



2025

МАТЕРІАЛИ

IV МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ, ІННОВАЦІЇ

Харків, ХНАДУ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МАТЕРІАЛИ
IV Міжнародної науково-
технічної конференції

ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИЙ
КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ, ІННОВАЦІЇ

УДК: 625.7/.8

Конференція зареєстрована в УкрІНТЕІ МОН України
(посвідчення № 805 від 09 грудня 2024 р.)

Редакційна колегія:

Дорожко Є.В.	завідувач кафедри проектування, доріг, геодезії і землеустрою ХНАДУ, доцент, кандидат технічних наук
Батракова А.Г.	професор кафедри проектування, доріг, геодезії і землеустрою ХНАДУ, доктор технічних наук
Арсеньєва Н.О.	доцент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою ХНАДУ, кандидат технічних наук.
Юхно А.С.	доцент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою ХНАДУ, кандидат економічних наук
Захарова Е.В.	асистент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою ХНАДУ

Адреса редакційної колегії: 61002, вул. Ярослава Мудрого, 25,
ауд. 362 м. Харків, Україна
тел. +38(057)707-37-32

ISBN

© Харківський національний автомобільно-дорожній
університет, 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний автомобільно-дорожній університет



Програма
IV Міжнародної науково-технічної
конференції

ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИЙ
КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ, ІННОВАЦІЇ

кафедра Проектування доріг, геодезії і
землеустрою

61002, вул. Ярослава Мудрого, 25, ауд. 362
м. Харків, Україна
тел. +38(057)707-37-32

25 листопада 2025 р.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Богомолів В.О., (голова)	ректор Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ), доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, академік Транспортної академії України
Батракова А.Г., (заступник голови)	перший проректор ХНАДУ, доктор технічних наук, професор
Дмитрієв І.А. (заступник голови)	Проректор з наукової роботи ХНАДУ, доктор економічних наук, професор
Бугаєвський С.О., (заступник голови)	декан дорожньо-будівельного факультету ХНАДУ, доктор технічних наук, професор
Дорожко Є.В., (заступник голови)	завідувач кафедри проектування, доріг, геодезії і землеустрою ХНАДУ, кандидат технічних наук, доцент
Ліннік А.В.	директор Східної регіональної філії ДП «Українське державне аерогеодезичне підприємство»
Войченко М.С.	заступник директора ДП «Дороги Харківщини»
Внукова Н.В.	завідувач кафедри екології ХНАДУ, доктор технічних наук, професор
Смолянчук Р.В.	завідувач кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг ХНАДУ, кандидат технічних наук, доцент
Оксак С.В.	завідувач кафедри технології дорожньо-будівельних матеріалів ХНАДУ, кандидат технічних наук, доцент
Овчаренко О.А..	завідувач кафедри мостів, конструкцій і будівельної механіки ім. В.О. Російського ХНАДУ, кандидат технічних наук, доцент
Ненастіна Т.О.	завідувач кафедри хімії та хімічної технології ХНАДУ, доктор технічних наук, професор
Гапонова Л.В.	завідувач кафедри комп'ютерної графіки ХНАДУ, кандидат технічних наук, доцент
Захарова Е.В. (відповідальний секретар)	асистент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою ХНАДУ

IV-а міжнародна науково-технічна конференція «ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ, ІННОВАЦІЇ», 25 листопада 2025 р.

Мета конференції – обговорення теоретичних та практичних підходів щодо розв'язання проблем забезпечення надійності, довговічності та безпеки автомобільних доріг та транспортних споруд.

Програма конференції передбачає:

- відкриття конференції, пленарне засідання;
- роботу секцій:
- ✓ Сучасні методи та технології геодезичного та інформаційного забезпечення вишукувань, проектування і будівництва автомобільних доріг та транспортних споруд;
- ✓ Особливості використання сучасних геоінформаційних та комп'ютерно-інтегрованих технологій у дорожньо-будівельному комплексі;
- ✓ Інноваційні методи та технології проектування, будівництва та експлуатації автомобільних доріг і транспортних споруд;
- ✓ Проблеми надійності та довговічності автомобільних доріг та транспортних споруд – шляхи їх вирішення;
- ✓ Проблеми розвитку транспортної інфраструктури регіонів: безпека дорожнього руху, екологічна безпека;
- ✓ Реалізація компетентнісного підходу при підготовці фахівців дорожньо-будівельного комплексу – інноваційні технології сучасної освіти;

РЕГЛАМЕНТ КОНФЕРЕНЦІЇ

25.11.2025 09.30÷09.50 - реєстрація учасників
 10.00÷14.00 - відкриття конференції, пленарне засідання
 14.00÷17.00 - робота секцій

Тривалість пленарних доповідей – до 20 хв., тривалість доповідей на секціях – до 10 хв., виступів у дебатах – до 5 хв.

Офіційні мови конференції: українська, англійська.

КОНТАКТИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Адреса: вул. Ярослава Мудрого, 25, 61002, Харків, Україна
Телефон: +38 (057) 707-37-32
e-mail: rp@khadi.kharkov.ua

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ КОНФЕРЕНЦІЇ

25 листопада 2025 р.

з 10⁰⁰ до 13⁰⁰

1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДОРОЖНЬОГО БУДІВНИЦТВА ВІД TOPCON

Шмонда Є.О., Київ, Україна

директор ТОВ «УКРГЕО-ПРОЕКТ МС»

2. THE IMPORTANCE OF RELIABILITY AND DURABILITY OF AUTOMOBILE ROADS FOR LOGISTICS NEEDS

Iukhno Alona, Kharkiv, Ukraine

Kharkiv National Automobile and Highway University

Khatsko Nataliya, Warsaw, Poland

Axis Good Logistics Ltd

3. SCATTERING PHENOMENA OF ACOUSTIC AND ELECTROMAGNETIC WAVES AND ELECTROSTATIC FIELDS IN AXISYMMETRIC MULTI-CONNECTED STRUCTURES

Martin Sagradian,

Macquarie University. Balaclava Rd, North Ryde NSW, 2109, Sydney, Australia

4. ВИЗНАЧЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Рубан В. П., м.Харків, Україна

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова Національної академії наук України

Урдізік С. М., м.Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

5. GENERAL PROVISIONS GOVERNING CONTRACTUAL RELATIONSHIPS BETWEEN THE CLIENT AND THE EXECUTOR OF GEODETIC WORKS IN ROAD CONSTRUCTION

Ignatiev V., Nordland, Norway

Municipality Steigen, Norway

Dorozhko Ye., Kharkiv, Ukraine

Kharkiv National Automobile and Highway University

6. REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF HIGHWAY EMBANKMENTS ON WEAK SOILS

Aziz Chitawi, Dadssi Omar, Rabat, Morocco

Ministry of Equipment and Water

Dorozhko Yevhen, Kharkiv, Ukraine

Kharkiv National Automobile and Highway University

7. ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ПОЗИЦІОНУВАННЯ ПРИХОВАНИХ ДЕФЕКТІВ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Почанін Г. П., Рубан В. П., м.Харків, Україна

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова

Національної академії наук України

8. ГЕОРАДАРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА СТАНУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ З ТРИЩИНАМИ У ПОКРИТТІ

Урдзік С.М., м.Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Палаута С. С., м.Харків, Україна

Служби відновлення та розвитку інфраструктури у Харківській області

9. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ГЕОРАДІОЛОКАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

Урдзік С. М., м.Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Котляр Т. С., м.Харків, Україна

Житлобуд-3

10. ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ДОРОЖНЬОГО ПОКРИВУ НА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУДАХ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ЕПОКСИДНИХ СКЛАДОВИХ

Онищенко А.М., Зеленовський В.А.

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

11. ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГОНЧАРІВСЬКОГО МОСТУ М. ХАРКІВ

Наливайко Т. А., Батракова А. Г., Дорожко Є.В. м. Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

12. НЕРУЙНІВНА ДІАГНОСТИКА КОНСТРУКЦІЙ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Батракова А. Г., Шелкова І. С., Дорожко Є. В., Урдзік С. М.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків,

Україна

Почанін Г.П., Рубан В.П.

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я.Усикова НАН України, Харків,

Україна

ЗМІСТ

Мусієнко І.В., Мусієнко І.І. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТОПОГРАФІЧНИХ ЗЙОМОК: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ.....	16
Толмачов Д. С. ПРОБЛЕМИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ВЕЛОІНФРАСТРУКТУРИ В МІСТАХ УКРАЇНИ	20
Мусієнко І.В., Сухоставський І.О. ГІС ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ: АНАЛІЗ, СУЧАСНИЙ СТАН, ПЕРСПЕКТИВИ.....	26
Мусієнко І.В., Яковлєв В.М. ПЕРЕХІД УКРАЇНИ ВІД БАЛТІЙСЬКОЇ ДО АМСТЕРДАМСЬКОЇ СИСТЕМИ ВИСОТ: НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, СТАН РЕАЛІЗАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	31
Iukhno A., Khatsko N. THE IMPORTANCE OF RELIABILITY AND DURABILITY OF AUTOMOBILE ROADS FOR LOGISTICS NEEDS	36
Kondratenko O.M., Umerenkova K.R., Koloskov V.Yu., Lytvynenko O.O. MATHEMATICAL MODEL OF THE PURIFICATION PROCESS OF GASEOUS HYDROGEN FROM ACCOMPANYING IMPURITIES BY USING OF SORPTION METAL HYDRIDE TECHNOLOGIES	40
Андрєєв В. С., Цібілюк Н. О. ЗАДАЧА ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ ТА СТІЙКОСТІ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНОГО СХИЛУ, ЩО СКЛАДЕНИЙ ШАРУВАТИМИ Й ВОДОНАСИЧЕНИМИ ҐРУНТАМИ	44
Бессарабов О.О. ВИКОРИСТАННЯ НІВЕЛІРА ПРИ ОБСТЕЖЕННІ МОСТІВ І ШЛЯХОПРОВІДІВ	47
Бессарабов О.О. ВИКОРИСТАННЯ ОНІКС 2.5 ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ШТУЧНИХ СПОРУД	50
Розмус Д.І., Соболев Х.С., Петровська Н.І. ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК ТА УМОВ ТВЕРДНЕННЯ НА ГІДРАТАЦІЙНУ АКТИВНІСТЬ НИЗЬКОВОДНИХ ЦЕМЕНТНИХ СИСТЕМ	54
Юдін В.О. ГОЛОВНІ ПРИЧИНИ ПЕРЕДЧАСНИХ УШКОЖЕНЬ СПОРУД З ГОФРОВАНОГО МЕТАЛУ НА ДОРОГАХ УКРАЇНИ	59
Доброходова О. В., Касьянов В. В. СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОДЕЗИЧНОГО ТА ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИШУКУВАНЬ, ПРОЄКТУВАННЯ І БУДІВНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД	64

Дубінчик О. І., Мазуренко М. В. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДСИЛЕННЯ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ СТРІЧКОВОГО ФУНДАМЕНТУ БЛОКАМИ З ҐРУНТОЦЕМЕНТУ	69
Душкін С. С. ЗЕЛЕНЕ ДОРОЖНЄ БУДІВНИЦТВО В КОНТЕКСТІ SMART- УРБАНІЗМУ	72
Шелкова І.С., Ганночка О., Лобков Д. ЗАСТОСУВАННЯ РОБОТИЗОВАНИХ ТАХЕОМЕТРІВ ДЛЯ РОЗБИВКИ ТРАСИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	77
Касьянов В. В., Доброходова О. В. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВаних ТЕХНОЛОГІЙ У ДОРОЖНЬО - БУДІВЕЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ	80
Коваленко Л.О., Ярижко А.В. ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИЙ СУПРОВІД БУДІВНИЦТВА РІЗНИХ ВИДІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД	84
Коваленко Л.О., Коваль Ю.О. ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ	88
Коваль М. П., Ковальчук В. В., Риковцев О. І. АНАЛІЗ ДОСВІДУ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТНИХ КОМПОЗИЦІЙ ПРИ ПОСИЛЕННІ ПРОГОНОВИХ БУДОВ МОСТІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	92
Одарюк Т.С. КОНСОЛІДАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ – ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД	97
Рубан В.П., Урдзік С. М. ВИЗНАЧЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	102
Міхно П. Б. ПОРІВНЯННЯ GROK І GEMINI У ЯКОСТІ ЕКСПЕРТІВ З ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО РОЗВИТКУ	105
Ignatiev V., Dorozhko Ye. GENERAL PROVISIONS GOVERNING CONTRACTUAL RELATIONSHIPS BETWEEN THE CLIENT AND THE EXECUTOR OF GEODETIC WORKS IN ROAD CONSTRUCTION	111
Aziz Chitawi, Dadssi Omar, Dorozhko Ye. REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF HIGHWAY EMBANKMENTS ON WEAK SOILS	115
Захарова Е. В., Таєнко О. Ю. ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАС ТА ІНЖЕНЕРНО- ГЕОДЕЗИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ТОРОСАД: ІНСТРУМЕНТИ, АЛГОРИТМИ ТА ПРАКТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ	119

Захарова Е. В., Краснопольська С.І. ФОРМУВАННЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ ПРОФІЛЮ ТРАСИ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ТОРОСАД: ТАБЛИЧНИЙ ОПИС, ГРАФІЧНА ФОРМА ТА ІНСТРУМЕНТИ РЕДАГУВАННЯ	124
Захарова Е. В., Черкасов М. М. ФОРМУВАННЯ ПРОЕКТНИХ ПОПЕРЕЧНИКІВ ТРАСИ В ТОРОСАД НА ОСНОВІ ШАБЛОНІВ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФІЛЮ	129
Наливайко Т. А., Батракова А. Г., Дорожко Є.В. ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНИТОРИНГ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГОНЧАРІВСЬКОГО МОСТУ М. ХАРКІВ	133
Міщенко Р. Р. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРШОЧЕРГОВОСТІ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД	137
Батракова А. Г., Шелкова І. С., Дорожко Є. В., Урдзік С. М., Почанін Г.П., Рубан В.П. НЕРУЙНІВНА ДІАГНОСТИКА КОНСТРУКЦІЙ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ.....	142
Шелкова І.С., Королюк М. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ ТАХЕОМЕТРІЇ ДЛЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ЗНІМАННЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ	146
Почанін Г. П., Рубан В. П. ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ПОЗИЦІОНУВАННЯ ПРИХОВАНИХ ДЕФЕКТІВ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ	149
Казаченко Д.А., Двалі Р. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРНИХ СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ПІД ЧАС ВСТАНОВЛЕННЯ МЕЖ ОБ'ЄКТУ ВОДНОГО ФОНДУ	153
Казаченко Л.М., Левун В.Ю. ВИКОРИСТАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЕКТУВАННІ ЛІНІЙНИХ СПОРУД	159
Казаченко Л.М., Мельник Т.В., Голик Є.О. ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОЕКТІВ ВСТАНОВЛЕННЯ МЕЖ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ С.ЗАЛЕЛІА ...	164
Казаченко Д.А., Мілованов А.О. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ У ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ	169
Казаченко Д.А., Подолянчук Д., Пономаренко А., Ворона О. СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОЇ КАРТОГРАФІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ В ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ DIGITALS.....	174

Казаченко Л.М., Вєрвейко А., Войтович В., Клименко Р. ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРНИХ СИСТЕМ	179
Аринушкіна Н. С., Панчишин Д.І. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УСУНЕННЯ КОЛІЙНОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ	186
Фоменко Г.Р., Федотікова В.А. ПЛАНУВАННЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ	190
Бєзбабічева О.І., Клименко В.О., Вєрбицький К.І. СУЧАСНІ МЕТОДИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОКРЕМИХ ПІДЗЕМНИХ МЕРЕЖ ХАРКОВА.....	196
Арсєньєва Н.О., Сухова В.Г. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД	201
Арсєньєва Н.О. ІНТЕГРАЦІЯ ГІС І БІМ В ГЕОДЕЗІЇ	205
Арсєньєва Н.О., Мишолов В.М. SMART ROAD – ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	209
Бушев О. І., Нєстєренко С. Г. АНАЛІЗ СТАНДАРТІВ І НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ.....	213
Атинян А. О., Пустовойтова О. М., Гвоздюк О.А. АНАЛІТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ПОТУЖНОСТІ СКЛОПЛАСТИКОВОЇ ОБОЙМИ НА ГРАНИЧНІ СТАНИ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ	217
Маслій Л. О., Пілічева М. О. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ФОРМУВАННЯ КАДАСТРОВОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	220
Нєстєренко С. Г., Радзінська Ю. Б. ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СФЕРІ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ НА ОСНОВІ ГІС...	225
Pustovoitova O. M. THEORETICAL ASPECTS OF SIMULATING THE STRESS-STRAIN BEHAVIOR OF PRESTRESSED CONCRETE ELEMENTS.	228
Воронков О. О. ГЕОІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	232

Єрмакова І. А. ТИПОВІ ДЕФЕКТИ МОНОЛІТНИХ ІНЖЕНЕРНО- ТРАНСПОРТНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ШЛЯХИ ЇХНЬОГО УСУНЕННЯ	235
Пілічева М.О., Маслій Л.О. ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У ВИШУКУВАННЯХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	238
Данилюк А. А., Пілічева М.О. РОЛЬ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УПРАВЛІННІ ДОРОЖНЬО-ІНФРАСТРУКТУРНИМИ ПРОЄКТАМИ.....	241
Сопова Н. В., Анопрієнко Т.В., Макєєва Л.М., Винограденко С.О. ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДЗК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ГІС ТА БЕЗПЛОТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ГЕОДЕЗИЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОЄКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВА ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ І ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД	246
Урдзік С. М., Котляр Т. С. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ГЕОРАДІОЛОКАЦІЙНИМ МЕТОДОМ.....	250
Урдзік С. М., Палаута С. С. ГЕОРАДАРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА СТАНУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ З ТРИЩИНАМИ У ПОКРИТТІ	254
Юхно А.С., Бутенко Д. С. РОЗРОБКА РОБОЧИХ ПРОЄКТІВ ЗЕМЛЕУСТРОЮ ЩОДО ЗНЯТТЯ ТА ПЕРЕНЕСЕННЯ РОДЮЧОГО ШАРУ ҐРУНТУ	259
Костін Д. Ю., Арінушкіна О. О., Постніков І. С. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОВЖИНИ ПОЛІПРОПІЛЕНОВИХ ФІБРОВОЛОКОН НА ВЛАСТИВОСТІ КРУПНОЗЕРНИСТИХ ЩЕБЕНЕВО-ПІЩАНИХ СУМІШЕЙ УКРІПЛЕНИХ ЦЕМЕНТОМ	264
Ткаченко І., Комаренко С., Восканян Н. ФОРМУВАННЯ ВИСОКОТОЧНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ОСНОВИ ДОРОЖНЬОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАСОБАМИ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ТА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ВЕКТОРИЗАЦІЇ ХМАР ТОЧОК	269
Міщенко Р.А., Левков Д.Р. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ГЕОДЕЗИЧНОМУ ОБЛАДНАННІ ДЛЯ ДОРОЖНЬОГО БУДІВНИЦТВА	273
Sagradian M. SCATTERING PHENOMENA OF ACOUSTIC AND ELECTROMAGNETIC WAVES AND ELECTROSTATIC FIELDS IN AXISYMMETRIC MULTI-CONNECTED STRUCTURES	276

Саркісян Г.С., Агеев М. В., Римарук Р. М. ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ ДЛЯ РОБОЧОГО ПРОЄКТУ БУДІВНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ	279
Саркісян Г.С., Болотченко І. С., Куліш О. С. МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ НІВЕЛІРНИХ ВИМІРЮВАНЬ І ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ.....	282
Онищенко А.М., Зеленовський В.А. ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ДОРОЖНЬОГО ПОКРИВУ НА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУДАХ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ЕПОКСИДНИХ СКЛАДОВИХ	285
Догадайло Я.В., Котенко А.Д. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ПК «КОШТОРИС 8» ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ВАРТОСТІ ДОРОЖНІХ РОБІТ ТА ПОСЛУГ.....	290
Смолянюк Р. В., Халін С. М. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ ЗАСОБІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ.....	295
Кошкалда І.В., Князь О.В., Домбровська О.А., Ряснянська А.М. ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПІДГОТОВКИ ЗЕМЛЕВПОРЯДНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ	301
Смолянюк Р. В., Смолянюк Н. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ШОРСТКОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗЧІПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	306
Байструк О. В. ПРАВОВІ АСПЕКТИ ВСТАНОВЛЕННЯ ЗОН ОБМЕЖЕНЬ ТА ЇХ РОЛЬ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ.....	311
Демочко І. О. ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ ТРАНСПОРТУ У СКЛАДІ ЗЕМЕЛЬ ІСТОРИКО- КУЛЬТУРНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	316
Фролов О. В. АНАЛІЗ НЕДОЛІКІВ ПРОСТОРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІСТОБУДІВНОГО МОНІТОРИНГУ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ РЕГІОНІВ	319

Сєдов А. О., Садовий І. І., Хайнус Д. Д., Могильний С. Г. ЗАКОРДОННИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ АНАЛІЗІ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ТЕРИТОРІЙ	321
--	-----

УДК 528.4

Мусієнко І.В., Мусієнко І.І., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТОПОГРАФІЧНИХ ЗЙОМОК: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ

Топографічні зйомки є основою для створення планів і карт місцевості, що використовуються в будівництві, землеустрої, містобудуванні та інших галузях. Розвиток технологій суттєво розширив можливості геодезичних робіт, але водночас поставив завдання вибору оптимального методу для конкретних умов. Метою дослідження є порівняльний аналіз сучасних технологій топографічних зйомок з урахуванням їх технічних характеристик, сфер застосування та економічної доцільності.

Традиційні оптичні геодезичні прилади залишаються актуальними для певних видів робіт. До цієї категорії належать оптичні теодоліти, нівеліри та далекоміри. Їх основна перевага – відносно низька вартість (від 15 до 50 тис. грн за базові моделі) та незалежність від зовнішніх джерел живлення. Особливої уваги заслуговують високоточні теодоліти типу Theo 010 (точність 0,5") та прецизійні нівеліри Ni002 (точність 0,2 мм/км), які застосовуються для спостережень за деформаціями споруд та інженерно-геодезичних вимірювань особливої точності. Недоліком є відсутність автоматизації, що збільшує трудомісткість робіт та ймовірність помилок. Сфера застосування – високоточні вимірювання, навчальні заклади, невеликі будівельні майданчики, роботи в умовах обмеженого фінансування [1].

Електронні тахеометри та цифрові нівеліри є найпоширенішою категорією геодезичного обладнання. Тахеометри поєднують функції теодоліта та світловіддалеміра, забезпечуючи автоматичне вимірювання кутів і відстаней з точністю 1-5" та 1-3 мм. Сучасні моделі

(Leica TS16, Trimble S9, Topcon MS1) мають вбудовані програми обробки даних, безвідбивачеві далекоміри (до 1000 м) та модулі GNSS. Вартість становить від 150 тис. грн (базові моделі) до 1,5 млн грн (роботизовані станції). Цифрові нівеліри (Leica DNA03, Trimble DiNi) забезпечують точність 0,3-1,0 мм/км та автоматичну реєстрацію відліків по штрих-кодових рейках. Основна перевага – можливість працювати в будь-яких умовах, включаючи щільну міську забудову, де GNSS-сигнал недоступний. Застосування – інженерно-топографічні зйомки, винесення проектів у натуру, моніторинг деформацій, кадастрові роботи [2-4].

Геодезичне GNSS-обладнання (супутникові приймачі GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou) забезпечує визначення координат з точністю 3-10 мм в режимі RTK (Real Time Kinematic) та 1-3 мм в режимі статики. Сучасні приймачі (Trimble R12, Leica GS18, Topcon HiPer VR) підтримують всі супутникові системи одночасно (до 555 каналів), мають функції нахилового вимірювання (IMU технологія) та інтеграцію з тахеометрами. Переваги: висока швидкість робіт (до 100 точок на годину в RTK-режимі), доступність віддалених територій, можливість роботи однієї людини. Недоліки: залежність від супутникового сигналу (неефективність в лісі, каньйонах, під мостами), висока вартість (від 300 тис. до 2 млн грн за комплект з контролером та програмним забезпеченням), необхідність базової станції або підписки на RTK-мережу (30-60 тис. грн/рік). Застосування – створення геодезичних мереж, великомасштабні топографічні зйомки відкритих територій, кадастрові роботи [5].

Лазерне сканування представлено трьома різновидами. Стационарне наземне лазерне сканування (НЛС) використовує високоточні сканери (Leica RTC360, Trimble X12, FARO Focus) для створення тривимірних моделей об'єктів з точністю 1-6 мм на відстані до 350 м. Швидкість сканування сягає 2 млн точок/сек. Вартість

обладнання – від 1,5 до 6 млн грн. Застосування: архітектурні обмірювання, документування об'єктів культурної спадщини, промислові об'єкти, BIM-моделювання. Мобільне лазерне сканування (МЛС) виконується з транспортних засобів, обладнаних сканерами, GNSS-приймачами та інерціальними системами. Системи типу Leica Pegasus, Trimble MX9 дозволяють знімати автомобільні дороги зі швидкістю до 100 км/год з точністю 5-20 мм. Вартість – від 5 до 15 млн грн. Застосування: інвентаризація дорожньої інфраструктури, планування ремонтів, створення цифрових двійників міст.

Повітряне лазерне сканування (ПЛС) з БПЛА є найперспективнішою технологією. Легкі лазерні сканери (DJI Zenmuse L1, YellowScan Mapper, Riegl miniVUX) вагою 0,5-2 кг встановлюються на дрони DJI Matrice 300/350 RTK, Quantum Trinity. Забезпечується точність 30-100 мм з висоти 50-150 м, продуктивність до 200 га/год. Перевага перед НЛС – можливість зйомки великих площ за короткий час, проникнення лазерного променя через рослинність для створення цифрових моделей рельєфу (ЦМР). Вартість комплексу – від 1,5 до 8 млн грн. Застосування: лісова таксація, зйомка ліній електропередач, археологічні дослідження, моніторинг берегової лінії, картування урбанізованих територій [1].

Аерофотозйомка з БПЛА використовує безпілотники з RGB-камерами високої роздільності (20-60 Мп) для створення ортофотопланів та ЦМР методом фотограмметрії. БПЛА типу DJI Phantom 4 RTK, senseFly eBee X забезпечують точність 20-50 мм з висоти 100 м при використанні опорних точок. Вартість – від 200 тис. до 2 млн грн. Перевага – висока деталізація знімків, можливість отримання текстурованих 3D-моделей. Недоліки – складність обробки даних (потребує потужних комп'ютерів та ліцензованого ПЗ типу Pix4D, Agisoft Metashape вартістю 60-300 тис. грн), залежність від освітлення та погодних умов, великий обсяг обчислень (8-12 годин на обробку 500

фото). З поширенням ПЛС, яке надає готові координати точок без складної фотограмметричної обробки, аерофотозйомка поступово відходить на другий план, хоча залишається актуальною для завдань, де потрібна саме візуальна інформація [6].

Супутникова фотозйомка використовує дані оптичних космічних апаратів (Sentinel-2, Landsat-8/9, Maxar WorldView, Planet Labs). Просторова роздільність варіюється від 10 м (безкоштовні дані Sentinel) до 0,3 м (комерційні супутники). Переваги – можливість зйомки величезних територій, регулярність оновлення даних, доступність архівних знімків. Недоліки – недостатня точність для інженерних робіт, залежність від хмарності, висока вартість деталізованих знімків (від 1000 USD за сцену). Вартість користування даними: безкоштовні (Sentinel, Landsat) до 20-50 USD/км² (комерційні супутники високої роздільності). Застосування – моніторинг змін землекористування, екологічний моніторинг, сільське господарство (оцінка посівів), планування регіонального розвитку, картографування віддалених і важкодоступних регіонів [7-8].

Висновки. Вибір технології топографічної зйомки визначається масштабом робіт, необхідною точністю, умовами місцевості та економічними факторами. Для локальних інженерних зйомок оптимальні електронні тахеометри; для великих відкритих територій – GNSS; для детального 3D-моделювання – лазерне сканування з пріоритетом повітряного методу; для регіонального планування – супутникова фотозйомка. Тенденція розвитку – інтеграція різних методів (тахеометр + GNSS, ПЛС + аерофотозйомка) для досягнення максимальної ефективності та точності геодезичних робіт.

Література:

1. Островський А.Л., Мороз О.І., Тартачинська З.Р. Геодезія: підручник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. 564 с.

2. Trimble S9 Total Station. User Guide. Sunnyvale: Trimble Inc., 2021. 156 p.
3. Leica DNA03/DNA10 Digital Auto Level. User Manual. Heerbrugg: Leica Geosystems AG, 2019. 94 p.
4. Про затвердження Порядку топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 Мінагрополітики; Наказ, Порядок, Вимоги [...] від 17.04.2025 № 1675: станом на 9 лип. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0868-25#Text> (дата звернення: 15.11.2025).
5. Тревого І.С., Четверіков Б.В. Застосування ГНСС-технологій у геодезичному виробництві: навчальний посібник. Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2020. 408 с.
6. Тревого І.С., Задорожний В.В. Теорія і практика аерофотозйомки з безпілотних літальних апаратів. Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2020. Вип. 91. С. 48-58.
7. Colomina I., Molina P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2014. Vol. 92. P. 79-97.
8. Янків-Вітковська Л.М. Порівняльний аналіз технологій супутникових вимірювань в геодезії. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2022. Вип. II(44). С. 112-118.

УДК 625.7; 711.73

Толмачов Д. С., Харків, Україна.

Харківський Національний автомобільно-дорожній університет

ПРОБЛЕМИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ВЕЛОІНФРАСТРУКТУРИ В МІСТАХ УКРАЇНИ

Сучасні українські міста перебувають у стані глибокої трансформації їхніх транспортних систем. В умовах зростання мобільності населення, високої залежності від

автомобільного транспорту та значного екологічного навантаження постає потреба переосмислення підходів при проєктуванні транспортної інфраструктури. Одним із найважливіших напрямків розвитку сталої мобільності є створення безпечної та ефективної велосипедної інфраструктури. Велотранспорт, будучи економічно доступним засобом мікромобільності (згідно [1]), а також екологічно чистим і мобільним способом пересування, здатний суттєво розвантажити міські вулиці, підвищити якість життя та сприяти здоров'ю населення. Мікромобільність – це використання легких, компактних транспортних засобів для пересування на короткі відстані в межах міста. Це можуть бути як звичайні велосипеди та самокати, так і їхні електричні варіанти.

Серед ключових викликів варто відокремити фрагментарність наявних рішень, невідповідність проєктів сучасним нормам та практикам, обмежену інтеграцію велошляхів у загальну транспортну мережу, відсутність узгодження між учасниками транспортного планування та складнощі з урахуванням пішохідних, автомобільних та потоків громадського транспорту. Додатковими бар'єрами є нестача актуальних містобудівних даних, недостатній рівень інженерного аналізу, а також перевага автомобілецентричного підходу до реконструкції вулиць.

Але, більшість міст України мають лише точкові або фрагментарні елементи велоінфраструктури, які часто не інтегруються у загальну транспортну мережу, та не з'єднані між собою у суцільні маршрути. В багатьох роботах висвітлені основні проблеми на шляху велоінтеграції та сталого розвитку міського середовища [2,3]. В цих документах показано характерні для українських міст проблеми, пов'язані з плануванням та реалізацією сучасних веломереж. Однак існуюча мережа автомобільних доріг у багатьох містах України не дозволяє виділити достатній простір для впровадження додаткової інфраструктури, зокрема велодоріжок. Це суттєво ускладнює процес

проектування велосипедної інфраструктури та стримує можливості її повноцінного розвитку. Обмежена ширина вулично-дорожньої мережі, конкуренція за простір між видами транспорту стримують можливості створення безпечних і безперервних веломаршрутів.

Наразі в Україні діє низка нормативних документів, у яких викладено основні принципи планування, проектування та будівництва велосипедної інфраструктури в містах [4-7]. Велосипедна інфраструктура повинна мінімізувати конфлікти з автомобілями та пішоходами, забезпечувати видимість, розділення потоків і захист на магістральних вулицях. Веломережа повинна охоплювати всі ключові райони: навчальні заклади, центри зайнятості, транспортні вузли. Тип велоінфраструктури (велодоріжка/велосипедна смуга/змішаний рух) обирається відповідно до категорії вулиці та швидкісного режиму.

Ці основні принципи іноді не можливо повноцінно виконати через те, що будь яка магістральна вулиця не має однакових ділянок в профілі, має мости чи шляхопроводи, різні за траскторією сполучення з іншими вулицями.

У процесі інтеграції велосипедної мережі в загальну дорожню систему міста Харкова виникає низка проектних викликів. Однією з ключових проблем є необхідність узгодження майбутніх велосипедних маршрутів із чинним генеральним планом вулично-дорожньої мережі. Це потребує ретельного аналізу існуючих схем руху громадського та автомобільного транспорту, а також пішохідних потоків, що нерідко створює складні просторові конфлікти між різними видами мобільності.

У підсумку ці проблеми впливають на формування цілісного плану велосипедної мережі, оскільки проєктувальникам необхідно одночасно враховувати інтереси велосипедистів, пішоходів та громадського й автомобільного транспорту. Взаємодія цих вимог вимагає комплексного підходу. Такий підхід та аналіз (наведений у роботі [3]) існуючих матеріалів міста Харкова, такі як

генплан, транспортні системи міста, маршрути самих користувачів засобів мікромобільності, сайти та застосунки [9], дозволив створити карти-схеми велосипедних маршрутів, з рекомендованим вибором форм велосипедного руху та місць розташування елементів сервісу велоінфраструктури. Що в свою чергу суттєво допоможе в проектуванні та реалізації в майбутньому.

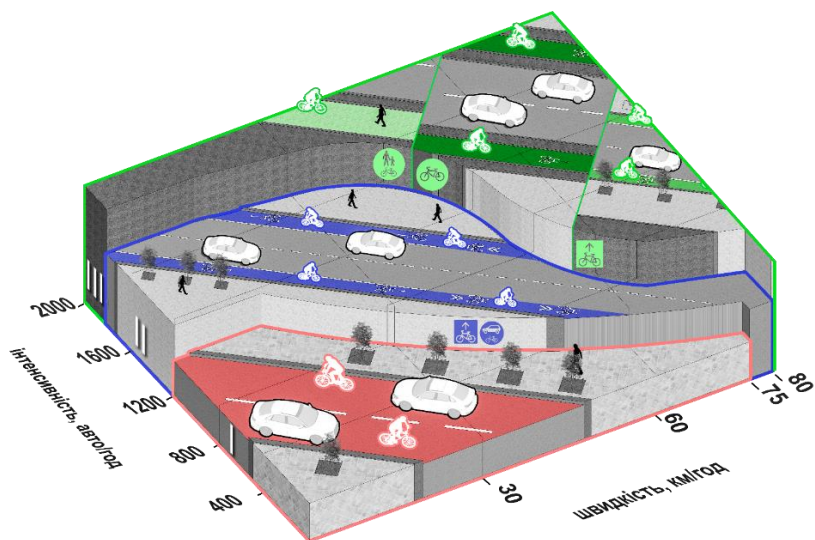


Рис. 1 Схема вибору форми велосипедного руху в залежності від швидкості та інтенсивності автомобільного транспорту на вулиці з двома смугами руху

Наприклад в концепції розвитку велосипедної інфраструктури [8] був запропонований метод визначення пріоритетів, який дозволяє розробити велосипедну мережу для міст з низькою часткою велосипедних поїздки, поїздки, що максимізують ефективність її реалізації. Передбачається, що реалізація мережі основних маршрутів у Харкові забезпечить доступ до велосипедної інфраструктури 359,5 тис. жителів, з яких 149,5 тис. осіб є потенційними велосипедистами.

Представляється що для реалізації (розвитку) велоінфраструктури найефективнішими рішеннями можуть бути:

- формування стратегічних планів велорозвитку. Кожне місто повинно мати комплексний документ, аналогічний харківській концепції [3], що міститиме стратегічне бачення, мережеву модель, пріоритетні маршрути, стандарти інфраструктури, план реалізації. Це дозволить уникнути хаотичного розміщення ділянок інфраструктури та забезпечить її системність.

- інтеграція велосипедної мережі в транспортне планування міста. Велосипедні маршрути мають проєктуватися водночас із схемами громадського транспорту, розподілом потоків автомобілів, оновленням профілів вулиць, формуванням пішохідних зон. Лише так можна уникнути конфліктів і створити логічну мережу з високим рівнем безпеки.

- впровадження типових інженерних рішень. Широкий набір прикладів і схем (поперечні профілі, конфігурації смуг, конструкції відокремлення), які можуть стати основою для типових рішень в українських містах. Та їх стандартизація, що дозволить прискорити проєктування, зменшити вартість документації, підвищити якість мережі, забезпечити уніфікацію по країні.

- освітні та соціальні програми. Формування велосипедної культури – є ключовими для ефективного та сталого розвитку українських міст, та сприятиме підтримці проєктів з боку громад. А представникам влади організовувати безкоштовні шкільні тренінги, міські кампанії з популяризації велосипедного транспорту, програми безпечного руху та правил користування велосипедною інфраструктурою.

Впровадження запропонованих рішень не лише підвищить мобільність населення, але й сприятиме економічному розвитку та зменшенню екологічного навантаження на міське середовище. Аналіз проблем та

пропозиції щодо їх вирішення є необхідною передумовою для формування цілісної та ефективної велосипедної інфраструктури в містах України.

Література:

1. Д. Захаров Мікромобільність та розвиток транспортної інфраструктури міст України : [монографія] / Денис Захаров. – Харків : ФОП Рубашкін, 2024. – 244 с.
2. Концепція розвитку велосипедної інфраструктури в місті Києві : галузева концепція : додаток до рішення Київської міської ради від 08.02.2018 № 7/4071 / Департамент містобудування та архітектури КМДА, – Київ, 2017. – 237 с.
3. Концепція розвитку велосипедного руху та облаштування велосипедної інфраструктури у м. Харкові/ ТОВ «РС Інженерінг». — Харків, 2024. — 308 с.
4. ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво»
5. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. Зі Зміною № 1
6. ДСТУ 8906:2019 «Планування та проектування велосипедної інфраструктури. Загальні вимоги»
7. ДБН Б.2.2-5:2011 Планування та забудова міст, селищ і функціональних територій. Благоустрій територій. Зі Змінами № 1, № 2 та № 3
8. О.С. Чернишова Формування мережі велосипедного транспорту в містах з низьким рівнем його використання : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Харків, 2019. 207 с.
9. Strava's Global Heatmap. URL: <https://www.strava.com/maps>.

УДК 528.4:621.3

Мусієнко І.В., Сухоставський І.О., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ГІС ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ: АНАЛІЗ, СУЧАСНИЙ СТАН, ПЕРСПЕКТИВИ

Інженерні мережі є критичною інфраструктурою сучасних міст, забезпечуючи життєдіяльність населення та функціонування промисловості. Геоінформаційні системи (ГІС) стали основним інструментом для управління просторовими даними інженерних комунікацій, дозволяючи виконувати інвентаризацію, планування розвитку, моніторинг стану та оперативне реагування на аварійні ситуації. Метою дослідження є аналіз сучасного стану застосування ГІС для управління інженерними мережами, огляд програмних рішень та визначення перспектив розвитку галузі.

Види інженерних мереж та їх просторові характеристики. Інженерні мережі класифікуються за функціональним призначенням: водопровідні (подача питної води, технічного водопостачання), каналізаційні (побутова, зливові, виробничі каналізація), теплові (магістральні теплотраси, внутрішньоквартальні мережі з температурою до 150°C), газові (високого тиску 0,6-1,2 МПа, середнього 0,005-0,3 МПа, низького до 0,005 МПа), електричні (високовольтні лінії 35-750 кВ, розподільчі 0,4-10 кВ, кабельні та повітряні), телекомунікаційні (волоконно-оптичні лінії, мідні кабелі зв'язку). Кожна мережа має специфічні топологічні властивості: деревоподібна структура для водопостачання з вузлами розгалуження, кільцева топологія для електромереж з резервуванням, радіальна схема для газорозподілу з регуляторними пунктами. ГІС повинна враховувати тривимірність розміщення мереж з різницею глибин закладання: каналізація 2-8 м, водопровід 1,5-3 м, теплотраси 0,8-2 м, газопроводи 0,8-1,5 м [1].

Функціональні можливості ГІС для інженерних мереж. Сучасні ГІС забезпечують просторову інвентаризацію об'єктів інженерних мереж з атрибутивною інформацією (матеріал труб, діаметри, роки прокладання, технічний стан), мережевий (Network) аналіз для трасування потоків, визначення зон обслуговування та пошуку оптимальних маршрутів прокладання нових ділянок, гідравлічний аналіз для моделювання тисків і витрат в водопровідних мережах, аварійний аналіз для оперативного визначення ділянок відключення та переліку споживачів, що опиняться без ресурсу, 3D-візуалізацію для аналізу взаємного розташування підземних комунікацій та попередження конфліктів при будівництві. Інтеграція з SCADA-системами дозволяє відображати поточні параметри роботи мережі (тиск, температуру, завантаження) у реальному часі [2].

Універсальні ГІС-платформи. ArcGIS (Esri, США) є світовим лідером з часткою ринку понад 40%. ArcGIS Utility Network Management забезпечує роботу з мережевими об'єктами, правилами зв'язності, відстеженням активів. Вартість ліцензії ArcGIS Pro – від 2000 USD/рік, серверних рішень ArcGIS Enterprise – від 20000 USD. Переваги: потужні аналітичні інструменти, розвинена екосистема, підтримка всіх галузевих стандартів (INSPIRE, OGC). Недоліки: висока вартість, залежність від постачальника. QGIS (безкоштовна open-source ГІС) підтримує понад 70 форматів даних, має плагін для мережевого аналізу (QGIS Network Analysis), інтеграцію з PostGIS для зберігання великих обсягів просторових даних. Переваги: безкоштовність, активна спільнота розробників, кросплатформеність. Недоліки: менше готових галузевих рішень, необхідність кастомізації. MapInfo Pro (Precisely, США) історично популярна в країнах СНД, має інструменти Grid Analysis для аналізу територій обслуговування. Вартість – від 1500 USD/рік [3].

Спеціалізовані рішення для інженерних мереж. Bentley OpenUtilities (Bentley Systems, США) включає модулі OpenUtilities Designer для проектування водопровідних, каналізаційних, електричних та газових мереж з гідравлічним розрахунком, OpenUtilities Map для управління експлуатаційними даними. Інтеграція з MicroStation забезпечує високу точність САПР-проекування. Вартість – від 15000 USD за комплект. AutoCAD Civil 3D + Autodesk InfraWorks забезпечує проектування інженерних мереж з прив'язкою до моделі рельєфу, підтримку BIM-технологій для інфраструктури. Ліцензія – 2500 USD/рік. Вітчизняне ПЗ: ГеоГраф (Україна) орієнтоване на комунальні підприємства, підтримує облік абонентів, розрахунок тарифів, інтеграцію з ІС. Перевага вітчизняних рішень – нижча вартість (від 50 тис. грн за робоче місце) та адаптація до українських нормативів, недолік – менша функціональність порівняно зі світовими лідерами.

