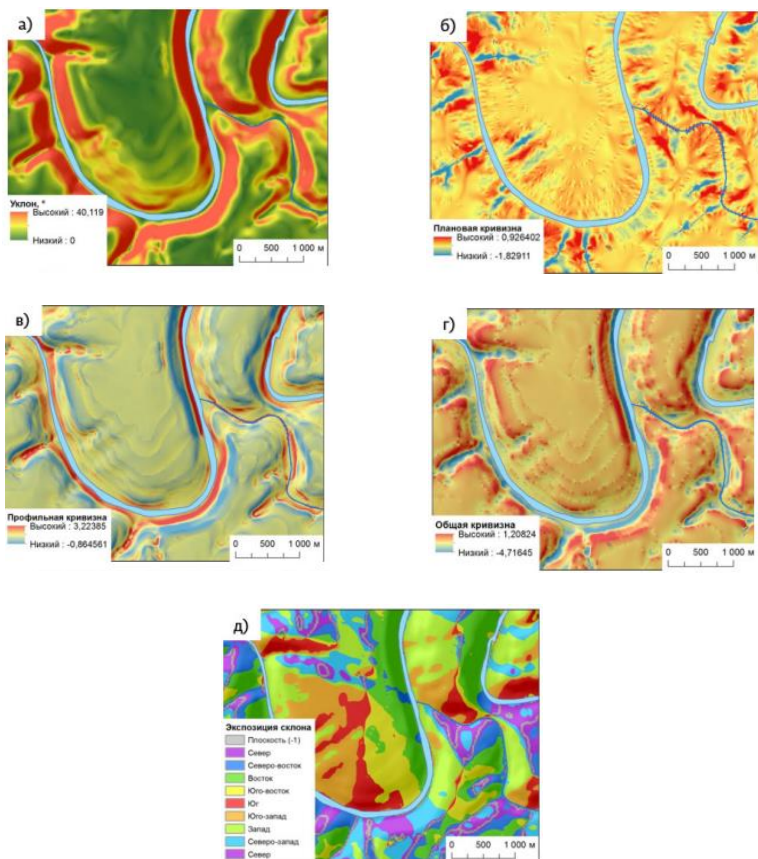


Рисунок 5 — Загальна кривизна та її вплив на знесення або акумуляцію матеріалу на схилах

Приклади результатів розрахунку основних геоморфометричних параметрів (ухилу, планової, профільної та загальної кривизни, експозиції) на **рис. 6**.



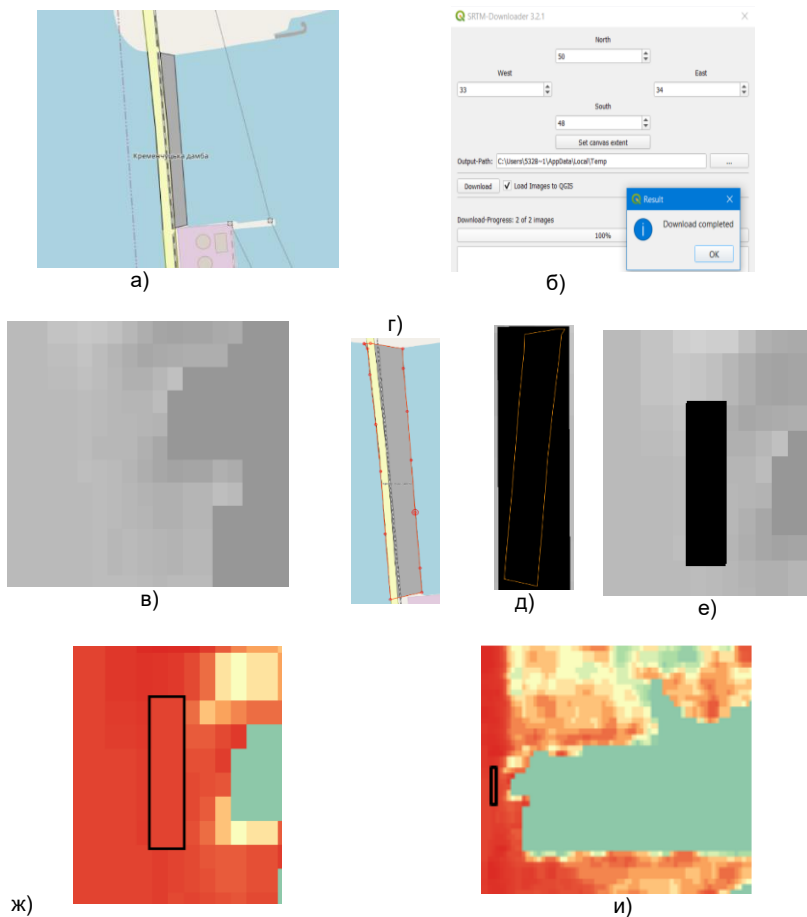
- а) ухил; г) загальна кривизна;
 б) планова кривизна; д) експозиція.
 в) профільна кривизна;