САПР інженерних мереж. Спеціалізовані програми проектування включають AutoCAD MEP для проектування внутрішніх інженерних систем будівель, EPANET (безкоштовна програма US EPA) для гідравлічного моделювання водопровідних систем з аналізом якості води, InfoWater (Innovyze) для комплексного управління водопровідними мережами (інтегрується з ArcGIS), InfoWorks ICM для моделювання об'єднаних систем водовідведення з урахуванням зливових вод, ETAP (Operation Technology) для електричних мереж з аналізом поточкорозподілу та короткого замикання, AFT Fathom для гідравлічних розрахунків трубопровідних систем будь-якої складності. Ці системи генерують результати, які експортуються у ГІС для візуалізації та просторового аналізу.

Стандарти даних та сумісність. Директива INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) встановлює стандарти обміну геопросторовими даними про інженерні

комунікації через теми Utility and Government Services. OGC (Open Geospatial Consortium) розробляє стандарти: WFS (Web Feature Service) для доступу до векторних даних, GML (Geography Markup Language) для обміну даними, CityGML для 3D-моделей міст з LoD (Level of Detail) від 0 до 4. IFC (Industry Foundation Classes, ISO 16739) забезпечує BIM-інтеграцію для інженерних систем. В Україні діють ДБН В.2.5-74:2013 (зовнішні мережі водопостачання), ДБН В.2.5-20:2018 (газопостачання), які визначають вимоги до документації, включаючи цифрові моделі. Проблема – відсутність єдиного національного стандарту цифрового подання інженерних мереж, що ускладнює обмін даними між організаціями [4].

Сучасний стан ринку ГІС інженерних мереж в Україні. Станом на 2025 рік близько 35% комунальних підприємств обласних центрів використовують ГІС для управління інженерними мережами (за даними асоціації комунальних підприємств). Найбільше поширення отримали ArcGIS (Київводоканал, Харківводоканал), QGIS з плагінами (малі міста з обмеженим бюджетом), ГеоГраф (середні міста). Основні проблеми: низька якість вихідних даних (30-50% мереж не мають точної геоприв'язки), відсутність оновлення даних (середній термін актуальності 3-5 років), недостатня кваліфікація персоналу, високі витрати на впровадження (від 2 до 20 млн грн для міста обласного значення). Позитивні тренди: розвиток державної геопросторової інфраструктури, впровадження електронного кадастру інженерних мереж, зростання попиту на 3D-ГІС у зв'язку з ущільненням міської забудови.

Перспективи розвитку. Технологічні тренди включають інтеграцію IoT-сенсорів для моніторингу стану мереж у реальному часі (витікання, тиск, вібрації), застосування машинного навчання для прогнозування аварій на основі історичних даних та поточних параметрів, розвиток цифрових двійників (Digital Twins) міст з інтеграцією всіх інженерних систем, використання

доповненої реальності (AR) для візуалізації підземних комунікацій під час будівельних робіт, автоматизацію створення ГІС-даних через лазерне сканування та георадарні обстеження. В Україні очікується прийняття національного стандарту BIM для інфраструктури до 2027 року, створення національної ГІС-платформи для інженерних мереж на базі відкритих стандартів, розширення використання QGIS через проекти міжнародної технічної допомоги. Ключовим фактором розвитку є цифровізація комунального господарства та необхідність післявоєнної відбудови інфраструктури з використанням сучасних інформаційних технологій.

Висновки. ГІС інженерних мереж є критично важливим інструментом для ефективного управління міською інфраструктурою. Ринок пропонує як потужні комерційні рішення (ArcGIS, Bentley), так і відкриті альтернативи (QGIS). Основні виклики – якість даних, стандартизація та кваліфікація кадрів. Перспективи пов'язані з інтеграцією IoT, штучного інтелекту та технологій цифрових двійників для створення комплексних систем управління інженерною інфраструктурою міст.

Література:

1. Деркач І. Л. Міські інженерні мережі : Навч. посібник (для студентів 4, 5, 6 курсів спец. 7.092102 – «Міське будівництво і господарство», 7.120103 – «Містобудування» та напряму 1201 – «Архітектура»). Харків: ХНАМГ, 2006. 97 с.
2. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. 492 с.
3. Esri. ArcGIS Utility Network Management: Technical overview. Redlands: Esri Press, 2023. 156 p.
4. Open Geospatial Consortium. OGC CityGML 3.0 Conceptual Model. OGC Document 20-010, 2021. 412 p.

УДК 528.2

Мусієнко І.В., Яковлев В.М., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ПЕРЕХІД УКРАЇНИ ВІД БАЛТІЙСЬКОЇ ДО АМСТЕРДАМСЬКОЇ СИСТЕМИ ВИСОТ: НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, СТАН РЕАЛІЗАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Гармонізація національної геодезичної інфраструктури з європейськими стандартами є стратегічним пріоритетом для України в контексті євроінтеграції та модернізації геопросторової інформаційної системи держави. Постанова Кабінету Міністрів України від 7 серпня 2013 року № 646 "Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність" [1] заклала правові основи для переходу до сучасних референцних систем координат та висот. Метою дослідження є комплексний аналіз нормативно-правових, технічних та організаційних аспектів переходу від Балтійської до Амстердамської системи висот в Україні.

Характеристика систем висот та передумови переходу. Балтійська система висот 1977 року (БСВ-77) є спадщиною історичної геодезичної інфраструктури, де відлік висот здійснюється від нульового репера Кронштадтського футштока. Ця система базується на середньому багаторічному рівні Балтійського моря за 1825-1840 роки. Амстердамська система висот (NAP – Normaal Amsterdams Peil) заснована на середньому рівні моря в Північному морі, визначеному у порту Амстердама. Система функціонує з 1684 року і є основою Європейської вертикальної референцної системи EVRS2007 (European Vertical Reference System). Різниця у висотах між системами NAP та БСВ-77 на території України варіюється в межах +13 до +19 см, що обумовлено особливостями геоїда та різними точками відліку вертикальних датумів.

Нормативно-правова база переходу. Згідно з постановою КМУ № 646 від 07.08.2013 [1] в Україні впроваджена державна геодезична референцна система координат УСК-2000, яка включає як плановий, так і висотний компоненти. Постанова передбачає поетапне впровадження нової системи висот через створення державної геодезичної мережі, узгодженої з європейськими стандартами. Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 17 квітня 2025 року № 1675 "Про затвердження Порядку топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500" [2] регламентовано технічні вимоги до виконання геодезичних робіт з урахуванням можливості застосування як Балтійської, так і Амстердамської систем висот. Документ встановлює обов'язковість зазначення застосованої системи висот у всій технічній документації та передбачає механізми трансформації між системами.

Національна висотна утворююча (НВУ-2019). Наказом Держгеокадастру від 3 липня 2019 року затверджено Національну висотну утворюючу НВУ-2019 – високоточну нівелірну мережу I класу загальною протяжністю понад 7200 км, яка охоплює всю територію України. НВУ-2019 складається з 12 полігонів, що з'єднують обласні центри та ключові геодезичні пункти. Мережа створена з використанням цифрових нівелірів високої точності (середня квадратична помилка нівелювання на 1 км подвійного ходу не перевищує $\pm 0,8$ мм) та забезпечує зв'язок з міжнародними нівелірними лініями через прикордонні пункти. НВУ-2019 є фундаментальною висотною основою для реалізації переходу до Амстердамської системи та забезпечує однорідність і точність висотних визначень на всій території держави [3].

Технічні аспекти трансформації висот. Перехід між системами висот вимагає перерахунку висотних позначок для понад 150000 геодезичних пунктів державної нівелірної мережі I-IV класів. Математична трансформація

здійснюється за формулою $H_{NAP} = H_{BCV} + \Delta H(\varphi, \lambda)$, де ΔH – поправка, що є функцією географічних координат точки. Для автоматизації перетворень розроблено цифрову модель різниць висот між системами у вигляді регулярної сітки з кроком 2'. Точність трансформації залежить від класу нівелірної мережі: для мереж I класу середня квадратична помилка становить $\pm 1-2$ мм, II класу – $\pm 3-4$ мм, III класу – $\pm 5-8$ мм, IV класу – $\pm 10-15$ мм. Додатковою проблемою є необхідність інтеграції супутникових геодезичних висот (еліпсоїдальних) з ортометричними висотами в системі NAP, що вимагає високоточної моделі квазігеоїда.

Модель квазігеоїда та GNSS-нівелювання. Для забезпечення можливості визначення висот у системі NAP методами супутникової геодезії створено гравіметричну модель квазігеоїда UGG2020 (Ukrainian Gravimetric Geoid 2020). Модель базується на даних наземної гравіметричної зйомки масштабу 1:200000, глобальних моделях гравітаційного поля Землі (EIGEN-6C4, EGM2008) та цифрових моделях рельєфу. Середня квадратична помилка моделі UGG2020 відносно GNSS/нівелірних пунктів становить $\pm 25-35$ мм для рівнинних територій та $\pm 50-80$ мм для гірських районів Карпат. Основною проблемою є недостатня щільність гравіметричних вимірювань (один пункт на 20-50 км²) та застарілість частини даних, що знижує точність моделі геоїда.

Стан практичної реалізації переходу. Станом на кінець 2025 року в Україні завершено наступні етапи впровадження Амстердамської системи висот: створена і прив'язана до EVRS2007 Національна висотна утворююча НБУ-2019; виконано перерахунок висот для пунктів державної геодезичної мережі I-II класів (близько 35000 пунктів), результати розміщено у відкритому доступі на Національному геопорталі; розроблено і впроваджено програмне забезпечення для автоматичної трансформації висот між БСВ-77 та NAP; оновлено прошивки приймачів

мережі активних референцних GNSS-станцій ZAKPOS/UKRPOS для надання користувачам висот безпосередньо в системі NAP; проведено серію навчальних семінарів для геодезистів, проектувальників та кадастрових інженерів у всіх регіонах України [4]. Однак зберігається критична проблема відсутності перерахунку висот для пунктів мереж III-IV класів (понад 100000 пунктів), які є безпосередньою висотною основою для будівництва, земельного кадастру та інженерних комунікацій.

Проблеми та перешкоди переходу. Реалізація переходу стикається з комплексом проблем різної природи. Організаційні: відсутність єдиного координаційного центру, що об'єднував би зусилля Держгеокадастру, Мінрегіону, Укргеодезкартографії та обласних управлінь; дефіцит фінансування (повний обсяг робіт оцінюється у 350-450 млн грн, натомість станом на 2025 рік профінансовано близько 120 млн грн). Технічні: втрата або пошкодження фізичних нівелірних реперів внаслідок бойових дій на сході та півдні України (за оцінками, пошкоджено або зруйновано близько 15-20% пунктів); застарілість частини вихідних нівелірних даних, виконаних 30-50 років тому; недостатня точність моделі геоїда для окремих регіонів. Нормативні: неузгодженість державних будівельних норм (ДБН), технічних умов та галузевих стандартів, що досі містять посилання виключно на БСВ-77; правова невизначеність щодо статусу землепорядної та містобудівної документації з висотами у старій системі. Соціально-економічні: недостатня поінформованість виробничих організацій про перехід; побоювання додаткових фінансових витрат на переоформлення документації [5].

Міжнародний досвід та уроки для України. Більшість європейських країн здійснили перехід до систем висот, узгоджених з EVRS, протягом 1990-2010 років. Досвід Польщі (перехід від системи Кронштадт-60 до EVRF2007 протягом 2012-2017 рр.) показав важливість

створення перехідного періоду тривалістю 3-5 років з паралельним використанням обох систем. Чехія впровадила обов'язкове використання Балтійської системи після приєднання (Bpv) у 2000 році, але перехід на EVRF2000 здійснила лише у 2016 році після повного переобчислення державної нівелірної мережі. Ключовими факторами успіху в цих країнах стали: політична воля на найвищому рівні, достатнє фінансування з державного бюджету, створення безкоштовних онлайн-інструментів трансформації висот, масштабна інформаційна кампанія та навчання фахівців.

Висновки. Перехід України від Балтійської до Амстердамської системи висот є критично важливим кроком для інтеграції національної геопросторової інфраструктури в європейський простір. Нормативно-правова база переходу в цілому створена, проте практична реалізація суттєво відстає від запланованих термінів через організаційні, фінансові та технічні проблеми. Ключовими викликами залишаються масовий перерахунок висот для мереж нижчих класів, оновлення нормативної документації та підвищення обізнаності професійного співтовариства. Для успішного завершення переходу необхідні консолідація зусиль державних органів, збільшення фінансування, створення ефективних інструментів трансформації даних та масштабна програма навчання фахівців. Довгострокова перспектива включає повну інтеграцію в EVRS та забезпечення міліметрової точності висотних визначень для потреб сучасної інженерії, будівництва та науки.

Література:

1. Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність": Постанова Кабінету Міністрів України від 07.08.2013 № 646. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/646-2013-п> (дата звернення: 20.11.2025).

2. Про затвердження Порядку топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 17.04.2025 № 1675. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0868-25#Text> (дата звернення: 20.11.2025).
3. Двудіт П.Д., Савчук С.Г. Національна висотна утворююча як основа переходу до європейських висотних систем. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2020. Вип. І(39). С. 35-42.
4. Тревого І.С., Задорожний В.В. Проблеми впровадження європейських висотних референціальних систем в Україні. Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2021. Вип. 93. С. 5-12.
5. Ihde J., Sánchez L., Barzaghi R. et al. Definition and proposed realization of the International Height Reference System (IHRs). Surveys in Geophysics. 2017. Vol. 38. P. 549-570.

УДК 625.7:656.1

Iukhno A., Kharkiv, Ukraine

Kharkiv National Automobile and Highway University

Khatsko N., Warsaw, Poland

Axis Good Logistics Ltd

THE IMPORTANCE OF RELIABILITY AND DURABILITY OF AUTOMOBILE ROADS FOR LOGISTICS NEEDS

The reliability and durability of the automobile road network are critical factors for ensuring the efficiency of national and international logistics systems. This thesis substantiates the direct correlation between road pavement quality and transport and operational indicators, emphasizing that investing in increasing the reliability and durability of roads is a necessary condition for minimizing logistics costs, optimizing supply chains, and enhancing economic competitiveness.

Low quality and rapid degradation of road pavement (potholes, rutting, cracks) lead to:

- increased delivery time and term unpredictability (schedule failures);
- rising operational transport costs (fuel, amortization, rolling stock repair);
- decreased road safety levels.

These factors directly harm logistics processes, especially under the Just-in-Time (JIT) concept.

Reliable roads (with a high level of pavement evenness) allow maintaining optimal travel speed, shortening transit time, and increasing delivery predictability.

The Pavement Roughness Index (IRI) directly affects transportation costs: a one-unit reduction in IRI can lead to significant fuel savings and reduced tire wear.

Durable roads (high resistance to wear and loading) minimize the need for frequent repairs. Frequent unplanned repairs and traffic restrictions (reversible movement) are logistics bottlenecks.

High-quality pavement significantly reduces amortization costs for freight vehicles (up to 20 – 30% for suspension and tires), which is a direct economic benefit for logistics operators.

Investments in technologies that enhance road durability (e.g., the use of modified bitumens, modern pavement structure designs) ensure transport stability throughout the entire operational cycle.

This is especially critical for the transportation of perishable goods or high-value cargo, where any delay leads to significant financial losses.

High-quality highways that maintain their integrity over a long period are the basis for effective transit corridors and contribute to the integration of national logistics into international transport networks.

Specialists in Geodesy and Land Management play a fundamental role at all stages of the design, construction, and

operation of automobile roads, directly impacting their reliability and durability. Their influence covers the accuracy of input data, the correctness of spatial solutions, and quality control of work execution.

At stage of pre-design or design stages, geodesists and land managers provide critically important information that determines the optimal route alignment and pavement structure.

Geodetic surveys. Geodesists create detailed digital terrain models (DTM) and high-precision topographic plans. These data are the basis for:

- route optimization. Choosing a route that requires minimal earthwork, which reduces the risk of uneven soil settlement – the main cause of premature pavement deformation;
- drainage design. Accurate terrain modeling allows engineers to design effective drainage systems that prevent waterlogging of the subgrade. This is critically important, as water is the main destructive factor for road pavement.

Route alignment and project stakeout. Geodesists perform the alignment (staking out) of the future road on the ground, fixing the main points according to the project. The accuracy of this staking ensures that the actual parameters (curvature, slopes) correspond to the design calculations, which directly affects safety and operational reliability.

Land managers ensure the legal allocation of land for construction, conduct land valuation and inventory. Prompt and correct formalization of ownership or use rights eliminates legal disputes that can halt construction and cause delays, protracting the commissioning of the facility.

During the construction phase, geodesists perform continuous control over adherence to design decisions, which is the key to the structure's durability. Control includes:

- subgrade control. Control over the thickness and geometric parameters of embankments and cuts, verification of slopes and base evenness. Failure to adhere to the design thickness or slopes leads to uneven compaction and, consequently, the rapid appearance of rutting and settlements;

- pavement structure control. Geodesists monitor: the thickness of each layer (sub-base, base, surface) with millimeter accuracy; the horizontal and vertical position of structural layers to ensure evenness; and control of geometric parameters at the final stage to ensure the required International Roughness Index (IRI);

- as-built documentation. Creation of as-built surveys of all hidden works (drainage, utilities, pavement layers). This documentation is the basis for future maintenance and repair, allowing for the quick and accurate location of problematic sections.

Geodetic methods are used to monitor the condition of roads throughout their entire life cycle.

Using high-precision geodetic instruments (e. g., electronic total stations, GPS/ GNSS), periodic monitoring of settlements, horizontal displacements, and shifts of individual road sections is performed, especially on complex soils. Early detection of deformations allows for the implementation of preventive repair measures, preventing catastrophic failure.

Specialists in Land Management and GIS integrate all geodetic, cadastral, and engineering data into a unified Geographic Information System for road management. This allows logistics and maintenance companies to quickly obtain information about the road's condition, restrictions, and load capacity, which is key for logistics planning and the longevity of the road fund.

In conclusion, the reliability and durability of automobile roads should be viewed as a strategic logistics asset, not just an infrastructure object. State policy in road construction must shift focus from short-term savings at the construction stage to ensuring the maximum Life Cycle Cost (LCC) of the road pavement, which, in the long term, guarantees stable and economically efficient operation of the logistics sector. In all these aspects, a vital role is assigned to specialists in geodesy and land management.

УДК 530.17+536.7+541.8(11)

Kondratenko O.M., Umerenkova K.R., Koloskov V.Yu.,
Lytyvnenko O.O., Kharkiv, Ukraine

National University of Civil Protection of Ukraine of SES of
Ukraine

**MATHEMATICAL MODEL OF THE PURIFICATION
PROCESS OF GASEOUS HYDROGEN FROM
ACCOMPANYING IMPURITIES BY USING OF
SORPTION METAL HYDRIDE TECHNOLOGIES**

Hydrogen is recognized as a highly relevant and promising solution for environmental protection, given its superior efficiency and low environmental impact as a motor fuel. This research undertakes an analysis of the integrated systems required for the generation, purification, transportation, and storage of gaseous hydrogen. The specific application focuses on utilizing this alternative, renewable energy source to enhance the ecological safety standards during the operation of reciprocating internal combustion engines. Our case study examines equipment used by the State Emergency Service (SES) of Ukraine, particularly within firefighting and emergency rescue units. [1-3].

The study aims to enhance the understanding of gaseous hydrogen purification by improving the description of the underlying processes that occur during its production, storage, and transport. This is achieved through mathematical modeling that employs a refined mathematical apparatus based on a modified thermodynamic perturbation theory (TPT). The core of this research involves adapting the modified TPT framework to accurately model the sorption processes between hydrogen (in a gas mixture state) and $\text{TiMn}_{1,5}$ -type intermetallic compounds. By applying the lattice gas model, our work demonstrates that $\text{TiMn}_{1,5}$ -based metal hydride sorption technologies can successfully yield ultra-high purity gaseous hydrogen, which is necessary for its safe use as a renewable motor fuel.

We have developed a comprehensive framework of organizational and technical recommendations aimed at

integrating these environmental protection technologies into the operations of the State Emergency Service (SES) of Ukraine. These measures are specifically designed for the deployment of environmentally safe technologies in reciprocating internal combustion engines used by firefighting and emergency rescue equipment units. The recommendations address operational continuity during periods of armed aggression, while also laying the groundwork for the post-war reconstruction of the country's critical infrastructure and economic potential, ensuring full regulatory compliance with the Order of the SES of Ukraine № 618 dated 20.09.2013 «On approval of the Regulations on the organization of ecological support of the State Emergency Service of Ukraine» and in the historical perspective of achieving the sustainable development goals contained in the Decree of the President of Ukraine № 722/2019 dated 30.09.2019 «On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030».

The results of computational researches using the mathematical apparatus suggested by the authors are shown in Figure 1, namely curve of decomposition of homogeneous phases of the system of $\text{TiMn}_{1.5}\text{-H}_2$ into α -, β -phases (disordered).

This study has been carried out as part of the scientific and research work of the Department of Fire and Technogenic Safety of Objects and Technologies of the Educational and Scientific Institute of Fire and Technogenic Safety of the National University of Civil Protection of Ukraine of SES of Ukraine «Development of a methodology for complex assessment of the impact of exploitation and application of special equipment on the environment in conditions of military aggression» (State Registration № 0124U000374, 01.2024–12.2026).

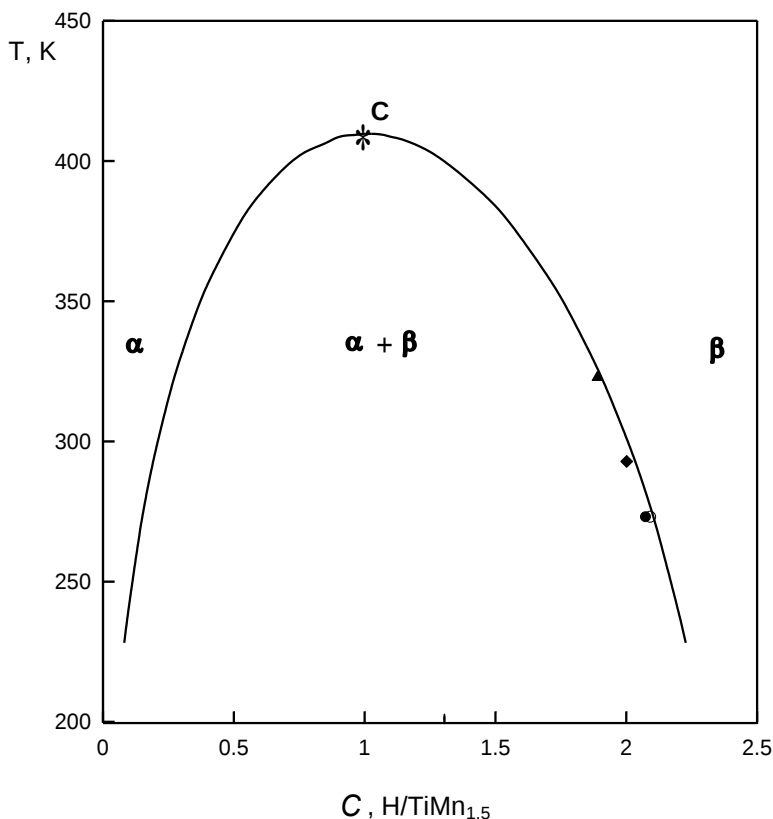


Fig. 1. Curve of decomposition of homogeneous phases of the system of $\text{TiMn}_{1.5}\text{-H}_2$ into α -, β -phases (disordered): calculation results; *C – critical point of α - β -equilibria (calculation); $\circ$ and $\bullet$, $\blacklozenge$, $\blacktriangle$ – experimental results on H_2 desorption

Also materials from the VCU library system have been used, including electronic versions of journals and other materials, databases, interlibrary subscription as part of participation in Non-Resident Academic Associates program co-sponsored by the College of Humanities and Sciences at Virginia Commonwealth University (VCU) and the Davis Center for Eurasian Studies at Harvard University in 2024–2025 academic year.

References:

1. Kondratenko O., Umerenkova K., Koloskov V., Lytvynenko O., Koloskova H., Borysenko V. (2025) Modeling of the efficiency of using sorption metal hydride technologies for the purification of gaseous hydrogen from accompanying impurities during its production, storage and transportation. *Materials Science Forum*. Vol. 1164. pp. 109–131. DOI: <https://doi.org/10.4028/p-UedpY9>.
2. Kondratenko O., Koloskov V., Koloskova H., Lytvynenko O. (2025) Development of ecological safety structure of exploitation model of firefighting and emergency-rescue vehicle with reciprocating ICE that consumes mixture of biodiesel and petroleum fuel. *Proceedings of International Scientific and Practical Conference Until the Day of Workers of Automobile Transport and Road Workers «Modern Automotive Industry, Transport and Road Infrastructure '2024 (MAITRI 2024)»*. 22–23 October 2024. Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine. *AIP Conference Proceedings*. Vol. 3428, Issue 1. 020010 (2025). DOI: <https://doi.org/10.1063/12.0038600>.
3. Umerenkova K., Kondratenko O., Koloskova H., Lytvynenko O., Borysenko V. (2024) Using of Hydrogen Sorbtion Storing Technology based on Metal Hydrides for Cooling of High-Power Electric Generators with Steam Turbines. *Advances in Science and Technology*. Vol 156. pp. 103–115. DOI: <https://doi.org/10.4028/p-M1k2Ya>.

**ЗАДАЧА ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ ТА СТІЙКОСТІ
ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНОГО СХИЛУ, ЩО СКЛАДЕНИЙ
ШАРУВАТИМИ Й ВОДОНАСИЧЕНИМИ
ГРУНТАМИ**

В дорожньо-будівельному комплексі під час проектування та подальшого будівництва об'єктів в останній час виникає проблема їх спорудження на зсувонебезпечних територіях. Ця проблема постає гостро під час освоєння ще незабудованих місць, які було заплановано до розбудови раніше. Також частково ця проблема виникає у випадку спорудження автомобільних доріг та залізниць, коли проектом заплановано створення укосів або виїмок.

Оцінка схилу або укосу з позиції визначення їхньої міцності та стійкості є основним питанням прогнозування подальшої нормальної та безперебійної експлуатації споруджених об'єктів. В області промислового та цивільного будівництва така оцінка є запорукою надійності й довговічності будівель та споруд, які виступають в ролі додаткового інженерного навантаження, що зменшує міцність та стійкість схилу або укосу.

Задача визначення міцності та стійкості схилу або укосу, що є потенційно зсувонебезпечним, є класичною задачею механіки ґрунтів. На даний час існує понад двох десятків методів розрахунку коефіцієнту стійкості схилу (Маслова – Берера, Шахунянца, Дорфмана, Феленіуса, Бішопа, Лоу – Карафайта, Янбу, Моргенштерна – Прайса та інші). Однак, вибір та подальше застосування якогось конкретного методу пов'язаний з тим, що припущення, на якому він ґрунтується (форма поверхні ковзання, врахування тертя і зчеплення, параметри тріщини заколу тощо), призводять до отримання результатів, що не є адекватними реальній ситуації.

Крім цього, на сьогодні доволі ґрунтовно застосовуються методи чисельного аналізу, що дозволяють визначити напружений стан схилу із пошуком його міцності, наприклад, метод скінченних елементів. Деякі професійні комплекси, такі як Nastran, Ansys, SCAD, ЛПА, дозволяють створювати скінченно-елементні моделі великого масштабу, які відтворюють схил в реальному розмірі. Однак, отримуючи і аналізуючи напружено-деформований стан таких моделей, оцінити їхню стійкість з отриманням коефіцієнту запасу стійкості доволі складно.

Слід відмітити, що маючи такий значний масив розрахункових методів, які дозволяють визначати міцність та стійкість потенційно зсувонебезпечного схилу або укосу, вони мають чіткі межі застосування. Це виражається в тому, що застосування вищезгаданих методів надає результати, адекватні ситуації зсувоутворення, якщо схил складений однорідним ґрунтом. Навіть під час комплексного застосування двох розрахункових комплексів, наприклад, SCAD для отримання напружено-деформованого стану та програми ОТКОС (сімейство розрахункових програм SCAD) для визначення коефіцієнту запасу стійкості, проєктувальник може отримати дещо неточну інформацію у випадку шаруватого та водонасиченого ґрунтового масиву.

У випадку, якщо в схилі наявна шаруватість і при цьому ґрунт шарів є водонасиченим, вказані методи надають результати із значними похибками. Для отримання адекватних реальній ситуації зсувоутворення потребується врахування реальних модулів пружності шарів із водонасиченого ґрунту (для визначення напружено-деформованого стану) та положення рівня ґрунтових вод (для визначення коефіцієнту запасу стійкості). Таким чином, задача визначення закономірностей міцності та стійкості зсувонебезпечного схилу, що складений шаруватими й водонасиченими ґрунтами, є актуальною для будівельної галузі.

Для реалізації поставленої задачі слід виконати наступні кроки:

1. Проаналізувати передові методи визначення коефіцієнту запасу міцності схилів або укосів та визначити їхні особливості для випадку розрахунку стійкості зсувонебезпечного схилу, що складений шаруватими й водонасиченими ґрунтами.

2. Провести аналіз існуючих рішень визначення міцності зсувонебезпечного схилу або укосу, отриманих в ході математичного моделювання або чисельного аналізу методом скінченних елементів.

3. Побудувати моделі схилу або укосу, що складений однорідним, а також шаруватими й водонасиченими ґрунтами, та провести порівняння розглянутих вище методів із метою визначення впливу шаруватості та водонасиченості.

4. Для моделей схилів або укосів із шаруватими й водонасиченими ґрунтами провести варіювання параметрів (положення шару, зміна рівня ґрунтових вод, зміна міцності вологого ґрунту тощо) й отримати закономірності міцності та стійкості.

5. Запропонувати обґрунтовані схеми підсилення зсувонебезпечного схилу або укосу, що складений шаруватими й водонасиченими ґрунтами.

П'ятий крок побіжно відноситься до задачі, що розглядається, однак без його вирішення отримані результати міцності та стійкості можуть характеризуватися як суто теоретичні і не представляють прикладного інтересу для комплексного вирішення проблеми.

Представлений алгоритм вирішення задачі визначення міцності та стійкості зсувонебезпечного схилу або укосу, що складений шаруватими й водонасиченими ґрунтами, під час його успішної реалізації надає змогу вирішити проаналізовану вище проблему дорожньо-будівельного комплексу та зведення будівель та споруд на територіях міст, що освоюються.

УДК: 624

Бессарабов О.О., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ВИКОРИСТАННЯ НІВЕЛІРА ПРИ ОБСТЕЖЕННІ МОСТІВ І ШЛЯХОПРОВОДІВ

Нівелір (рис. 1) є одним із ключових геодезичних приладів, що застосовується для визначення перевищень між точками місцевості та отримання точних даних про їхню висотну прив'язку. Принцип дії нівеліра базується на створенні строго горизонтальної візирної лінії, яка слугує базовою основою для оцінювання висотних різниць. Сучасні нівеліри поділяються на оптичні, цифрові й лазерні, кожен з яких має свої переваги та область застосування. Оптичні нівеліри використовують систему лінз і компенсаторів для забезпечення стабільної горизонтальної площини.



Рис. 1. Нівелір оптичний

Цифрові нівеліри автоматизують процес зняття відліків, що значно підвищує точність і мінімізує людський фактор. Лазерні моделі застосовуються переважно для будівельно-монтажних робіт, забезпечуючи оперативність і зручність, але дещо поступаються цифровим за точністю при професійних інженерно-геодезичних обстеженнях. Основні способи використання нівеліра включають

геометричне нівелювання, яке передбачає послідовні вимірювання по рейках у прямому та зворотному напрямках, а також тригонометричне нівелювання, що здійснюється через вимірювання вертикальних кутів. При обстеженні інженерних споруд найчастіше застосовується саме геометричне нівелювання завдяки високій точності та відносній простоті реалізації.

Обстеження мостів і шляхопроводів є комплексом інженерних заходів, спрямованих на оцінювання технічного стану конструкцій, визначення рівня їхнього зносу та встановлення рівня безпеки для подальшої експлуатації. Такі обстеження поділяють на первинні, періодичні та спеціальні. Первинні виконуються під час введення споруди в експлуатацію, періодичні проводяться у встановлені нормативами терміни, а спеціальні — у випадках аварійних пошкоджень, надзвичайних подій або підозри на критичну деформацію. Головною метою обстеження є забезпечення довговічності мостової споруди, оцінка її несучої здатності, виявлення дефектів або змін, що можуть вплинути на безпеку руху. З плином часу на мости та шляхопроводи діють численні навантаження: транспортний потік, температурні деформації, корозія, вібрації та зовнішні природні чинники. У комплексі це призводить до змін у геометрії конструкцій, появи тріщин, осідань опор або прогинів прольотних будов. Тому систематичні обстеження є невід’ємною частиною експлуатації мостів, а однією з найважливіших складових цих обстежень є точні геодезичні вимірювання, що дозволяють встановлювати динаміку змін протягом часу.

При обстеженні мостів нівелір застосовується для контролю просторового положення опор, визначення вертикальних деформацій, моніторингу осідань і прогинів прольотних будов. Важливою складовою досліджень є врахування можливих впливів температури, вібрацій та транспортних навантажень, які здатні вносити короточасні зміни у положення конструкції. У зв’язку з цим геодезичні

вимірювання проводяться в стабільні періоди, зазвичай у ранкові години, коли температурні перепади мінімальні, або ж повторюються у різні пори доби для побудови добової моделі деформацій.

Класичною методикою є нівелювання марки, які встановлюються на опорах і інших елементах мосту. Ці марки служать контрольними точками, на основі яких визначається вертикальна деформація конструкції. Для забезпечення максимальної точності використовуються металеві інварні рейки, які мають мінімальний коефіцієнт теплового розширення. Вимірювання виконують у прямому та зворотному напрямках, що дозволяє мінімізувати похибки, пов'язані з установленням рейок або зміщенням візирної осі.

Для протяжних споруд застосовують метод «замкнутого нівелірного ходу», який забезпечує контроль точності за залишковою нев'язкою. Наявність замкнутої схеми дозволяє компенсувати випадкові похибки та гарантувати відповідність отриманих результатів нормативним вимогам. У сучасних обстеженнях активно використовуються цифрові нівеліри, що автоматизують зчитування відліків і дозволяють зберігати результати безпосередньо в пам'яті приладу, зменшуючи ризик помилок оператора.

Окремо варто зазначити методику визначення прогину прольотних будов під навантаженням. Для цього по нижньому поясу конструкції встановлюють ряд марок (реперів), після чого здійснюється нівелювання до й після накладення контрольного навантаження. Порівняння цих даних дозволяє визначити фактичні величини прогинів і порівняти їх із розрахунковими значеннями. У разі значних відхилень проводяться додаткові обстеження та аналіз причин деформацій.

Таким чином, нівелір є важливим інструментом у системі інженерно-геодезичних робіт, що забезпечує високу точність визначення висотних параметрів

конструкцій. У контексті обстеження мостів і шляхопроводів його застосування має ключове значення, оскільки дозволяє виявляти вертикальні деформації, контролювати осідання опор, оцінювати прогини та простежувати зміни в геометрії конструкцій у часі. Регулярні та коректно виконані нівелірні вимірювання формують основу для забезпечення безпечної експлуатації мостових споруд, своєчасного реагування на потенційні загрози та планування ремонтно-відновлювальних робіт. Завдяки поєднанню класичних методів нівелювання та сучасних технологій, таких як цифрові нівеліри, створюється надійний інструментарій для якісного моніторингу інженерних конструкцій та підтримання їх у належному технічному стані.

Література:

1. Міністерство розвитку громад та територій України. ДБН В.2.3-14:2006 «Споруди транспорту. Мости та труби. Основні положення». Київ: 2006.
2. Національний транспортний університет. ДБН В.2.3-22:2009 «Мости та труби. Основні вимоги проектування». Київ: 2009.

УДК: 625

Бессарабов О.О., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИКОРИСТАННЯ ОНІКС 2.5 ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ШТУЧНИХ СПОРУД

ОНІКС-2.5 є сучасним електронним склерометром, який застосовується для неруйнівного контролю міцності бетонних та залізобетонних конструкцій на основі ударно-імпульсного методу. Прилад складається з компактного електронного блоку та ударного датчика, що забезпечує реєстрацію імпульсу після контакту з бетонною поверхнею. Використання двопараметричної методики, адаптивної

фільтрації сигналів та температурної компенсації дає змогу значно підвищити точність визначення міцності в порівнянні з традиційними механічними склерометрами. Прилад (Рис. 1) підтримує роботу з широким діапазоном бетонів — від легких до високоміцних — завдяки наявності спеціалізованих модифікацій датчиків. Перевагами є портативність, автономність, можливість роботи в складних умовах експлуатації, а також наявність USB-інтерфейсу для передачі результатів у спеціалізовані програмні сервіси.



Рис. 1. Прилад ОНІКС-2.5

ОНІКС набув широкого використання в практиці технічної діагностики та моніторингу різноманітних штучних споруд, що експлуатуються в складних умовах та зазнають значних навантажень у процесі експлуатації. Передусім мова йде про транспортні інженерні споруди: автомобільні та залізничні мости, шляхопроводи, естакади, трубні переходи, опори мостів, анкерні конструкції та підпірні стінки. Для таких споруд контроль міцності бетону є ключовою складовою оцінки їхньої фактичної несучої здатності та залишкового ресурсу. Значну роль прилад відіграє і в обстеженні гідротехнічних споруд, де бетон зазнає впливу циклів заморожування-відтавання, водонасичення та ерозійних процесів. До таких об'єктів належать дамби, шлюзи, водоскидні системи, насосні

станції та інші інженерні споруди водного господарства. Також інструмент активно використовується при діагностиці промислових споруд — фундаментів технологічного обладнання, силосів, бункерів, резервуарів, димових труб тощо, де бетон працює під дією вібраційних, температурних та хімічних навантажень. Під час обстеження будівель цивільного призначення прилад дозволяє оперативно оцінити стан колон, балок, плит перекриттів, монолітних стін та інших відповідальних елементів, що особливо важливо у випадках реконструкцій, капітальних ремонтів та експертизи аварійних об'єктів.

Методики використання передбачають комплекс дій, спрямованих на отримання достовірних показників фактичної міцності бетону відповідно до нормативних вимог. Перед проведенням вимірювань виконується підготовка поверхні — очищення від пилу, фарби, корозійних нашарувань, що можуть впливати на точність. Після цього визначаються репрезентативні точки вимірювань: вони розміщуються з урахуванням конструктивних особливостей елемента, зон найбільшого навантаження та можливих дефектів. У кожній точці проводять серію з кількох ударів, на основі яких визначають середній показник міцності. Такий підхід дозволяє мінімізувати вплив локальних неоднорідностей бетону та отримати усереднений достовірний результат. Під час виконання робіт враховують умови навколишнього середовища: температура, вологість та ступінь насичення бетону вологою можуть впливати на характеристики відбитого імпульсу. Прилад автоматично здійснює температурну компенсацію, що дає змогу забезпечити коректність вимірювань навіть за складних умов. У разі обстеження елементів з пошкодженнями — тріщинами, корозією арматури, відшаруваннями — результати ОНКС-2.5 зіставляють із показниками аналогічних ділянок без дефектів, що дозволяє визначити ступінь деградації бетону. Отримані дані експортуються до програмного забезпечення

для подальшого аналізу, формування графіків розподілу міцності, локалізації проблемних зон та підготовки звітної документації. Поєднання результатів ОНІКС-2.5 з іншими методами контролю — ультразвуковою діагностикою, візуальним оглядом, геодезичними вимірами, аналізом тріщин — дозволяє отримати комплексну картину технічного стану споруди та забезпечує високу достовірність прийнятих інженерних рішень щодо її експлуатаційної придатності.

Застосування обладнання (Рис. 2) у процесі обстеження штучних споруд є важливим елементом сучасної системи технічної діагностики та моніторингу стану бетонних конструкцій. Прилад забезпечує оперативне, неруйнівне та достовірне визначення фактичної міцності бетону, що дозволяє своєчасно виявляти потенційно небезпечні ділянки, оцінювати однорідність матеріалу та визначати ступінь деградації конструкцій під дією експлуатаційних і природних факторів. Широка сфера застосування — від транспортних і гідротехнічних споруд до промислових об'єктів і будівель цивільного призначення — підкреслює його універсальність та значення для забезпечення надійності інженерної інфраструктури. Поєднання його даних з іншими методами неруйнівного контролю формує комплексний підхід до оцінки технічного стану, сприяє прийняттю обґрунтованих рішень щодо ремонтних або підсилювальних заходів і загалом підвищує рівень безпеки та довговічності штучних споруд.

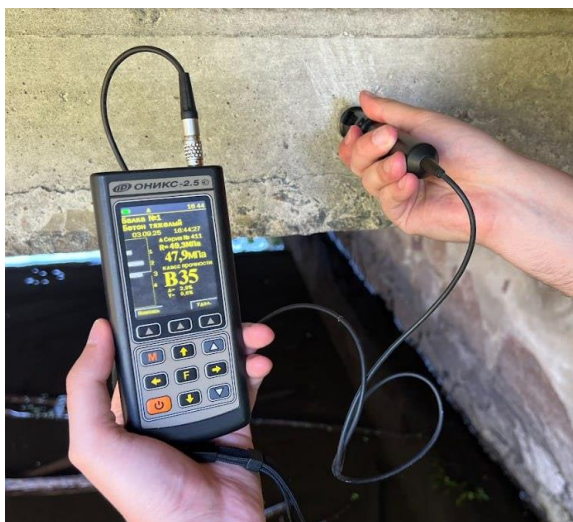


Рис. 2. Робота з пристроєм

Література:

1. Міністерство освіти і науки України. «Будівельні конструкції. Теорія і практика». Київ: 2020. 128 с.
2. Юхименко Артем Ігорович. Дисертація. «Технологія горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ споруд». Одеса: 2017. 212 с.

УДК 691.328

Розмус Д.І., Соболев Х.С., Петровська Н.І., Львів, Україна
Національний університет «Львівська Політехніка»

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК ТА УМОВ ТВЕРДНЕННЯ НА ГІДРАТАЦІЙНУ АКТИВНІСТЬ НИЗЬКОВОДНИХ ЦЕМЕНТНИХ СИСТЕМ

У представленому дослідженні розглянуто закономірності формування властивостей цементних систем із низьким водоцементним відношенням за наявності мінеральних добавок різної природи. Особливу увагу приділено кількісній оцінці зв'язаної води, що використовується як інтегральний показник перебігу

гідратаційних процесів. У роботі застосовано узагальнений критерій – загальна кількість зв’язаної води, що дозволяє комплексно оцінити ступінь гідратації цементного каменю в умовах дефіциту вологи.

Дослідження виконували на цементних системах із В/Ц = 0,20, що є характерним для укочуваних бетонів [1]. До складу зразків в якості мінеральних компонентів вводили: випалену золу соняшника, золошлакові відходи Ладижинської ТЕС, природний та синтетичний цеоліти, а також композиції на їх основі. Ці добавки характеризуються як і різним складом, так і різним механізмом впливу на процеси гідратації цементу: від внутрішнього вологозабезпечення до вторинних реакцій з утворенням додаткових гідратних фаз. Зразки розміром 2×2×2см. виготовляли методом пресування та витримували при трьох умовах тверднення: у сухих, вологих та водних. Узагальнені результати щодо кількості зв’язаної води для всіх складів подано на рисунку (Рис. 1).

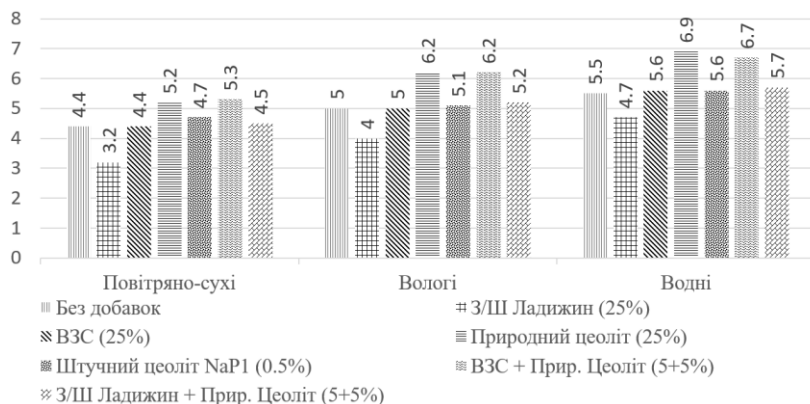


Рис. 1. Кількість зв’язаної води у зразках на 56-ту добу, %.

Отримані результати підтверджують, що кількість зв’язаної води визначається вологістю середовища. У сухих умовах розвиток гідратаційних процесів є найбільш сповільненим через відсутність вільної води, яка необхідна для утворення

та росту гідратних фаз. Це проявляється в найнижчих значеннях вмісту зв'язаної води серед усіх досліджуваних складів. У вологих умовах система отримує достатню кількість вологи для протікання реакцій гідратації, що забезпечує рівномірне наростання вмісту зв'язаної води і, відповідно, поступове ущільнення структури цементного каменю. Найвищі значення зв'язаної води спостерігаються у зразках, що тверднули у водному середовищі, де гідратація відбувається максимально повно.

При визначенні впливу мінеральних добавок різного складу встановлено, що склади з цеолітами демонструють підвищені значення зв'язаної води незалежно від умов тверднення. Особливо ефективним виявився природний цеоліт, що має вищу водоемність та кращу сталість структури. Цеоліти — як природний, так і синтетичний — здатні акумулювати частину води у своїй мікропористій структурі та поступово віддавати її в процесі тверднення. Це створює ефект внутрішнього вологозабезпечення, що є критичним для низьководних систем [2].

Окрему увагу приділено золошлаковим відходам Ладжинської ТЕС, які здатні покращувати структуру цементного каменю за рахунок мікронаповнення. У поєднанні з природним цеолітом золошлакові матеріали проявляють помірний синергічний ефект: цеоліт утримує вологу та підтримує гідратацію, тоді як золошлак сприяє зменшенню пористості. Такі композиції демонструють вищу кількість зв'язаної води порівняно з чистими золошлаковими системами, хоча й поступаються ефективності комбінації цеоліту з випаленою золою соняшника (ВЗС) [3].

Випалена зола соняшника (ВЗС) проявляє властивості активної пуцоланової добавки. Завдяки високому вмісту аморфного кремнезему вона вступає у вторинні реакції гідратації, утворюючи додаткову кількість гідросилікатів кальцію. Цей процес сприяє збільшенню кількості зв'язаної води та ущільненню структури

цементного каменю. Поєднання випаленої золи соняшника з природним цеолітом створює подвійний ефект: з одного боку відбувається активізація пуцоланових реакцій, а з іншого - внутрішнє вологозабезпечення. Композиція цих добавок стабільно демонструвала найвищі значення вмісту зв'язаної води при всіх умовах тверднення.

Порівняння різних умов тверднення у контексті міцності зразків підтвердило тісну кореляцію між кількістю зв'язаної води та розвитком структуроутворення (Рис. 2). Так, у сухих умовах міцність зразків є найнижчою, що узгоджується з мінімальною кількістю зв'язаної води. У вологих умовах міцність зростає, а у водному середовищі досягає максимальних значень. Найбільший ефект спостерігається у цементних системах із комплексними добавками, особливо у складі «випалена зола соняшника + природний цеоліт». Така композиція поєднує в собі високу гідравлічну активність та ефективне внутрішнє вологозабезпечення системи.

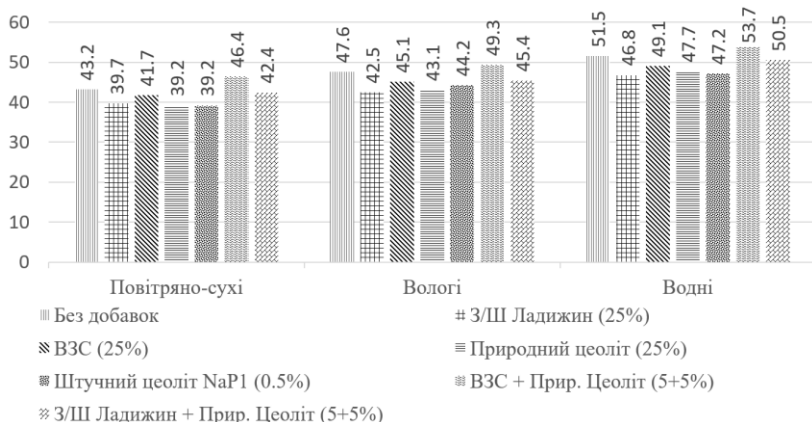


Рис.2. Вплив умов тверднення на міцність зразків (56-та доба), МПа

Узагальнюючи отримані дані, можна стверджувати, що показник вмісту зв'язаної води є універсальним і надзвичайно інформативним критерієм оцінювання

перебігу гідратаційних процесів у цементних системах із низьким В/Ц. Він дозволяє визначати ефективність мінеральних компонентів, прогнозувати розвиток структури та робити висновки щодо потенційної міцності матеріалу.

Таким чином, комбінація мінеральних добавок, які поєднують різні механізми впливу на процеси гідратації, є перспективним шляхом підвищення ефективності цементних матеріалів з низьким водоцементним відношенням. Отримані результати підтверджують доцільність застосування комплексних систем, здатних забезпечити стабільне формування структури та підвищені механічні характеристики навіть за умов обмеженого водозабезпечення. Особливо вагомим це є для укочуваних бетонів, у яких надзвичайно низький вміст води значно ускладнює перебіг гідратації, а швидкість розвитку міцності та раннє формування щільної структури відіграють ключову роль у технологічності та довговічності покриття.

Література:

1. Rozmus, D., Sobol, K., Loik, M., & Hunyak, O. MIX DESIGN AND LABORATORY COMPACTION METHODS OF RCCP—A REVIEW. Theory and Building Practice Vol. 6, No. 2, 2024
2. Markiv, T., Sobol, K., Franus, M., & Franus, W. (2016). Mechanical and durability properties of concretes incorporating natural zeolite. Archives of civil and mechanical engineering, 16(4), 554-562.
3. Sobol, K., Markiv, T., & Hunyak, O. (2017). Effect of mineral additives on structure and properties of concrete for pavements. SSP J. Civ. Eng, 12, 95-100.

УДК 624

Юдін В.О., Харків, Україна.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ГОЛОВНІ ПРИЧИНИ ПЕРЕДЧАСНИХ УШКОЖЕНЬ СПОРУД З ГОФРОВАНОГО МЕТАЛУ НА ДОРОГАХ УКРАЇНИ

Металеві гофровані конструкції (МГК) уже понад 30 років успішно використовуються у дорожньому та гідротехнічному будівництві в Україні. Легкі, міцні та довговічні, вони стали альтернативою традиційним залізобетонним спорудам у будівництві водопропускних труб, малих мостів і захисних споруд. Проте, останні роки демонструють значне зростання кількості об'єктів, що виходять із ладу набагато раніше від прогнозованих строків служби. У статті розглядаються головні причини передчасних ушкоджень МГК. Матеріал ґрунтується на реальних польових дослідженнях, аналізі кейсів із різних регіонів України та міжнародних норм (AASHTO, ASTM, ДБН). Представлені рекомендації можуть бути корисними як проектувальникам, так і підрядним організаціям, що працюють із гофрованими металевими конструкціями.

Ключові слова: металеві гофровані конструкції, відновлення мостів, перспективи застосування.

Металеві гофровані конструкції (МГК) стали невід'ємною частиною сучасної інфраструктури – вони прокладаються під дорогами, виконують функції шляхопроводів та мостів, створюють водопропускні системи та навіть виконують роль захисних укриттів [1-6]. Їх можна побачити в найвіддаленіших селах і на найважливіших трасах, у місцях, де швидкість будівництва та надійність мають вирішальне значення. Виробники декларують термін служби МГК до 70 років – і справді, за умови правильного проектування та монтажу ці споруди показують себе як довговічні та економічно ефективні. Але практика спорудження МГК в Україні в останні роки демонструє іншу

тенденцію: все частіше інженери стикаються з передчасними ушкодженнями, які виникають інколи вже через 3-10 років після введення об'єктів в експлуатацію. Чому так відбувається? Чи є конструктивні недоліки в самих системах? Чи проблеми виникають на етапах проектування або будівництва? Чи можливо уникнути передчасних руйнувань і збільшити фактичний термін служби таких споруд? Цей аналітичний розгляд покликаний дати відповіді на ці питання.

Неправильний вибір конструкції та матеріалів. Однією з головних причин передчасних ушкоджень є невідповідність типу гофрованої труби інженерним умовам. Основні помилки: недостатня несуча здатність листів через неправильний вибір товщини сталі; відсутність полімерного покриття у випадках агресивного середовища; обрання недостатньої висоти гофра для умов високих навантажень.

Корозійні ушкодження. Корозійні процеси – найпоширеніша причина втрати перерізу та несучої здатності гофрованого металу. Агресивна вода, хімічний склад ґрунту (нижчий електричний опір, сірководень, сульфати), цикли змочування-сушіння і присутність органічних речовин пришвидшують руйнування захисного цинкового покриття або сталі. Дослідження показують, що після багатьох циклів змочування/висушування захисний шар цинку може вичерпатися, після чого швидко знижується міцність сталевих елементів. Внутрішнє абразивне стирання (піщаний, гравієвий потік) посилює корозію в інвертах і місцях концентрованого потоку [3].

Ерозія і вимивання ґрунту (підмивання). Недостатній захист проти ерозії навколо споруди призводить до підмивання фундаментів, виникнення пустот під опорами і осідань. Пошкоджений або неправильно виконаний дренаж посилює концентрацію течій, що вимивають зворотну засипку або основу споруди. Результатом можуть бути провали та деформації металевих оболонок. Аналіз показує,

що ерозія часто є тригером для подальших механічних ушкоджень і обвалів насипу навколо гофрованих труб.

Недоліки проєктування: невраховані навантаження та вибір матеріалів. Помилки в розрахунках, невідповідний запас міцності, ігнорування локального розрахунку на місцеве розпруження гофрів – все це призводить до місцевих втрат стійкості та пластичних деформацій. Особливо критичні випадки: неправильний вибір профілю/товщини металу відносно очікуваних навантажень (транспортні, снігові, статичні насипні); відсутність урахування впливу агресивного середовища при підборі захисного покриття; неврахування фаз монтажу і тимчасових станів (під час монтажу або розробки насипу конструкція може відчувати перевантаження чи нестабільні опорні умови). Наукові дослідження підкреслюють потребу у локальній стабільності та перевірці на місцевий прогин у прямих ділянках.

Помилки монтажу та якість зворотньої засипки. Неправильне ущільнення зворотньої засипки, використання невідповідних матеріалів (з великим вмістом органіки або нестабільного гранулометричного складу), нерівномірна ущільнювальна робота – усе це змінює розподіл навантажень на оболонку, викликає локальні концентрації напружень, провокує деформації або ранню втомну тріщиноутворюваність в місцях стиків і болтових з'єднань. Також неякісні стики й недостатнє герметизування призводять до проникнення потоків, що посилює внутрішню ерозію.

Механічні навантаження, втома та вібрації. Транспортні навантаження, повторювані цикли навантаження, вибухова або сейсмічна активність викликають накопичення втомних ушкоджень у металевих гофрах, особливо при наявності корозійних ослаблень чи концентраторів напружень (різані кромки, місця болтових з'єднань). Комбінований ефект корозії та втоми суттєво скорочує експлуатаційний ресурс.

Неправильна експлуатація та відсутність інспекцій. Відсутність регулярних оглядів, моніторингу стану (виявлення підмивів, корозійних ушкоджень тощо) й своєчасної реабілітації призводить до накопичення дефектів та раптових відмов. Критично важливі інспекційні програми, що включають візуальну оцінку, вимір товщини металу, фотографування інвертів та оцінку дренажних систем. Транспортні відомства рекомендують стандартизовані критерії огляду й реабілітації для продовження ресурсу коругірованих металевих елементів. Комбінований вплив факторів (синергія ушкоджень). У більшості випадків причина передчасних ушкоджень не одна, а є результатом взаємодії кількох факторів: корозія + ерозія + недостатня конструктивна міцність + погана експлуатація. Саме синергічний ефект робить процес підірвання ресурсу прискореним і непередбачуваним. Моделювання і польові дослідження підтверджують, що навіть невелике порушення захисного покриття в місці великих навантажень може запустити лавиноподібний процес деградації.

Рекомендації для запобігання передчасним ушкодженням. Виконувати проєктування з урахуванням місцевих умов (підбір товщини металу, профілю гофрів і захисного покриття з огляду на хімічний склад ґрунту, очікувані навантаження, умови монтажу та ін.). Захисні покриття і матеріали: застосування якісного гарячого цинкування, полімерних покриттів або композитних облицювань в місцях з високою агресивністю середовища; розглянути нержавіючу сталь для критичних ділянок. Контроль дренажу й захисту від ерозії: проєктувати ефективні дренажні рішення, укріплення в зоні впливу проточної води, з забезпеченням регулярного огляду і чистки водовідводів. Якісний монтаж з контролем ущільнення: стандартизація технології зворотної засипки й її ущільнення; контроль якості стиків і болтових з'єднань. Інспекція та планова реабілітація: запровадження

інвентаризації, періодичних оглядів, вимірювання втрати товщини та адаптивних програм реабілітації (облицювання, вставки, локальна заміна).

Висновки: Передчасні ушкодження захисних споруд з гофрованого металу – це комплексна проблема, яка зазвичай має мультифакторне походження: від корозії і ерозії до помилок проєктування й монтажу.

Щоб продовжити ресурс споруд, потрібно інтегроване рішення: уважне проєктування з урахуванням місцевих умов, якісні матеріали й покриття, правильна технологія монтажу, ефективний дренаж та регулярна інспекція з плановою реабілітацією. Виконання згаданих заходів дозволить значно зменшити ризики раптових відмов і знизити експлуатаційні витрати.

Література:

1. Рекомендації щодо конструктивних рішень для відбудови пошкоджених мостів і труб, А. Безуглий, А. Цинка та ін. ДП «ДЕРЖДОРНДІ» Київ -2022р. С. 97-105
2. Коваль П. М., Бабяк І. П., Сітдикова Т. М. Нормування при проєктуванні і будівництві споруд з металевих гофрованих конструкцій. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2010. №39. С.114–117.
3. Meegoda J.N., «CORRUGATED STEEL CULVERT PIPE DETERIORATION», Transportation Research Board/US DOT report.
4. I. Ezzeldin et al., «Corrosion Performance of Buried Corrugated Galvanized Steel» (MDPI, 2024).
5. E. Nakhostin et al., «A numerical study of erosion void and corrosion effects on buried corrugated steel culverts» (ScienceDirect, 2022).
6. Transport and Main Roads (Queensland), «Criteria for Inspection, Life Extension and Rehabilitation of Circular Corrugated Metal Culverts», 2015.

7. А. Onyshchenko, «Аналіз проблем забезпечення надійності та довговічності гідротехнічних споруд транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб» (Dorogimosti.org.ua, 2022).

УДК 625.7:528.9:004.9

Доброходова О. В., Касьянов В. В., м. Харків, Україна
Харківський національний університет міського
господарства ім. О. М. Бекетова

СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОДЕЗИЧНОГО ТА ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИШУКУВАНЬ, ПРОЄКТУВАННЯ І БУДІВНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Сучасний розвиток транспортної галузі, зростання інтенсивності руху та впровадження нових інженерних рішень у будівництві автомобільних доріг і транспортних споруд зумовлюють необхідність застосування високоточних, технологічно ефективних та інтегрованих методів геодезичного й інформаційного забезпечення [1]. Геодезичні вишукування перестали бути суто польовою стадією, що обмежується зніманням та простим виконавчим контролем. Сьогодні ці роботи формують цілісну інформаційну платформу для всіх етапів дорожнього будівництва – від пошуку оптимального трасування до цифрового моніторингу об'єкта впродовж експлуатації. Еволюція методів збору, опрацювання та подання просторових даних перетворила геодезію на ключовий інструмент цифровізації дорожньої інфраструктури, що визначає якість планувальних рішень, точність будівництва та прогнозування – стану споруд під впливом природних і техногенних факторів [2].

У процесі проведення інженерно-геодезичних вишукувань для проєктування автомобільних доріг все ширше застосовуються безпілотні літальні апарати, лазерні

сканери, високоточні GNSS-системи та наземні мобільні картографічні комплекси. Сучасні БПЛА дозволяють отримувати ортофотоплани з сантиметровою точністю та щільні цифрові моделі рельєфу, що значно скорочує час польових робіт, підвищує оперативність прийняття рішень і дає змогу працювати на складних або небезпечних територіях. Особливої ефективності досягають комбіновані схеми збору даних, коли фотограмметрія доповнюється лазерним скануванням, що робить можливим відтворення рельєфу та об'єктів із більшою деталізацією, ніж це забезпечували класичні тахеометричні методи [3]. Мобільні картографічні системи, змонтовані на автомобілі, отримують хмару точок уздовж майбутньої або існуючої дороги в реальному часі без необхідності зупинок, що істотно підвищує продуктивність робіт та мінімізує присутність персоналу в зоні інтенсивного руху.

Отримані просторові дані все частіше інтегруються у середовище інформаційного моделювання. Технології BIM, які ще донедавна використовувалися здебільшого в проєктуванні будівель, активно адаптуються для дорожньої галузі, утворюючи напрямок CIM – інформаційного моделювання інфраструктурних об'єктів. У такому форматі цифрова модель дороги або транспортної споруди є не просто графічною схемою, а комплексною інформаційною системою, що поєднує геометрію, матеріали, технічні параметри, дані геологічних та гідрологічних вишукувань, інженерні комунікації, результати геодезичного контролю й фактичні характеристики об'єкта. Інтеграція хмар точок у BIM-моделі забезпечує можливість порівняння проєктних рішень з фактичними умовами на місцевості, виявлення колізій, прогнозування ризиків, оптимізацію земляних робіт та підвищення точності інженерних рішень.

Для обґрунтування проєктних рішень широко застосовуються цифрові моделі рельєфу високої точності, що дозволяють оцінювати альтернативні варіанти трасування, визначати обсяги земляних робіт, аналізувати

можливі підтоплення, зсувні процеси та інші геодинамічні ризики. Завдяки можливостям сучасного програмного забезпечення моделюється поведінка земляного полотна під різними навантаженнями, проводиться геотехнічний аналіз стійкості укосів, прогнозуються потенційні деформації та способи їх запобігання. Об'єднання геодезичних даних із геологічними, гідрологічними й екологічними характеристиками забезпечує міждисциплінарне планування, яке дозволяє уникати технічних помилок та підвищує безпеку дорожньої інфраструктури.

У ході будівництва автомобільних доріг сучасні геодезичні методи зосереджені на забезпеченні високоточного виконавчого контролю, що є критично важливим для дотримання проєктної геометрії та допустимих норм. Інтелектуальні системи машинного керування, що використовуються на грейдерах, бульдозерах, асфальтоукладальниках та інших механізмах, працюють на основі GNSS або роботизованих тахеометрів, забезпечуючи автоматичне позиціонування робочих органів техніки відповідно до проєктних параметрів. Це мінімізує помилки, економить матеріали, прискорює виконання робіт та знижує собівартість дорожнього будівництва. Геодезист у такій системі виступає координатором цифрового виробництва, який забезпечує точність даних, коректність моделі та контроль за відповідністю фактичного стану до проєкту. Використання мобільних 3D-сканерів на будівельному майданчику дозволяє оперативно фіксувати прогрес робіт, контролювати товщину та рівномірність нанесення шарів дорожнього одягу, виявляти відхилення та коригувати їх у режимі практично реального часу.

Особливе значення мають інформаційні технології, орієнтовані на управління життєвим циклом транспортних споруд. Створення цифрових двійників мостів, шляхопроводів та тунелів дозволяє здійснювати їхній просторовий і конструктивний моніторинг із застосуванням

датчиків деформацій, температурних сенсорів, GNSS-станцій та періодичного лазерного сканування. Такі інформаційні моделі забезпечують можливість оцінювати поведінку споруди в динаміці, аналізувати вплив транспортних навантажень, виявляти ранні ознаки втоми матеріалів і прогнозувати залишковий ресурс. Це істотно підвищує рівень безпеки та оптимізує витрати на ремонт і обслуговування. У поєднанні з геоінформаційними системами цифрові двійники стають частиною великих державних і регіональних систем управління дорожньою інфраструктурою, що дає змогу контролювати стан тисяч кілометрів доріг, формувати ремонтні програми, оцінювати пріоритетність реконструкцій і планувати бюджетування.

Інтеграція сучасних геодезичних та інформаційних технологій сприяє переходу від фрагментарного контролю до комплексного управління дорожнім будівництвом. Вона забезпечує підвищення точності та оперативності робіт, створює умови для прозорого контролю якості, зменшує ризики технічних дефектів і корупційних впливів, а також формує єдиний цифровий простір для взаємодії між замовниками, проєктувальниками, підрядниками та експлуатаційними організаціями. Впровадження таких підходів є закономірним етапом модернізації дорожньо-транспортної системи та відповідає глобальним тенденціям розвитку інфраструктури, де дані, їх точність та доступність стають ключовими ресурсами.

У підсумку можна стверджувати, що сучасні методи геодезичного та інформаційного забезпечення докорінно змінюють підходи до проєктування та будівництва автомобільних доріг і транспортних споруд. Вони забезпечують створення високоточних цифрових моделей місцевості, дозволяють здійснювати комплексні інженерні обчислення, контролювати будівельні процеси з міліметровою точністю, забезпечувати повний цифровий супровід об'єкта та ефективно управляти його технічним станом протягом усього строку експлуатації. Геодезія у

поєднанні з інформаційними технологіями стає фундаментом інтелектуальної транспортної інфраструктури, яка відповідає сучасним вимогам сталого розвитку, безпеки руху та економічної ефективності.

Література:

1. Доброходова О. В., Касьянов В. В. Традиційні методи геодезичних досліджень: переваги і недоліки [Електронний ресурс] // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні технології та досягнення земельного адміністрування та територіального планування», Харків, 6 жовтня 2022 р. / ред. кол.: М. К. Сухонос, С. Г. Нестеренко, Ю. Б. Радзінська. – Х.: ХНУМГ, 2022. – С. 78–79. – Режим доступу:

https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/2022/Tezy_2022/Zbirnyk_6_10_2022.pdf

2. Alpyspayeva Z. A., Parkhomenko N. A., Makenova S. K., Świerczyńska E. J., Kowalska M. E., Zaczek-Peplinska J. Determination of geometric parameters of highways using classical and modern technologies. Reports on Geodesy and Geoinformatics. 2025. Vol. 119. No. 1. P. 30–38. DOI: 10.2478/rgg-2025-0005.

3. Касьянов В.В., Мамонов К.А., Штерндок Е.С., Нестеренко С.Г., Радзінська Ю.Б. Формування сучасної системи геодезичного забезпечення використання земель із застосуванням БПЛА та фотограмметричних методів. Науковий журнал «АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ І ДОРОЖНЄ БУДІВНИЦТВО», 2024. Випуск 116. Частина 1. С. 148 - 160. DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.1-148-160. URL:

http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/116.1/148.pdf.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДСИЛЕННЯ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ СТРІЧКОВОГО ФУНДАМЕНТУ БЛОКАМИ З ҐРУНТОЦЕМЕНТУ

Під час зведення будівель та споруд панівну роль їхньої надійної та довговічної експлуатації відіграє технологічно правильне влаштування фундаментів. В свою чергу, навіть при успішно зведеному фундаменті, наприклад, стрічковому під несучу стіну, без підготовленої ґрунтової основи неможливо отримати нормальну експлуатацію будівлі або споруди. Якщо основа складена однорідним і достатньо міцним ґрунтом (пісок, суглинок, глина), то її підготовка може бути мінімальною; у випадку слабких ґрунтів підготовки може не вистачити і, відповідно, потребується підсилення такої основи.

Підсилення слабкої ґрунтової основи, яка має підвищену пористість (лесові або лесоподібні ґрунти), невисокий модуль пружності (водонасичені суглинки та супіски), підвищену водонасиченість та недостатню щільність (будь-які зв'язні та незв'язні ґрунти), раніше реалізовувалося на основі укочування або трамбування. Такий варіант підсилення, що має теоретичне обґрунтування та широке практичне застосування, успішно змінює структуру ґрунту, зменшує його міцність та збільшує щільність і, відповідно, модуль пружності.

В останні двадцять-тридцять років укочування або трамбування для випадку стрічкових або плитних фундаментів поступово здає свої позиції, замінюючись методами, що змінюють структуру ґрунту локально, в деякій області, а не глобально, під всією площиною фундаменту під час укочування або трамбування. Такими методами є створення паль або мікропаль на основі буроін'єкційної або бурозмішувальної технологій, які за допомогою струменя цементного розчину руйнують ґрунт.

В результаті застосування буроін'єкційної або бурозмішувальної технологій, які відрізняються деякими моментами практичної реалізації (різний рівень тиску, що руйнує ґрунт; форма та конструкція інструменту для руйнування; різноманітні схеми пересування штанги та інструменту для руйнування тощо), створюється геокомпозитний матеріал, тобто ґрунтоцемент. Відповідно, паль або мікропаль з цього геокомпозиту, що є сумішшю зруйнованого суглинистого ґрунту й цементу, має підвищену міцність та знижену деформаційну здатність, оскільки модуль пружності ґрунтоцементу значно вищий, ніж у суглинка.

Важливою перевагою застосування цих технологій, є те, що зміна властивостей ґрунтової основи відбувається в локальних зонах проведення підсилення, тобто оточуючий їх ґрунт основи не зачіпається. Однак, цю перевагу в певному сенсі можна розглядати й як недолік технологій, оскільки не вся слабка ґрунтова основа змінює свої властивості на краще. Проте, успішне практичне застосування паль й мікропаль, що створені на основі буроін'єкційної або бурозмішувальної технологій, свідчить, що недолік є лише таким, що відбивається в теоретичному обґрунтуванні елементів підсилення.

Справа в тому, що при влаштуванні паль й мікропаль, що створені на основі буроін'єкційної або бурозмішувальної технологій, в слабкій ґрунтовій основі формується складний неоднорідний напружено-деформований стан. Його неоднорідність пов'язана з тим, що, як було вказано вище, модулі пружності ґрунту й ґрунтоцементу значно відрізняються. При цьому, картину формування напружено-деформованого стану ускладнює наявність фундаменту, який має власну жорсткість, що впливає на розповсюдження напружень й переміщень загальної системи. Цю неоднорідність не слід вважати недоліком, оскільки вона проявляється скоріше для напруженого, а не деформованого стану.

Безсумнівно, що під час застосування технології укочування або трамбування ґрунту слабкої основи цього недоліку не існує, оскільки під стрічковим або плитним фундаментом утворюється шар ущільненого однорідного ґрунту. Відповідно, загальна система «фундамент – шар ущільненого ґрунту – слабка основа» формує однорідний і напружений, і деформований стан. Це дозволяє більш точно розраховувати й прогнозувати осідання фундаменту, ніж у випадку ґрунтоцементних паль або мікропаль.

Поєднати переваги двох технологій можливо, якщо застосувати їх комбінування, а саме, не відмовляючись від ґрунтоцементу як геокомпозитного матеріалу з високими міцнісними властивостями та підвищеним модулем пружності, частково залучити основи технології укочування. Таким чином, пропонується технологія підсилення слабкої основи для фундаменту за допомогою блоків з ґрунтоцементу. Такі блоки створюють шляхом механічного руйнування слабого ґрунту, яке присутнє і в технології укочування, що поєднується з перемішуванням отриманого зруйнованого ґрунту з цементним розчином, що є принципом створення ґрунтоцементу.

Визначною перевагою застосування блоків з ґрунтоцементу на відміну від паль або мікропаль, що створюються на основі буроін'єкційної або бурозмішувальної технологій, окрім вже проаналізованої переваги створення однорідного напружено-деформованого стану, є те, що ця технологія не потребує особливого устаткування (бурові штанги, монітор, інструмент для руйнування, гідравлічна система тощо).

Проаналізувавши технологію підсилення ґрунтової основи стрічкового фундаменту блоками з ґрунтоцементу і виявивши її переваги на відміну від інших технологій, слід відмітити, що вона потребує теоретичних пошуків формування напружено-деформованого стану в системі «фундамент – блок з ґрунтоцементу – слабка основа», що є задачею подальших авторських досліджень.

ЗЕЛЕНЕ ДОРОЖНЄ БУДІВНИЦТВО В КОНТЕКСТІ SMART-УРБАНІЗМУ

В умовах глобальних кліматичних змін та посилення антропогенного навантаження на довкілля, зокрема від зростання автомобільного транспорту [1], питання екологічної безпеки транспортної інфраструктури набуває стратегічного значення для сталого розвитку [2]. Сучасні міста стикаються з цілим рядом гострих екологічних викликів, серед яких забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів, шумове забруднення та посилення впливу зміни клімату. Традиційні підходи до дорожнього будівництва, що ґрунтуються на енергоємних процесах і масовому використанні первинних матеріалів, призводять до значних обсягів викидів парникових газів і зростання техногенного впливу на довкілля.

Актуальним є перехід до концепції «зеленого будівництва» – філософії та практики створення об'єктів з мінімальним негативним впливом на довкілля протягом усього їхнього життєвого циклу [2]. Цей комплексний підхід, що охоплює проєктування, будівництво, експлуатацію та знесення, є стратегічною необхідністю для забезпечення сталого розвитку міського середовища та підвищення добробуту його мешканців. При цьому інтеграція передових інженерних систем та технологій «зеленого будівництва» у сферу водопостачання та водовідведення міст є ключовим кроком до створення екологічно чистих урбанізованих середовищ [3]. Наприклад, для облаштування автостоянок, житлових доріг та велосипедних доріжок можуть використовуватися покриття з переробленого пластику.

Розвиток дорожньої галузі має базуватися на інтеграції принципів екоорієнтованого проєктування,

оскільки сталий розвиток міської інфраструктури неможливий без урахування екологічних аспектів системи «середовище – автомобіль – дорога», яка є взаємопов'язаною та динамічною [1]. Забезпечення безпеки та ефективності руху вимагає комплексного підходу, що враховує не лише технічні аспекти, але й стан дорожньої інфраструктури. Серед ефективних напрямів, здатних мінімізувати енергетичні витрати та екологічні ризики, – використання рецикльованих і місцевих матеріалів, впровадження технологій холодного асфальтування, теплосберігаючих сумішей, а також покращення якості дорожнього покриття через застосування шумопоглинаючих матеріалів та покриттів, які зменшують кількість пилу та шкідливих речовин.

Ключову роль у сталому розвитку міського транспорту відіграє інтеграція передових технологій, зокрема Штучного Інтелекту (ШІ) та аналізу великих даних [4]. Застосування ШІ дозволяє оптимізувати міське управління та інтелектуальні транспортні системи, що сприяє зменшенню заторів та викидів. Хоча впровадження принципів зеленого будівництва у міському середовищі сприяє суттєвому скороченню викидів CO₂, аналогічні підходи в дорожній галузі досі залишаються на етапі окремих експериментів.

Метою даної роботи є аналіз та узагальнення сучасних технологічних інновацій у «зеленому» дорожньому будівництві, спрямованих на зменшення енергоспоживання, викидів забруднювальних речовин і техногенного навантаження на довкілля, а також формування пропозицій щодо їхнього впровадження в регіональну транспортну інфраструктуру України.

Впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС) та Штучного Інтелекту (ШІ) є критично важливим для переходу до сталого розвитку міської інфраструктури та дорожньої мережі [5]. Концепція «розумного міста» (SMART) розглядає інтеграцію сучасних

технологій у всі сфери міського життя, включаючи транспорт, з метою підвищення загальної ефективності та стійкості міських систем [6].

Застосування ІІІ для збору та аналізу великих даних у реальному часі дозволяє оптимізувати транспортні потоки, прогнозувати затори та приймати обґрунтовані рішення щодо управління рухом. Це безпосередньо впливає на зменшення часу простою транспортних засобів, мінімізуючи споживання палива та, як наслідок, знижуючи викиди забруднювальних речовин від автомобільного транспорту [7]. Перехід від автоматизації до автономних систем у міському управлінні є ключовим елементом цього процесу, що забезпечує більш гнучке та ресурсоефективне функціонування дорожньої інфраструктури.

Окрім цифрових інструментів, «зелене» дорожнє будівництво має інтегрувати принципи енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії у суміжну інфраструктуру. Хоча ці підходи часто пов'язують із теплопостачанням будівель, вони є основою сталого розвитку будь-якої інженерної мережі [8]. Наприклад, концепція енергетичного акумулювання є важливою для забезпечення енергетичної незалежності [9]. Впровадження систем, що базуються на геотермальному або сонячному акумулюванні [10], у дорожню інфраструктуру (освітлення, сигналізація, живлення ІТС) зменшує залежність від традиційних енергоємних джерел та знижує експлуатаційні витрати.

Таким чином, перехід дорожньої галузі до філософії «зеленого будівництва» є стратегічним імперативом, продиктованим глобальними викликами зміни клімату та необхідністю сталого розвитку міських агломерацій. Цей зсув реалізується через комплексний підхід, що поєднує інноваційні матеріалознавчі рішення та передові цифрові технології. З одного боку, це передбачає масове впровадження ресурсощадних процесів, таких як низькотемпературне асфальтування та використання

вторинної сировини, що забезпечує суттєве зниження енергоємності будівництва та мінімізує викиди CO₂ протягом усього життєвого циклу. З іншого боку, ключовим елементом операційної ефективності є активна інтеграція Штучного Інтелекту (ШІ) та Інтелектуальних транспортних систем (ІТС) у концепцію «розумного міста», які, завдяки аналізу даних у реальному часі, оптимізують транспортні потоки, знижують затори та опосередковано зменшують споживання палива й рівень забруднення. Енергетична незалежність інфраструктури досягається завдяки технологіям збору енергії безпосередньо з дорожнього покриття (кінетична або сонячна енергія) що гарантує стійкість живлення SMART-систем. Відтак майбутнє дорожньо-будівельного комплексу лежить у площині інтегрованої моделі, що переходить від фрагментарного вирішення проблем до превентивного, всеохоплюючого управління екологічними та експлуатаційними ризиками, забезпечуючи більш безпечне та екологічно чисте міське середовище.

Література:

1. Душкін С.С. Нові підходи до сталого розвитку міст. Міжнар. наук.-техн. конф. «Сталий розвиток транспортних систем: наука і практика». Харків, ХНАДУ, 25-26 листопада 2024 р. С. 238-240.
2. Душкін С.С. Зелене будівництво як інноваційний підхід до вирішення екологічних проблем сучасних міст. Матер. IV Міжнар. наук.-практ. конф. «Green Construction» («Зелене будівництво») 13-14 травня 2025 р. Київ. КНУБА. 2025. С. 110-115.
3. Душкін С.С. Зелене будівництво та інженерні системи / С.С. Душкін // матер. III міжнар. наук.-практ. конф. молод. вчен. «Green Construction» («Зелене будівництво»). Київ: КНУБА. 2024, С. 455-459.
4. Yusuf, O., Rasheed, A., & Lindseth, F. Leveraging Big Data and AI for Sustainable Urban Mobility Solutions. Urban

- Science. 2025. Vol. 9, No. 8. Art. 301. DOI: 10.3390/urbansci9080301.
5. Silva B. N., Khan M., Han K. Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustainable Cities and Society*. 2018. Vol. 38. P. 697–713. DOI: 10.1016/j.scs.2018.01.053.
6. Жарова Л. В. Сталий розвиток в концепціях SMART (розумних) міських ініціатив. *Економіка та право*. 2019. № 3. С. 107–115. DOI: 10.15407/econlaw.2019.03.107.
7. Cugurullo F. Urban Artificial Intelligence: From Automation to Autonomy in the Smart City. *Frontiers in Sustainable Cities*. 2020. Vol. 2. P. 38. DOI: 10.3389/frsc.2020.00038.
8. Gong C., Huang Y., Cai T., Fan Y. Environmental Impact Assessment of Different Warm Mix Asphalts. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, Iss. 21. Art. 11869. DOI: 10.3390/su132111869.
9. Barbhuiya S., Qureshi T., Das B. B. Advancing sustainable pavements: a review of low-carbon construction materials and practices. *Discover Concrete and Cement*. 2025. Vol. 1. Art. 19. DOI: 10.1007/s44416-025-00020-w.
10. Alshahrani M., Abed A., Hassan A. Pavement energy harvesting technologies: A critical review. *RILEM Technical Letters*. 2021. Vol. 6. Art. 131. DOI: 10.21809/rilemtechlett.2021.131.

УДК 528.2/5

Шелкова І.С., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

Ганночка О., Миколаїв, Україна.

ТОВ Європейська дорожньо-будівельна компанія

Лобков Д., Харків, Україна.

ПрАТ «УКРГІДРОПРОЕКТ

ЗАСТОСУВАННЯ РОБОТИЗОВАНИХ ТАХЕОМЕТРІВ ДЛЯ РОЗБИВКИ ТРАСИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Важливим фактором, який визначає сучасний рівень інженерно-геодезичного забезпечення робіт з будівництва та ремонту автомобільних доріг, є рівень використання можливостей сучасних геодезичних приладів та технологій. Інженерно-геодезичні розбивочні роботи при будівництві автомобільної дороги передбачають розробку інженерно-геодезичного обґрунтування при розбивці траси у складі проекту будівництва [1-2]. Роботизовані тахеометри суттєво розширюють можливості геодезичного забезпечення дорожнього будівництва.

Роботизований тахеометр оснащений функцією автонаведення на призму, що дозволяє ефективно керувати системою одному оператору. Роботизовані тахеометри поєднують електронний теодоліт та електронний вимірювач відстаней, вимірюючи вертикальні та горизонтальні кути і відстань від приладу до конкретної точки. Ключовою перевагою роботизованих систем є продуктивність: вони дозволяють одному оператору дистанційно керувати приладом, тоді як механічна станція потребує двох осіб для роботи.

Процес розбивки траси автомобільної дороги включає створення каталогу координат проєктних точок та їх винесення у натуру. Роботизований тахеометр дозволяє завантажувати координати характерних точок траси з подальшою візуалізацією в режимі тривимірного перегляду

(рис. 1). Програмне забезпечення приладу забезпечує можливість створення ліній за заданими точками та виконання геодезичних розрахунків безпосередньо в полі.

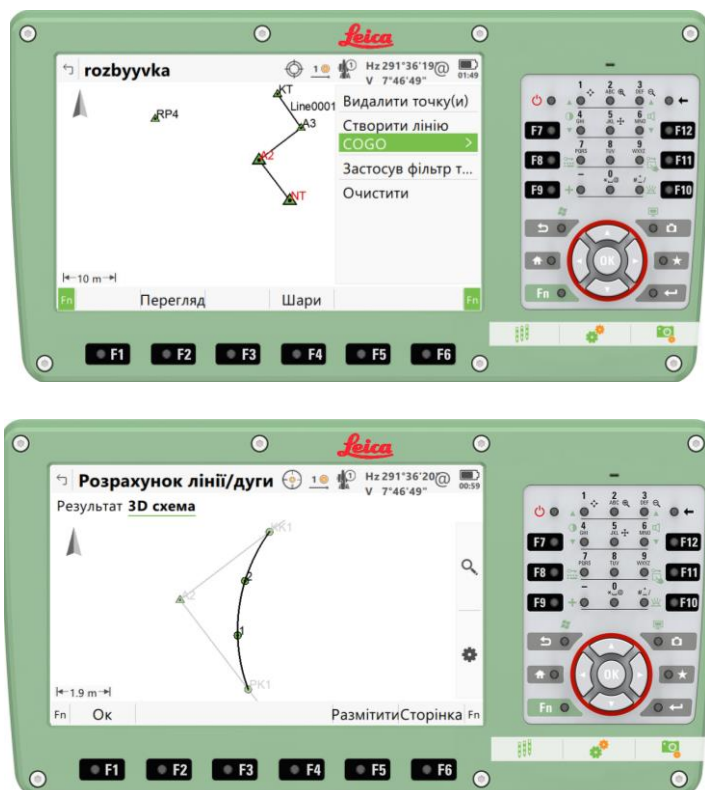


Рис. 1. Розбивка траси автомобільної дороги роботизованим тахеометром

Розбивка горизонтальних кривих виконується з використанням спеціалізованих функцій тахеометра. Від вершин кутів повороту відкладаються точки початку та кінця кривих з заданим кроком пікетажу. Роботизовані тахеометри автоматизують відстеження призми, дозволяючи одному оператору швидко виносити численні точки. Побудова дуг виконується за допомогою вбудованих

алгоритмів розрахунку, де задаються початкова і кінцева точки, радіус кривої та кількість сегментів поділу.

Розбивка пікетажу на прямих вставках траси виконується з кроком, що відповідає довжині сегмента на горизонтальних кривих. Система автоматично розраховує положення проміжних точок та присвоює їм послідовні ідентифікатори.

Використання роботизованих тахеометрів для розбивки пропонує кілька переваг: точність, яка мінімізує людські помилки та виявляє помилки в будівельних планах, швидкість завдяки прецизійному наведенню без необхідності комунікації жестами та криками. Роботизовані тахеометри дозволяють скоротити робочу силу та заощадити час: один оператор може розміщувати точки набагато швидше, ніж з механічним тахеометром.

Застосування роботизованих тахеометрів для розбивки траси автомобільних доріг забезпечує високу точність винесення проєктних елементів у натуру, суттєво підвищує продуктивність польових робіт та дозволяє скоротити кількість персоналу на будівельному майданчику. Інтеграція з сучасним програмним забезпеченням створює основу для ефективного інженерно-геодезичного забезпечення дорожнього будівництва.