Рисунок 6 — Основні геоморфометричні параметри

На даний момент кілька глобальних цифрових моделей рельєфу знаходяться відкритими для загального доступу, створені за допомогою різних технологій та значно відрізняються одна від одної за просторовим розширенням (розміром пікселя) та точністю. Найчастіше використовуються ЦМР SRTM C-Band (просторове розширення 90 м), SRTM X-Band (просторове розширення 30 м) та ASTER GDEM (просторове розширення 30 м). Ці цифрові моделі рельєфу є ключовим джерелом інформації для моделювання потенційних наслідків руйнування дамби ГЕС у геоінформаційній системі QGIS.

Дамба, як інженерна споруда, відіграє ключову роль у регулюванні водних ресурсів. Вона перегороджує річку, піднімаючи рівень води вище по течії та забезпечуючи можливість регулювання рівня нижче по течії за допомогою шлюзів. Цей процес є важливим як для судноплавства та рибного господарства, так і для виробництва електроенергії. Комп'ютерне моделювання в контексті руйнування дамби ГЕС в геоінформаційній системі QGIS надає можливість чисельної оцінки можливих наслідків та розробки стратегій управління кризовою ситуацією. Воно базується на математичному описі залежностей між параметрами системи, включаючи географічні дані, характеристики річкового ложа та гідродинамічні параметри. Такий підхід дозволяє зрозуміти потенційні наслідки руйнування дамби та розробити ефективні заходи запобігання та реагування на кризові ситуації.

В роботі була визначена відмітка дамби, яка дорівнює 76 метрам, саме це значення було враховано при переведенні векторної форми дамби в растрову. Також створений растр дамби був вбудований в загальний растр ЦМР зі збереженням усіх необхідних параметрів для подальшого моделювання аварійної ситуації. Всі етапи моделювання наведені на **рис. 7**.



- а) визначення меж об'єкту; б) завантаження даних STRM;
в) вихідні дані; г) векторизація дамби; д) растрезація дамби;
ж) вбудований растр дамби в растр ЦМР;
е) два окремих растра, накладених друг на друга;
и) растр для подальшого моделювання.

Рисунок 7 – Моделювання дамби

Як особливий метод моделювання областей затоплення, геоінформаційна обробка ЦМР, відома досить давно. Якщо не розглядати гідродинамічні особливості водного потоку та ухил місцевості, суть її полягає у збільшенні висоти справжнього рельєфу на висоту затоплення з подальшим аналізом.

За допомогою модулів для роботи із растровими даними у геоінформаційних системах можна виконати гідрологічний аналіз. Для затоплення території був використаний модуль «r.lake».

Область затоплення розраховується як різниця цифрової моделі штучного рельєфу з урахуванням рівня води, що піднявся – 73 метри і цифрової моделі справжнього рельєфу. Результат затоплення внаслідок часткового руйнування дамби Кременчуцької ГЕС наведено на **рис. 8**.