Література:

1. Про затвердження Порядку топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 : Наказ Держгеокадастру від 17.04.2025 р. № з0868-25 [Електронний ресурс]. Чинний. Київ, 2025. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0868-25#Text>.

2. Хом'як Л.М. Основи топографії: навчальний посібник для студентів геологічних спеціальностей. Львів, 2015. 96 с.

УДК 625.7:004.9:528.9

Касьянов В. В., Доброходова О. В., Харків, Україна
Харківський національний університет міського
господарства ім. О. М. Бекетова

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТА КОМП'ЮТЕРНО- ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ДОРОЖНЬО - БУДІВЕЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ

У дорожньо-будівельному комплексі останніх років спостерігається стрімке впровадження геоінформаційних та комп'ютерно-інтегрованих технологій, які докорінно змінюють способи планування, реалізації та контролю дорожніх проєктів. З огляду на масштабність транспортної інфраструктури, її капіталомісткість, потребу в тривалому життєвому циклі та високих вимогах до безпеки руху саме інформаційно-орієнтовані технології стають ключовим ресурсом, що забезпечує якісні рішення на всіх етапах – від вишукувань і проєктування до експлуатації й моніторингу стану дорожніх споруд. Геоінформаційні системи, цифрові моделі місцевості, автоматизовані комплекси керування дорожньою технікою, системи моніторингу транспортних потоків і інтегровані цифрові платформи управління дорожнім господарством формують основу сучасного підходу до розвитку галузі та забезпечують перехід до моделі «розумної» інфраструктури [1].

Геоінформаційні системи на сьогодні відіграють роль інтеграційного центру, який структурує та об'єднує геодезичні, геологічні, гідрологічні та інженерно-технічні дані, створюючи динамічну модель території для прийняття проєктних рішень [2]. У середовищі ГІС виконується аналіз альтернативних схем трасування, оцінка ризиків підтоплення, прогнозування поведінки зсувонебезпечних ділянок, моделювання транспортних потоків та оцінка впливу дороги на навколишнє середовище. Застосування геоінформаційних баз дозволяє не просто накопичувати інформацію, а й оперативно генерувати нові інженерні

моделі та сценарії розвитку дорожньої мережі залежно від вимог замовника, прогнозованого навантаження чи стратегічних планів територіального планування. ГІС-технології стали платформою для прийняття рішень на рівні державної дорожньої служби, муніципалітетів та приватних операторів, адже дозволяють синхронізувати дані, стандартизувати їх і забезпечити доступність для різних груп користувачів [3].

Суттєвих змін зазнає також процес інженерних вишукувань завдяки використанню цифрових методів збору та обробки інформації. Хмари точок, отримані за допомогою наземного та мобільного лазерного сканування, фотограмметрії з БПЛА та GNSS-кінематики, інтегруються у ГІС і формують фундаментальні просторові шари для подальшого проєктування. Висока деталізація та точність сучасних методів дозволяють створювати цифрові моделі місцевості з урахуванням кожного елемента дорожнього середовища, від малих штучних споруд до інженерних мереж і мікрорельєфних форм. Завдяки цьому проєктанти отримують змогу оптимізувати обсяги земляних робіт, коригувати лінійні параметри дороги, аналізувати потенційні конфлікти з існуючими об'єктами та формувати економічно обґрунтовані інженерні рішення. Об'єднання цих даних із супутниковими знімками, картографічними матеріалами та результатами польових вимірювань забезпечує комплексне бачення території, на якому ґрунтується сучасний підхід до дорожнього проєктування.

На етапі будівництва найбільший ефект мають комп'ютерно-інтегровані технології автоматичного та напів автоматичного керування дорожньо-будівельною технікою. Використання GNSS-навігації, роботизованих тахеометрів і 3D-моделей дозволяє техніці працювати відповідно до проєктного цифрового шаблону без необхідності постійного геодезичного супроводу. Системи автоматичного керування бульдозерами, грейдерами, екскаваторами та асфальтоукладальниками забезпечують

точність планування основи, профілювання укосів, регулювання товщини дорожнього одягу та рівномірність шарів покриття. Це зменшує обсяг переробок, підвищує якість робіт, мінімізує людський фактор та забезпечує стабільність проєктної геометрії. Геодезист у такій моделі виступає оператором даних: він організовує цифрове середовище, контролює коректність моделей, здійснює виконавчі вимірювання на основі лазерного сканування та GNSS-відображення і забезпечує відповідність будівельного процесу нормативним вимогам.

Однією з ключових складових сучасного дорожнього будівництва є створення цифрових двійників дорожньої інфраструктури. Цифрові двійники містять не лише геометричну модель, а й комплекси даних про конструктивні шари, матеріали, історію ремонтів, фактичні деформації, показники інтенсивності руху та параметри навантажень. На основі даних датчиків деформацій, температурних сенсорів, GNSS-станцій безперервного стеження та періодичних лазерних сканувань цифровий двійник дає змогу прогнозувати появу дефектів, визначати місця підвищеного навантаження, оптимізувати графіки поточного та капітального ремонту й підвищувати безпеку експлуатації транспортних споруд. У поєднанні з ГІС цифровий двійник стає елементом розгалуженої системи управління дорожньою мережею, що дозволяє приймати стратегічні та оперативні рішення на основі актуальних, об'єктивних і кількісно вимірюваних даних.

Не менш важливим напрямом є використання інтелектуальних транспортних систем, які інтегрують дорожні об'єкти у цифрову інфраструктуру управління рухом. Системи відеоаналітики, автоматичного рахування транспортних потоків, метеостанції, пристрої моніторингу стану покриття та датчики зносу елементів безпеки поєднуються з ГІС-платформами та системами управління дорожнім рухом. Це дозволяє не тільки збирати дані про експлуатаційні умови, а й прогнозувати транспортні затори,

оптимізувати роботу світлофорних об'єктів, підвищувати безпеку на ділянках інтенсивного руху та своєчасно реагувати на аварійні ситуації. Інформаційні системи стають невід'ємною частиною дорожнього комплексу, адже вони забезпечують прозорість процесів, пришвидшують обмін даними та зменшують витрати на обслуговування мережі.

Сучасні геоінформаційні та комп'ютерно-інтегровані технології формують нову модель дорожнього будівництва, яка спирається на точні дані, цифрове проектування, автоматизоване виконання робіт і безперервний моніторинг стану інфраструктури. Вони сприяють переходу від традиційних паперових схем та фрагментарного контролю до комплексної цифрової екосистеми, де кожен етап робіт пов'язаний з іншим через єдине інформаційне поле. Такий підхід підвищує ефективність будівництва, забезпечує стабільну якість дорожніх робіт, знижує ризики помилок і дозволяє використовувати ресурси максимально раціонально. Інтеграція ГІС, цифрових двійників, автоматизованих систем керування технікою та інтелектуальних транспортних систем є логічним шляхом розвитку дорожньо-будівельної сфери в умовах загальної цифровізації та переходу до моделі розумної інфраструктури, яка відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та безпеки транспортних потоків.

Література:

1. Касьянов В. В., Доброходова О. В. BIM-моделирование та лазерне сканування об'єктів територій міст [Електронний ресурс] // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні технології та досягнення земельного адміністрування та територіального планування», Харків, 6 жовтня 2022 р. / ред. кол.: М. К. Сухонос, С. Г. Нестеренко, Ю. Б. Радзінська. – Х.: ХНУМГ, 2022. – С. 80–81. – Режим доступу:

https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/2022/Tezy_2022/Zbirnyk_6_10_2022.pdf

2. Сані, М. J., Абдул-Рахман, А. “GIS and BIM Integration at Data Level: A Review” // *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. — 2018. — Vol. XLII-4/W9. — P. 299-306. — DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-4-W9-299-2018.

3. Касьянов В. В., Є.О. Нелін, В.В. Харів. Просторове забезпечення територій за допомогою сучасних БПЛА. / Комунальне господарство міст, Сер. Технічні науки та архітектура. Харків. 2023, Том 4 (178), с.152–156. <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6168/6087>

УДК 528.48

Коваленко Л.О., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Яришко А.В., Харків, Україна

ТОВ ГК «Автострада»

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИЙ СУПРОВІД БУДІВНИЦТВА РІЗНИХ ВИДІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

Сучасне будівництво неможливо без інженерно-геодезичних робіт тому, що при перенесенні проекту на місцевість необхідно виконувати вимірювання з високою точністю у горизонтальній і вертикальній площині. Технологічна послідовність і зміст геодезичного супроводу визначається видом інженерної споруди та пов'язаними з цим особливостями проектування та будівництва [1,2].

Оцінку ділянки будівництва проводять на основі інженерно-геодезичних, інженерно-геологічних та інших досліджень. Для оцінки ділянки майбутнього будівництва з метою отримання відомостей про особливості рельєфу місцевості та ситуації проводять комплексні дослідження:

інженерно-геодезичні, геологічні, кліматологічні та метеорологічні [3,4].

Геодезичні роботи при будівництві інженерних споруд є комплексом вимірювань, обчислень і побудов на місцевості, при якому повинно забезпечуватися проектне розміщення споруд з необхідною точністю і зведення їх конструкцій в повній відповідності з геометричними параметрами та вимогами нормативних документів. Вирішення зазначених завдань здійснюється відповідно до етапів будівельно-монтажного виробництва.

Розглянемо деякі питання геодезичного супроводу на прикладі будівництва мостових споруд. Мости являють собою складні штучні інженерні споруди, з точки зору будівництва, вони є найбільш витратними і складними спорудами. При будівництві мостового переходу на місцевості визначають і закріплюють положення центрів мостових опор та інших елементів моста, а також виконують детальну розбивку при зведенні опор та монтажі прогонових будов. Для забезпечення виконання розбивочних робіт на всіх стадіях будівництва мостового переходу створюють спеціальну геодезичну розбивочну мережу. Крім того, раціонально розташована і надійно закріплена розбивочна мережа може служити основою й для спостережень за деформаціями моста у процесі його будівництва і експлуатації.

У переданих будівельникам матеріалах закріплення осі траси мостового переходу й реперів мережі повинні бути вказані прив'язки до центрів і марок державної планової та висотної геодезичної основи. Положення закріплених центрів поздовжньої вісі моста даються в пікетажі траси, а висотні відмітки – в системі позначок, прийнятих в проєкті споруджуваної дороги. Передані матеріали по геодезичним знакам (центрам і реперам) та масштабам плану повинні задовольняти встановленим вимогам [4,5].

Геодезична розбивочна мережа є плановою та висотною основою розбивочних і контрольно-

вимірювальних робіт на всіх стадіях будівництва моста. Пункти розбивочної мережі розташовують на берегах річки й островах, в місцях, зручних для виконання розбивочних робіт і контрольних вимірів. Два пункти мережі розміщують на вісі моста в її початку і кінці. Координати пунктів планової розбивочної мережі визначають в місцевій системі координат. На прямолінійних мостах найчастіше вісь X направляють по осі моста.

У розбивочної мережі, по можливості, вимірюють всі кути і відстані. Вимірювання виконують електронними тахеометрами не менше ніж трьома прийомами. Середні квадратичні похибки визначення координат пунктів не повинні перевищувати 6 мм. Обробку вимірювань виконують на комп'ютерах, використовуючи стандартні програми, що дають можливість порівняти виконані вимірювання та обчислення координат пунктів мережі й оцінок їх точності. Пункти висотної мережі закріплюють на місцевості реперами. При будівництві складного моста розміщують по два та більше реперів на кожному березі. Часто репер висотної мережі поєднують з центром пункту планової мережі. Репери пов'язують між собою ходами геометричного нівелювання III або IV класу в єдину висотну мережу. Середні квадратичні похибки відміток щодо репера, прийнятого за вихідний, не повинні перевищувати у постійних реперів – 3 мм, у тимчасових – 5 мм. Висотну мережу моста пов'язують з державної нівелірної мережею.

Будівельні норми та правила передбачають, що допустимі середні квадратичні помилки визначення координат центрів опор не повинні перевищувати при визначенні координат центрів фундаментів – 50 мм, а при визначенні центрів опор на рівні і вище обрізів фундаментів – 20 мм (табл. 1).

Таблиця 1. Допустимі відхилення фактичних розмірів від проектних значень зведених конструкцій опор [4,5]

Контрольовані параметри	Допустимі відхилення, мм
Зсув осей зведених конструкцій у плані відносно розмічувальних осей: а) осей фундаментів у відкритих котлованах б) осей опор у рівні обрізу фундаменту в) осей опор у рівні підфермовників або опорних плит	25 10 0,004 висоти опори, але не більше ніж 50
У розмірах конструкцій в плані: а) фундаментів у відкритих котлованах б) опор вище обрізу фундаментів	± 50 ± 20
Відхилення від вертикалі поверхонь конструкцій: а) фундаментів б) опор вище обрізу фундаменту	20 0,002 висоти, але не більше ніж 25

Результати геодезичного контролю та виконавчої зйомки оформлюються відповідним актом. В акті вказують визначення центру і осей опори, а також відповідність геометричних параметрів нормативним вимогам. Результати виконавчої зйомки показують на зворотному боці акта у вигляді схеми із зазначенням проектних і фактичних розмірів.

Література:

1. Тельнов В. Г. Геодезія: навч. посіб. Дніпро: НТУ, 2019. 317 с.
2. Малявин А.Н., Шевченко А.А., Матвиенко А.А., Романенко А.В. Моделювання організації будівництва транспортних будівель. *Науковий вісник будівництва*. Харків: ХНУБА, 1918. Т.93, № 3. С.99-105.
3. Калинич І. В., Гриник Г. Г., Ничвид М. Р. Геодезія: навч. посіб. Ужгород, 2020. 248 с.
4. Батракова А.Г., Кузьмін В.І. Інженерно-геодезичний моніторинг і контроль в будівництві, частина І. Геодезичні роботи при будівництві мостових переходів: навч.посіб. Харків: ХНАДУ, 2018. 116 с.
5. Нормативно-правове забезпечення професійної діяльності: навч. посіб./ Казаченко Л.М., Батракова А.Г., Ряпухін В.М. Арсеньєва Н.О. Харків: ХНАДУ, 2019. 120 с.

УДК656.13

Коваленко Л.О., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Коваль Ю.О., Харківська обл., Південне, Україна

Південна міська рада

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Основна частина доріг та вулиць в Україні за останні роки зазнала великих пошкоджень, що приводить до зниження транспортно-експлуатаційних якостей доріг і збільшенню числа дорожньо-транспортних пригод, безпосередньо пов'язаних з дорожніми умовами. Також відбувається збільшення інтенсивності руху транспорту на окремих напрямках, зміна структури і швидкісних режимів транспортних потоків. Ці фактори ставлять усе більш жорсткі вимоги до забезпечення необхідного рівня ефективності і безпеки дорожнього руху [1,2]. Для цього

необхідне підтримання оптимальної за довжиною, щільністю й транспортно-експлуатаційними показниками вулично-дорожньої мережі.

Дорожня мережа Харківської області також зазнає значних пошкоджень та руйнувань, що приводить до збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод. Недотримання правил дорожнього руху та недостатнє урахування дорожньо-транспортних умов може мати серйозні наслідки для усіх учасників. Найпоширенішими причинами аварій є перевищення безпечного швидкісного режиму та порушення правил маневрування і обгону. Інші причини аварій на автошляхах Харківської області: виїзд на смугу зустрічного руху; порушення правил проїзду пішохідних переходів та перехресть; несподіваний вихід пішохода на проїжджу частину; керування несправним транспортним засобом; перехід пішохода у невстановленому місці. Також можливе виникнення аварій через погодні умови – зледеніння траси взимку або сильну спеку влітку.

Причини дорожньо-транспортних пригод які зазвичай фіксуються при аналізі аварійності: із-за порушення правил дорожнього руху водіями, пішоходами, і т.д.; із-за незадовільного стану дороги; із-за незадовільних дорожніх умов; із-за недоліків в організації дорожнього руху. До технічних факторів відносять рівність та шорсткість покриття, ширину проїжджої частини, поздовжній профіль, геометричні схеми перехресть та інші геометричні характеристики.

Основними причинами дорожньо-транспортних пригод, які були скоєні, є перевищення безпечної швидкості руху (27,0%), порушення правил маневрування (21,0%), порушення правил переїзду перехресть (8,0%), перехід проїзної частини в невстановленому місці (6,0%), виїзд на смугу зустрічного руху (7,0%), недодержання дистанції (7,0%), керування транспортним засобом у нетверезому стані (8,0%) [3,4].

Аналіз дорожньо-транспортних пригод показав, що основними видами ДТП залишається зіткнення (35,7%); наїзд на перешкоду, в тому числі на блокпости, (9,2%); наїзд на пішохода (41,6%); перекидання (6%); наїзд на мотоцикліста або велосипедиста (4,5%); наїзд на транспортний засіб, що стоїть (3%). Основними причинами зіткнення і перекидання на автомобільних дорогах пов'язані з виїздом водія на смугу зустрічного руху при обгоні, перевищенням швидкості, неврахуванням погодних умов, порушеннями при проїзді нерегульованих перехресть і недотриманням дистанції.

Найпоширенішими видами дорожньо-транспортних пригод залишаються наїзди на пішоходів, перешкоду та зіткнення транспортних засобів – на них припадає біля 80% від усіх дорожньо-транспортних пригод. На ці види дорожніх пригод припадає найбільша кількість потерпілих (близько 78%) [3,4].

З вини дорожніх умов відбувається від 20% до 30% всіх дорожньо-транспортних пригод, із-за неправильних дій водія від 60% до 70% всіх дорожньо-транспортних пригод, та із-за технічної несправності автомобіля до 10% всіх дорожньо-транспортних пригод. Найчастіше дорожньо-транспортні пригоди відбуваються в наслідок наступних технічних недоліків дороги: недостатньою видимістю; поганим станом покриття, недостатньою шириною проїжджої частини, відсутністю освітлення на складних ділянках та іншими. Окрім цього, причиною дорожньо-транспортних пригод може бути характер руху, не відповідний дорожнім умовам.

Аналіз аварійності показав, що підвищення рівня безпеки дорожнього руху зумовлено: невідповідністю стану вулично-дорожньої мережі рівню інтенсивності транспортного руху; низьким рівнем дисципліни учасників дорожнього руху; неналежним забезпеченням технічного обслуговування транспортних засобів; недостатністю впровадження новітніх технологічних засобів організації

дорожнього руху та застосування відеоспостереження; неефективністю здійснення нагляду за дотриманням правил безпеки учасниками дорожнього руху; неналежним фінансуванням заходів у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху. Також потрібно звернути увагу на недостатній рівень підготовки водіїв транспортних засобів та недосконалість правового регулювання у сфері профілактики порушень правил дорожнього руху. Однією з найважливіших задач при цьому є комплексна оцінка умов руху на автомобільних дорогах та вулицях міст.

На підставі аналізу дорожньо-транспортних подій виявлено, що розміри аварійності й травматизму перебувають у залежності від наступних факторів: інтенсивності руху та складу транспортного потоку; стану доріг, їхнього встаткування, облаштування та благоустрою; умов видимості; схеми організації дорожнього руху; наявності зупинок міського маршрутного пасажирського транспорту; наявність місць тяжіння населення в межах перехрестя; інтенсивності пішохідного руху; технічного стану транспортного засобу; погоднокліматичних умов; психофізіології учасників дорожнього руху [1,2,5]. Дуже важливо правильно визначити пріоритети і максимально ефективно використати наявні фінансові і матеріально-технічні ресурси, насамперед правильно їх розподілити.

Література:

1. Гончаренко Ф.П. Теоретичні основи та практичні методи підвищення безпеки руху при експлуатації автомобільних доріг: Монографія. – К.: 2000.
2. Anbarci N., Escaleras M., Register C. Traffic fatalities: Income inequality create an externality. Canadian Journal of Economics. 2009. Vol.42, No. 1. P. 244-266.
3. Дорожньо-транспортні травми: веб-сайт. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>.

4. Статистика ДТП в Україні та основні причини аварій на дорогах: веб-сайт. URL: <https://forinsurer.com/news/24/01/19/39063>.

5. Prasolenko O., Lobashov O., Galkin A. The Human Factor in Road Traffic Citi. International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems. 2015. Vol.1, No. 3. P. 77-84.

УДК 69.059.32

Коваль М. П., Ковальчук В. В., Львів, Україна,
Національний університет "Львівська Політехніка"

Риковцев О. І., Київ, Україна,

Національний транспортний університет

**АНАЛІЗ ДОСВІДУ ЗАСТОСУВАННЯ
МЕТИЛМЕТАКРИЛАТНИХ КОМПОЗИЦІЙ
ПРИ ПОСИЛЕННІ ПРОГОНОВИХ БУДОВ МОСТІВ
ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ
ДОСЛІДЖЕНЬ**

Згідно з даними бази даних "АЕСУМ", із 14 840 мостів, що експлуатуються на дорогах загального користування України, із них 94 % споруджені із залізобетонними прогоновими будовами. 81 % мостів споруджено до 1980-го року – як наслідок, 27 % мостів не відповідають вимогам чинних нормативних документів щодо вантажопідйомності, а через ряд різноманітних причин 37 % експлуатовуваних мостів перебувають у найгірших експлуатаційних станах – 4-му та 5-му. У зв'язку з цим однією із актуальних задач у дорожній галузі є підсилення залізобетонних прогонових будов автодорожніх мостів, що (в залежності від прийнятих проектних рішень та особливостей конкретних об'єктів) дозволяє запобігти аваріям, відновити проектну вантажопідйомність або навіть довести її до нормативної.

На практиці застосовуються різні способи підсилення конструкцій мостів [1], із яких доволі ефективним є спосіб підсилення прогонових будов із

застосуванням зовнішнього армування [2]: у поперечний переріз пошкодженого елемента вводиться нове армування у вигляді прокатних чи листових елементів, з'єднується із підсилюваним елементом за допомогою системи в'язей, а між зовнішнім армуванням та підсилюваним елементом створюється сполучний масив із цемента- або полімербетонів. Очевидні переваги такого способу полягають у розташуванні армуючого елемента по зовнішніх гранях перерізу, де напруження розтягу є максимальними, а також у появі в складі підсилюваного елемента структурної частини із високою просторовою жорсткістю.

Підвищити ефективність підсилення залізобетонних елементів можна за надійним приклеюванням зовнішнього армування до бетону підсилюваної конструкції за допомогою будівельних клеїв [3] чи полімербетонів із високою адгезією до бетону та металу [4]. Для цього можна використати метилметакрилатні композиції, що застосовуються при ремонті мостів [5]: полімербетон складається із просоченого полімерною композицією на основі метилметакрилату (ефіру метакрилової кислоти) та піску. Додаткова перевага цього способу породжена низькою в'язкістю метилметакрилатних композицій: вони не лише просочують пісок, розташований між підсиленням та підсилюваним елементом, а й за рахунок капілярного натягу просочуються у сам бетон, заповнюючи раковини та пори, заклеюючи наявні тріщини, а стержні арматури із внутрішньою корозією ці композиції обволікають, консервують і вклеюють у навколишній бетонний масив.

В Україні уже виконане підсилення низки прогонових будов мостів за допомогою зовнішнього армування із застосуванням полімербетонів на основі метилметакрилатних композицій. Першим яскравим прикладом є двопрогонний міст на км 18+882 а/д Н-13: у поперечному перерізі прогонова будова первинно складалася із п'яти балок за т. п. "Випуск 56" 1960-го року

спорудження, а у 1976-му році вона була поширена плитами за т. п. "ВТП-21" – двома з лівого боку та трьома з правого. Через примітивну конструкцію мостового полотна та відсутність регулярного догляду за 60 років експлуатації у балках т. п. "Випуск 56" розвинулися численні дефекти, зокрема тотальне оголення та корозія робочої арматури (рис. 1, а). В рамках ремонтних робіт балки та плити прогонової будови були об'єднані монолітною залізобетонною плитою, а балки т. п. "Випуск 56" були підсилені швелерами № 22, об'єднаними із балками за допомогою сталевих смугових тяг та полімербетону на основі метилметакрилату (рис. 1, б).

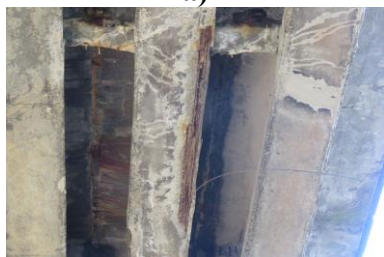
Результати розрахунків свідчать, що завдяки підвищенню робочої висоти перерізу та введенню у нього додаткового армування вантажопідйомність балок т. п. "Випуск 56" вдалося довести до нормативних параметрів.



а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Види на прогонові будови мостів на км 18+882 а/д Н-13 (а, б) та на км 4+014 Західного обходу м. Львова (в, г) відповідно до та після підсилення

Другим прикладом є чотирипрогоновий міст на км 4+014 Західного обходу м. Львова, три прогони якого у поперечному перерізі складаються із 14-ти попередньо напружених залізобетонних балок за т. п. ВТП-16 – так званих "струнобетонних". Через примітивну конструкцію мостового полотна та відсутність регулярного догляду за 64 роки експлуатації у крайніх балках були тотально оголені та обірвані численні арматурні струни (рис. 1, в). В рамках протиаварійних заходів пошкоджені балки були підсилені сталевими U-подібними коробами товщиною 8 мм, об'єднаними із балками за допомогою сталевих стержневих тяг та полімербетону на основі метилметакрилату (рис. 1, г).

Результати динамічних випробувань прогону 3 – 4, що проводилися до та після підсилення пошкоджених балок у цьому прогоні, засвідчують ефективність виконаного підсилення: у всіх балок випробуваного прогону максимальні динамічні прогини зменшилися у межах 26 ... 52 %, а середнє значення зменшення склало 41 %. Це свідчить про ефективність підсилення головних балок моста за допомогою зовнішнього армування, приклеєного метилметакрилатними композиціями: армування включилося у спільну роботу з бетоном балок, а завдяки товщині листів та високому модулю пружності сталі зросли моменти інерції підсилених балок та загальна жорсткість прогонової будови.

Підсумовуючи викладене, можна виділити такі перспективні напрямки подальших досліджень підсилення залізобетонних прогонових будов мостів за допомогою зовнішнього армування із застосуванням метилметакрилатних композицій:

1. Розробити теоретичні моделі для проведення комплексного дослідження напружено-деформованого стану підсилених залізобетонних балок мостів із врахуванням дії динамічних навантажень від транспортних засобів, навантажень від кліматичних температурних

перепадів навколишнього середовища та з урахуванням реологічних властивостей полімербетону при довготривалій експлуатації.

2. Дослідити сумісну роботу бетонної, сталевий та полімерної складових системи підсилення в умовах дії змінних навантажень та впливів середовища.

3. Виконати експериментальні дослідження впливу параметрів зовнішнього армування на несну здатність і тріщиностійкість прогонових будов мостів.

4. Виконати комплексну оцінку ефективності розглянутого способу порівняно з іншими за критеріями міцності, витривалості, вартості та екологічної безпеки.

Заключним етапом досліджень повинна стати розробка практичних рекомендацій щодо застосування метилметакрилатних композицій при підсиленні залізобетонних конструкцій мостів. Це гарантуватиме підвищення довговічності та безпеки експлуатації мостів на автомобільних дорогах України.

Література:

1. Р В.3.2-218-03450778-741:2008 "Рекомендації з підсилення конструкцій мостів під навантаженням, в т.ч. з регулюванням зусиль". – К.: ДП "ДерждорНДІ", 30 с.
2. В.3.2-218-03450778-480:2005 "Рекомендації з ремонту залізобетонних конструкцій із використанням зовнішнього армування". – К.: ДП "ДерждорНДІ", 20 с.
3. Шутенко Л. Н. Использование акриловых клеев для реконструкции и ремонта зданий и сооружений / Л. Н. Шутенко, М. С. Золотов, А. О. Гарбуз, С. М. Золотов // Будівельні конструкції: міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – 2001. – Вип. 54. – с. 810 – 814.
4. Пат. 148024 Україна, МПК (2021.01) E04B 1/04 (2006.01), E01D 22/00, E01D 101/20 (2006.01), E01D 101/26 (2006.01). Спосіб підсилення будівельних конструкцій із природного та штучного каменю металевими елементами за допомогою композиції на основі метилметакрилату / Поляков А. В.,

Коваль М. П. – № у 2020 06487; заявлено 08.10.2020; Опубл. 30.06.2021, Бюл. № 26. – 5 с.

5. МР В.2.3-37641918-888:2017 "Методичні рекомендації з відновлення залізобетонних конструкцій мостів і труб методом ін'єкційного просочування полімерними розчинами". – К.: ДП "ДерждорНДІ", 32 с.

УДК.332.37(4)

Одарюк Т.С., Полтава Україна

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

КОНСОЛІДАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ – ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

Потенціал України, як один з провідних світових виробників сільськогосподарської продукції достатньо високий, але ще не повністю реалізований. Консолідація земель не тільки підвищує ефективність сільського господарства за рахунок зменшення фрагментації земель та раціоналізації використання, але й призводить до поліпшення системи прозорого оподаткування, покращення інфраструктури та заходів із захисту навколишнього середовища.

Доцільність висвітлення проблем консолідації земель сільськогосподарського призначення та пошуку шляхів вирішення та дослідження теоретико-правових засад аграрної інтеграції в Україні, методів і технологій, розвитку земельних відносин у контексті аграрної інтеграції знайшли своє відображення у працях багатьох науковців України. Головним недоліком сучасних землеволодінь в Україні є роздробленість масивів, нераціональний розмір землеволодінь, далекоземелля і вклиненість, розростання лісонасаджень.

В Україні практично відсутнє всебічне вивчення процедур і методології моніторингу ситуації з

фрагментацією та оцінки результатів просторової консолідації. Також не опрацьована і не прийнята інституційна основа для формування земельної консолідації, адже проблеми, пов'язані з впровадженням повноцінного обігу і обороту земель, як одного з ключових елементів механізму успішної земельної консолідації, потребують вирішення. При формуванні невеликих масивів сільгоспугідь, які прийнятні на рівні фермерських, консолідація сільгоспугідь також актуальна і необхідна. [1]. Середній розмір земельного паю (частки) становить у середньому в Україні 4,2 га, який, може складатися не лише з 1, а з 2-3 ділянок. Внаслідок паювання та поділу по нормах безоплатної приватизації виникли негативні наслідки у використанні земель сільськогосподарського призначення, як подрібнене землекористування (фрагментаційні), далекоземелля, черезсмужжя.

Перш за все подрібнення необхідно зупинити, як основа для консолідації земель довести норми неподільності (майорації) [3]. У сучасних умовах розвитку земельних відносин в Україні консолідація земель сприяє вирішенню наступних завдань: формування екологічно стійкого еколого ландшафтного каркасу території; стале використання земель сільськогосподарського призначення та сільських територій; удосконалення систем меліорації інтегровано-консолідованих земель; облаштування об'єктів лінійної та транспортної інфраструктури, захисту суспільних інтересів і природоохоронним заходам; будівництво об'єктів земельного розвитку у сільській місцевості; розвиток поселенської мережі; системою невід'ємних меліоративних поліпшень. Консолідація ділянок включає в себе: законне використання земельних ділянок, ринкові та екологічні механізми, що взаємодіють через управління земельними ресурсами, моніторинг земель та реєстрацію прав на земельні

ділянки. Найбільш поширеним методом консолідації земель у світі є оптимізація сільськогосподарського землекористування, добровільний обмін земельними ділянками між власниками, перерозподіл земельних ділянок, але коли консолідація допомагає усунути фрагментацію земель не тільки для сільського господарства, а враховує розвиток поселенської мережі, інфраструктури доріг, ринків сільськогосподарської продукції, екологічного каркасу території, а обміни підтримуються на законодавчому рівні.

У практиці землеустрою критерієм, який визначає недоліки землеволодіння та землекористування і є основою для усунення недоліків, є не тільки зовнішні характеристики (загальний вигляд земельної ділянки), а негативні впливи на господарську діяльність та землекористування.

Тому розробляються проекти по раціоналізації існуючих земельних володінь і землекористувань, шляхом раціонального усунення недоліків землеволодіння, і одночасно створюються умови для формування консолідованих груп землеволодінь і землекористувань. При складанні проекту по раціоналізації існуючих земельних користувань необхідно: надати землеволодінню і землекористуванню раціональних розмір; формувати компактні, правильної конфігурації; землекористування: скоротити відстань переїздів і перевезень вантажів. [2]. Фрагментація екологічно однорідного масиву розділяє водозбірні площі, екологічно однорідні райони, невід'ємні елементи ландшафту (яри, урочища), що посилює фрагментацію території, призводить до зниження продуктивності земель і перешкоджає здійсненню заходів щодо запобігання ерозії.

Консолідація віддалених ділянок відбувається за допомогою проектів, які охоплюють визначені межі виробничих кластерів громад і ґрунтових відмін. Основною метою консолідації є вирішенням проблем шляхом

об'єднання та оптимізації земельних ділянок для більш ефективного і раціонального використання сільськогосподарських земельних і виробничих ресурсів. При проведенні консолідації земель обов'язковою умовою є дотримання і захист законних прав відповідних землевласників і землекористувачів (орендарів). Земельна консолідація ефективний інструмент розвитку сільських територій, що забезпечує і відродження територіальної громади через сталий економічний та соціальний розвиток громади і ефективне управління природними ресурсами. Консолідація віддалених ділянок відбувається за допомогою проектів, які охоплюють визначені межі виробничих кластерів громад і ґрунтових відмін. Основною метою консолідації є вирішення проблем шляхом об'єднання та оптимізації земельних ділянок для більш ефективного і раціонального використання сільськогосподарських земельних і виробничих ресурсів. При проведенні консолідації земель обов'язковою умовою є дотримання і захист законних прав відповідних землевласників і землекористувачів (орендарів). Це також стосується інших фізичних та юридичних осіб, які мають право володіти та користуватися землею в межах території де проводяться заходи консолідації земель.

Земельна консолідація ефективний інструмент розвитку сільських територій, що забезпечує і відродження територіальної громади через сталий економічний та соціальний розвиток громади і ефективне управління природними ресурсами. Процес інтеграції та консолідації активізують громадськість, демократичні і ініціюється громадами.

Основні шляхи усунення недоліків землеволодіння та землекористування шляхом консолідації передбачають: рівноправний обмін землею і рівними ділянками між господарствами; нерівноправний обмін щодо нерівноцінних ділянок із грошовою компенсацією; безкоштовну передачу землі від одного господарства

іншому; передача землі від одного господарства до іншого без грошової компенсації (купівля або продаж) та міна земельними ділянками; реструктуризація землеволодіння та землекористування.

Консолідація земель є важливим інструментом вирішення проблеми фрагментації земель сільськогосподарського призначення, яка виникла внаслідок паювання земель в Україні.

Раціональна консолідація земель не тільки сприяє розвитку економічних показників та ефективності аграрного сектору, а і забезпечує раціональне використання земельних ресурсів, в частині розбудови екологічно транспортної інфраструктури, заліснення і консервації земель, меліорації, процесам рурбанізації і розвитку міських територій.

Література:

1. Л. Я. Земельна реформа і землеустрій в Україні /Л. Я. Новаковський, А. М. Третяк, Д. С. Добряк. — К., 2015. — 138 с.
2. Азізов С. П. Організація аграрного виробництва і бізнесу : підручник /С. П. Азізов, П. К. Канінський ; за ред. С. П. Азізова. — К. : Фенікс, 2016. —
3. Кулинич П.Ф. Консолідація сільськогосподарських земель в Україні (правові проблеми) / П.Ф. Кулинич // Право України. – 2017. - № 5. – С.45 – 50.

УДК 625.7:528.48

Рубан В.П., Харків, Україна

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я.Усикова НАН
України

Урдзік С. М., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ВИЗНАЧЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Георадіолокаційний метод застосовується для вирішення широкого кола задач у вишукуванні, проектуванні і експлуатації автомобільних доріг: визначення положення рівня ґрунтових вод, визначення місцеположення і розміру інженерних комунікацій, оцінка однорідності ґрунту земляного полотна, виконання контролю вологості влаштованих матеріалів, оцінка товщини шарів конструкцій дорожнього одягу, визначення несучої здатності дорожніх конструкцій через товщину шарів і вологість ґрунтів земляного полотна.

При вирішенні цих завдань ключовою проблемою є визначення величини діелектричної проникності. Оскільки саме вона зв'язана зі швидкістю розповсюдження електромагнітної хвилі в середовищі, та істотним чином впливає на точність визначення товщини конструктивних шарів дорожнього одягу методом підповерхностної радіолокації. Тому задача визначення діелектричної проникності має важливе практичне значення при застосуванні георадарних технологій.

Відомо, що діелектрична проникність кам'яного матеріалу змінюється в діапазоні від 4 до 10 та залежить від щільності та вологості матеріалів.

Нами була поставлена задача визначення залежності електрофізичних характеристик (діелектричної проникності) від вологості і щільності дискретних дорожньо-будівельних матеріалів.

При вирішенні поставленої задачі нами було проведено ряд лабораторних дослідів по визначенню електрофізичних характеристик дискретних матеріалів.

Для дослідження використовувався георадар «Одяг» із застосуванням антенного блока з центральною частотою 1ГГц (максимальна глибина зондуючого сигналу 1,2м, роздільна здатність $\pm 0,05$ м). Зондування проводилося при розгортках 5 нс, 10 нс, 25 нс.

При досліджуванні електрофізичних характеристик були використані зразки з різними фракціями щебеню і при різних коефіцієнтах ущільнення щебеню. Як досліджуваний зразок використовувалася конструкція розміром 60х60см і товщиною 40см. Такий розмір моделі обґрунтований відсутністю крайових ефектів при вимірюваннях. Використовувався для лабораторних досліджень щебінь фракцій: 5-10 мм, 10-20 мм і продукти подрібнення щебеню (0-5мм).

Для досягнення необхідного коефіцієнта ущільнення щебеню використовувалася вібраційна плита. Ущільнення проводилося пошарово. Для досягнення рівномірного ущільнення, приймалася товщина шару щебеню – 10 см. Коефіцієнт ущільнення розраховується як відношення маси ущільненого щебеню до маси щебеню з насипною щільністю:

$$K_{ущ.} = \frac{M_{ущ.}}{M_n}$$

де $M_{ущ.}$ - маса щебеню в ущільненому стані,

M_n - маса щебеню при насипній щільності.

По результатам зондування визначається часова затримка сигналу при проходженні шару моделі відомої товщини (40 см).

Знання затримки Δt дозволило визначити величину діелектричної проникності матеріалу:

$$\varepsilon = \left(\frac{c \cdot \Delta t}{2h} \right)^2$$

де C – швидкість світла у вакуумі, $C = 30$ см/нс.

Проведені експерименти дозволили встановити залежність між діелектричною проникністю та щільність.

Апроксимація експериментальних даних методом найменших квадратів дозволила отримати залежність у вигляді:

$$\varepsilon' = -7,77996 + 19,0073 \times \rho - 11,43492 \times \rho^2 + 2,46436 \times \rho^3$$

де ρ - щільність щебеневого шару, г/см³.

Оцінка зв'язку діелектричної проникності з вологістю проводилася на моделях щебеневого шару 40 см фракції 5-10 мм з $K_{уц}=1,0$.

При зондуванні шару даної товщини впливами діелектричних втрат можна знехтувати.

Для оцінки зв'язку проводилося рівномірне зволоження шару. Відносна вологість матеріалу визначалася шляхом висушування. За результатами вимірювань встановлена залежність між діелектричною проникністю та вологістю.

Таким чином встановлений зв'язок діелектричної проникності із вологістю щебеневого шару можна представити у вигляді:

$$\varepsilon' = 3,4209 - 0,07362 \times W + 0,31635 \times W^2$$

де W - вологість шару, %.

Знання щільності та вологості матеріалу дозволяє визначити діелектричну проникність, що істотним чином підвищує точність результатів інтерпретації радарограм при визначенні товщини конструктивних шарів дорожнього одягу.

Роботу проведено за грантової підтримки Національного фонду досліджень України в межах проекту «Розроблення комплексу методів і засобів георадарної діагностики для оцінювання надійності об'єктів критичної транспортної інфраструктури.

Література:

1. Батракова А.Г. Методологія моніторингу дорожніх одягів нежорсткого типу із застосуванням георадіолокаційних технологій: дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.22.11 / ХНАДУ. Х., 2014. 390 с.
2. Процюк В.О. Експрес-метод оцінювання розрахункових параметрів ґрунтів земляного полотна за допомогою польового георадару: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11. ХНАДУ. Х., 2019. 234 с.

УДК 004.8:332.1

Міхно П. Б., Кременчук, Україна

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

ПОРІВНЯННЯ GROK І GEMINI У ЯКОСТІ ЕКСПЕРТІВ З ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО РОЗВИТКУ

У дослідженні [1] SWOT-аналізом визначено слабкі та сильні сторони, можливості та загрози для розвитку Олександрійської громади Кіровоградської області. Із застосуванням опитування групи експертів було виконано оцінювання важливості цих характеристик цієї громади [2].

У розвиток проведених досліджень, враховуючи широкі можливості для застосування ІІІ у різних сферах, надано ряд запитів до ІІІ для перевірки можливостей Grok

і Gemini як експертів з прогнозування розвитку громади.

Для зручності подальшої обробки результатів запитів, можливості [1] позначені номерами: I. Пошук потенційних грантодавців та інвесторів для фінансування проєктів, розвиток орендних відносин; II. Модернізація обладнання для випуску нових видів продукції, впровадження інноваційних проєктів; III. Збільшення сільськогосподарського виробництва з посиленням заходів з охорони земель; IV. Консолідація земель, поквартальна інвентаризація населених пунктів; V. Створення приватного індустріального парку, організація стартапів worldwide; VI. Зростання внутрішньої міграції з інших регіонів України; VII. Сприятливість клімату для використання відновлювальних джерел енергії; VIII. Підвищення рівня життя в громаді, залучення громадськості до обговорення важливих проєктів; IX. Залучення коштів державного бюджету, фондів та бізнесу для реалізацію інфраструктурних проєктів; X. Припинення збройної агресії РФ, завершення дії воєнного стану, компенсація завданої шкоди та збитків.

Результати дослідження. До III надано ряд однакових запитів щодо оцінювання важливості зазначених можливостей для розвитку Олександрійської громади, таких самих, як і у дослідженні [2]. Результати (за 5-ти бальною шкалою) зведено до табл. 1.

Таблиця 1. Результати оцінок Gemini та Grok щодо можливостей для розвитку Олександрійської громади

Можли- вості	Запити									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Експертні оцінки, отримані від моделей ШІ									
Gemini										
1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4
4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
5	4	3	4	4	5	5	4	4	4	4
6	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3
7	5	4	4	4	4	3	4	3	3	4
8	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5
9	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Grok										
1	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	4	4	4	4	3	4	5	4	4	4
4	4	3	3	3	3	4	4	3	4	4
5	5	5	4	4	5	5	3	4	3	5
6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5
8	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4
9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Результати апріорного ранжування отриманих оцінок (табл. 1) наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Ранжування оцінок Gemini та Grok щодо можливостей розвитку Олександрійської громади

Можли- вості	Запити									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Ранги оцінок, отриманих від моделей ШІ									
Gemini										
1	6,5	5,5	5,5	5	6	5,5	5	4	4,5	6,5
2	6,5	5,5	5,5	5	6	5,5	5	4	4,5	2,5
3	6,5	5,5	9	9	9,5	9	9	8,5	8,5	6,5
4	9,5	9	9	9	6	9	9	8,5	8,5	9,5
5	6,5	9	5,5	5	2	2	5	4	4,5	6,5
6	9,5	9	9	9	9,5	5,5	9	8,5	8,5	9,5
7	2,5	5,5	5,5	5	6	9	5	8,5	8,5	6,5
8	2,5	2	2	1,5	2	5,5	5	4	4,5	2,5
9	2,5	2	2	5	6	2	1,5	4	1,5	2,5
10	2,5	2	2	1,5	2	2	1,5	1	1,5	2,5
Grok										
1	3	6,5	2,5	2,5	5,5	3	6,5	2,5	2,5	3
2	7,5	6,5	6,5	6,5	5,5	7,5	6,5	6,5	6,5	7,5
3	7,5	6,5	6,5	6,5	9	7,5	2,5	6,5	6,5	7,5
4	7,5	9,5	9,5	9,5	9	7,5	6,5	9,5	6,5	7,5
5	3	2,5	6,5	6,5	2	3	9,5	6,5	9,5	3
6	10	9,5	9,5	9,5	9	10	9,5	9,5	9,5	10
7	7,5	2,5	2,5	2,5	5,5	3	2,5	2,5	6,5	3
8	3	6,5	6,5	6,5	5,5	7,5	6,5	6,5	2,5	7,5
9	3	2,5	2,5	2,5	2	3	2,5	2,5	2,5	3
10	3	2,5	2,5	2,5	2	3	2,5	2,5	2,5	3

Для оцінювання загальної узгодженості оцінок ШІ стосовно можливостей для розвитку Олександрійської громади (табл. 3) застосовано коефіцієнт конкордації W та критерій Пірсона χ^2 [3].

Таблиця 3. Порівняння результатів оцінювання загальної узгодженості суджень Gemini і Grok

Можливості	Сума рангів	Середній ранг	Сума рангів	Середній ранг
	Gemini		Grok	
1	54	5,4	37,5	3,75
2	50	5	67	6,7
3	81	8,1	66,5	6,65
4	87	8,7	82,5	8,25
5	50	5	52	5,2
6	87	8,7	96	9,6
7	62	6,2	38	3,8
8	31,5	3,15	58,5	5,85
9	29	2,9	26	2,6
10	18,5	1,85	26	2,6
W	0,754		0,708	
Узгодженість	хороша		хороша	
χ^2	67,872		63,712	
$\chi^2_{\text{табл}}$	16,921		16,921	

Якщо розглядати окремо 10 запитів до Gemini та окремо 10 запитів до Grok, то їх результати характеризуються хорошою узгодженістю (табл. 3).

Також за коефіцієнтом рангової кореляції Спірмена r досліджена узгодженість результатів оцінювання можливостей для розвитку Олександрійської громади за рангами відповідей на запити до Gemini і Grok, що найбільше відрізняються. Результати зведено до табл. 4. Значення коефіцієнта Спірмена помітно більше 0, тому зв'язок між порівнюваними рангами присутній.

Значущість встановленої за коефіцієнтом Спірмена кореляції перевірена за допомогою t-критерію Ст'юдента. Обчислене значення критерію Ст'юдента у нашому випадку (табл. 4) менше табличного (за заданих значень рівня значущості та числа ступенів вільності), тому наявний

ранговий зв'язок не є статистично значущим.

Таблиця 4. Порівняння пар рангів відповідей Gemini і Grok, що найбільше відрізняються

Номер можливості	Ранг X_1 (Gemini)	Ранг X_2 (Grok)	$X_1 - X_2$	$(X_1 - X_2)^2$
I	5,5	3	+2,5	6,25
II	5,5	7,5	-2	4
III	9	7,5	+1,5	2,25
IV	9	7,5	+1,5	2,25
V	2	3	-1	1
VI	5,5	10	-4,5	20,25
VII	9	3	+6	36
VIII	5,5	7,5	-2	4
IX	2	3	-1	1
X	2	3	-1	1
Результати	$n = 10, \sum(X_1 - X_2)^2 = 78, p = 0,527,$ $t_{табл} = 2,306$ (для $\alpha = 0,95$ і $q = 8$), $t = 1,754, t < t_{табл}$			

Проте між собою результати оцінювання (табл. 3) важливості можливостей Олександрійської громади (середні ранги) не є подібними (окрім можливості V). При цьому, пари рангів можливостей громади, що найбільше відрізняються, не є статистично узгодженими (табл. 4).

Література:

1. Міхно П.Б., Крисанова Ю.Г., Козарь В.І. Застосування SWOT-аналізу у стратегічному плануванні розвитку Олександрійської територіальної громади. Просторовий розвиток. 2024. Вип. 10. С. 507-518.
2. Міхно П.Б., Шелковська І.М., Крисанова Ю.Г., Шемякін М.В. Застосування методу експертних оцінок для планування розвитку Олександрійської територіальної громади. Просторовий розвиток. 2025. Вип. 13. С. 579-599.

UDK 528.486

Ignatiev V., Nordland, Norway

Municipality Steigen, Norway

Dorozhko Ye., Kharkiv, Ukraine

Kharkiv National Automobile and Highway University

**GENERAL PROVISIONS GOVERNING
CONTRACTUAL RELATIONSHIPS BETWEEN THE
CLIENT AND THE EXECUTOR OF GEODETIC
WORKS IN ROAD CONSTRUCTION**

The following are included in the composition of main geodetic works in road construction as separate types of work, the estimated cost of which is determined separately and regulated by contractual relationships between the client and the contractor:

- engineering and geodetic surveys to support the needs of design, development of working and as-built documentation, other types of surveys, and geodetic works during the construction of the facility, and geodetic monitoring works;
- execution of setting-out works during the construction of highways and transport structures;
- as-built (control) surveying of the completed facility;
- geodetic monitoring of road construction facilities.

The cost of separate types of work that are not included in the scope of main works, but whose execution is stipulated by the necessity to fulfill certain requirements of regulatory and technical documents or the client's terms of reference (ToR), must be calculated according to a separate estimate and reimbursed by the client. Preparatory, special, and other geodetic works are performed by the client or by the contractor's resources under the client's assignment and ToR. The cost of separate types of work is determined according to the compiled estimate, by providing documents for actual expenditures, or by a protocol of agreed cost for the work execution. The necessity of performing preparatory, special, and other geodetic works is reflected in the client's ToR for the work.

The composition, methods, and timelines for

preparatory, special, and other geodetic works are reflected in the Geodetic Works Execution Project or the Construction Organization Project and are agreed upon by the client.

The geodetic equipment for performing specific geodetic works is determined by the contractor based on the tasks and conditions of the technical specifications (ToR), and information about the equipment and instruments is provided in the Geodetic Works Execution Project or the Construction Organization Project in accordance with the requirements of DBN A.3.1-5 [1], DBN V.1.3-2 [2]. The geodetic equipment required for performing the geodetic works must ensure the high-quality execution of all measurements and achieve the accuracy agreed upon in the client's ToR, which complies with the requirements of DBN A.2.1-1 [3], DBN V.1.3-2 [2].

The contractor must account for the cost of metrological support for the geodetic equipment and additional depreciation deductions when compiling the estimate, in accordance with the current estimated rates. The estimated cost of separate types of work is calculated individually for each type of work performed according to the current estimated rates. In case of execution of two or more types of separate works, the cost of the performed works is taken into account in full and added to the total cost of the engineering and geodetic surveys.

The basis for performing engineering and geodetic surveys is the contract between the client (developer) and the contractor. An integral part of the contract is the technical specification (ToR) for the execution of the engineering and geodetic surveys, as well as other materials and documents necessary for the work (initial data). The technical specification is compiled and approved by the client and agreed upon with the contractor.

Based on the technical specification approved by the client and agreed upon by the contractor, the contractor develops a work program, which is agreed upon with the client.

The results of the engineering surveys are transmitted to the client in the form of a technical report, which contains

information about the work performed during the surveys.

The technical report must include the following sections:

- introduction (name and location of the object, goals, tasks, and deadlines for the work, information about the client, the general designer, and the contractor, information about the documents serving as the basis for the work, the main technical characteristics of the object);

- Brief Technical Characteristics of the Engineering and Geodetic Survey Object;

- Physiographical Characteristics of the Work Area;

- Topographic and Geodetic Study of the Work Area (information about materials from previous years, information about the availability of topographic maps and plans, information about the presence of geodetic networks in the work area, etc.);

- Methods, Technology, and Sequence of Work Execution (survey of State Geodetic Network points, collection of information regarding reference stations, establishment of control survey network points, determination of point positions, processing of satellite geodetic observations, photo-control plane and height establishment, topographic surveying, etc.);

- Road Alignment (Route) (information about the alignment plan, longitudinal and cross-sections, artificial structures, road junctions and interchanges, road furniture/facilities, utility lines, etc.);

- Office Processing and Composition of Reporting Materials (main information about the final office processing work and the composition of the released reporting materials, information about the formats of textual and graphical documents in electronic form, and the number of copies of reporting materials, etc.);

- Technical Control and Work Acceptance (information about the execution of control measures at all stages of work, reporting documents (acts) on the control measures performed, and others);

- Conclusions on the Completed Engineering and

Geodetic Surveys;

- Appendices (copy of the technical specification, copy of the work program, copy of the qualification certificate of the engineer-surveyor, certificates of verification of geodetic equipment, point layout cards for the control survey network and geodetic setting-out network, catalogs of coordinates of State Geodetic Network points and reference stations, schemes of measurement work execution, reports on GPS-network adjustment, plane and height control establishment, catalogs of coordinates and heights, records of benchmarks, artificial structures, road junctions and interchanges, bus stops and shelters, traffic lights, road signs, road markings, and barrier devices, information on utility lines, etc.);

- Graphic Materials (engineering and topographic plans, longitudinal and cross-sections (if necessary), copies of materials confirming the accuracy of utility line plotting, etc.).

If the geodetic setting-out network has not been established during the execution of the topographic and geodetic surveys, this information must be reported to the management and the client to resolve the issue. The resolution involves establishing the geodetic setting-out network on the construction site either by the general contractor's resources or by a specialized organization. The number, type of points, and the accuracy class for determining their coordinates and heights must be agreed upon in advance with the general contractor and the construction client. The equipment fleet for creating the geodetic setting-out network is determined by the contractor and approved by the client.

The schedule for geodetic works is compiled by the responsible executor, agreed upon with all subcontractors involved in the construction of the facility, and approved by the management of the general construction contracting company.

For the construction of large and extra-class artificial structures, a separate Geodetic Works Execution Project is developed and agreed upon with the subcontractors and the client's management. In such Geodetic Works Execution

Projects, separate geodetic setting-out networks are developed specifically for performing the geodetic support works during the construction of that particular structure. If a separate Geodetic Works Execution Project has been developed for a specific structure, then the work is performed according to the algorithm specified therein. If the Geodetic Works Execution Project has not been developed, the management of the construction contractor and the client are informed. The client's management must decide which organization will be responsible for creating the geodetic setting-out network for the specific structure and developing the Geodetic Works Execution Project for the setting-out works, and at whose expense this will be done.

References:

1. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва.
2. ДБН В.1.3-2:2010 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві.
3. ДБН А.2.1-1-2008 Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва.

UDK 625.7

Aziz Chitawi, Dadssi Omar, Rabat, Morocco

Ministry of Equipment and Water

Dorozhko Ye., Kharkiv, Ukraine

Kharkiv National Automobile and Highway University

REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF HIGHWAY EMBANKMENTS ON WEAK SOILS

The principles of design and the project solution for the embankment structure must be selected based on a technical and economic comparison of options, taking into account [1]:

- the category of the highway and the type of pavement (road surface);
- the embankment height and the type of soil used for its construction;

- the length (extent) of the section with weak soils;
- the type and properties of the weak soils, and the characteristics of the weak stratum's structure (thickness, presence of stratification, slope of the roof of saturated rocks, etc.) according to [2];
- the conditions for performing the work, including construction deadlines, the natural and climatic conditions of the construction area, the season of roadbed construction, the distance for soil haulage, and the capabilities of the construction organization.

The design of the roadbed (embankment/subgrade) in sections with weak soils must be performed using the following principles:

- complete or partial removal and replacement of the weak soil, or the design of overpasses/viaducts (estacades);
- utilization of the weak soil as the embankment foundation, with the development of measures to ensure the stability of the foundation, acceleration of its settlement, and the strength of the pavement structure.

The roadbed in areas with weak soils is designed in the form of embankments.

The lower part of the embankment, located below the natural ground surface level, must be constructed using draining soils with a coefficient of filtration of not less than 1.0 m/day. The thickness of the layer made of such soil should be 0.3 m – 0.5 m greater than the sum of the calculated settlement of the foundation and the thickness of the removed layer (if partial or complete removal of the weak soil is applied).

In the middle part of the embankment, preference should be given to the use of sandy and coarse-grained soils with a content of clay-silt fraction of not more than 10 % [1].

The roadbed (subgrade) constructed using weak soils in the embankment foundation is subject to additional requirements (compliance with these requirements must be verified by calculation):

- prevention of extrusion or squeezing out of swamp deposits from under the embankment during construction and operation.

- the intensive part of the foundation settlement (from 80 % to 90 % consolidation) must be completed before the pavement structure is placed.

- the elastic deformations of the roadbed must not exceed the allowable value for the corresponding type of pavement structure adopted in the project, in accordance with [3].

On embankments where weak soils are left in the foundation, a capital-type pavement must be constructed provided that 90 % of the calculated settlement is complete, or provided that the average settlement rate for the month preceding the pavement placement is no more than 2 cm/year [1]. A light-type pavement must be constructed provided that no less than 80 % of the calculated settlement is complete, or at a settlement rate of no more than 5 cm/year.

For substantiating the choice of the roadbed (embankment) structure, the project must include [1, 4]:

- materials from engineering and geological surveys on sections with weak soils, including data on the thickness of soil layers, their location in plan and depth, calculated values of the soils' physical and mechanical characteristics, the position of the groundwater level, etc;

- initial data for embankment design (geometric parameters, properties of the soils from which the embankment is constructed), calculated traffic parameters, and data on specific operational conditions;

- calculations to substantiate the roadbed structure;

- instructions for the construction of the roadbed (subgrade).

The design of the roadbed (embankment/subgrade) in the section with weak soils must be performed in the following sequence:

- based on the results of the engineering and geological surveys, design sections are outlined, and the thickness of the weak soil layer and its calculated characteristics are established;
- the minimum permissible embankment height for the section is determined, taking into account the hydrothermal regime and the height of the snow cover;
- the red line (design grade line) is applied, the calculated embankment height at different cross-sections is established, and design cross-sections are outlined;
- the magnitude of settlement is calculated for the design cross-sections;
- the stability of the foundation against settlement is verified;
- options for constructive and technological solutions are outlined, which, if necessary, ensure increased stability, acceleration of settlement, or reduction of the settlement magnitude;
- calculations are performed for the different options, and the optimal one is selected;
- recommendations are developed regarding the rational technology, mechanization, and organization of work;
- observations are carried out during construction, and (if necessary) corrections are made to the calculations based on actual data to refine the volumes of earthworks, the embankment construction regime, and the timing of the pavement placement.

References:

1. ДСТУ 9186:2022 Настанова з проєктування земляного полотна автомобільних доріг.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-40:2016 Настанова щодо проєктування будівель і споруд на слабких ґрунтах.
3. ГБН В.2.3-37641918-544:2014 Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги.
4. IHRB Project TR-525. Design Guide for Subgrades and Subbases, 2008.

УДК 528.8

Захарова Е. В., Таєнко О. Ю., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАС ТА ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ТОРОСАД: ІНСТРУМЕНТИ, АЛГОРИТМИ ТА ПРАКТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ

Проектування та моделювання лінійних інженерних об'єктів – зокрема автомобільних доріг, інженерних мереж, залізничних колій – потребує точних геометричних побудов, які визначають положення осі споруди в плані і профілі. Сучасні програмні комплекси забезпечують високий рівень автоматизації таких задач, а однією з найбільш гнучких та функціональних систем є Торосад.

Торосад дозволяє формувати трасу об'єкта будь-якої складності, виконувати її параметричне редагування та використовувати для широкого спектра інженерних обчислень – від розрізів поверхні до побудови поперечних профілів та просторових моделей коридору.

Метою роботи є комплексний опис алгоритмів і можливостей Торосад, що забезпечують повний цикл роботи з трасами, а також демонстрація їх практичного значення у цифрових інженерних вишукуваннях.

Геометрична основа побудови траси в Торосад. Програмний комплекс підтримує побудову трас на основі трьох геометричних елементів:

- пряма – базовий елемент тангенціального ходу, що задає напрямки між вершинами кутів;
- кругова крива (дуга) – забезпечує плавне сполучення прямих ділянок із заданим радіусом;
- перехідна крива (клотоїда) – використовується для плавного переходу між прямою та круговою кривою, покращуючи комфорт та безпечність руху.

Усі ці елементи можуть бути створені безпосередньо у файлі креслення або шляхом імпорту табличного опису.

Для побудови нової траси у редакторі трас необхідно натиснути кнопку «Створити» та визначити точки, що формують тангенціальний хід – початок траси, вершини кутів та її кінець. Побудована ламана є основою для подальшого сполучення.

Алгоритм створення траси у редакторі Torosad. Побудова траси включає кілька послідовних етапів:

1. Створення тангенціального ходу. Користувач у графічному полі креслення визначає точки, що формують ламану. Ці точки відповідають переломам траси та її геометричним вершинам. Проекція ламаної на ЦМР забезпечує коректність прив'язки до рельєфу.

2. Застосування сполучних елементів. Після створення тангенціального ходу виконується його сполучення. У вікні «Сполучення» задаються основні параметри:

- радіус кругової кривої;
- довжина перехідних кривих.

Після підтвердження параметрів Torosad автоматично замінює ламану оптимізованою геометрією: прямі ділянки з'єднуються дугою кола та перехідними кривими, що забезпечує плавність траси та відповідає інженерним нормативам.

3. Додаткове редагування траси. У редакторі траси підтримуються такі функції:

- «Вписати криву» – змінення радіусу кривизни після попередньої побудови;
- «Перемістити» – зміна положення вершини кута зі збереженням сполучення;
- вказування контрольних точок, через які має проходити траса. Якщо допустиме відхилення перевищено, такі точки підсвічуються для подальшого виправлення.

Ці інструменти дають змогу виконувати параметричне редагування без руйнування цілісності геометрії.

Збереження траси у табличну форму. Для подальших інженерних розрахунків траса повинна бути збережена у файл типу «Траса». Ця дія є обов'язковою для:

- отримання поздовжнього профілю поверхні;
- формування поперечних профілів;
- побудови 3D-моделі коридору;
- використання траси у геометричних обчисленнях (пикетаж, зміщення, розбивка).

Збереження виконується через меню Кресленик – Експорт, де користувач задає тип файлу «Траса» та ім'я, наприклад «Траса1». Табличний опис містить параметри геометричних елементів, їх довжини, дирекційні кути, радіуси та прив'язку до пікетів.

Після збереження траси в табличну форму користувач отримує доступ до широкого набору спеціалізованих функцій.

1. Маркери перерізів і розбивка траси. Функція «Маркери перерізів» забезпечує автоматичну розбивку осі з заданим кроком. Особливості:

- створення точок із пикетажем;
- підписування значень пікетів у кресленні;
- можливість розбивки із зміщенням у плані та по висоті;
- використання профілю трас для точного визначення проектних позначок.

Ця функція є необхідною для розмітки виїзду на місцевість і створення поперечних профілів.

2. Контроль фактичної поверхні. Функція «Перевірка поверхні» дозволяє порівнювати фактичні дані з проектними:

- визначається перевищення фактичних точок над проектною поверхнею;
- підтримується попередження про вихід за допустимі значення;
- можливе графічне відображення відхилень.

Це суттєво полегшує контрольні геодезичні роботи.

3. Перетворення координат. Торосад реалізує пряме та зворотнє перетворення:

- від пікетажа та зміщення – у прямокутні координати;
- від прямокутних координат – у пікетаж та зміщення.

Це використовується при розбивці, трасуванні та при створенні додаткових конструктивних елементів.

4. Побудова профілів. За допомогою траси можна створити:

- «швидкий профіль» уздовж осі;
- поперечні профілі з автоматичним визначенням рельєфу;
- проєктний поздовжній профіль і його поєднання з планом.

5. Формування просторової моделі траси. Якщо для траси описано план і профіль, Торосад може створити 3D-полілінію, яка є основою для:

- побудови моделі коридору дороги;
- формування поверхонь земляних робіт;
- створення об'ємних моделей проєкту.

Практичне значення використання Торосад. Програмний комплекс дозволяє:

- автоматизувати побудову геометричних елементів і зменшити кількість ручних операцій;
- підвищити точність інженерно-геодезичних розрахунків;
- отримувати швидкі та надійні результати для проєктних рішень;
- працювати в єдиному середовищі без необхідності експорту/імпорту між різними САПР-програмами;
- використовувати трасу як універсальну базу для всіх наступних етапів проєктування.

Завдяки комплексності інструментів, Торосад забезпечує повний цикл робіт – від побудови траси до отримання повної цифрової моделі дороги.

Торосад є сучасним ефективним інструментом для цифрового моделювання трас лінійних інженерних об'єктів. Програма поєднує широкі можливості геометричних побудов, редагування та параметризації, що дозволяє створювати траси будь-якої складності. Збереження траси у табличну форму відкриває доступ до розширених інженерних функцій: побудови профілів, розбивки, аналізу поверхні та створення 3D-моделей.

Застосування Торосад значно підвищує ефективність інженерно-геодезичних вишукувань і забезпечує точність та надійність проєктних рішень у сфері дорожнього та лінійного будівництва.

Література:

1. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проєктування. Частина ІІ. Будівництво. Київ: Мінрегіонбуд України, 2015.
2. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з проєктування автомобільних доріг загального користування. Київ: Мінрегіонбуд України, 2012.
3. Andersson F., Lilje M. Topocad User Manual. Adtollo AB, Sweden, 2020.
4. Lilje M. Introduction to Topocad: Design, Mapping and GIS Tools. Adtollo AB, 2019.
5. Лисенко В. А., Трофименко Г. М. Картографічне моделювання та геоінформаційні технології. Харків: ХНУ, 2018.
6. Кучер О. А. Цифрова модель рельєфу: основи побудови та використання. Львів: Видавництво ЛНУ, 2016.
7. Adtollo AB. Topocad Geometry Tools and Road Module Overview. Stockholm, 2021.

УДК 528.8

Захарова Е. В., Краснопольська С.І., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ФОРМУВАННЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ ПРОФІЛЮ ТРАСИ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ТОРОСАД: ТАБЛИЧНИЙ ОПИС, ГРАФІЧНА ФОРМА ТА ІНСТРУМЕНТИ РЕДАГУВАННЯ

Опис поздовжнього профілю траси в середовищі Торосад представлено у вигляді табличного документа, що є основним носієм даних під час виконання інженерних розрахунків. Незважаючи на наявність зручної та деталізованої графічної інтерпретації профілю, виконання обчислювальних операцій прив'язано саме до табличного формату, оскільки він містить вихідні числові параметри, які можуть бути однозначно прочитані системою. Графічне відображення формується на основі цих числових даних шляхом застосування налаштувань форми профілю, однак самі розрахунки Торосад проводить тільки з табличним описом.

Створення табличного опису може здійснюватися різними шляхами, залежно від вихідної інформації та моделі проекту. Найчастіше профіль задається на основі ліній, які вже присутні в кресленні, що забезпечує автоматизований зв'язок між графічними об'єктами та профільними даними. Інший варіант передбачає нанесення профільної лінії безпосередньо у вигляді графічного профілю, після чого користувач може зберегти отриманий опис у таблицю. За необхідності профіль може бути сформовано і шляхом ручного введення значень безпосередньо в табличну форму, що використовується при роботі з нормативними даними або при коригуванні проектної лінії.

Графічна форма профілю є окремим документом, який зберігає налаштування інтерпретації табличних даних і може бути виведений на друк. Тому першим кроком

побудови профілю є створення документа типу «Форма профілю», у якому зосереджуються всі параметри візуалізації. Після відкриття налаштувань форми користувач отримує доступ до кількох ключових закладок, кожна з яких формує окрему групу параметрів.

У закладці «Розмір і Масштаб» задаються вертикальний і горизонтальний масштаби профілю, що визначають ступінь графічного стискання та розтягування профільної лінії. Тут також задаються межі відображення, серед яких початковий та кінцевий пікети, а також мінімальні та максимальні позначки. Саме ці параметри контролюють ділянку траси, яка потрапляє до меж графічного креслення, і дозволяють оптимізувати розміщення профілю в межах робочого аркуша.

Закладка «Лінії та Текст» відповідає за візуальнісний стиль профілю, включаючи налаштування вертикальних і горизонтальних координатних ліній, шрифтові параметри текстових написів та їх кольорове оформлення. Коректне налаштування цих елементів забезпечує читабельність та професійний вигляд профільного креслення.

У закладці «Компоненти» формується перелік інформаційних блоків, які будуть присутні на профілі. До найважливіших компонентів належать профіль рельєфу, маркери пікетів, висоти рельєфу, розгорнутий план траси та план траси. Користувач може вибрати необхідні компоненти зі списку доступних, визначити порядок їхнього розташування, а також групувати компоненти, що розташовуються у підвалі профілю. Компоненти від великої кількості графічних блоків дозволяють сформувати комплексне креслення, яке поєднує проектні дані та вихідні геодезичні матеріали.

Наступним етапом є налаштування параметрів кожного компонента. Компонент «Профіль рельєфу» обов'язково пов'язується з описом осі траси та цифровою моделлю рельєфу, що дозволяє автоматично формувати лінію рельєфу за даними DTM. Залежно від потреб проекту

користувач може змінювати стиль відображення лінії профілю, порівнювати кілька моделей у межах однієї форми, та використовувати додаткові графічні елементи.

Компонент «Маркери пікетів» забезпечує нанесення підписів пікетажу у нижній частині форми та дозволяє контролювати інтервал і діапазон маркування. Компонент «Висоти рельєфу» забезпечує відображення цифрових значень позначок поверхні, що особливо важливо для подальшого аналізу ухилів та оцінки характеристик рельєфу. Компонент «Розгорнутий план траси» показує підпланову частину профілю з використанням креслення та дозволяє задавати коридор формування. Компонент «План траси» виводить інформацію про параметри планових елементів, таких як прямі, перехідні та кругові криві, що полегшує візуальне контролювання відповідності проектних рішень.

Після налаштування форми профілю необхідно зберегти табличний опис розрізу моделі поверхні. Для цього через панель профілів виконується додавання розрізу з компонент, після чого система відображає модельну лінію профілю. Наступним кроком є використання функції збереження профілю, що формує табличний документ зі значеннями, які представляють перетин осі траси з ребрами триангуляції. Опис можна повторно використовувати у формі профілю для побудови комбінованих або порівняльних моделей.

Подальші налаштування стосуються розширення функціоналу форми профілю шляхом додавання компонентів «Мін. Макс.» та «Ухил/Радіус». Ці компоненти дозволяють автоматично визначати максимальні та мінімальні позначки профілю, їхній пікетаж та значення ухилів. При цьому ухили виводяться для кожного сегмента між вузловими точками, що може ускладнювати їх читання у разі великої кількості дрібних сегментів. У такій ситуації рекомендується або змінити масштаб профілю, або

редагувати модельну лінію шляхом видалення зайвих вузлових точок.

Редагування профілю проводиться за допомогою інструментів панелі «Форма профілю». Інженер може додавати нові точки, змінювати їхні координати та позначки, переміщувати точки як вручну, так і за допомогою точного введення параметрів. Додатково програма дозволяє вставляти кругові криві у вузлові точки, задавши необхідні радіуси. Після встановлення параметрів криволінійні елементи автоматично інтегруються у структуру профілю.

Після завершення редагування профіль зберігається під новою назвою, а таблична форма експортується. Це дозволяє використовувати дані в подальших етапах проектування.

На завершальному етапі через налаштування форми підключаються нові компоненти: висоти профілю, заповнена площа та різниці профілів. Використання цих компонентів забезпечує порівняння чорного та проектного профілів, оцінку площі перетину ліній, визначення робочих позначок, а також можливість графічного відображення різниць профілів. Це дозволяє ще на ранніх етапах оцінити баланс земляних робіт і за потреби відкоригувати проектну лінію до виконання остаточних обчислень по всьому трасуванню.

У разі потреби внесення змін до проектного профілю інженер може відредагувати маску профілю у формі, повторно зберегти її до табличної форми та оновити дані у формі профілю. За наявності перетинів з іншими трасами система дозволяє вставляти додаткові символи, що забезпечує наочність креслення. Для зручності читання даних у підвалі профілю можна створити окремі групи компонентів для чорного та проектного профілів, що дозволяє уникнути змішування даних. Усі виконані зміни зберігаються у робочій теці проекту разом із готовим профільним документом.

Таким чином, робота з профілем траси в Topocad поєднує табличну точність та гнучкість графічного представлення. Програмний комплекс забезпечує повний цикл формування, аналізу та редагування профілю: від побудови вихідної лінії за моделлю рельєфу до комплексного порівняння чорних і проектних профілів із автоматизованою оцінкою земляних робіт.

Література:

1. Adtollo AB. Topocad User Guide. Version 21–22. Stockholm: Adtollo AB, 2020–2024.
2. Коваль П. М., Гнатюк Є. М., Кузик Н. С. Цифрові моделі рельєфу та поверхонь у геоінформаційних системах. Львів: Видавництво ЛНУ, 2018.
3. Лісовський С. Г., Бойко А. В. Геодезичне забезпечення проектування автомобільних доріг. Харків: ХНАМГ, 2015.
- Remond, A., Koch, M. Digital Terrain Modelling: Principles and Methodology. London: CRC Press, 2019.
4. Олійник О. О., Клименко О. Г. Проектування автомобільних доріг: навчальний посібник. Київ: КНУБА, 2020.
5. Schofield, W., Breach, M. Engineering Surveying. 7th edition. New York: Routledge, 2018.
6. Чеботарьов В. А. Геодезичні роботи при проектуванні та будівництві доріг. Дніпро: Наука і освіта, 2016.
7. Adtollo AB. Topocad Road Design Module Documentation. Stockholm, 2022.
8. Барановський В. А., Маркович І. Б. Методи побудови поздовжніх та поперечних профілів у цифрових середовищах. Київ: Геоінформцентр, 2021.
9. Li, Z., Zhu, Q., Gold, C. Digital Terrain Modeling: Principles and Applications. New York: CRC Press, 2020.

УДК 528.8

Захарова Е. В., Черкасов М. М., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ФОРМУВАННЯ ПРОЕКТНИХ ПОПЕРЕЧНИКІВ ТРАСИ В ТОРОСАД НА ОСНОВІ ШАБЛОНІВ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФІЛЮ

У процесі цифрового моделювання траси автомобільної дороги одним з ключових етапів є побудова проектних поперечників, які відображають геометричну структуру дорожнього одягу, земляного полотна та їх взаємодію з моделлю рельєфу. Для розрахунку проектних поперечників необхідно попередньо задати шаблон поперечного профілю, який у Торосад реалізується через створення окремого файлу типу «Шаблони перерізів». Такий шаблон є логічною моделлю майбутніх конструктивних ліній і дозволяє формалізувати геометрію перерізу з урахуванням усіх елементів дороги. Шаблон складається з набору ліній, що описують структуроутворювальні елементи поперечника. Кожна лінія визначається набором вузлових точок, а положення кожного вузла задається індивідуально за допомогою параметрів у панелі «Властивості вузлів перерізів». Ці параметри задають геометричні відношення вузла до осі або до іншої лінії, що формує логічну та проектну структуру профілю.

Стандартні модельні шари у шаблоні розподіляють лінії за їх функціональністю. Найверхній чорний шар представляє проектну поверхню дорожнього полотна, тобто верхній шар дорожнього одягу. Червоний шар використовується для моделювання поверхні після формування насипу або виїмки при роботі з додатковою моделлю поверхні та є умовною моделлю земляного полотна, позначеною як «камінь». Зелений шар відображає поверхню, яка утворюється після створення виїмки на основній моделі поверхні, позначеної умовним терміном

«грунт». Синій шар використовується для моделювання насипу на основній моделі поверхні до укладання дорожнього одягу. Такий поділ дозволяє одночасно контролювати різні етапи формування поперечного профілю та коректно поєднувати проєктну поверхню з основними моделями рельєфу. За замовчуванням перша лінія шаблону орієнтується відносно осі траси, тоді як решта ліній прив'язується до верхнього шару, що дає змогу формувати єдиний структурний каркас. Програма передбачає можливість додавання користувацьких шарів, які можуть відображати окремі шари дорожнього одягу або проміжні конструктивні елементи, що розширює можливості побудови складних дорожніх конструкцій.

З обох боків шаблону передбачено по три лінії, що завершуються вузлами і формують макети укосів насипу або виїмки. Ці елементи є важливими при подальшому автоматизованому розрахунку, адже саме вони визначають логіку сполучення проєктної поверхні з моделлю підоснови рельєфу. Під час обчислення поперечних перерізів Торосад продовжує ці лінії до їх перетину з поверхнею підоснови, створюючи реалістичну модель укосів.

Після створення шаблону користувач може вносити зміни у його структуру. Для цього у середовищі Торосад обирається вузол верхнього шару, розташований ліворуч від осі, активується режим додавання вузлів зліва, після чого задається зміщення вузла за параметрами по горизонталі та вертикалі. Введені геометричні відхилення дозволяють налаштувати положення елементів шаблону відповідно до конструктивних вимог. Далі задають параметри ухилу, що визначають просторове положення лінії. Після внесення змін шаблон зберігається і може бути використаний в обчисленнях. Такий підхід дає змогу створювати індивідуальні конструкції профілів і адаптувати їх під різні типи дорожніх умов.

Після формування шаблону створюється файл «Обчислені перерізи», у якому виконуються налаштування

відповідно до ключових параметрів проєкту. У розділі загальних параметрів задається траса, профіль та шаблон, який був попередньо змінений. У розділі «Грунт» зазначається модель рельєфу підоснови, яка використовується як базовий об'єкт для визначення реального перетину земляного полотна. Після цього запускається обчислення поперечних перерізів, при якому визначаються інтервал, крок, метод розрахунку та умови включення додаткових точок. Особливо важливою є можливість використання допусків, завдяки яким програма автоматично доповнює модель поперечників у місцях, де лінія змінює кривину щодо прямої між сусідніми пікетами. Це забезпечує високу точність відображення складних ділянок траси та покращує подальшу точність обсягів.

Після запуску обчислення формується послідовність поперечних профілів, які можна переглядати через вікно «Активний переріз». Користувач може аналізувати кожен поперечник окремо, вносити зміни, застосовувати їх до інших поперечників або інтерполювати проміжні профілі. Якщо певний поперечник значно змінено, Торосад дозволяє створити новий шаблон на його основі, що забезпечує гнучкість у проєктуванні і можливість побудови складних моделей з різними конструктивними характеристиками на окремих ділянках.

Далі формується звіт за результатами обчислених поперечників, де наведено інформацію про площі перетину реальної та проєктної поверхонь, а також сумарний обсяг, який визначається множенням площ на крок між поперечниками. Ці дані можна експортувати до електронних таблиць для подальшої обробки та аналізу. Звіт дозволяє оцінити обсяги земляних робіт, визначити баланс виїмки та насипу та виконати аналітичні розрахунки, необхідні для проєктної документації.

Модель, сформована на основі поперечних перерізів та структуроутворювальних ліній, може бути передана у креслення, а також використана для формування цифрової

моделі рельєфу. Для цього у Topocad доступна функція побудови ЦМР на інтервалі, визначеному користувачем. Результатом є новий файл, який містить модель поверхні, сформовану за даними поперечних перерізів, що дозволяє використовувати її для додаткових розрахунків, моделювання об'ємів або інтеграції у комплексні проєктні рішення.

Після створення поверхні користувач може виконати передачу структуруювальних ліній, укосів, зовнішніх меж та поперечників у робочий кресленик. Для цього передбачені функції створення наборів ліній з урахуванням допусків, позначенням шарів і обраним кресленням. Спочатку формуються структуруювальні лінії із заданим допуском, після чого створюються лінії укосів, які включають дані для шарів насипу, виїмки та додаткової моделі. Далі на креслення передаються зовнішні межі робіт, а потім – поперечники на всій довжині траси. Після цього у вікні креслення налаштовуються шари відповідно до вимог проєкту, що забезпечує структуроване та наочне відображення створеної моделі. Сукупність цих дій формує завершений комплексний графічний документ, який відображає повну структуру поперечних профілів і може бути використаний у подальшій інженерній роботі.

Література:

1. Adtollo AB. Topocad User Guide. Version 21–22. Stockholm: Adtollo AB, 2020–2024.
2. Лісовський С. Г., Бойко А. В. Геодезичне забезпечення проєктування автомобільних доріг. Харків: ХНАМГ, 2015.
3. Schofield, W., Breach, M. Engineering Surveying. 7th edition. New York: Routledge, 2018.
4. Чеботарьов В. А. Геодезичні роботи при проєктуванні та будівництві доріг. Дніпро: Наука і освіта, 2016.
5. Adtollo AB. Topocad Road Design Module Documentation. Stockholm, 2022.

6. Барановський В. А., Маркович І. Б. Методи побудови поздовжніх та поперечних профілів у цифрових середовищах. Київ: Геоінформцентр, 2021.

7. Li, Z., Zhu, Q., Gold, C. Digital Terrain Modeling: Principles and Applications. New York: CRC Press, 2020.

УДК 528.486

Наливайко Т. А., Батракова А. Г., Дорошко Є.В., Харків,
Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

**ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ГЕОМЕТРИЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ ГОНЧАРІВСЬКОГО МОСТУ М.
ХАРКІВ**

У даній роботі розглядається методика інженерно-геодезичних робіт при обстеженні технічного стану Гончарівського моста через р. Лопань в м. Харків.

В процесі геодезичних вишукувань виконувались елементи удосконалення методів та засобів відносно визначення планово-висотного положення та геометричних параметрів деформаційних величин моста при складних умовах рельєфу місцевості.

Здійснено пошук та аналіз нормативних документів та інформації відносно організації геодезичного моніторингу по деформаціям інженерних споруд.

В польових умовах виконано дослідження точності сучасних електронних геодезичних приладів та прецензійних оптичних теодолітів. Створено геодезичну опорну та знімальну мережі у вигляді геодезичного чотирикутника і теодолітних ходів. Виконано розрахунок точності геодезичних вимірювань. А також дано порівняльний аналіз результатів досліджень.

Метою обстежень було визначення фактичного техніко-експлуатаційного стану Гончарівського мосту через р. Лопань в м. Харків.

Основною задачею є дослідження та урахування виявлених дефектів мосту та пошкоджень несучих елементів конструкцій для подальшого прогнозування їх залишкового ресурсу.

Важливою частиною даних досліджень являється розробка рекомендацій для виконання ремонту моста та визначення необхідного складу ремонтно-відновлювальних робіт.

Весь комплекс інженерно-геодезичних робіт розподілявся на п'ять етапів.

I-й етап – підготовчий, на основі організаційних та конструктивних питань. В процесі I-го етапу виконана рекогносцировка місцевості, а також візуальне обстеження щодо визначення планово-висотного положення основних геометричних параметрів конструкцій Гончарівського мосту. В процесі рекогносцировки визначені важливі місця пошкоджень та деформацій конструкцій мосту.

II-й етап – виконана оцінка точності геодезичних вимірювань. На основі нормативних документів [1–3] визначена ймовірна допустима похибка при монтажі та будівництві конструкцій мосту, $\Delta_{\text{доп}} = \pm 12$ мм. На основі формули взаємозв'язку $\Delta_{\text{доп}}$ з середньою квадратичною похибкою геодезичних вимірювань m_b :

$$\Delta_{\text{доп}} = 3 \cdot m_b,$$

$$\text{визначено, що } m_b = \frac{\Delta_{\text{доп}}}{3} = \frac{12}{3} \leq \pm 4 \text{ мм},$$

$$m_b = \sqrt{m_o^2 + m_T^2 + m_3^2} = \pm 3,7 \text{ мм},$$

де m_o – середня квадратична похибка побудови опорної геодезичної мережі, складає ± 1 мм;

m_T – середня квадратична похибка складання теодолітного ходу, рівна ± 3 мм;

m_3 – середня квадратична похибка знімання електронним тахеометром, рівна ± 3 мм.

III-й етап – побудова та вимірювання планово-висотної опорної мережі, геодезичного чотирикутника ст. 1, ст. 2, ст. 3, ст. 5 та точок знімальної геодезичної мережі, теодолітних ходів т. 2, т. 3, т. 4, т. 5, т. 6 з рис. 1.

Основний базис чотирикутника $L_{\text{ст.2-ст.3}} = 82,743\text{м}$ вимірювався двома методами: методом траверсної полігонометрії та паралактичним методом, рис. 2.