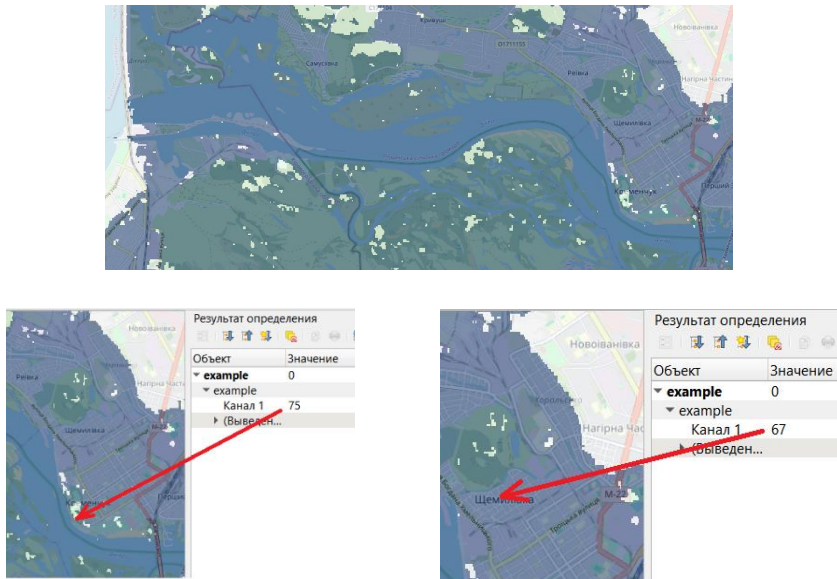


Рисунок 8 — Область затоплення

Висновки. Використання геоінформаційних систем у моделюванні аварійних ситуацій, зокрема пов'язаних із руйнуванням дамб, дозволяє провести своєчасну оцінку обстановки та забезпечує ефективне управління після катастрофічних подій. З урахуванням зростаючого ризику стихійних лих та техногенних аварій, використання геоінформаційних систем стає важливим інструментом у стратегічному плануванні та реагуванні на надзвичайні ситуації.

Мета проведеного дослідження, спрямованого на моделювання затоплення території та оцінку наслідків аварійної ситуації внаслідок руйнування дамби ГЕС, була досягнута завдяки аналізу геопросторових даних та використанню геоінформаційних систем.

Результати дослідження підтвердили важливість застосування геоінформаційних систем у різних галузях та виявили перспективи їхнього подальшого розвитку для ефективного вирішення сучасних завдань і проблем, зокрема у сфері управління надзвичайними ситуаціями.

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ TOROSAD

Еліна ЗАХАРОВА,

*асистент кафедри проектування доріг, геодезії
і землеустрою, Харківського національного автомобільно-
дорожнього університету (ХНАДУ),
<https://orcid.org/0000-0001-8811-451X>*

Постановка проблеми. У часи стрімкого розвитку цифровізації у сферах будівництва та цивільної інженерії системи автоматизованого проектування все частіше використовують вихідні дані у вигляді цифрових моделей місцевості, наприклад при будівництві споруд, проектуванні автомобільних доріг та ін. Пріоритетним завданням у процедурі автоматизації розробки топографічного плану є правильний вибір програмних засобів. Особливо інтенсивно програмні засоби цієї галузі інженерної діяльності стали розвиватися останні десять років. Для планування проектів при пошукових роботах або будівництві, особливо важливо зробити правильний вибір програмного продукту. Коли йдеться про роботу в єдиному інформаційному просторі, виникає питання, як забезпечити взаємодію суміжників, що працюють з різними програмними продуктами. Тому при виборі програмного забезпечення багато керівників підприємств, як показує досвід, зупиняються на одному Торосад, як основному продукті проектування, ця версія продукту проста і продуктивна у використанні.

Основна частина. Торосад — це система автоматизованого проектування (CAD), створена спеціально для обробки результатів лінійних та площинних вишукувань, створення цифрових моделей місцевості, підготовки креслень, геодезичного забезпечення будівництва, маркшейдерського забезпечення розробки родовищ корисних копалин, збирання та оновлення даних ГІС.

Торосад — поширений графічний пакет фірми Adtollo AB (Швеція, Стокгольм), орієнтований на фахівців різної кваліфікації — конструкторів, архітекторів, будівельників, інженерів, техніків, креслярів.

Для геодезистів, Торосад — це спеціалізована CAD програма, що дозволяє імпортувати дані з тахеометра, виконувати їхню обробку, експортувати дані в тахеометр, викреслювати топоплан, створювати 3D моделі рельєфу (ЦМР) та макети – топоплани 3D. Але це не лише програма для геодезистів, це програма для маркшейдерів, що дозволяє створювати 3D модель вироблення, виконувати розрахунок обсягів корисних копалин, здійснювати планування робіт та оперативно вносити зміни та доповнення до моделі. Більше того, це і програма для будівельників, що дозволяє завантажувати проект, готувати його до винесення в натуру та оформляти виконавчу зйомку. Тобто Торосад чудово підходить для всіх фахівців, яким потрібна програма для обробки геодезичних вимірювань, креслення топопланів та роботи з геопросторовою інформацією. При цьому, якщо порівнювати з аналогами, Торосад коштує недорого і має гарне співвідношення ціна / якість.

Офіційним дистриб'ютором в Україні є ТОВ «Укргеопроект МС».

Початок розробки Торосад було покладено у 1994 році. З того часу щороку виходить нова версія програми з рядом значних змін. Торосад сьогодні — це програма, що має понад 15 000 активних користувачів, перекладена 18 мовами, що розповсюджується більш ніж у 100 країнах світу. Остання версія Торосад 24.0.0 має сучасний український інтерфейс.

Функціональні можливості програмного комплексу Торосад досягають значних обсягів, з яких можна зазначити основні:

- отримання даних одразу із пристроїв;
- імпорт та експорт файлів до інших програмних комплексів;
- оптимізація процесів обробки результатів геодезичних вимірювань;
- побудову цифрової моделі ситуації шляхом формування точкових, лінійних і площинних топографічних об'єктів з відображенням

відповідного умовного знаку з поточним масштабом зйомки і можливістю внесення семантичних властивостей;

- створення цифрової моделі місцевості, у тому числі і 3D-моделі;

- отримання топографічних та тематичних планів, креслень поздовжніх та поперечних профілів;

- забезпечення горизонтального та вертикального планування місцевості;

- обчислення обсягів земляних робіт;

- забезпечує повну інтеграцію між різними типами даних, включаючи вектори, растри, моделі місцевості та хмари точок;

- вирішення цілого ряду прикладних завдань, пов'язаних із геодезичним забезпеченням будівництва.

Підключитись до географічної бази даних можна також за допомогою Torosad. Torosad має три різні модулі для різних адаптерів баз даних. Адаптер ISM — через ISM від Spatial Technology до бази даних Oracle, адаптер Arc — до бази даних ArcSDE (ESRI), а адаптер FDO — це адаптер з відкритим кодом до багатьох різних баз даних.

Система Torosad застосовується для оформлення практично усієї графічної документації, що випускається в нашій країні в електронному вигляді. Формат .dwg, що використовується у системі, став фактично всесвітнім стандартом. Крім того, замовники стали вимагати від виконавців створення тривимірної моделі виробу або споруди, що проектується. Все це пояснює безперервно зростаюче значення системи Torosad. Геодезична інформація в Torosad зображується без особливих проблем, і можливостей програми для цього цілком достатньо. Можливо, це навіть одна з найкращих програм для створення геодезичних креслень, незважаючи на універсальність.

Цифрову Модель Рельєфу (ЦМР) можна використовувати для різних обчислень, наприклад, для обчислень обсягу та побудови горизонталей. В програмі Torosad ЦМР створюється у вигляді нерегулярної мережі трикутників (TIN). Трикутники створюються автоматично за найближчими трьома точками з деякими винятками. Однією з особливих можливостей при роботі із ЦМР є симулятор води,

який можна запустити щоб побачити затоплення та прохід води по рельєфу.

Ще однією із особливостей функціональних можливостей програмного комплексу Торосад є створення ЦМР тунелю, яка вимагає наявності більшої кількості даних. ЦМР тунелю створюється на основі результатів зйомки склепінь тунелю, описи планового положення осі траси, поздовжнього профілю осі траси та проектного поперечного перерізу, або опис його габаритів. На основі цих даних виконується розгортка зйомки на проектні склепіння тунелю, а потім виконується побудова триангуляційної моделі поверхні.

Функцію об'єднання двох цифрових моделей в одну також можна вважати особливістю в порівнянні з іншими програмними комплексами. Внаслідок об'єднання двох моделей створюється нова модель, що містить результат об'єднання.

Висновки. Торосад відомий своєю надійністю, швидкістю та зручністю використання, що робить його популярним вибором серед фахівців у сферах геодезії та картографії. Він допомагає зекономити час та зусилля при вирішенні складних завдань і забезпечує високу точність та якість результатів.

Підсумовуючи аналіз програмного комплексу Торосад можна виділити основні визначення:

- комплексна система 3D САПР з можливістю робити все в межах однієї платформи;
- геодезична програма, яка допоможе перетворити польові дані з GNSS-приймачів, тахеометрів, лазерних сканерів, дронів тощо на високоякісну інформацію;
- модульна система, де ви платите лише за ті модулі, які потрібні для вашої роботи;
- працює з широким спектром форматів даних для імпорту/експорту та підключення до баз даних;
- використовує формат, сумісний як з координатними даними, так і з даними САПР та ГІС;
- забезпечує повну інтеграцію між різними типами даних, включаючи вектори, растри, моделі місцевості та хмари точок.