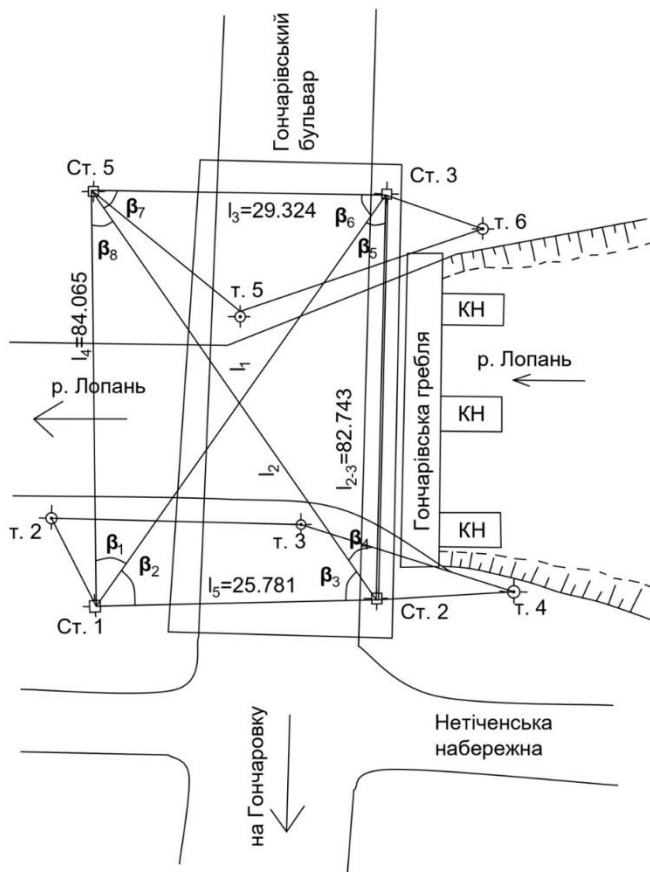


Рис. 1. Схема планово-висотного обґрунтування

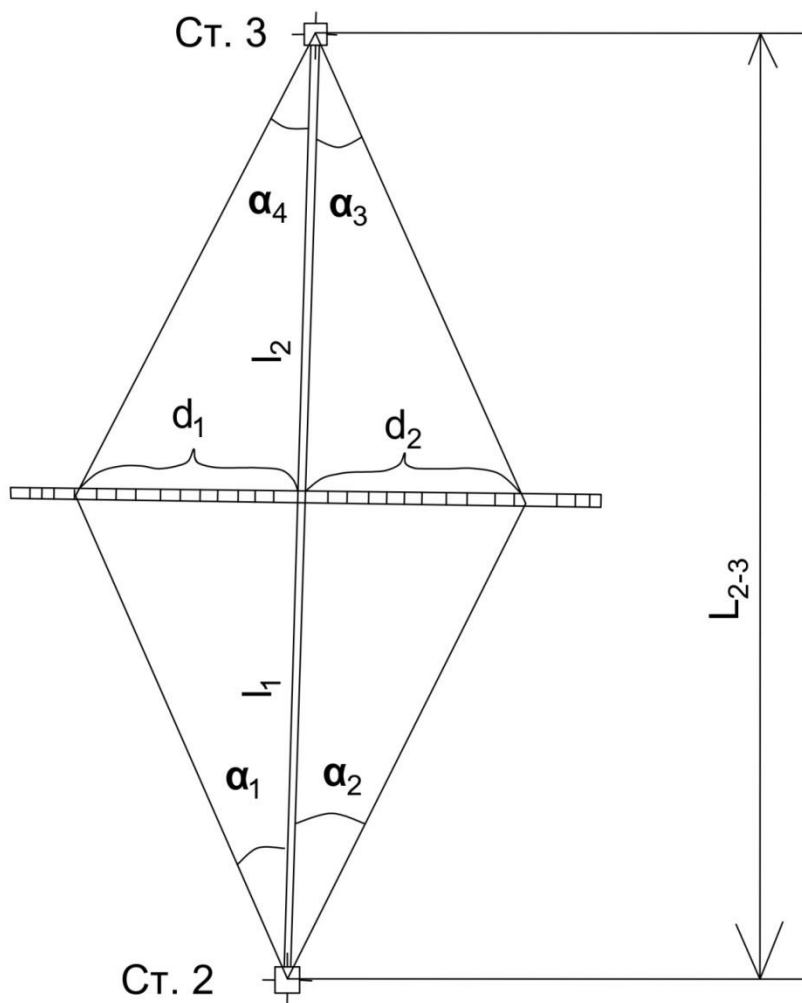


Рис. 2. Схема паралактичного методу

IV-й етап – виконання планово-висотного знімання та координування конструкцій моста електронним тахеометром SOKKIA SET630R полярним способом, для одержання профілів моста, а також поперечних перерізів. Визначення висотного положення мостових конструкцій

виконувалось методом тригонометричного нівелювання та контролювалось геометричним нівелюванням.

V-й етап – підготовка висновків геодезичного моніторингу. За виміряними результатами тахеометричного знімання та координуванням конструкцій моста отримано:

- планово-висотне положення проїзної частини асфальтобетонного покриття Гончарівського мосту;
- фактичні значення висот та відстаней на всіх необхідних поздовжніх та поперечних напрямках;
- поздовжні профілі по осях з величинами Балтійської системи висот в масштабі 1:200;
- поперечні перерізи колон з необхідною планово-висотною інформацією.

Література:

1. ДБН В.2.3-6-2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження та випробування.
2. ДБН В.2.3-22:2009 Мости та труби. Основні вимоги проектування.
3. ДСТУ 9181:2022 Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів.

УДК 624.21/.8:625.7/.8

Міщенко Р. Р., Полтава, Україна.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

НАУКОВЕ ОБҐРУНТОВАННЯ ПЕРШОЧЕРГОВОСТІ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Сучасний стан дорожньо-транспортної інфраструктури України характеризується помітним зростанням кількості транспортних споруд, що перебувають у 5 (незадовільному або аварійному) експлуатаційному стані [1,2]. Ця тенденція зумовлена як природним старінням конструкцій, так і тривалим недофінансуванням галузі, що протягом багатьох років

обмежувала можливості проведення своєчасного ремонту та модернізації [3,5,6].

Додатковим деструктивним чинником стало повномасштабне військове вторгнення, унаслідок якого дорожня інфраструктура зазнає системних руйнувань. Мости, шляхопроводи та інші штучні споруди стають об'єктами прямих ударів, що суттєво знижує їхню конструктивну надійність і призводить до різкого збільшення обсягів аварійно-відновлювальних робіт [4].

В умовах обмежених фінансових ресурсів особливої актуальності набуває питання розроблення науково обґрунтованої методики першочерговості відновлення та ремонту транспортних споруд на автомобільних дорогах. Така методика має враховувати комплекс факторів: технічний стан об'єктів, їхню стратегічну важливість для логістичних потоків, рівень аварійності, соціально-економічні наслідки виходу споруди з експлуатації, а також можливості адаптивного планування ремонтних заходів в умовах воєнних ризиків.

Створення ефективної системи першочерговості дозволить забезпечити раціональний розподіл бюджетних коштів, підвищити стійкість транспортної мережі та мінімізувати інфраструктурні втрати, тим самим формуючи передумови для післявоєнного відновлення.

Мета дослідження. Визначення та систематизування ключових факторів, які мають бути враховані під час прийняття рішень щодо першочерговості ремонту або відновлення транспортних споруд.

Результати дослідження. Розглянуто фактори (таблиця 1), які охоплюють найважливіші технічні, економічні, соціальні і інфраструктурні аспекти та безпосередньо впливають на прийняття рішень щодо пріоритетності ремонту конструкцій транспортних споруд. До переліку включено показники, що характеризують:

- функціональну надійність (технічний стан, ризики деградації);

- транспортну роль споруди (інтенсивність руху, значення в мережі, альтернативні маршрути);
- економічну доцільність (вартість, тривалість, життєвий цикл);
- соціальний ефект (доступність критичної інфраструктури, мобільність населення);
- екологічні та природні умови, які впливають на довговічність і технології ремонту.

Ці групи факторів були вибрані, оскільки вони комплексно охоплюють увесь спектр чинників, що визначають важливість і терміновість втручання, а також дають можливість сформулювати об'єктивну та збалансовану систему оцінювання стану і пріоритетності відновлення споруд.

Окремо треба виділити, що під час дії військового стану пріоритетність виконання ремонту конструкцій транспортних споруд визначається насамперед стратегічною та гуманітарною значущістю маршрутів, унаслідок чого послідовність робіт формується відповідно до актуальних військових потреб.

Таблиця 1. Фактори вибору пріоритетності ремонту мостових споруд

№	Фактор	Зміст та критерії оцінювання
1	Технічний стан споруди	Рівень фізичного зносу конструкцій; наявність критичних дефектів; результати інструментальних обстежень; несуча здатність елементів.
2	Інтенсивність і структура транспортного потоку	Добова та пікова інтенсивність руху; частка вантажного транспорту; сезонні коливання транспортних потоків.

3	Наявність альтернативних маршрутів	Пропускна здатність об'їзних шляхів; додатковий час та відстань для транспорту; можливість організації тимчасового руху.
4	Соціально-економічні наслідки обмеження руху	Вплив на економіку регіону; доступ до критично важливої інфраструктури; значущість для місцевих громад і бізнесу.
5	Вартість та тривалість ремонту	Фінансова потреба проєкту; можливість поетапного виконання; тривалість повного чи часткового відновлення.
6	Ризики подальшої деградації споруди	Імовірність прискореного руйнування без втручання; прогноз динаміки погіршення технічного стану; можливі загрози безпеці.
7	Значення споруди в транспортній мережі. (Категорія автомобільної дороги)	Роль у міжрегіональних, державних та міжнародних транспортних коридорах; важливість для транзитних перевезень.
8	Геометричні та пропускні характеристики	Відповідність габаритів сучасним транспортним нормативам; наявність обмежень за висотою, шириною, навантаженням.
9	Екологічні фактори	Вплив стану споруди на прилеглі водні об'єкти; ризик забруднення довкілля; відповідність екологічним стандартам у разі ремонту.
10	Технічна доступність для проведення робіт	Зручність під'їзду техніки; наявність місця для розміщення ремонтного

		обладнання; можливість організації тимчасових переправ.
11	Інженерно-технологічна складність ремонту	Необхідність спеціальних технологій; доступність матеріалів; кваліфікація підрядників; ризики технологічних затримок.
12	Можливість співфінансування або залучення додаткових ресурсів	Доступність державних програм, місцевого бюджету, державно-приватного партнерства; підтримка інвестиційних проєктів.

Висновок: Стан дорожньо-транспортної інфраструктури України демонструє критичну потребу у системному та науково виваженому підході до ремонту й відновленні штучних споруд. Запропоновані групи критеріїв забезпечують комплексний та об'єктивний підхід до оцінювання важливості та терміновості ремонтних заходів, дозволяючи раціонально розподіляти обмежені ресурси.

Реалізація порядку першочерговості створює підґрунтя для підвищення надійності транспортної мережі, мінімізації інфраструктурних втрат та формування ефективної стратегії післявоєнного відновлення й довгострокового розвитку дорожнього господарства України.

Література:

1. Каськів В. І., Панібратець Л. Г., Степанов С. М., Грінів В. С., Чайковська Л. І. Стан мостового господарства України на дорогах загального користування державного значення на підконтрольних територіях за 2023 рік. Дороги і мости. Київ, 2024. Вип. 29. С. 280–292.
2. Mishchenko R.R. Major destruction of load-bearing structures of transport structures // R.R. Mishchenko N.M. Pinchuk // Молодіжна наука: інновації та глобальні виклики : зб. тез за матеріалами Міжнар. наук.–практ. конф. студ, ас. та м. в. – Полтава: Нац. ун–т ім. Ю. Кондратюка, 2024. – С. 355–356.

3. Mishchenko, A Hasenko Analysis of damages to bearing structures of engineering structures for planning resource-saving technologies and their accelerated restoration IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.

4. Каськів В. І., Завгородній С. С., Борисенко М. А. Обстеження мостів, пошкоджених і зруйнованих вибухами. Дороги і мости. Київ, 2023. Вип. 27. С. 168–176.

5. Ковака С.В., Танцур Д.О. Проблеми експлуатації та ремонту мостових споруд по харківський області. І Міжнародна науково-технічна конференція «Транспортні споруди: стан, проблеми збереження, ремонт», Харків, 15 листопада 2019 р.: Тези доповідей. - Харків: ХНАДУ, 2019. – 8-10 с.

6. Первишов І.В., Безбабічева О.І. Аналіз ризиків та їх наслідків при реконструкції автодорожніх мостів «Транспортні споруди: стан, проблеми збереження, ремонт», Харків, 15 листопада 2019 р.: Тези доповідей. - Харків: ХНАДУ, 2019. – 90-91 с.

УДК 625.7/.8

Батракова А. Г., Шелкова І. С., Дорожко Є. В., Урдзік С. М., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Почанін Г.П., Рубан В.П., Харків, Україна

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я.Усикова НАН України

НЕРУЙНІВНА ДІАГНОСТИКА КОНСТРУКЦІЙ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Сучасні транспортні мережі України перебувають у складних умовах експлуатації через постійне зростання інтенсивності руху та обмежене фінансування на утримання і ремонт. Традиційні методи діагностики є руйнівними, потребують значних витрат і часу. Тому активно розвиваються неруйнівні методи діагностики, серед яких

особливе місце займають георадарні технології та наземне лазерне 3D-сканування [1-4].

На ділянці вул. Чернишевської у місті Харків було виконано комплексне обстеження конструкції дорожнього одягу до та після ремонту. Для досліджень використовувався георадарний комплекс ОДЯГ-1 з антенним блоком центральної частоти 1,2 ГГц (рис. 1) та лазерний сканер Trimble TX6 (рис. 2).



Рис. 1. Георадарний комплект ОДЯГ-1



Рис. 2. Лазерний сканер Trimble TX6

Георадарні профілі прокладалися паралельно поздовжній осі проїзної частини на відстанях 3, 6, 9 та 12 метрів з обох сторін від центру карти. Застосовувався метод декомпозиції сигналу, який дозволяє представити відбиття від поверхні як суму відбитків від окремих шарів.

На радарограмі поздовжнього профілю чітко проявляється аномальне відбиття на глибині 4,2 нс у зоні

відремонтованої ділянки (рис. 3), що вказує на структурні порушення – можливі порожнини, недостатнє ущільнення або зміну щільності матеріалів. Додатково виявлено локальне відбиття, що підтверджує наявність підземної комунікації.

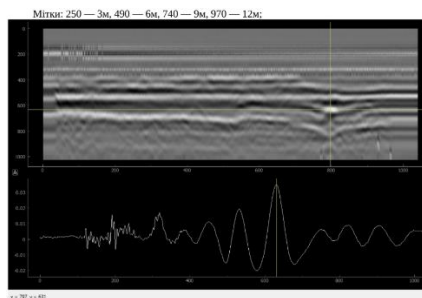


Рис. 3. Радарограма

Візуальне обстеження виявило локальну зону просідання дорожнього одягу (рис. 4). Моніторинг протягом трьох місяців зафіксував максимальні значення просідання до 2,0 см в зоні дефекту, що підтверджує розвиток деформаційних процесів після виконання ремонтних робіт.

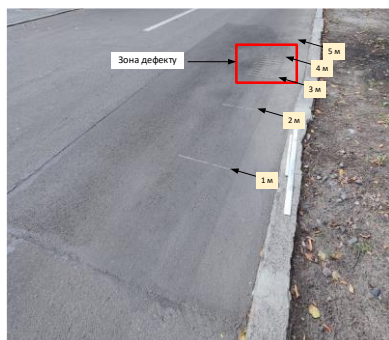


Рис. 4. Зона просідання дорожнього одягу

Лазерне сканування створило високоточну тривимірну хмару точок з міліметровою точністю, що

дозволило кількісно оцінити параметри поверхневих деформацій, включаючи глибину просідань, площу ураження та просторовий розподіл дефектів (рис. 5).

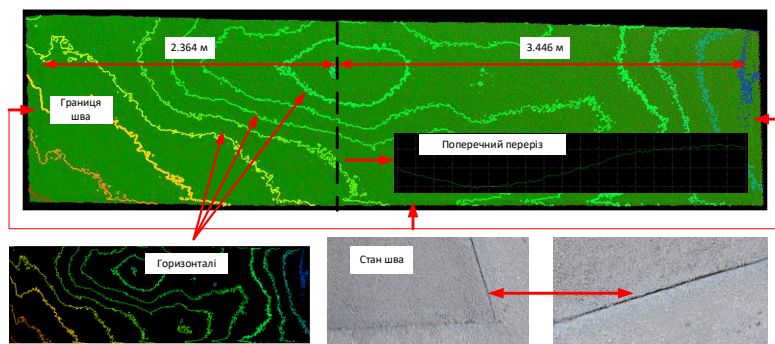


Рис. 5. Тріангуляційна модель для проведення оцінку стану дорожнього одягу

Дослідження підтвердило високу точність георадарного методу для діагностики прихованих дефектів та ефективність комплексу ОДЯГ-1 для післяремонтного контролю якості. Виявлені дефекти потребують негайного втручання для запобігання руйнуванню покритву. Комплексне застосування георадарного обстеження та лазерного 3D-сканування дозволяє отримати повну картину технічного стану дорожнього одягу, включаючи як приховані структурні аномалії, так і поверхневі деформації, що забезпечує основу для безперервного моніторингу стану покритву в часі.

Роботу проведено за грантової підтримки Національного фонду досліджень України в межах проєкту «Розроблення комплексу методів і засобів георадарної діагностики для оцінювання надійності об'єктів критичної транспортної інфраструктури».

Література:

1. Батракова А. Г., Батраков Д. О. Георадарні та геодезичні технології в дорожній галузі. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 212 с.

2. Rasol M. A., et al. GPR monitoring for road transport infrastructure: A systematic review and machine learning insights. Construction and Building Materials. 2022. Vol. 324.
3. Батракова А. Г., Шелкова І. С., Дорожко Є. В., Саркісян Г. С., Urdzik С. М. Особливості технології наземного лазерного 3D-сканування для аналізу стану дорожнього покриття. Вісник ХНАДУ. 2024. Вип. 107. С. 124-129.
4. ДСТУ 8954:2019. Автомобільні дороги. Оцінювання рівня дефектності дорожнього одягу. Київ, 2019.

УДК 528.2/5

Шелкова І.С., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

Корольок М., Ларвік, Норвегія

Компанія: Arne Olav Lund AS

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ ТАХЕОМЕТРІЇ ДЛЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ЗНІМАННЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

Інженерно-геодезичне забезпечення проєктування та будівництва об'єктів транспортної інфраструктури в умовах міської забудови потребує застосування високоточних і оперативних методів топографічного знімання. Топографічне знімання населених пунктів залежно від типу території виконується в масштабах 1:500 та 1:2000 на території з багатоповерховою забудовою або на території великого міста; 1:1000 та 1:5000 на території з переважно одноповерховою забудовою [1]. Електронна тахеометрія дозволяє суттєво прискорити процес польових вимірювань та підвищити точність визначення просторових координат об'єктів місцевості.

Електронний тахеометр являє собою поєднання електромагнітного приладу для вимірювання відстаней з електронним теодолітом, інтегрованим з мікропроцесором, електронним накопичувачем даних та системою зберігання.

Типовий тахеометр може вимірювати відстані до 1500 метрів з точністю близько $1,5 \text{ мм} + 2 \text{ ppm}$. Прилад дозволяє вимірювати горизонтальні та вертикальні кути, а також похилу відстань від інструмента до конкретної точки, а вбудований комп'ютер збирає дані та виконує обчислення триангуляції.

Головна перевага тахеометричного знімання полягає у швидкості, оскільки проводиться вибір потрібних елементів місцевості (рис. 1), які вимірюються, на відміну від тотального знімання при аерозніманні та 3D скануванні. Окрім того, тахеометрична зйомка дозволяє проводити зйомку незалежно від погодних умов, що особливо важливо в міських умовах з обмеженими часовими рамками виконання робіт.

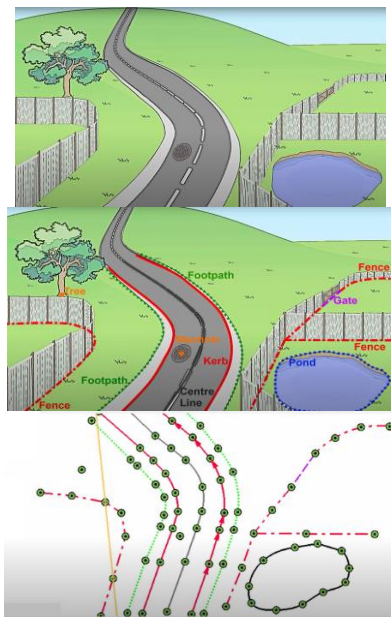


Рис.1. Тахеометрична зйомка

Процес топографічного знімання включає кілька етапів. Підготовчий етап передбачає формування технічного завдання, збір необхідної вихідної документації

та її аналіз, вивчення геодезичної знімальної основи. Наступним є проєктування та прив'язка знімальної мережі до державної геодезичної мережі, виконання лінійно-кутових вимірювань елементів місцевості з точок знімальної мережі. В окремих випадках топографічне знімання невеликих ділянок виконують в умовній системі координат і висот, що спрощує процедуру для обмежених міських територій.

Електронний тахеометр встановлюється на станції з дотриманням послідовності операцій: встановлення триноги на рівній поверхні, закріплення приладу на штативі, центрування над реперною точкою та приведення до горизонту.

Під час польових робіт виконується систематичне кодування об'єктів місцевості. Така методика дозволяє позначати кожен пікетну точку відповідним кодом безпосередньо під час вимірювань: будівлі та споруди, елементи благоустрою, дорожню інфраструктуру, комунікації, зелені насадження. Дані, зібрані та оброблені в тахеометрі, можуть завантажуватись на комп'ютери для подальшої обробки.

Електронна тахеометрія демонструє високу ефективність для топографічного знімання міських об'єктів та транспортної інфраструктури, забезпечуючи необхідну точність, оперативність та повноту геопросторових даних. Застосування систематичного кодування об'єктів під час польових вимірювань суттєво скорочує час камеральної обробки та мінімізує ймовірність помилок. Отримані дані створюють основу для розробки топографічних планів та цифрових моделей місцевості для проєктування автомобільних доріг, транспортних розв'язок та об'єктів міської інфраструктури.

Результатом топографічної зйомки є документ на папері чи в електронному вигляді, на якому зображені рельєф місцевості, об'єкти нерухомості, інженерні комунікації, елементи транспортної інфраструктури.

Література:

1. Хом'як Л.М. Основи топографії: навчальний посібник для студентів геологічних спеціальностей. Львів, 2015. 96 с.

УДК 625.7:528.48

Почанін Г. П., Рубан В. П., Харків, Україна

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова

Національної академії наук України

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ПОЗИЦІОНУВАННЯ ПРИХОВАНИХ ДЕФЕКТІВ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Підвищення точності визначення параметрів прихованих дефектів дорожнього одягу є однією з актуальних задач, для вирішення якої авторами публікації було проведено низку натурних вимірювань.

Вимірювання проводилися на ділянці автомобільної дороги з наскрізною тріщиною. Антенна система встановлена на висоті 30 см над дорожнім покриттям. Процес вимірювання показано на рисунку 1.



Рис.1. Тестування антенного блоку

В якості випромінювальної та приймальної антен використовувалися антени щільового типу з екраном.

Вимірювання сигналу проводились в 8-ми положеннях:

1 - поляризація випроміненого поля паралельна до тріщини, як показано на рисунку 2 а.

2 - 8 - поляризація випроміненого поля під кутом 45° (рисунк 2 б), 90° (рисунк 2 в), 135° , 180° , 225° , 270° , 315° до тріщини;

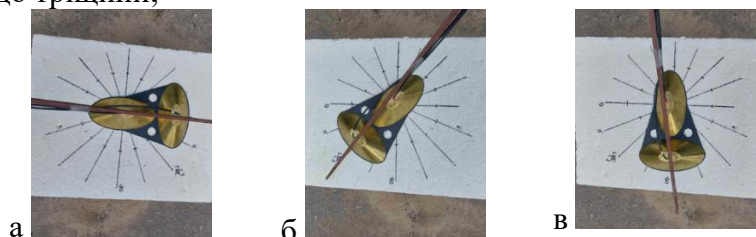


Рис. 2. Положення антенної системи при вимірюваннях: а) 0° між поляризацію поля та тріщиною, б) 45° між поляризацію поля та тріщиною в) 90° між поляризацію поля та тріщиною

Результат вимірювання показаний на рисунку 3.

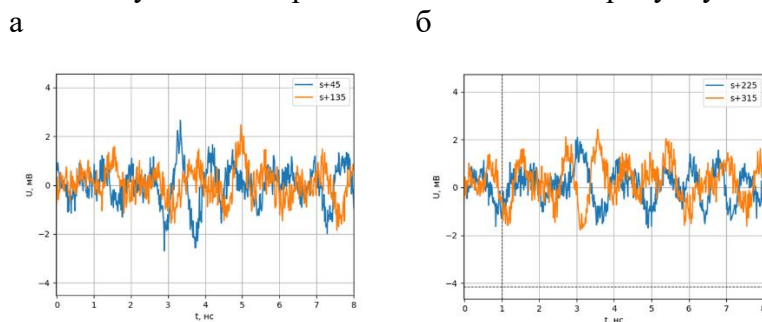


Рис. 3. Прийняті сигнали відбиті від тріщини при різних кутах виромінення: а) 45° та 135° , б) 225° та 315°

Як видно з рисунку 3, відбита від тріщини кросполяризована компонента поля (на проміжку 2,5 нс - 4 нс) має досить малу пікову амплітуду - близько 2 мВ. Для більшої достовірності даних було зроблено ще повторні вимірювання. На рисунку 4 показані результати цих вимірювань.

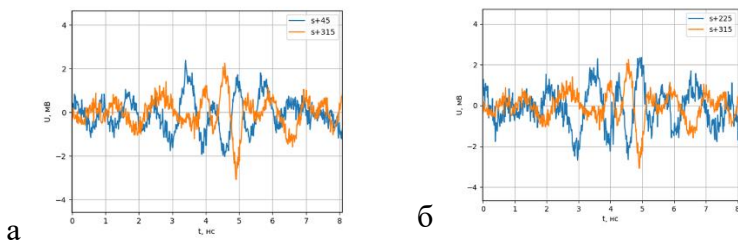


Рис. 4. Прийняті сигнали відбиті від тріщини при різних кутах опромінення: а) 45° та 135°, б) 225° та 315°. Повторне вимірювання

Як видно з рисунку 4, відбитий від тріщини сигнал знаходиться в проміжку 2,5нс - 5,5нс, (його характерною особливістю є зміна полярності амплітуди при повороті антенної системи на 90°, що чітко прослідковується, наприклад, на проміжку 4 нс - 5 нс). Пікова амплітуда відбитого сигналу близька до 2мВ.

На рисунку 5 показаний фоновий сигнал, який видаляється з прийнятого сигналу та сигнал відбиття від тріщини при повороті 45° (після видалення фонового сигналу).

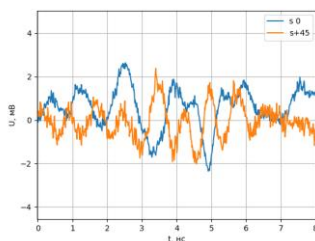


Рис. 5. Порівняння фонового сигналу та сигналу відбитого від тріщини при куті випромінювання 45°

Як видно з рисунку 5 амплітуда фонового сигналу має значення близькі до пікових амплітуд сигналів відбиття від тріщини, що ускладнює її виявлення.

Таким чином, вимірювання кросполяризованої компоненти поля відбиття від тріщини в шарах дорожнього одягу показало, що його пікова амплітуда складає близько 2

мВ. Це досить малопотужний сигнал, його амплітуда співмірна з амплітудою фоновому сигналу. Для більш точного виявлення тріщин в шарах дорожнього одягу потрібно посилити амплітуду прийнятого сигналу. З цією метою було проведено вимірювання на ділянці автомобільної дороги з наскрізною тріщиною. Антенна система піднята на 30 см над дорожнім покриттям.

В якості приймача використовувалася антена щільового типу з підсилювачем 20 дБ.

Вимірювання сигналу проводились в 3-х положеннях:

1 - поляризація випроміненого поля перпендикулярна до тріщини (в цьому випадку відбиття від тріщини є мінімальними і записаний сигнал використовується для видалення фону);

2 - поляризація випроміненого поля під кутом 45 градусів до тріщини;

3 - поляризація випроміненого поля під кутом -45 градусів до тріщини.

Результат вимірювання показаний на рисунку 6.

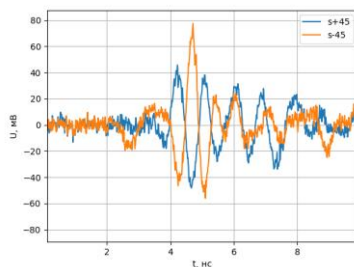


Рис. 6. Прийняті сигнали відбиті від тріщини при різних кутах випромінення

Як видно з рисунка 6, пікова амплітуда сигналу в проміжку між 4 нс та 6 нс міняє знак (з -50мВ до 79мВ) при зміні кута випромінення тріщини з 45° на -45° , що є ознакою відбиття від неоднорідності значної протяжності, яка впливає на зміну поляризації відбитого поля.

Сигнали не є повністю дзеркально симетричними. Асиметрія відбитих сигналів скоріше пов'язана з несиметрією самої тріщини та з деякою похибкою у розміщенні антен під час повороту.

Запропонований метод дозволяє значно підвищити точність ідентифікації та позиціонування прихованих дефектів в подальших дослідженнях.

Роботу проведено за грантової підтримки Національного фонду досліджень України в межах проєкту «Розроблення комплексу методів і засобів георадарної діагностики для оцінювання надійності об'єктів критичної транспортної інфраструктури.

Література:

1. Orlenko O.A., Pochanin G. P., Korzh V.G. Radiation of Electromagnetic Field Pulses by Active and Passive UWB Slot Antennas. 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW) 21-25 Sept. 2020 P. 1056-1060. DOI 10.1109/UkrMW49653.2020.9252604
2. Pochanin G. et al. Advances in Short Range Distance and Permittivity Ground Penetrating Radar Measurements for Road Surface Surveying, in: Advanced Ultrawideband Radar: Signals, Targets and Applications. CRC Press - Taylor & Francis Group, London, 2016. 20-65.

УДК 528.44:528.8:556.18

Казаченко Д.А., Двалі Р., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРНИХ СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ПІД ЧАС ВСТАНОВЛЕННЯ МЕЖ ОБ'ЄКТУ ВОДНОГО ФОНДУ

В сучасних умовах геодезичного виробництва виникає необхідність у застосуванні високоточних геодезичних вимірних систем та програмних засобів

обробки геодезичної інформації. Це дає переваги при виготовленні картографічної продукції, розробки проектів, визначенні меж земельних масивів в Державному земельному кадастрі.

Об'єкт водного фонду, межі якого потрібно було відобразити в Державному земельному кадастрі знаходиться в Богодухівському районі Золочівської селищної ради с. Сквородинівка. Для цього потрібно розробити проект із землеустрою щодо встановлення меж об'єкту водного фонду. Першим етапом розробки проекту було визначення місця положення об'єкту за допомогою геоінформаційних систем (рисунок 1).

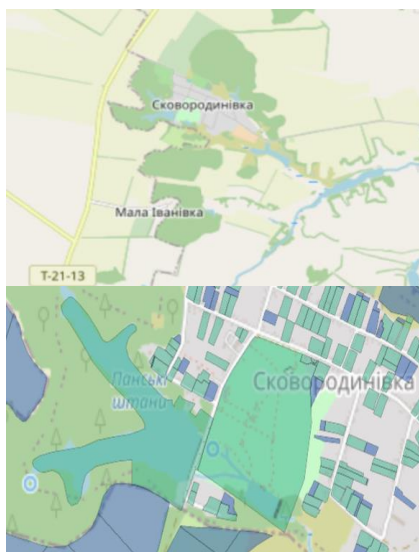


Рис. 1. Електронна цифрова інформація про об'єкт водного фонду

Другим етапом було здійснення геодезичного знімання території ставка за допомогою сучасних високоточних геодезичних вимірних систем. Виїзд на місце розташування був керований інформацією про водний об'єкт, що отримана за допомогою ГІС-технологій. Геодезичне знімання було проведене за допомогою

електронного тахеометру та GPS-приймача. Координування проводились по лінії водного об'єкту. Після виконання геодезичного знімання території було здійснено комп'ютерну обробку результатів геодезичних вимірів.

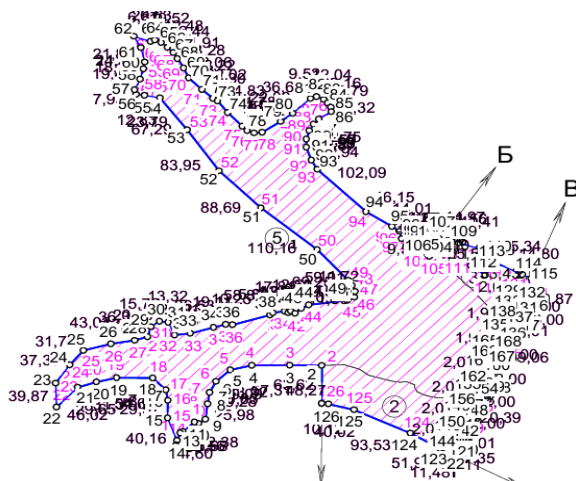
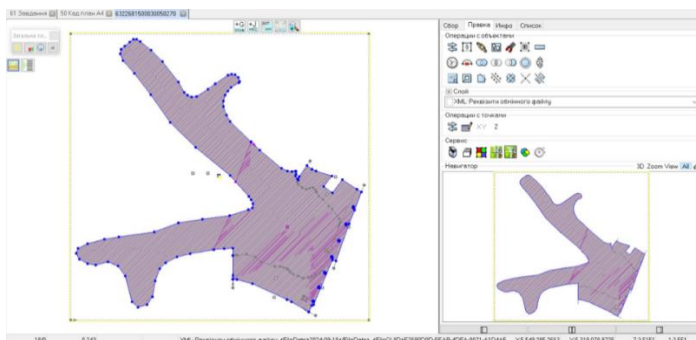


Рис. 2. Межі об'єкту водного фонду

В програмі Digitala було зроблено обробку результатів геодезичних вимірів та відобразити на наступних кресленнях, які входять до проекту із землеустрою (рисунок 3)



**Рис.3. Отримання масиву водного фонду в програмі
Digitals**

Для перевірки правильності зображення побудованого земельного масиву обов'язковим є перевірка правильності його побудови на Публічній кадастровій карті - ПКК (рисунк 4-5).

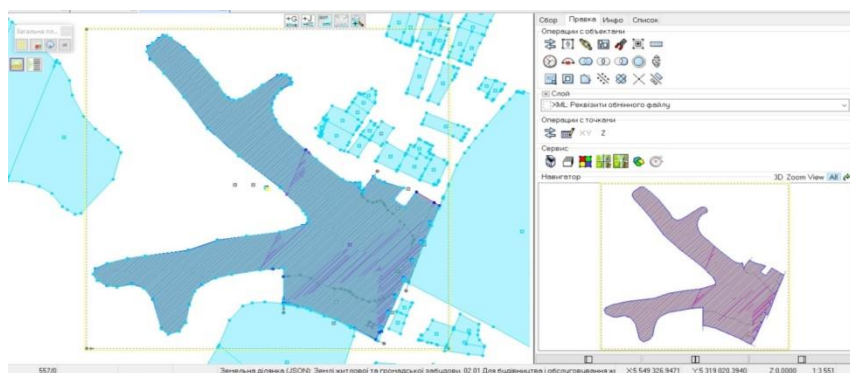


Рис.4. Співставлення креслення земельного масиву водного фонду з ПКК

Далі в програмі вибирають наступну інформацію: форму власності, правовий статус, сусідніх землевласників, землекористувачів, вид угідь, категорію земель, ін. (рисунк 5, таблиця 1).

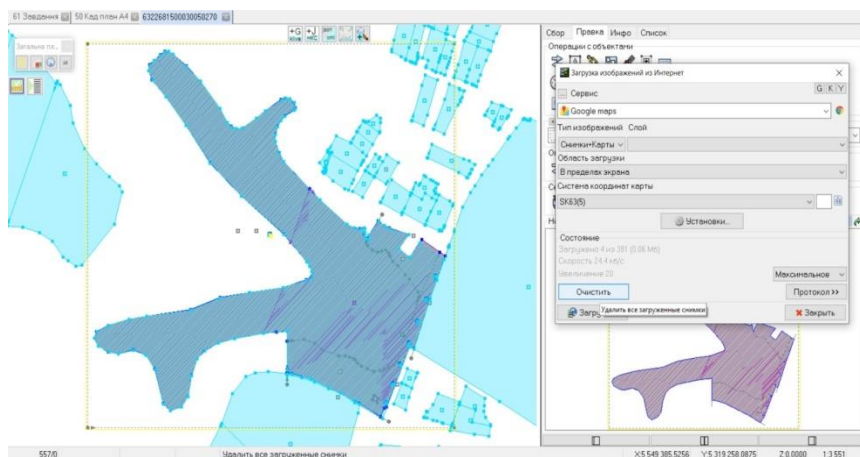


Рис.5. Отримання інформації з програми Digitalis

Таблиця 1. Перелік обмежень у використанні земельної ділянки

Код обмежень	Назва обмежень	Основні законодавчі акти України	Площа га
005.02	Прибережна смуга вздовж річок, навколо водойм та на островах. Зона охорона пам'ятки культурної спадщини	ЗКУ, ВКУ, Постанов КМУ від 13.05.96 №502 «Про затвердження порядку користування землями водного фонду», від 14.04.1997 №347 Про затвердження порядку установалення берегових смуг, водних шляхів, та користування ними»,	15.6571

Згідно класифікатора виду цільового використання земельної ділянки – КВЦПЗ визначається код обмежень. Для водного фонду – код становить 05.02 – Прибережна захисна смуга вздовж річок, навколо водойм та на островах. Зона охорони пам'ятки культурної спадщини. В проекті землеустрою щодо відведення земельної ділянки складається відповідна таблиця Проект землеустрою налічує таблиці визначення експлікації земель об'єкту геодезичного знімання (таблиця 3.2)

Таблиця 2. Експлікація земель в межах земельного масиву водного фонду - ставка

Код угіддя згідно з КВЗУ	Назва земельних угідь	Площа (га)
006.04	Ставок	15.6571

Також в проекті землеустрою розробляють проектні площі земельних угідь і складають експлікацію земельних угідь (проектна) – (таблиця 3).

Таблиця 3. Експлікація земель в межах земельного масиву водного фонду – (проектна)

№ п/п	Код угіддя	Назва угіддя	Площа (га)
Всього земель в межах плану			15.6571
1	006.04	Водоохоронна смуга	0.0091
2	006.04	Водоохоронна смуга	1.1943
3	006.04	Водоохоронна смуга	0.7803
4	006.02	Штучні водотоки (канали, колектори, канави)	0.7506
5	006.04	Всього водного дзеркала	12.9228

В процесі геодезичного знімання було виділено площу водного дзеркала та водоохоронну смугу. Всього під водою площі – 12.9228га, під штучними водотоками – 0.7506га і під водоохоронною смугою 1.9837га. Під час геодезичного знімання в точках стояння – поворотних точках було визначено дійсну межу ставка і встановлені межові знаки. Побудовану межу потрібно було перевірити на космічному знімку (рисунок 6).

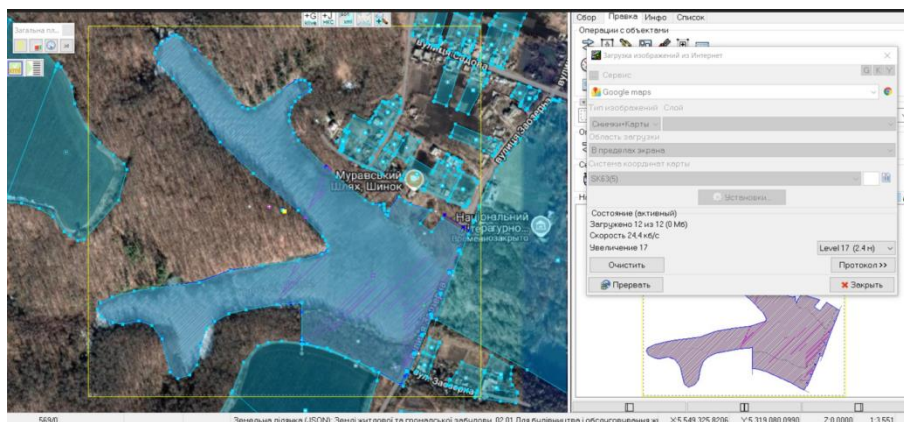


Рис. 6. Співставлення з космічним знімком

Далі складають проект землеустрою та обмінний файл XML.

Висновки: Застосування сучасних геодезичних вимірних систем при здійсненні кадастрових знімків

дозволяє геодезичні роботи виконувати з високою точністю.

Застосування сучасних програмних засобів обробки результатів геодезичного знімання вирішило питання формування земельного масиву під об'єктом водного фонду – ставком,

Визначення геопросторових даних земельного масиву під водним об'єктом для формування цієї земельної ділянки в Державному земельному кадастрі було здійснено за допомогою сучасних вимірних систем та застосування ГІС-технологій.

УДК 528.8:004.9:624.131

Казаченко Л.М., Левун В.Ю., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИКОРИСТАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЕКТУВАННІ ЛІНІЙНИХ СПОРУД

У проектуванні лінійних споруд - автомобільних доріг використання ГІС-технологій є найсучаснішим і необхідним. Використання програмних засобів обробки геодезичної інформації та розробка проектів будівництва або реконструкції автомобільних доріг дає змогу зробити результат швидким, точним, якісним. Програмні засоби та ГІС-технології дозволяють побудувати креслення, зробити розрахунки, відобразити на планово-картографічних матеріалах основні етапи будівництва або реконструкції. Програмне забезпечення ГІС-6 дозволило запроектувати капітальний ремонт траси, яка має наявність серйозних пошкоджень та руйнувань.

Об'єкт дослідження - «Капітальний ремонт автомобільної дороги загального користування місцевого значення О161930 Роздільна – Понятівка – Кошари – Знам'янка, км 8+400 – км 17+150, Одеська область. Завдяки ГІС-технологіям, об'єкт капітального ремонту відобразили

на Публічній кадастровій карті. Також було знайдено пункти Державної геодезичної мережі для прив'язки під час виконання геодезичних знімальних та розмічувальних робіт (рис.1).

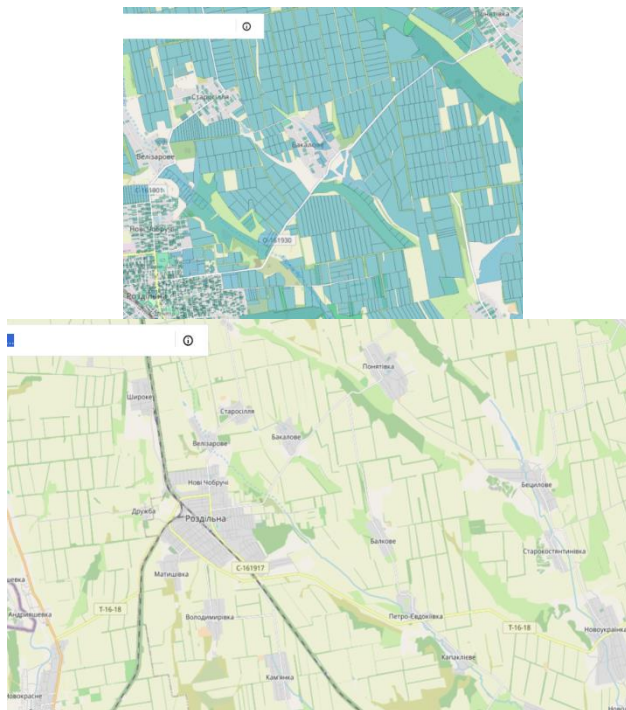


Рис.1. Публічна кадастрова карта України з автомобільною дорогою – Роздільна – Понятівка – Кошари – Знам'янка

Після виконання комплексу геодезичних робіт було зроблені розрахунки дорожнього одягу на всій території капітального ремонту, з'ясовані швидкості та навантаження на різних ділянках автомобільної дороги. Було створено абриси автомобільної дороги на різних пікетах, відображені кути поворотів і розраховані інженерні проектні рішення капітального ремонту.

В програмному забезпеченні ГІС-6 було побудовано поздовжні та поперечні профілі автомобільної дороги.

Поздовжній профіль запроєктований у відповідності до вимог [19] та від розрахункової швидкості автомобільної дороги. При проектуванні були враховані рельєфні умови місцевості в абсолютних відмітках існуючої Балтійської системи висот.

Прокладання проектної лінії поздовжнього профілю виконувалось згідно наступних показників:

- геологічних умов;
- гідрологічних умов;
- рельєфних умов;
- особливостей місцевості;
- врахування існуючого поздовжнього профілю проектних ділянок (рисунки 2).

При проектуванні поздовжнього профілю були враховані наступні показники. Мінімальні радіуси вертикальних кривих:

У межах населених пунктів:

- опуклої форми 2000 м;
- увігнутої форми 3500 м.

Поза межами населених пунктів:

- опуклої форми 3500 м;
- увігнутої форми 2100 м.

Розрахункова швидкість становить 90 км/год – поза межами населених пунктів, крім ділянок, де розрахункова швидкість становить 50 км/год:

- від ПК104+75 до ПК110+60;
- від ПК112+00 до ПК113+50;
- від ПК119+96 до ПК122+75;
- від ПК154+00 до ПК156+17;
- крім ділянок від ПК110+60 до ПК112+00, де розрахункова швидкість становить 30 км/год;
- крім ділянок від ПК113+50 до ПК114+50;
- крім ділянок від ПК116+27 до ПК119+96;
- крім ділянок від ПК122+75 до ПК124+21;
- крім ділянок від ПК152+50 до ПК154+00.

На цих ділянках встановлені технічні засоби організації дорожнього руху.

В програмі побудували розрахунки реконструкції автомобільної дороги (рисунок 2).

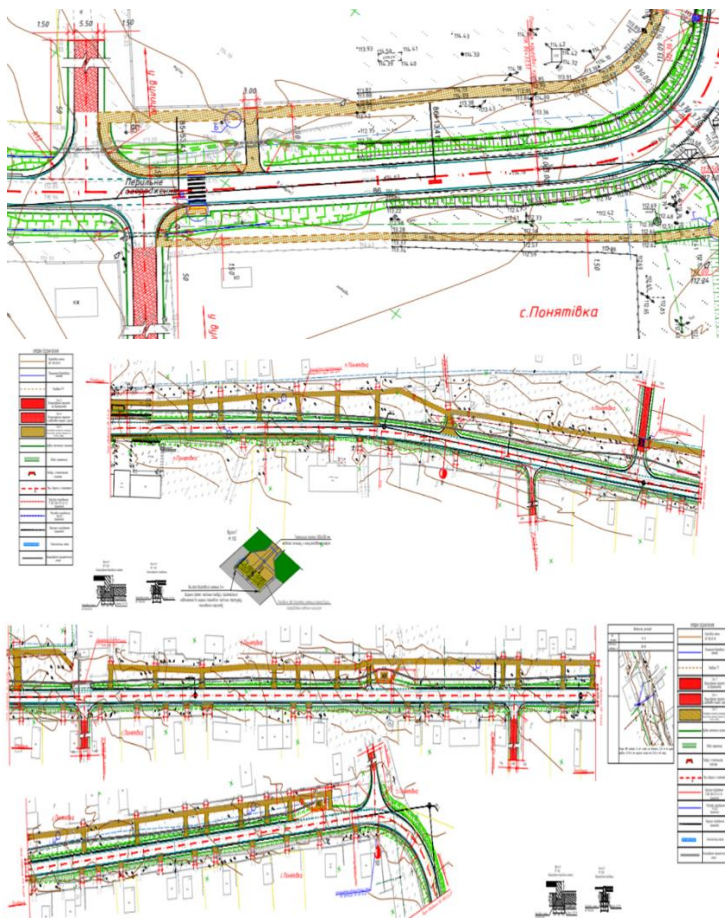


Рис. 2. Повздовжній профіль автомобільної дороги Роздільна – Понятівка – Кошари – Знам'янка, км 8+400 – км 17+150

Розрахункова швидкість в межах населеного пункту прийнята 60 км/год:

– крім ділянок від ПК85+87 до ПК87+70;

– крім ділянок від ПК99+27 до ПК101+38, де розрахункова швидкість прийнята 30 км/год з встановленням технічних засобів організації дорожнього руху.

Робоча відмітка по осі існуючого дорожнього одягу прийнята 0.28 м.

Максимальний поздовжній ухил становить 87 ‰ (рисунок 3).

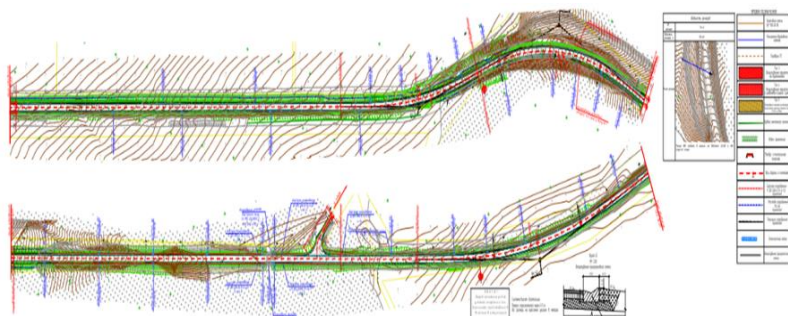


Рис. 3. План траси небезпечних ділянок

Висновок: Під час проектування для здійснення капітального ремонту автомобільної дороги Роздільна – Понятівка – Кошари – Знам'янка, км 8+400 – км 17+150 були використані ГІС-технології та цифрові картографічні матеріали.

Використання електронних вимірних систем та комп'ютерного програмного забезпечення ГІС-6 дозволили визначити застосування місцевих матеріалів та запроектувати капітальний ремонт на тих ділянках, які цього потребують.

Література:

1. Донченко М. В. Геоінформаційні системи: навч. посібник / М. В. Донченко, І. І. Коваленко. Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 132 с.
2. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ Будівництво. [Чинний від 2016-04-01]. ДП «ДерждорНДІ», 2016. 91 с.

3. Використання ГІС – функцій Map 3D та AutoCAD Civil 3D: веб-сайт. URL: <https://sapr.ru/article/22045>
4. ГІС: як метод інженерно-геодезичних робіт у будівництві: веб-сайт. URL: http://www.agrosvit.info/pdf/7_2018/9.pdf
5. Публічна кадастрова карта України

УДК 528.44:528.8:332.632.2

Казаченко Л.М., Мельник Т.В., Голик Є.О., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОЕКТІВ ВСТАНОВЛЕННЯ МЕЖ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ с.ЗАЛЕЛІЯ

Програмні засоби обробки геодезичної інформації широко застосовують в наш час інженери геодезисти та інженери землевпорядники. Програмні засоби дозволяють обробку геодезичних даних, побудову картографічної продукції, наповнення баз даних, здійснювати проектування. Програмні засоби обробки геодезичної інформації дозволяють встановити межі території адміністративних утворень – населених пунктів, територіальних громад, отримати ту чи іншу інформацію.

Об'єктом дослідження було встановлення меж населеного пункту с.Залелія Дніпровського району Дніпропетровської області. Для цього було проведено комплекс геодезичних знімальних робіт з визначення геодезичних координат поворотних точок в СК-63 та УСК-2000. Координати точок визначали за допомогою сучасних геодезичних вимірних систем, а саме електронного тахеометру та GPS-приймача фірм виготовлювачів геодезичних приладів Trimble. Геодезичні виміри проводились на місцевості в с. Залелія. На місцевості було визначено кожен поворотну точку населеного пункту, які

становили його межу. Ці роботи проводились для складання проекту землеустрою щодо встановлення меж с. Залелія для відображення в Державному земельному кадастрі.

За допомогою ГІС-технологій було визначено місце розташування пунктів Державної геодезичної мережі для прив'язки до них GPS-приймачем. Для цього було використано дані Геопорталу України. Для обробки отриманих геодезичних даних на місці розташування населеного пункту були використані програмні засоби обробки геодезичної інформації – Digitals.

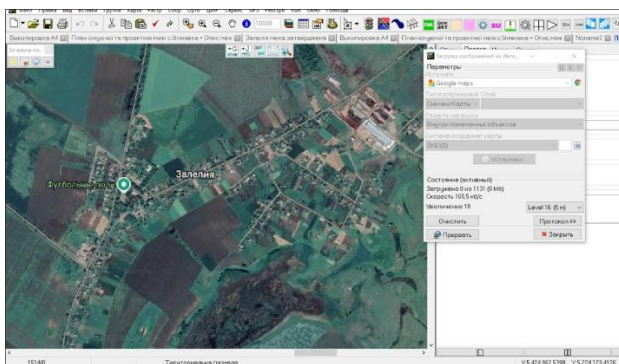


Рис.1. Визначення місця розташування с. Залелія в програмі Digitals

Далі в програмі загрузили вирахувані геодезичні координати і будуємо зображення населеного пункту.

Програма пропонує назву населеного пункту, його правовий статус і район і область:

- назва – Залелія;
- правовий статус – село;
- назва району – Дніпровський район;
- назва області – Дніпропетровська область.

Ці дані містяться в інформаційних шарах географічної інформації в програмному забезпеченні. В програмі Digitals вибираємо назву населеного пункту, що міститься в інформаційних шарах географічної інформації.

В інформаційних шарах програми Digitals міститься безліч географічної інформації назви:

- назви географічних об'єктів;
- назви річок, їх статус;
- коди КАОТУ;
- умовні знаки для відповідного масштабу;
- шаблони креслень (рисунок 2);
- пункти Державної геодезичної мережі.

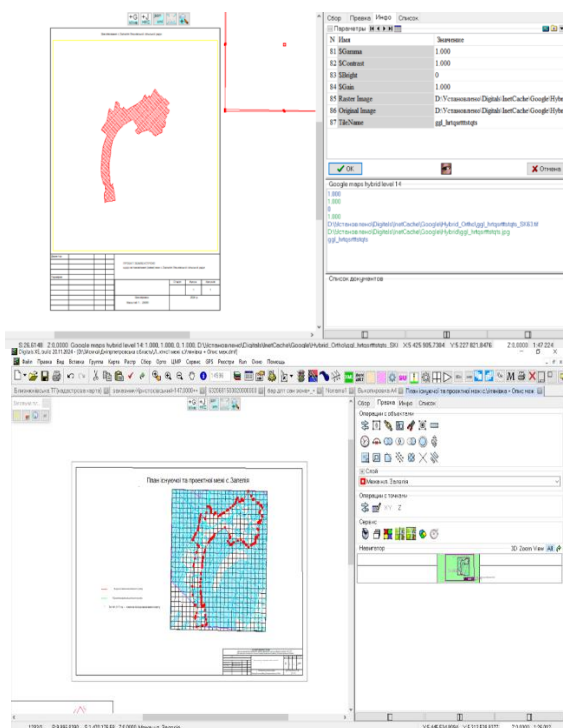


Рис.2. Обробка геодезичних даних та побудова межі с.Залелія по координатам

В програмі було побудовано межу населеного пункту с.Залелія, яка складається з великої кількості поворотних точок та підгружено цю інформацію на Публічну кадастрову карту (рисунок 3.).

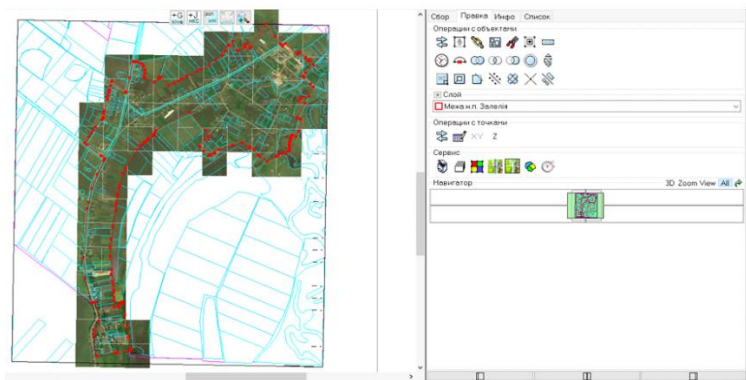


Рис. 3. В програмі було побудовано межу населеного пункту с.Залелія

Далі потрібно було перевірити зображення межі населеного пункту на космічному знімку та цифровій кадастровій системі. Для цього є певні функції в програмі. Було підгружено побудоване зображення на космічний знімок за геодезичними координатами.

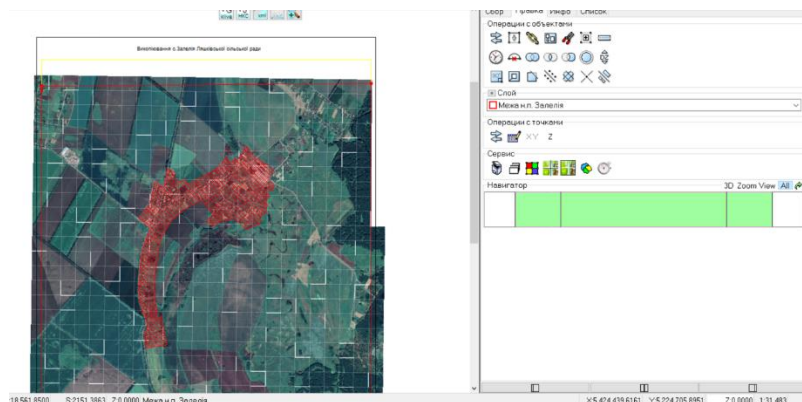


Рис.4. Підрузка цифрового зображення с Залелія на космічний знімок

Підгрузка в програмі на космічний знімок дало уявлення правильності побудови. На космічному знімку

видно поворотні точки дійсної межі населеного пункту (рисунок 5).



Рис.5. Межа населеного пункту с. Залілея на космічному знімку

Висновки. За допомогою ГІС-технологій було розроблено проект встановлення меж населеного пункту та визначено його місце розташування в єдиній кадастровій системі.

Програмне забезпечення Digitala дозволило здійснити обробку геодезичних даних, побудувати картографічне зображення межі населеного пункту та відобразити дані в Державному земельному кадастрі.

УДК 528.8:625.7/.8

Казаченко Д.А., Мілованов А.О., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ У ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

В дорожньому будівництві в сучасних умовах проведення геодезичної діяльності неможливо уявити без застосування сучасних геодезичних вимірних систем і ГІС-технологій. Геоінформаційні системи складаються з:

- програмних засобів обробки геодезичної інформації;
- програмних комплексів відображення інформації;
- програмних засобів побудови та зберігання картографічної інформації;
- програмних засобів корегування геодезичної інформації;
- програмних засобів створення інформаційних ресурсів для користувачів;
- ГІС-платформ;
- програмних засобів обробки матеріалів аерофотознімання;
- програмних комплексів космічного знімання.

За допомогою ГІС-технологій ми маємо можливість отримання текстової та графічної інформації і виведення її на принтер різного формату. Інформація може бути переданою на відстані – по електронній пошті.

Розробка геоінформаційних систем різного призначення може здійснюватися у наступній послідовності:

- збір геодезичних даних;
- математичне опрацювання вихідних геодезичних даних;
- створення картографічного матеріалу в електронному форматі;
- знаходження вихідних картографічних даних у паперових форматах в Internet – ресурсах і їх опрацювання;

- знаходження растрового картографічного зображення на певну територію в Internet – ресурсах;
- побудова в комп'ютерних програмах цифрової моделі місцевості;
- здійснення векторизації растрових зображень;
- застосування даних Дистанційного зондування Землі з космічного простору;
- створення цифрових карт;
- створення баз даних картографічної інформації у цифровому вигляді;
- наповнення баз даних ГІС картографічною і атрибутивною інформацією.

Картографічна та атрибутивна інформація має наступні форми її наповнення:

- межі Державного кордону України;
- межі областей;
- межі адміністративних районів;
- межі територіальних громад;
- межі населених пунктів;
- межі земельних ділянок;
- назва географічних елементів;
- назва адміністративно-територіальних одиниць;
- категорія доріг та залізниць;
- назва вулиць в населених пунктах, номери будинків;
- назва об'єктів соціально-культурного побуту;
- назва туристичних маршрутів;
- стан довкілля, тощо.

Найпоширенішою серед ГІС комплексів у світі є ГІС – ArcGIS табл. 1.

Таблиця 1. Характеристика ГІС-комплексів

Модуль	Основне призначення
ArcCatalog	Головний інструмент для управління зберіганням просторових даних та структурою баз геоданих.

ArcMap	Дозволяє створювати і редагувати карти і здійснювати ГІС-аналіз.
ArcToolbox	Містить набір інструментів перетворення та географічної обробки даних.
ArcView	Набір інструментів створення карт і аналізу, а також найпростіші засоби для редагування і географічної обробки даних.
ArcEditor	Крім засобів ArcView, містить розширені можливості редагування.
ArcInfo	Крім засобів ArcEditor, містить розширені можливості геообробки даних. Це найпотужніша складова в пакеті ArcGIS.
ArcGIS Spatial Analyst	Забезпечує широкий набір функцій просторового моделювання та аналізу, що дозволяє створювати растрові дані, будувати до них запити, вести картографування та аналіз на їх основі.
ArcGIS 3D Analyst	Дозволяє ефективно відображати та аналізувати поверхні, у тому числі рельєф місцевості.
ArcGIS Geostatistical Analyst	Дозволяє будувати неперервні поверхні на основі вимірів, проведених в окремих точках простору.
ArcGIS Schematics	Ефективне та прогресивне рішення для автоматизованого створення схематичного представлення об'єктів бази геоданих ArcGIS.
ArcPress	Призначений для друкування карт шляхом створення файлів стандартних графічних форматів.

ArcGIS Publisher	Забезпечує формування документів карт у форматі MXD, що дозволяє публікувати файли карт (у форматі PMF) та обмінюватися ними через локальні та глобальні мережі.
ArcGIS Survey Analyst	Призначений для обробки результатів геодезичного знімання.
ArcGIS Tracking Analyst	Використовується для відображення та аналізу даних у режимі реального часу, як дані систем супутникового позиціонування GPS.
ArcGIS Maplex	Призначений для оптимального розміщення в автоматичному режимі за заданими правилами текстових назв (підписів для об'єктів) на карті.
ArcScan1	Професійний векторизатор та багато інших додатків.

Використання ГІС-комплексів при проектуванні та будівництві лінійних споруд – автодоріг, мостів, трубопроводів, газопроводів дозволяє розробити проектні рішення з найменшими витратами часу і коштів. Програмні засоби дозволяють проектування найскладніших інженерних споруд, зокрема мостів, гідротехнічних споруд, переправ, ін. Для проектування реконструкції мосту, який був пошкоджений було використано програмне забезпечення ArcGIS Spatial Analyst (рисунок 1)

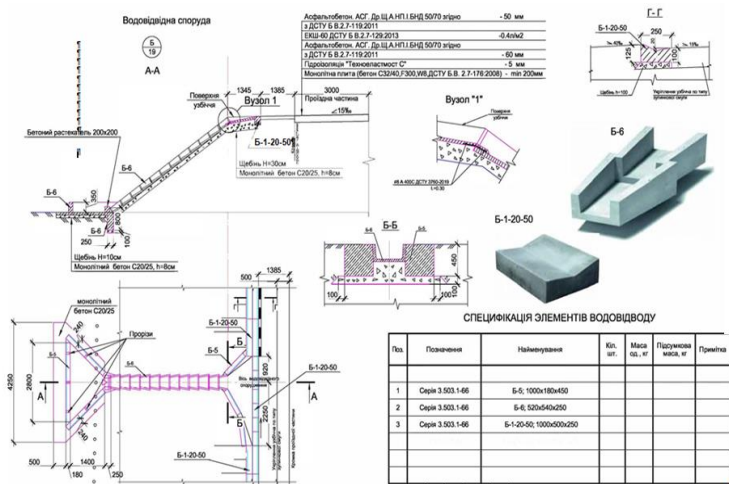


Рис.1. План водовідведення мостової споруди

Програмне забезпечення ArcGIS Spatial Analyst дозволяє здійснення просторового моделювання та аналізу, будову складних інженерних конструкцій. За допомогою цього програмного забезпечення було розроблено проект реконструкції мостової споруди (рисунок 1, 2).

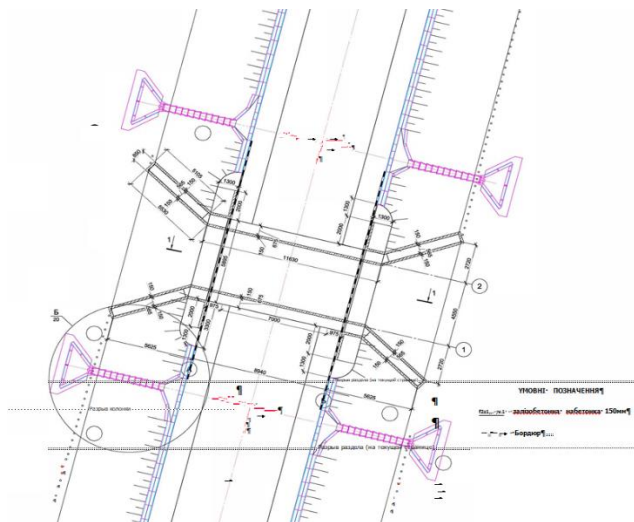


Рис. 2. План реконструкції мостової споруди

Висновок. Використання ГІС-технологій та програмного забезпечення ArcGIS Spatial Analyst дозволило здійснити розрахунки для проектування складної інженерної споруди – мосту

Використання ГІС-технологій дає можливість обробки геодезичних даних для проектування будь-яких складних об'єктів.

УДК 528.94:004.9:681.518

Казаченко Д.А., Подолянчук Д., Пономаренко А., Ворона О., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОЇ КАРТОГРАФІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ В ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ DIGITALS

Програмне DigitalS забезпечення підтримує велику кількість форматів даних і є одним з найпопулярніших інструментів серед геодезичних і землевопрядних організацій, які працюють зі створенням картографічної продукції.

Коректура візуалізованої цифрової інформації і редагування її в DigitalS виконувалась згідно таких позицій:

- повнота і коректність перенесення зібраних даних;
- класифікація об'єктів місцевості, які було візуалізовано на космічних знімках і планах;
- врахування кількісних і якісних характеристик об'єктів перенесених в програму;
- повне наповнення і використання наданої інформації в різних шарах – растр, космічні знімки, кадастрова карта, ортофотоплан;
- відповідність назви висот і відображення позначок на горизонталях;
- побудова горизонталей з дотриманням відповідних відстаней між горизонталями в різних зонах крутості схилів

– правильність розміщення всіх підписів і надписів об'єктів і споруд;

– правильність зображення об'єктів місцевості;

Програмне Digitals забезпечення має велику кількість інформаційних шарів, за допомогою яких будують карту у цифровому вигляді, редагують її і заносять дані в державні служби Держгеокадастру і містобудівного кадастру.

Програмне забезпечення Digitals містить велику кількість інформаційних шарів (рисунок 1). Інформаційні шари містять номер , назву, інформацію про різні об'єкти. Також вибір в програмі виду документації.

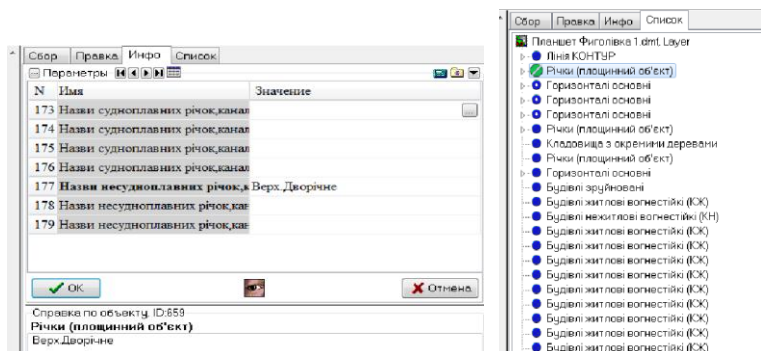


Рис. 1. Інформаційні шари в програмі Digitals

Для побудови картографічної продукції фахівці в галузі геодезії та землеустрою вибирають інформацію по класифікаторам, які містяться в програмному забезпеченні Digitals.

Також для кожного масштабу та виду документації із землеустрою або містобудівної документації використовують умовні знаки, які вибирають для побудови ситуації місцевості або відповідних позначок на кресленнях, такі як гідротехнічні споруди, будівлі і споруди, горизонталі, гідротехнічні споруди, лінійні об'єкти, автомобільні дороги, ґрунтові дороги (рисунок 2)

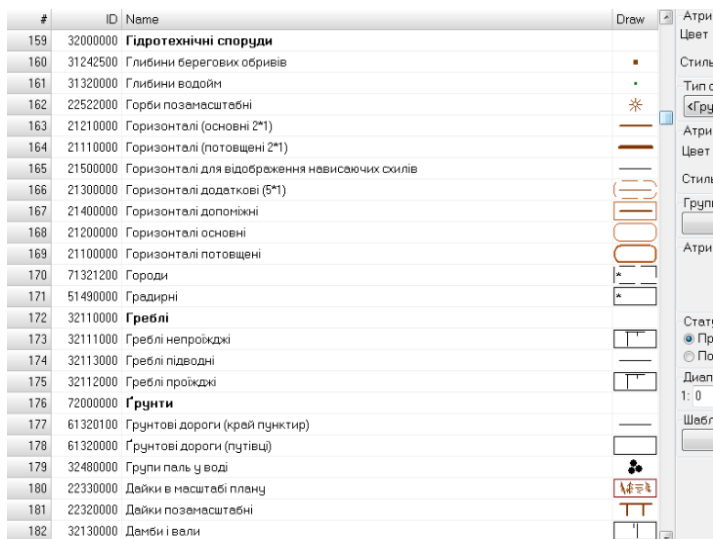


Рис. 2. Вибір в програмі Digital's побудови будівель в умовних знаках

Для відображення рельєфу місцевості та ситуації використовують горизонталі. Висоти відображають по висотним відміткам (рисунк 3).

Ситуацію місцевості будують в програмі відображаючи будинки, присадибні ділянки, позначають городи. Якщо геодезичне знімання проводилось в населеному пункті, то відображають присадибні земельні ділянки, житлові будинки, господарські будівлі та споруди. Також відображають назву вулиць, номери будинків, угіддя. Все це відображають в умовних знаках, що містяться в програмному забезпеченні Digital's.

Водні об'єкти перед відображенням на планах та картах спочатку визначають їх вид та правовий статус. Завжди відображають блакитним кольором (рисунк 3).



Рис. 3. Побудова в умовних позначеннях ситуації місцевості в масштабі М:1:5000

Нанесення межі населеного пункту (на рисунку 3 червона лінія) вулиць житлової та громадської забудови, городів, сіножатей, рельєфу, тобто елементів населеного пункту в Digitals.

Межі угідь таких як сіножаті, пасовища, лісосмути, багаторічні насадження відмічають точечним контуром.

Отримане цифрове зображення можна редагувати в програмі Digitals для уточнення або оновлення певних графічних елементів.

Одним з видів містобудівної документації є детальні плани території, генеральні плани населеного пункту. В програмному забезпеченні Digitals виконують такі види документації дуже швидко і якісно.

Для зображення креслень містобудівної документації – генерального плану населеного пункту створюють планшети. Планшети здають в паперовому та цифровому вигляді у відділ містобудівного кадастру. Далі за містобудівною документацією заносять дані до містобудівного кадастру, який зараз об'єднали з земельним кадастром.

На планшети наносять зображення ситуації в умовних позначеннях та відповідні дані для передачі до державного картографічного фонду (рисунок 4).

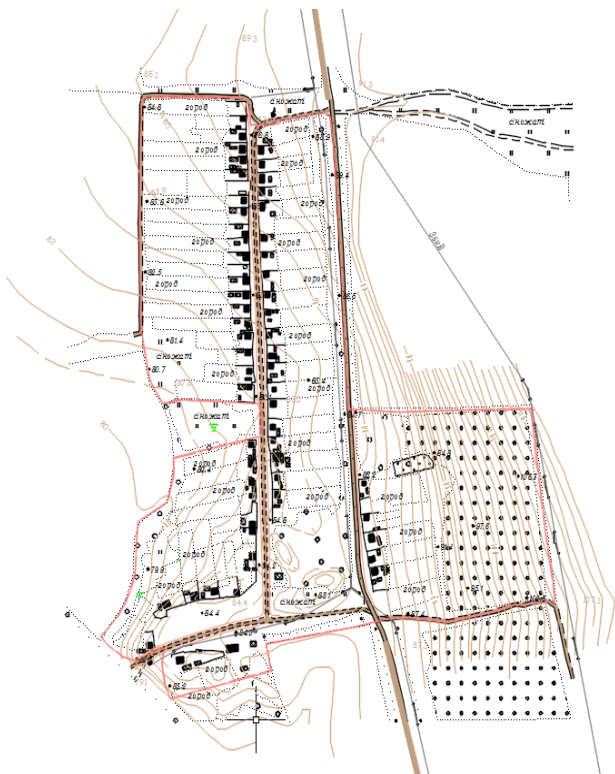


Рис. 4. Побудоване цифрове зображення населеного пункту

Висновок. Побудова цифрових картографічних матеріалів в програмному забезпеченні DigitalS дозволяє роботу виконувати якісно, з мінімальними похибками та у найменші терміни.

Цифрові картографічні матеріали занесені до баз даних Держгеокадастру наповнюють бази та дозволяють використовувати їх у різних сферах народного господарства.

УДК 528.3:528.4:004.9

Казаченко Л.М., Вервейко А., Войтович В., Клименко Р.,
Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРНИХ СИСТЕМ

Геодезичні роботи мають дуже широку сферу застосування в нашому суспільстві і виконують важливу роль і задачі, пов'язані з безліччю питань, без яких важко уявити повсякденне життя (рисунок 1).



Рис. 1. Геодезичні роботи

Геодезичні роботи мають основні задачі і бувають наступних видів:

- загально-державного значення;
- локального значення;
- розбивочні;
- нівелювання поверхні;
- створення державних геодезичних мереж;
- зйомочні при виконанні будівельних завдань;
- знімальні вишукувальні при землевпорядкуванні території;

– знімальні при веденні державного земельного кадастру.

Геодезичне забезпечення та геоінформаційні системи під час проведення інженерних вишукувань дає можливість виконання у подальшому проектних та будівельних робіт.

Отримання геодезичних даних у процесі проведення зйомок із застосуванням сучасних геодезичних приладів дає можливість отримання обробленої інформації геопросторових даних про:

- об’єкти інженерних вишукувань;
- природно-кліматичні умови місцевості;
- рельєфні умови даної місцевості;
- висотні умови і перевищення;
- умови розвитку негативних руйнівних процесів земної кори;
- умови подальшого будівництва об’єктів.

Геодезичні знімальні і розбивочні роботи здійснюються:

- для подальшої розробки інженерних проектів, обґрунтування здійснення будівництва об’єкта на певних ділянках територій;
- для подальшої експлуатації будівель і споруд, які виділяються під забудову;
- для здійснення екологічної інженерної оцінки проектних рішень (рисунок 2);

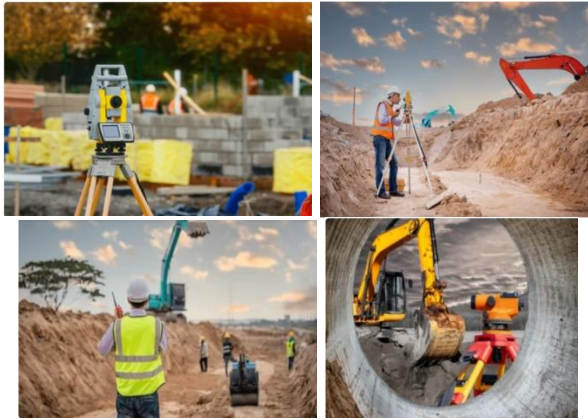


Рис. 2. Здійснення екологічної інженерної оцінки проектних рішень

- для розробки проектів землеустрою, для формування земельних ділянок у державному земельному кадастрі;
- для створення і ведення різних державних кадастрів;
- для розробки землевпорядних проектів для формування земельних ділянок у ДЗК;
- для здійснення операцій з нерухомістю сформованих земельних ділянок, що унесені до бази ДЗК і мають кадастрові номери;
- для розробки проектів будівництва промислових об'єктів і споруд;
- для здійснення реконструкції та капітального ремонту лінійних об'єктів автомобільних доріг і залізниць;
- для розробки містобудівної документації;
- для введення експлуатації електричної мережі і інших комунікацій;
- здійснення аерофотознімання із застосуванням БПЛА для створення ортофотопланів;
- здійснення інженерних виконавчих геодезичних знімів для здійснення контролю за осіданням фундаменту будівельних об'єктів

- здійснення виконавчих зйомок для проведення моніторингу зсування берегових смуг водних джерел і причалу;

- здійснення геодезичних знімань для встановлення меж водних об'єктів та водоохоронної смуги;

- геодезичні роботи для визначення глибини промоїн з вирахуванням їх об'ємів та прогнозуванням їх подальшої дії;

- виконання маркшейдерських інженерних знімань для прокладання трас у гористій місцевості;

- виконання геодезичних інженерних робіт при видобутку корисних копалин;

- визначення геодезичним зніманням відвалів гірничих порід і кар'єрів.

- виконання маркшейдерських робіт при прокладання тунелів;

- проведення виконавчих геодезичних знімань для введення об'єкта будівництва в експлуатацію

- проведення геодезичних робіт при нівелюванні земної поверхні;

- здійснення нівелювання будівельних майданчиків із застосуванням цифрового нівеліра;

- здійснення геодезичної виконавчої зйомки на будівельних майданчиків відхилень будівельних кранів;

- здійснення геодезичного тахеометричного знімання для побудови топографічних планів;

- здійснення геодезичного знімання на територію населеного пункту в масштабі 1:2000 для розробки генеральних планів населеного пункту.

Для виконання різних геодезичних завдань потрібні технічні засоби. До них відносяться геодезичні вимірювальні прилади і обладнання. Традиційно в геодезичних роботах використовували механічні кутомірні прилади, до яких відносяться: теодоліт, нівелір, кіпрегель, відділемір, мірна стрічка, бусоль, мензула.

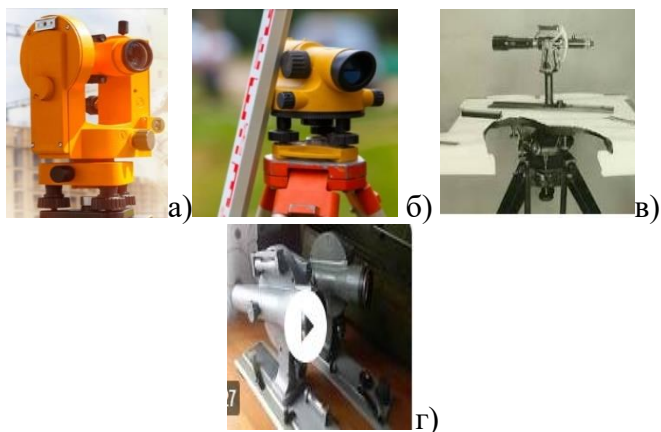


Рис.3. Механічні геодезичні прилади а) – теодоліт; б) – нівелір; в) – мензула; в) кіпрегель

З розвитком геодезичної науки та сучасних умов цифровізації і комп'ютеризації були створені геодезичні прилади, які:

- полегшували виконання завдань;
- збільшували точність;
- зменшували час проведення вимірювань;
- зменшували час математичного опрацювання геодезичних даних;
- в автоматизованому режимі перекачували результати геодезичних знімів (рисунок 4).



Рис. 4. Сучасні електронні геодезичні прилади – тахеометр

Геодезичні прилади мають зараз:

- електронну складову;
- вбудований комп'ютер;

- програмне забезпечення;
- мульти-сенсорний екран;
- панель керування;
- електронні тахеометри мають систему супутникової навігації;

- система GPS працює з супутниками – визначає дійсне місце положення точок об'єктів

У якості реального прикладу GPS-підсистеми можна навести інтегровану систему координації транспорту Axiom. Logistics.

Основні функціональні особливості системи Axiom. Logistics:

- оперативне отримання інформації про місце розташування кожного транспортного засобу і вантажу;
- доступ через web-інтерфейс Axiom. Logistics до карти з координатами і маршрутом транспортного засобу.

Геоінформаційні системи:

- контроль графіка і точності проходження маршруту;

- можливість екстреного зв'язку з транспортним засобом;

- ведення бази цих клієнтів, перевізників, транспортних засобів і вантажників в Axiom. Logistics;

- автоматизація процедури оформлення транспортних і митних документів в Axiom. Logistics;

- надійність системи, яка забезпечена зрілістю технологій GPS і GSM;

- низькі витрати на устаткування (використовується стандартне устаткування);

- низькі витрати на обмін інформацією (застосовується дешевий SMS-трафік + спеціальний тариф);

- безпека доступу до даних Axiom. Logistics;

- комплексне web-рішення;

- GPS/GSM – пристрій у транспортному засобі;

- операторський центр прийому і обробки SMS-повідомлень при русі по маршруту в Axiom. Logistics;

- сервер аналізу і візуалізації даних (SMS-повідомлень);
- система лазерного сканування сканує земну поверхню – за лічені секунди вимірює «хмару» точок, яка має висотні і просторові координати і вимірює в об'ємному 3-D форматі.

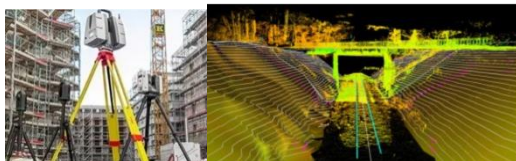


Рис.5. Система лазерного сканування

GPS було розроблено для військових цілей: безпомилкового переміщення загонів по місцевості, оптимального розгортання артилерії, визначення найкоротшого шляху до об'єкта знищення. На початку 80-х рр. минулого століття GPS стала доступна і цивільному населенню. Тепер практично кожен житель Землі може належним чином оцінити функціональні можливості GPS, причому абсолютно безкоштовно (насправді послуги GPS у багатьох країнах враховані в податкових зборах). GPS використовується не лише на землі, але також на морі та в повітрі. GPS застосовують скрізь, за винятком тих місць, де неможливо приймати сигнал (печери, шахти, порожнини). Сфери застосування GPS надзвичайно широкі. Це і навігація будь-яких рухливих об'єктів – персональних автомобілів, інкасаторських машин, кораблів і літаків.

Висновки. Геодезичні знімання земної поверхні здійснюється сучасними геодезичними приладами і обладнанням, що забезпечує ряд переваг - точність, швидкість, зручність картографічної побудови

На основі поєднання можливостей GPS та електронних технічних засобів створюються інформаційно-вимірювальні системи, що дозволяють отримувати нові якості в рішенні старих завдань.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УСУНЕННЯ КОЛІЙНОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

До деформацій дорожніх одягів відносять колійність – деформації нежорстких дорожніх одягів у вигляді поздовжніх борозен різної глибини по лініях нахату з причин або недостатньої міцності одягу, або недостатньої структурної міцності матеріалу покриття.

Коля з'являється на дорожніх покриттях під впливом інтенсивного руху важких транспортних засобів, особливо в літній період з високою температурою повітря і у весняний період підвищеного зволоження ґрунтів. Під дією таких чинників в шарах дорожнього одягу іземляного полотна можуть накопичуватися залишкові деформації і структурні руйнування, видимим відображенням яких є коля (рисунок 1).



Рис. 1. Коля на асфальтобетонному покритті

Простий метод ліквідації колій без усунення причин колеутворення полягає в заповненні колії ремонтним матеріалом гарячим або холодним способами [1].

В якості ремонтного матеріалу для вирівнюючого шару застосовують: високоміцний щебінь, оброблений бітумом або бітумною емульсією в установці; асфальтобетонну суміш; шари поверхневої обробки; емульсійно-мінеральні суміші та ін [2].

Заповнення колій ремонтним матеріалом може виконуватися різними способами :

- поверхневою обробкою в один або два шари;
- укладанням чорного щебеню без заклинки або із заклинкою;
- укладанням гарячої асфальтобетонної суміші;
- укладанням в один або два шари холодної емульсійно-мінеральної суміші типу Сларі Сіл;
- ін'єкційним способом.

Ремонт колій також може виконуватися способом термопрофілювання або фрезерування холодним способом приглибіні колії до 25 мм.

Поверхневу обробку в один або два шари виконують машиною з синхронним розподілом в'язучого і щебеню.

В залежності від глибини колії виконуються роботи по ліквідації колії чорним щебенем в один шар без заклинки або в два і більше шарів із заклинкою.

Укладання чорного щебеню виконується щебнерозподільником або асфальтоукладальником зрегульованою шириною смуги укладання.

Після заповнення колії чорним щебенем укладають тонкий захисний шар на ширину смуги руху або проїзної частини для надання однорідності поверхні покриття на вигляд і зчпним якостям, ліквідації лущення, викришування, дрібних тріщин і інших дрібних деформацій іруйнувань, захисту покриття від проникнення води. Захисний шар може бути влаштований методом поверхневої обробки або укладання емульсійно-мінеральної суміші типу Сларі Сіл.

Ліквідацію колій без усунення причин колеутворення на автомобільних дорогах здійснюють шляхом влаштування вирівнюючого або додаткового шару покриття ззсувостійкогощебенистого високощільного або щільного асфальтобетону.

Заповнення колій глибиною до 30 мм і усунення інших нерівностей на покритті може виконуватися із

застосуванням емульсійно-мінеральних сумішей типу Сларі Сіл, які можуть бути укладені в один-два шари.

Роботи по приготуванню суміші виконуються спеціальними машинами: AZKO NOBEL (Швеція), WIERO (Німеччина), ELMA (Італія), Minimas і Macroparker (США) та інші.

Усунення колій із застосуванням емульсійно-мінеральних сумішей може виконуватися без влаштування з влаштуванням додаткового шару зносу.

До початку укладання суміші виконуються: ремонт вибоїн; видалення великих нерівностей, зрізання їх методом холодного фрезерування; герметизація великих тріщин; видалення розмітки з термопластика фрезеруванням; очищення покриття від пилу і бруду.

На невеликих по довжині ділянках заповнення колії ремонтним матеріалом може виконуватися струменево-ін'єкційним методом. Роботи виконуються при температурі повітря не нижче плюс 5 °С як на сухому, так і вологому покритті.

Ліквідація колій методом гарячої регенерації (спосіб термопрофілювання) виконується для підвищення рівності покриття покриття при поверхневій колії глибиною не більше 20 мм. Термопрофілювання виконують із застосуванням комплекту машин, який включає асфальторозігрівач і термопрофілювальник). На відновлену поверхню покриття укладають захисний шар або шар зносу з гарячої асфальтобетонної суміші.

Після фрезерування покриття, видалення залишків і проведення підгрунтовки укладається шар асфальтобетонної суміші або влаштовується подвійна поверхнева обробка.

Заходи з попередження утворення колій полягають у тому, щоб попередити: накопичення нерівномірних залишкових деформацій в активній зоні земляного полотна; виникнення структурних змін і залишкових деформацій в шарах основи накопичення у верхніх шарах

асфальтобетонного покриття залишкових пластичних деформацій, обмежити знос покриття в смузі накату.

Для попередження утворення колій на дорожньому покритті робочий шар земляного полотна необхідно зводити з малопучинистих ґрунтів. Для підвищення несучої здатності і стійкості земляного полотна необхідно застосовувати сучасні геосинтетичні матеріали: геотекстиль, геосітки георешітки, а також стабілізацію ґрунтів земляного полотна.