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ ДОРОЖНІХ ПІДПРИЄМСТВ В ТРУДОВИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РЕСУРСАХ З УРАХУВАННЯМ ПЛАНОВИХ ОБСЯГІВ РОБІТ

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. Існуючий підхід щодо визначення потреби в трудових та технічних ресурсах дорожніх підприємств та організацій, що виконують роботи з експлуатаційного утримання на автомобільних дорогах загального користування та транспортних спорудах на них базується на розрахунку їх усередненої кількості. Штатна чисельність робітників та потреба в техніці визначаються з урахуванням обсягу робіт з експлуатаційного утримання 1 км автомобільної дороги загального користування на мінімально допустимому рівні утримання. Зазначений норматив затверджується відповідно до Методики визначення обсягу фінансування будівництва, реконструкції, ремонту та утримання автомобільних доріг, який передбачає виконання першочергових робіт з певними періодичністю і обсягами. Проте такий підхід не ураховує фактичний експлуатаційний стан ділянки автомобільної дороги. Таким чином розрахована кількість робітників та техніки буде усередненою і не повністю відображатиме фактичну потребу в трудових та технічних ресурсах.

Основна частина. За останні роки внаслідок суттєвого скорочення фінансування дорожнього господарства України стан автомобільних доріг помітно погіршився. Разом із цим обсяги нового будівництва та ремонту доріг практично зникли, частково фінансуються лише роботи з експлуатаційного утримання. Виходячи з сучасних тенденцій розвитку дорожньої галузі України, головним

завданням є раціональне використання обмежених фінансових ресурсів та збереження автомобільних доріг в належному експлуатаційному стані. Фінансування виконаних робіт дорожніми експлуатуючими організаціями не є ритмічним і знаходиться на вкрай низькому рівні. Це негативно відображається на дорожніх підприємствах загалом, адже призводить до скорочення кваліфікованих спеціалістів і стимулює їх до оптимізації, яка може бути здійснена шляхом визначення оптимальної мінімальної потреби в штатній чисельності робітників та техніці.

Нормативи обсягів робіт з експлуатаційного утримання відповідно до Методики приймаються усереднено для України. Відповідно до зазначеного нормативу встановлені чіткі перелік та обсяги робіт для 1 км автомобільної дороги загального користування державного значення II категорії, який приводиться коригувальними коефіцієнтами та протяжністю ділянок відповідної категорії до потрібної мережі, проте не ураховують фактичний експлуатаційний стан ділянки автомобільної дороги. Встановлення диференційованого підходу щодо актуалізації обсягів робіт з експлуатаційного утримання для доріг державного та місцевого значення є надзвичайно важливим. Дороги державного значення зазвичай мають вищу інтенсивність руху порівняно з місцевими дорогами. Також дороги, на яких протягом тривалого періоду часу не виконувались ремонтні роботи суттєво відрізняються за експлуатаційним станом від щойно відремонтованих автомобільних доріг. Тому узагальнене визначення мінімального нормативу обсягів робіт для доріг різних категорій та різного стану є не зовсім об'єктивним.

Разом із цим у зв'язку з введенням у дію нових нормативних документів, застосуванням нових технологій та сучасних дорожніх машин і механізмів, існуючі підходи до визначення планових обсягів робіт та відповідно потреби у трудових та технічних ресурсах потребують перегляду. Це забезпечить в межах встановленого ліміту фінансування певного регіону максимальну ефективність у визначенні потреби в трудових та технічних ресурсах та максимальній ефективності їх використання дорожніми підприємствами. З метою

реалізації зазначеного можна виділити такі основні напрямки удосконалення відповідних існуючих науково-обґрунтованих підходів:

- коригування обсягів робіт з експлуатаційного утримання для забезпечення нормальних умов руху транспорту, в залежності від існуючого експлуатаційного стану мережі автомобільних доріг загального користування;

- установа видів робіт з експлуатаційного утримання доріг державного і місцевого значення окремо;

- урахування змін в нормативному-технологічному забезпеченні, використання сучасних машин та механізмів, які використовуються протягом останніх років в дорожній галузі з вищою продуктивністю та більшою універсальністю.

Висновки. За останні роки фінансування дорожнього господарства України значно скоротилось, за таких умов головним завданням є збереження мережі автомобільних доріг та запобігання швидкому погіршенню їх експлуатаційному стану. Тому оптимальне використання обмежених ресурсів на стадії експлуатації автомобільних доріг має в сучасних умовах велике практичне значення. Розроблення нового підходу, базованого на комплексному аналізі різноманітних факторів, визначення недоліків та обмежень існуючих методів, а також впровадження нових технологій, дозволять підвищити точність прогнозування потреб у визначенні обсягів робіт з експлуатаційного утримання автомобільних доріг в Україні. Останнє дасть змогу об'єктивно визначити мінімальну потребу в трудових та технічних ресурсах дорожніх підприємств та організацій