Основу дорожнього одягу необхідновлаштовувати з матеріалів підвищеної жорсткості і стійкості до зсувних деформацій, а також матеріалів, які укріплені мінеральними або комплексними в'язучими. Для підвищення міцності ізсувостійкості шарів основи також можна застосовувати геосітки георешітки.

В результаті аналізу сучасних технологій ремонту колій запропоновано застосовувати такі шари покриття, які мають бути влаштовані з матеріалів, що мають високу міцність і зсувостійкість і підвищену стійкість до стирання – це щільні багатощербенисті суміші, емульсійно-мінеральні суміші, суміші, армовані добавками у вигляді фібр з використанням модифікованого в'язучого).

Література:

1. Р В.3.2-218-0,450778-476:2005. Рекомендації з ліквідації колійності на автомобільних дорогах різних категорій і значення. [Чинний від 2006-03-17]. Київ. 2005. 29 с.
2. ДСТУ-Н Б В.2.3-38:2016. Настанова з влаштування захиснів шарів зносу покриття дорожнього одягу автомобільних доріг. [Чинний від 2017-01-04]. Київ. 2017. 21 с.

ПЛАНУВАННЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО- ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ

Міські території являють собою складний виробничо-територіальний комплекс в якому необхідно вирішувати визначені господарські задачі в загальній системі суспільного поділу праці. В останні роки внаслідок підвищення рівня насичення міст легковими автомобілями виникла транспортна проблема пов'язана із пропуском автомобільних потоків. Найбільш напружена обстановка, яка супроводжується тривалими заторами у великих і надвеликих містах особливо при в'їзді у центральні райони в ранковий період і при виїзді з нього у вечірній час. Основні проблеми транспортного обслуговування населення і виробництва у містах обумовлені недостатнім розвитком вуличного-дорожньої мережі і транспортних вузлів. У зв'язку з цим виникає необхідність модернізації транспортної системи у містах для максимального задовільнення потреб населення у переміщенні.

Модернізація транспортних систем включає цілий ряд дій які спрямовані на підвищення ступеню планувальної упорядкованості, структуризацію мережі транспортних комунікацій, доведення технічного стану вулиць і доріг, позавуличних шляхів сполученні у відповідність з концепцією транспортного обслуговування населення і технічними можливостями сучасних транспортних засобів. Також модернізація передбачає забезпечення господарських, ділових і споживчих перевезень, окрім того гарантований захист селітебних і рекреаційних територій від транспортного шуму і відпрацьованих вихлопних газів автомобілів, надійність та безпеку роботи всіх видів міського транспорту.

Транспортні системи міст є важливою інфраструктурою і являють собою сукупність лінійних, вузлових та супутніх об'єктів соціального і технічного призначення що забезпечують надійне функціонування пасажирського та вантажного транспорту, пішохідного переміщення.

У великих містах найбільш проблемною частиною є його центральна зона, яка перенасичена міським рухом. На багатьох ділянках вулично-дорожньої мережі міст у центральній частині пропускна здатність досягає 1,5, а іноді і більше. Це свідчить про перевантаження, рух характеризується надто низькими швидкостями транспортного потоку, конфліктними ситуаціями. Одним із напрямків покращення умов руху може бути стимулювання відмови від індивідуальних транспортних засобів, що сприятиме зниженню інтенсивності руху транспортних потоків. Важливе значення має організація роботи транспортно-пересадочних вузлів. Транспортно-пересадочні вузли є ключовими зв'язуючими елементами транспортного вузла міста, які включають усі системи діючих в ньому видів міського, а також і зовнішнього транспорту. Вони формуються при взаємодії двох і більше видів масового міського транспорту в пересадочному процесі пасажирів, які здійснюють поїздки трудові, ділові, культурні, побутові та інш. Планувальні рішення та технічна організація транспортно-пересадочних вузлів їх розміщення на плані міста впливають на покращення умов доступності, а також на зниження протиріч між транспортною інфраструктурою і міським середовищем.

В ряді містобудівних задач, які спрямовані на зниження витрат часу на поїздки, покращення умов поїздки та пересадок з одного виду транспорту на інший, стоїть задача подальшого розвитку транспортно-пересадочних вузлів, планувального та технічного удосконалення їх, як точок взаємодії різних видів пасажирського транспорту.

Розвиток транспортної інфраструктури, упровадження в експлуатаційний перевізний процес нових видів транспорту ускладнюють планувально-технічну організацію транспортно-пересадочних вузлів. Проте, при всьому різноманітті варіантів організації транспортно-пересадочних вузлів при їх проектуванні необхідно знаходити оптимальні рішення які будуть забезпечувати слідуючі вимоги:

- зручність для пасажирів у пересадочних процесах;
- мінімум витрат часу на пересадку;
- безпека пасажирів;
- інформативність.

Найпростіші пересадочні вузли формують при взаємодії видів вуличного міського транспорту. Більш складні – при взаємодії ліній підземного транспорту, а також електрифікованої залізниці.

Типи планувальних рішень таких вузлів – транспортно-пересадочних комплексів залежать від багатьох містобудівних та інших умов. У складних транспортно-пересадочних вузлах можливі слідуючі планувальні та інженерно-будівельні рішення:

- максимальне наближення вестибюлів вокзалу і метрополітену;
- спорудження додаткових вокзальних об'ємів, а саме для розміщення в них залів очікування, попутного обслуговування, які створюють зручності і можливості безпосереднього виходу на платформи до поїздів;
- розміщення приміщень для обслуговування інвалідів на перших поверхах;
- мінімальне віддалення зупинок міського транспорту від входів у вокзал;
- спорудження системи міських проїздів, позавуличних переходів, автостоянок в зоні привокзальної площі, які забезпечують під'їзд, стоянку індивідуальних автомобілів інвалідів, а також спеціального автотранспорту.

В транспортно-пересадочних вузлах виділяються, як транспортна так і громадська зони. Транспортна зона призначена для відстою транспортних засобів громадського і комерційного транспорту, розміщення розворот нього кільця трамваю, тролейбуса у началі і кінці маршруту у конкретному транспортно-пересадочному вузлі. В цій зоні в умовах значного зростання індивідуального автотранспорту можливо створення перехоплюючих стоянок, які пов'язані із системою міського громадського транспорту біля метрополітену.

В громадській зоні розміщуються об'єкти обслуговування, торгівлі, офіси, установи та інш. Територія ділянки громадської забудови в зонах транспортно-пересадочних вузлів активно використовуються під об'єкти різного призначення. Окрім того, в цій зоні розташовані комунікаційні пішохідні шляхи. Головні шляхи протяжністю не більше 100 м, організуються від входів та виходів вестибюлів станцій метро до зупинок наземного транспорту. Другорядні формуються для відвідувачів об'єктів обслуговування, робітників в зоні транспортно-пересадочного вузла; жителів найближчих мікрорайонів, які розташовані в зоні пішохідної доступності.

Пересадочний процес в зоні транспортно-пересадочного вузла включає слідуючі складові елементи:

- рух від входу-виходу станції по комунікаційним шляхам до зупинки вуличного наземного транспорту;
- очікування транспортних засобів;
- посадку у транспортний засіб.

Затрати часу на переміщення залежать від планувального рішення транспортно-пересадочного вузла, які визначають умови руху пасажиропотоків. При розробці комутаційних шляхів в транспортно-пересадочному вузлі необхідно враховувати особливості пішохідного руху в них – велику напруженість потоку, його нерівномірність і

пульсацію, які визивають стиснуті умови руху і приводять до збільшення витрат часу на пересадку.

Очікування транспортного засобу залежить від інтервалів руху транспортних засобів наземного пасажирського транспорту. У часи «пік» на зупинках транспортно-пересадочних вузлів утворюються значні скупчення пасажирів, які очікують транспортні засоби, що сприяє порушенню графіків руху громадського наземного транспорту.

Робота наземного транспорту в умовах напружених пасажиропотоків, недостатній місткості транспортних засобів, значних інтервалів руху в порівнянні із метрополітеном, приводить до збільшення витрат часу на пересадках.

Треба звернути увагу на те, що вибір зони забудови транспортно-пересадочних вузлів залежить від містобудівних умов. Оптимальним по використанню територій, організації руху транспорту і пішоходів, надання зручностей пасажирам при пересадці в вузли є варіант який передбачає комплексне багаторівневе рішення транспортно-пересадочного вузла і прилягаючої до нього забудови.

Важливими напрямками по покращенню архітектурно-просторового середовища міста є інтенсифікація використання його територій шляхом упорядкування функціонального зонування, ефективності використання вже освоєних міських земель. Насичення транспортними і громадськими функціями зон транспортно-пересадочних вузлів приводить до утворення громадсько-транспортних центрів. Таким чином посилюється соціальна значність і необхідність композиційного планування і забудови біля станцій метро.

Раціональна планувальна організація території транспортно-пересадочного вузла має важливе значення для його функціонування. Просторове рішення зони

транспортно-пересадочного вузла включає рішення слідуючих задач:

- організацію комунікаційних шляхів для пасажирів які користуються підвозящим транспортом при виході із метро (і в зворотному напрямку);
- організацію руху наземного транспорту без перетину пішохідних шляхів;
- організацію відстійно-розворотніх площадок для транспортних засобів (автобус, тролейбус, трамваї, маршрутні таксі), які закінчують і починають маршрут біля даного транспортно-пересадочного вузла;
- раціональне розміщення зупинок наземного транспорту відносно входів-виходів вестибюлів станцій метро;
- інтенсифікація використання територій в зоні транспортного-пересадочного вузла при розміщенні об'єктів культурно-побутового обслуговування і різного функціонального призначення.

З метою зменшення витрат часу на пересадку планувальні рішення необхідно доповнити організаційними заходами з використанням технічних механізмів, пристроїв з врахуванням мало мобільних груп населення.

Література:

1. Вяткін К.І. Транспортно-просторова привабливість територій: фактори впливу. Містобудування та територіальне планування. Київ. КНУБА. 2021. Вип. 77. С.87-97.
2. Ломотько Д.В., Філіпський О.В., Кравченко Д.М. Удосконалення роботи транспортно-пересадочних вузлів під час мультимодальних пасажирських перевезень за участю залізниць та автотранспорту. Наукові праці ВНТУ: Вінниця: ВНТУ. 2019. Вип. № 4 . С.1-12.
3. Щурова В.А. Роль мережі транспортно-пересадочних вузлів у функціонально-планувальній структурі міста. Містобудування та територіальне планування. 2012. Вип. 13. С.248-255.

4. Чаркіна Т.Ю., Задоя В.О., Юрчик О.А. Сучасний стан та перспективи розвитку, відновлення і розбудови інфраструктури в Україні. Агро світ. 2024. № 6. С.103-112.
5. Гарнага В.Л., Кучеренко Л.В., Петюренко Л.П. Дослідження міського середовища для маломобільних груп населення. Наук.зб. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2015. Т. 19. № 2. С.89-94.

УДК 624

Безбабічева О.І., Клименко В.О., Вербицький К.І., Харків,
Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

СУЧАСНІ МЕТОДИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОКРЕМИХ ПІДЗЕМНИХ МЕРЕЖ ХАРКОВА

Проблема створення, експлуатації та реконструкції підземних мереж для великих міст завжди була і є актуальною. Постійне розширення житлових та промислових зон, збільшення етажності житлових комплексів, зростання кількості населення призводять до перевантаження існуючих систем водопостачання та каналізації. При цьому значна частка старих комунікацій улаштовувалась багато років тому, знаходиться в «старій», історичній частині великих міст, розраховувалась на суттєво менші навантаження, і вже багато років потребує великих витрат на підтримку у вигляді ремонтів та реконструкції окремих ділянок внаслідок аварійного технічного стану. Аварії на очисних спорудах та на мережах в різні роки показали, що потрібні сучасні дієві технології і методи для відновлюваних робіт та для загальної реконструкції підземних комунікацій. Необхідність організації додаткових підземних споруд різного призначення у великих містах в період війни також потребує інноваційних інженерних проектних рішень, нових методів виконання робіт та значних фінансових витрат для скорішого введення до експлуатації підземних комплексів.

Історія організації міських водопровідних мереж у Харкові бере початок з 1880 р, в якому була створена спеціальна Комісія з улаштування міських мереж та нагляду за будівництвом. Пізніше, у 1904 р водопровід перейшов до власності міста, що було позитивним кроком для його розвитку [1]. Необхідними для будь-якого великого міста завжди також стають системи каналізації. Історія розвитку цих складних та дуже важливих систем Харкова в подробицях описана у бібліографічному покажчику [2]. В покажчику наводяться прізвища видатних інженерів, вчених, які в різні роки шукали та реалізували надійні та безпечні рішення, міститься великий документальний матеріал. Д. С. Черкес, М. Г. Малишевський, М. І. Казас були першими авторами проекту каналізаційної мережі Харкова протяжністю 277 км., який здійснювався з 1912 по 1914 р і був розрахований на приєднання до мережі 600000 населення міста. Перші системи водопроводу та каналізації були набагато простішими порівняно з тими, що утворювались та розвивались пізніше, з появою великих міських очисних споруд. З 1920-х років були побудовані очисні споруди Диканівська, Безлюдівська, Холодногірська. У 1950-1960-х роках побудована найбільша в СРСР станція аерації (Диканівські очисні споруди) потужністю на 1,5 млн. м³/добу. У 1970-х роках каналізаційна мережа Харкова мала протяжність вже 5 тис. км. [3].

Велика аварія, яка сталася на Диканівських очисних спорудах у 1996р. після великої зливи (Рис. 1) [4] призвела до необхідності урахування можливих ризиків, небезпеки подібних аварій та в подальшому, звертатись до найсучасніших технологій та моніторингу каналізаційних та водовідвідних мереж. Також було вказано на необхідність.. «пріоритетного виділення коштів на будівництво, реконструкцію та заміну аварійних водопровідно-каналізаційних об'єктів і мереж, підтримання у роботоспроможному стані систем водопостачання та каналізації».

За висновками Урядової та міжвідомчої експертної комісії і актом службового розслідування, складеним Харківською обласною державною адміністрацією, ця аварія виникла внаслідок збігу ряду негативних чинників, передусім через інтенсивну зливу, що спричинила переповнення каналізаційних колекторів міста стічними і зливовими водами, та грубе порушення будівельних норм і правил, інших нормативно-технічних вимог під час проектування, будівництва та експлуатації об'єкта, допущене з вини його безпосереднього керівництва, та нежиття відповідних заходів управлінням житлово-комунального господарства м. Харкова. Це призвело до порушення режиму водозабезпечення і, по суті, всієї життєдіяльності великого міста. Було зупинено значну кількість промислових підприємств, припинено функціонування оздоровчих закладів. У ріки Харків, Уди, Лопань і Сіверський Донець скинуто велику кількість неочищених стічних вод, що могло спричинити різке погіршення санітарно-епідемічної обстановки у Харківській, Донецькій і Луганській областях України та Ростовській області Російської Федерації.

Державі заподіяно значних збитків. Обсяг прямих витрат, пов'язаних з аварією на головній насосній станції Диканівських очисних споруд м. Харкова, становить 2315 млрд. карбованців.

Рис. 1. Причини аварії на Диканівських очисних спорудах у 1996р за матеріалами [4]

Зношеність існуючих мереж при одночасному зростанні темпів житлового будівництва потребували протягом останніх років нових технологій та методів ведення робіт. З початком війни виникнення аварійних руйнувань підземних мереж від вибухових впливів стає додатковим викликом, тому що значна частка колекторів, побудованих в минулі роки не розраховані на дію таких підземних коливань.

У 2025р. тривають роботи з реконструкції каналізаційного колектору на Греківської вулиці, де було аварійне пошкодження 8 років тому і процес ремонту затягнувся за комплексом обставин. Застосовуються технології мікротонелювання, відновлюється 100 м колектору з улаштуванням 3-х шахт і виконанням антикорозійних та гідроізоляційних робіт сучасними матеріалами. Під час виконання робіт стоки перенаправляються тимчасовими мережами.

До особливостей проведення робіт відноситься значна глибина розташування мереж, знаходження більшості

з них в старій забудові, водонасичені нестійкі ґрунти, потреба в демонтажі старих бетонних колекторів, а також, постійні обстріли та вибухові впливи в зоні прокладених мереж.

При останніх масштабних реконструкціях в Харкові почали вперше в Україні застосовувати метод, який вже апробований в Європі, а саме, «безтраншейна технологія», або метод «спіральної навивки». Роботи проводяться над старими залізобетонними колекторами великих діаметрів (до 2м), які експлуатуються понад 50 років. Колектор промивають гідродинамічним методом, а потім всередину старої труби навивають ПВХ-стрічку, формуючи нову трубу на всю довжину. При цьому є значне скорочення часу та трудових витрат.



Рис.2. Реконструкція каналізаційного колектору, Харків [5]

Серед перспективних світових технологій, які стосуються подібних робіт і вже починають використовувати в Україні, можна відмітити ВІМ-моделювання та його комплексне застосування для масштабних проєктів з метою подовження життєвого циклу

об'єктів (рис.3). Довжина спеціального підводного тунелю у Лондоні для запобігання скидання у Темзу стічних вод, для очищення води, для покращення моніторингу та експлуатації становить 25км.

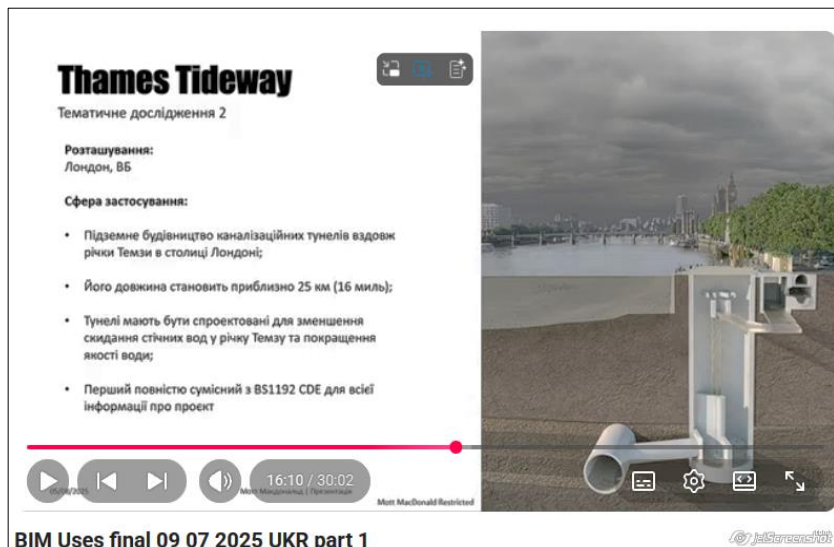


Рис. 3. Застосування технологій BIM при будівництві каналізаційних тунелів в Лондоні в складних умовах: з вебінару [6]
<https://youtu.be/2cdNRJFsJ2w?si=VMq2a7Smyhzx3MZS>

Література:

1. Bagalei, D. I., Miller, D. P. Istoriiia goroda Khar'kova za 250 let ego sushchestvovaniia (1655 po 1905-i god). V 2-kh. T, t. 2. Khar'kov, 1912.
2. Каналізація міста Харкова (до 100-річчя від дня заснування): бібліогр. показчик / Бібліотека Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; [керів. проекту: В. М. Бабаєв, І. В. Корінько ; уклад. : Т. С. Лиса, Н. Б. Давидова, Н. П. Тріпутіна ; наук. ред. О. М. Коваленко. – Харків : ХНУМГ, 2014. – 90 с.

3. Очисні споруди. Харків. <https://aquatec.in.ua/ua/blog-ua/istoriia-kanalizatsii/ochysni-sporudy-kharkiv>
4. Про причини аварії на головній насосній станції Диканівських очисних споруд м.Харкова, ліквідацію її наслідків і заходи щодо забезпечення безаварійної роботи підприємств водопровідно-каналізаційного господарства . Кабінет Міністрів України. Постанова від 22 січня 1996 р. N 108 Київ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/108-96-п#Text>
5. В. Яковенко. Масштабна реконструкція в Харкові: що ремонтують вперше за пів століття <https://www.objectiv.tv/uk/objectively/2025/07/01/masshtabna-rekonstruktsiya-v-harkovi-shho-remontuyut-vpershe-za-piv-stolittya-foto/>
6. BIM Fundamentals Training course. ДП «НІПІ» <https://youtu.be/2cdNRJFsJ2w?si=VMq2a7Smyhzx3MZS>

УДК: 528.48

Арсеньєва Н.О., Сухова В.Г., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Інформаційне забезпечення геодезичних вишукувань і ВІМ-технології тісно пов'язані: геодезичні вишукування забезпечують вихідні дані для створення інформаційних моделей, а ВІМ-технології інтегрують ці дані в 3D-моделі, забезпечуючи комплексне управління всім життєвим циклом проекту. Геодезія створює інформаційні ресурси про місцевість (рельєф місцевості, існуючі об'єкти), які потім використовуються в ВІМ-проектах для точного визначення місця розташування та проектування будівель та інфраструктури. Інформаційне забезпечення геодезичних вишукувань полягає у процесі

створення геодезичних інформаційних ресурсів для проєктування будівельних та інших робіт. Сюди входить збір та обробка даних минулих років, рекогносцировка території, топографо-геодезичні роботи. В результаті вишукувань формується точна інформація про рельєф місцевості, необхідна для проєктування та будівництва. Технологія інформаційного моделювання, що включає елементи геоінформаційних систем та систем автоматизованого проєктування. BIM-технології дозволяє створювати тривимірні віртуальні моделі будівель, а також інженерних мереж, мостів і доріг. До особливостей можна віднести акумуляцію всієї інформації про проєкт і дозволяє аналізувати її, тестувати та вносити зміни на ранніх стадіях, до початку будівництва [1, 2].

Інтеграція геодезичних даних у BIM дозволяє будувати точні, функціональні та оптимізовані проєкти з урахуванням реальних умов місцевості.

Важливо відзначити, що концептуальний підхід BIM-технологій щодо проєктування лінійних транспортних об'єктів зводиться до аналізу різнобічної інформації про об'єкт, отриманої в результаті різноманітних досліджень (геології, геодезії, кліматології та ін.), методів оцінки технічного стану споруди, оцінки та розробки цифрової моделі рельєфу, інтеграції отриманої інформації в загальну цифрову модель. Використовуючи технології інформаційного моделювання та різноманітні програмні продукти, можливості яких інтегровані в концепцію BIM, можна швидко та з високою вірогідністю змодельовати стан об'єкта на будь-якому етапі його життєвого циклу.

Аналітичний метод дослідження можливостей технологій інформаційного моделювання лінійних транспортних об'єктів дає змогу виявити та алгоритмізувати використання програмних систем обробки певної інформації, отриманої в результаті комплексного обстеження споруд. Наприклад, одним із початкових етапів обстеження споруди є створення цифрової моделі рельєфу

(ЦМР). Важливою складовою технології ВІМ є інженерно-геодезичні вишукування. Саме на цьому етапі здійснюється збір вихідних даних, необхідних для формування тривимірної цифрової моделі місцевості, що вирізняється наочністю, зручністю використання та меншою ймовірністю появи людських помилок. Топографічні зйомки виконують за допомогою цифрових теодолітів-тахеометрів і систем лазерного сканування.

У цифровій моделі проєкту результати досліджень подаються у вигляді тематичних шарів, які покривають поверхню й можуть відображатися за необхідності. Ці шари наочно демонструють результати гідрогеологічних, гідрологічних та екологічних досліджень. Уся інформація представлена у вигляді атрибутів і характеристик, що містять також посилання на проєктні документи відповідних розділів.

Інженерна цифрова модель місцевості є ключовим елементом інформаційної моделі об'єкта і супроводжує споруду протягом усього її життєвого циклу. Створення цифрових моделей для транспортних об'єктів має свої специфічні особливості [1, 2]:

- цифрові топографо-геодезичні дані на різних етапах дослідження отримуються з різною точністю та в різних системах координат, оскільки формуються в результаті фотограмметричної обробки матеріалів аерофотознімання, наземної автоматизованої зйомки, оцифрування карт та автоматизованого узагальнення топографічних матеріалів;

- значна протяжність лінійних об'єктів вимагає створення єдиного координатного простору;

- велика кількість перехресть потребує підвищених вимог до деталізації та точності топографічних даних.

Використання ВІМ-технологій у геодезичних вишукуваннях лінійних споруд забезпечує підвищення точності, ефективності та узгодженості інженерних робіт. Інтеграція результатів геодезичних вимірювань у ВІМ-модель дає змогу створювати високоточні тривимірні цифрові моделі місцевості й трасування, що є основою для

проектування доріг, інженерних мереж, трубопроводів та інших лінійних об'єктів. Завдяки ВІМ значно спрощується процес аналізу рельєфу, визначення оптимального положення споруди, виявлення колізій, а також забезпечується ефективний обмін даними між усіма учасниками проєкту. У результаті геодезичні вишукування стають більш прозорими, керованими та інтегрованими в загальний цифровий процес будівництва.

Використання ВІМ під час проектування й будівництва лінійних об'єктів має низку суттєвих переваг [1, 2]:

- висока точність моделювання рельєфу та місцевості, ВІМ легко інтегрується з ЦМР, геодезичними даними, результатами аерофотозйомки;
- оптимізація трасування, аналіз різних варіантів напрямку траси з урахуванням рельєфу, перетинів, охоронних зон та існуючих комунікацій;
- ВІМ автоматично визначає конфлікти між проєктованими мережами та існуючою інфраструктурою;
- покращена комунікація між учасниками проєкту, всі зацікавлені сторони працюють із єдиною цифровою моделлю;
- підтримка життєвого циклу споруди, інформаційна модель використовується не лише під час проектування, а й на етапах будівництва, експлуатації та реконструкції.

Застосування ВІМ-технологій у проектуванні та будівництві лінійних споруд забезпечує суттєве підвищення якості проєктних рішень, точності геодезичних даних, узгодженості моделей та ефективності взаємодії між учасниками проєкту. ВІМ не лише оптимізує процеси проектування, а й створює підґрунтя для цифрового управління інфраструктурою протягом усього її життєвого циклу, що робить його невід'ємним інструментом сучасної інженерії.

Література:

1. Арсеньєва Н. Особливості використання BIM-технологій у геодезичних роботах. Науковий збірник «InterConf+» 22 (2022): 486-492.
2. Pavelka jr., K., Běloch, L., and Pavelka, K.: Analysis of possible geodetic approaches for 3d model creation in bim, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLVIII-5/W2-2023, 77–84

УДК: 528.48

Арсеньєва Н.О., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ІНТЕГРАЦІЯ ГІС І БІМ В ГЕОДЕЗІЇ

У сучасних умовах цифрова трансформація та стрімкий розвиток інформаційних технологій суттєво впливають на багато сфер діяльності, зокрема на геодезію та геоінформаційні системи (ГІС). Поєднання цих двох напрямів дає можливість створювати інноваційні підходи до землеустрою, оптимізувати процеси опрацювання даних і підвищувати продуктивність роботи фахівців.

Цифровізація геодезії охоплює застосування новітніх технологій для збору, збереження, обробки та аналізу відомостей про земну поверхню. Це передбачає використання супутникових навігаційних систем, лазерного сканування, безпілотних літальних апаратів та інших інструментів, що забезпечують отримання точних даних про місцевість, координати та характеристики об'єктів.

ГІС-технології, своєю чергою, пропонують засоби для створення, накопичення, обробки, аналізу та візуалізації просторової інформації. Вони дають змогу відображати розташування, властивості й взаємозв'язки об'єктів на карті, а також забезпечують доступ до цих даних широкому колу користувачів.

Поєднання цифрових технологій у геодезії та можливостей ГІС відкриває нові шляхи для вирішення завдань у сфері землеустрою. Зокрема, побудова цифрових моделей рельєфу допомагає виконувати аналіз змін земної поверхні, здійснювати прогнозування, оцінювати можливі ризики та розробляти ефективні стратегії управління територіями [1, 2].

Важливою складовою такої інтеграції є застосування ГІС для обробки та аналізу даних, отриманих під час геодезичних вимірювань. Геоінформаційні системи дозволяють поєднувати інформацію з різних джерел, проводити просторове моделювання та аналіз, а також створювати карти й інші графічні форми подання даних.

Цифровізація геодезичних робіт та ГІС-технології сприяють автоматизації процесів обробки інформації, що значно підвищує точність і швидкість виконання завдань. Це допомагає знизити ризик помилок, пришвидшує виконання завдань і покращує загальну якість отриманих результатів. Нейронні мережі відкривають нові горизонти для геологічних досліджень, і попри наявні труднощі їх застосування в геології активно розширюватиметься найближчим часом.

Виклики та перспективи розвитку інтеграції ГІС І БІМ [1 – 3]:

- висока вартість технічних засобів, потреба у придбанні дорогого обладнання та спеціалізованого програмного забезпечення;
- підвищені вимоги до кваліфікації фахівців, необхідність освоєння сучасних технологій та новітніх програмних продуктів;
- захист даних, забезпечення належного рівня безпеки геопросторової інформації;
- інтеграція з іншими системами, формування єдиної інформаційної платформи.

Можна стверджувати, що поєднання цифрових технологій у геодезії та можливостей ГІС є ключовим напрямом розвитку у сфері геодезії. Воно забезпечує

сучасний підхід до опрацювання та аналізу просторової інформації й підвищує ефективність професійної діяльності.

Геосистемні технології широко застосовуються під час координування та прив'язки об'єктів нерухомості й інженерних мереж до місцевості, у проєктуванні об'єктів різних масштабів, для моніторингу стану довкілля, моделювання або відстеження природних і техногенних катастроф та в багатьох інших сферах. Основою таких процесів часто виступає цифрова модель місцевості (ЦМР), створена за допомогою геодезичних, аерокосмічних та інших методів.

Особливої ваги набуває використання геосистемних і, зокрема, геодезичних технологій у будівельній галузі. Вони є базою для проєктування, супроводжують будівництво інфраструктурних об'єктів та забезпечують моніторинг їхнього стану протягом усього життєвого циклу. Застосування геосистем і ВІМ-технологій найбільш активно розвивається в технологічно розвинутих державах та країнах із динамічною економікою [2, 3].

Просторові дані лежать в основі нашого реального середовища. Швидкий розвиток інновацій відкриває нові перспективи, зокрема й у будівництві лінійних споруд, сприяючи суттєвому зростанню якості та продуктивності геодезичних робіт.

Геодезичне забезпечення будівництва включає підготовку виконавчої документації та інженерно-вишукувальних матеріалів. Нині основними традиційними методами зйомки є тахеометричні вимірювання, наземне лазерне сканування та аерофотозйомка, що здійснюється як з пілотованих, так і з безпілотних літальних апаратів. У певних випадках також застосовуються супутникові знімки. Кожен із методів забезпечує отримання цифрової моделі місцевості (ЦМР) відповідного масштабу. Вибір конкретного способу зйомки визначається призначенням майбутньої ЦМР, вимогами до точності, масштабом та

іншими параметрами. Кожна технологія має свої сильні сторони й обмеження.

У сфері інформаційних технологій дедалі більше організацій прагнуть інтегрувати 3D-технології для моделювання геопросторової інформації. Відповідно до цього тренду провідні компанії, такі як Autodesk, Graphisoft та інші, постійно вдосконалюють інструменти створення тривимірних моделей для різних галузей. Останніми роками з'явилося багато сучасних програмних рішень для проєктування гірничих об'єктів і роботи з великими обсягами геопросторових даних.

Сьогодні інтеграція ГІС і ВІМ-технологій дає змогу поєднувати геодезичні вимірювання з даними цифрових моделей рельєфу, формуючи єдині цифрові моделі. Такий підхід дозволяє створити комплексну тривимірну модель, що відповідає сучасним стандартам. Увесь процес формування геопросторової моделі в галузі будівництва транспортних споруд активно підтримується сучасними програмними продуктами.

Ці системи забезпечують високий рівень автоматизації обробки геопросторових даних та містять повний набір інструментів, необхідних для опрацювання геодезичних вимірювань. Завдяки їм фахівці можуть створювати моделі будь-якої складності й розглядати їх під різними кутами, що значно полегшує розв'язання інженерних задач.

Література:

1. Боровий В.О., Зарицький О.В. Б83 ГІС-технології в геодезії та землеустрою: Монографія, видання 2-й, доповнення / В.О. Боровий, О.В. Зарицький. Київ : ТОВ «ВІСТКА», 2017. 252 с
2. Анненков А.О. Перспективи застосування ВІМ-технології при геодезичному забезпеченні будівництва. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Геофорум-2022», 6 – 8 квітня 2022 року. 2022. С. 23-26.

З. Лепешко А. Поєднання ГІС та БІМ технологій для будівельних та суміжних галузей». *Збірник наукових праць SCIENTIA*, Грудень 2021, <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/scientia/article/view/16677>

УДК: 625.72

Арсеньєва Н.О., Мишолов В.М., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

SMART ROAD – ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Майбутнє дорожньої інженерії окреслюється появою важливих інновацій, що сприятимуть підвищенню функціональності, довговічності та безпеки транспортної інфраструктури. Інтеграція автономного транспорту, впровадження «розумних» матеріалів, застосування Internet of Things (IoT) та технологій енергозбереження – усі ці розробки здатні докорінно змінити підходи до проєктування, будівництва та експлуатації доріг. Реалізація таких інновацій дозволить створити стійкі, ефективні та адаптивні транспортні мережі, здатні відповідати потребам майбутніх поколінь.

Сучасна автомобільна дорога – це інфраструктурний об’єкт, створений із застосуванням новітніх інженерних рішень, високоякісних матеріалів і передових технологій, що забезпечують безпечний та ефективний рух транспорту. Такі дороги інтегрують інтелектуальні транспортні системи (ІТС), екологічні матеріали та «розумні» технології, зокрема застосування Internet of Things (IoT) та штучний інтелект, які дозволяють здійснювати постійний моніторинг і керування у реальному часі. Проєктування сучасних доріг орієнтоване як на теперішні транспортні потреби, так і на майбутній розвиток, що гарантує їхню надійність, безпечність та мінімальний вплив на довкілля.

Автомобільну дорогу нерідко оминають увагою, коли йдеться про майбутнє розвитку та цифрову трансформацію сучасної транспортної інфраструктури. Адже всі чули про підключені автомобілі, безпілотні машини, GPS-навігацію, застосунки для оптимізації маршрутів чи сервіси перевезення пасажирів. Тож цілком природно замислитися, яку роль у цій цифровій революції може відігравати звичайне дорожнє полотно. Втім, виявляється, що сама дорога здатна стати основою для вражаючого різноманіття інновацій.

Дорожню інфраструктуру можна оснастити технологіями зв'язку, освітлення та передачі енергії, що сприятимуть сталому розвитку, підвищенню безпеки й ефективності, а також загалом змінять досвід керування транспортом. Smart road (розумні дороги) застосовують технології Internet of Things (IoT), щоб зробити поїздки безпечнішими, ефективнішими та екологічними відповідно до стратегічних цілей. Вони поєднують фізичні елементи інфраструктури – зокрема датчики та сонячні панелі – із програмними рішеннями, такими як штучний інтелект і системи аналізу великих даних.

Технології smart-доріг інтегруються безпосередньо в дорожнє покриття й можуть покращувати видимість, виробляти електроенергію, взаємодіяти з автономним та підключеним транспортом, стежити за станом дороги та виконувати інші функції. Міста можуть інтегрувати дорожню інфраструктуру з IoT-пристроями, отримуючи дані про трафік і погодні умови. Це сприяє підвищенню безпеки, покращенню керування рухом та енергоефективності.

Системи керування дорожнім рухом допомагають зменшувати затори та підвищувати рівень безпеки. Вони використовують камери контролю швидкості та попереджувальні сигнали, а також можуть автоматично спрямовувати транспорт об'їзними маршрутами. Оптимізація світлофорів дозволяє системам аналізувати

дані з камер відеоспостереження або інтелектуальних транспортних засобів, щоб налаштовувати режими світлофорів і повідомляти водіїв про перевантажені ділянки дороги. Попри те, що більшість сучасних транспортних технологій орієнтовані на окремі авто, інфраструктурні рішення також активно розвиваються.

Фотоелектричні модулі вбудовують у шестикутні панелі з надміцного загартованого скла, яким вимощують дороги. Такі панелі можуть містити світлодіоди, мікропроцесори, нагрівальні елементи для танення снігу та індуктивні зарядні системи для електромобілів під час руху. Скло є придатним для переробки і може бути міцнішим за сталь. Попри значний інтерес, основним викликом залишається висока вартість та масштабування технології.

Smart road (розумні дороги) – спеціально спроектовані дороги з датчиками, що фіксують зміни дорожніх умов, та Wi-Fi-передавачами, які забезпечують широкосмуговий зв'язок для транспорту. Такі дороги також можуть заряджати електромобілі під час руху. Є технології, які підвищують видимість покриття за рахунок нанесення фотолюмінесцентних матеріалів. На дорожнє покриття наносять фотолюмінесцентні матеріали, які накопичують денне світло й випромінюють його вночі. Смуги завдовжки до 500 метрів можуть світитися до восьми годин. Технологія поки що проходить тестування, але потенційно є дешевшою за традиційне освітлення [1].

Інтерактивні вуличні ліхтарі дозволяють зберігати енергетичні ресурси. Ліхтарі вмикаються лише тоді, коли датчики фіксують наближення автомобіля, і вимикаються після його проїзду. Це особливо зручно для малозавантажених доріг – забезпечується необхідне освітлення та мінімізуються витрати енергії. Деякі розробки, наприклад у Нідерландах, використовують повітряні потоки від руху транспорту для генерації енергії.

Смуги індуктивного заряджання електромобілів дозволяють збільшити відстані руху електричних

автомобілів. Провідники, вбудовані в дорожнє покриття, створюють магнітне поле, яке передає енергію автомобілю під час руху. Індуктивна зарядка вже застосовується для автомобілів в статичному положенні, а майбутні технології дозволять заряджати машини без зупинки – це вирішить проблему дальніх поїздок електромобілів.

Розгалужені мережі датчиків у поєднанні зі штучним інтелектом можуть визначати погодні явища, що впливають на безпеку. На відміну від сучасних RWIS-систем, які використовують обмежену кількість станцій, майбутні мережі зможуть збирати детальні атмосферні дані з багатьох точок та оперативно передавати їх у хмарні системи. Також можливе використання термочутливих фарб для позначення небезпечних ділянок, наприклад із льодом.

Датчики вздовж автомобільних доріг аналізують інтенсивність трафіку, вагу вантажів та виявляють затори, автоматично сповіщаючи про аварії. Волоконно-оптичні кабелі допомагають відстежувати зношення покриття, а взаємодія між транспортом і дорогою покращує загальне керування рухом. Наприклад, інтелектуальні системи можуть координувати роботу світлофорів у режимі реального часу замість фіксованих налаштувань.

Цифрова трансформація охопила всі етапи будівництва доріг – від початкового проектування до підсумкової перевірки. Сучасні проекти стартують у віртуальному просторі, де інженери можуть моделювати різні варіанти за допомогою інформаційного моделювання будівель (BIM) та 3D-візуалізації [2]. Такі цифрові моделі дають змогу завчасно оцінити вплив кожного рішення – від особливостей рельєфу та систем водовідведення до організації руху – ще до початку будівельних робіт. Цифрові двійники, тобто точні комп'ютерні копії реальних об'єктів, можна миттєво оновлювати, щоб побачити наслідки будь-яких запропонованих змін. Цифровізація процесів зв'язку не просто прискорює підготовку проєктної

документації. Сучасні платформи управління проєктами інтегрують дані, комунікацію та інформацію про перебіг робіт, забезпечуючи учасникам прозорий огляд стану проєкту на кожному етапі. Такий рівень відкритості зменшує ризики непорозумінь і перевитрат, а також сприяє швидким і узгодженим діям у разі появи проблем. Завдяки цифровим інструментам будівництво доріг проходить швидше й економічніше, державні ресурси використовуються раціональніше, а проєкти завершуються з мінімальною кількістю сюрпризів та з більшою задоволеністю всіх сторін.

Література:

1. <https://vrioeurope.com/en/smart-road-technology-digital-highways-of-the-future/>
2. <https://www.readability.com/how-smart-innovations-are-shaping-modern-highway-construction>

УДК 528.4

Бушев О. І., Нестеренко С. Г., Харків, Україна
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова

АНАЛІЗ СТАНДАРТІВ І НОРМАТИВНО- ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

Геоінформаційні системи (далі ГІС) активно використовуються для управління земельними ресурсами територіальних громад. ГІС дозволяє працювати з великими об'ємами даних і різними типами даних, що є ідеальними умовами для управління землями громад. Територія громад частіше за все дуже велика, деякі громади досягають площі понад 2000 квадратних кілометрів. Для управління землями потрібно оперувати різними типами даних, ці дані можуть включати кадастрові дані, інформацію про

землекористування, про розораність земель, про транспортну інфраструктуру, дані про інженерні комунікації та інші.

Стандарти у сфері ГІС поділяються на:

- Міжнародні, що ухвалюються за участі багатьох країн та міжнародних організацій;

- Міждержавні, що складаються групою держав під час їх співпраці для забезпечення стандартизації відповідних сфер діяльності;

- Національні стандарти, локальні стандарти на підприємствах для регулювання виробництва на цих підприємствах або у конкретній сфері виробництва.

Основною групою міжнародних стандартів у сфері ГІС є комплекс стандартів ISO 19100 «Географічна інформація». Цей комплекс розроблений технічним комітетом 211 (ТС 211), що відповідає за напрям «географічна інформація/геоматика» у Міжнародній організації по стандартизації (ISO). Стандарти ISO 19100 це структурований набір стандартів для об'єктів які мають власне розташування або локалізацію у просторі. У структурі стандартів 19100 виділяються основні галузі, а саме: інфраструктурні стандарти; стандарти моделювання даних; стандарти на метадані та адміністрування даних; стандарти на сервіси географічної інформації; стандарти кодування географічної інформації; стандарти для конкретних тематичних сфер. Отже, ці стандарти націлені на інформаційні технології і географічну інформацію, опису такої інформації, керування нею, можливості і сервіси для використання і обробки географічної інформації.

До міжнародних стандартів можна віднести і OGC (Open geospatial consortium), в створенні стандартів задіяні понад 200 організацій і країн. Консорціум має зв'язок з ISO 19100 і відповідним комітетом ISO і стандарти перекликаються між собою у різних сферах географічної інформації. OGC встановлюють стандарти кодування інформації в інформаційних системах, обміну даними та

інструкціями для обміну геопросторовими даними між системами, що ще називають інтероперабельністю. Умовно, коли в двох незалежних програмних продуктах реалізовано інтерфейс за OGC-стандартами, без налагодження і втручання компоненти від різних постачальників почнуть працювати разом. OGC відповідальні за розробку таких стандартів як: GeoJSON, GML, KML, WMS і WMTS.

Здатність вільного обміну даними між системами та постачальниками є пріоритетною в умовах розвитку земель громад. Для роботи у багатьох сферах діяльності громад фахівці повинні мати геопросторові дані, але цього не вдасться досягти, якщо дані будуть розроблені без орієнтування на стандартизацію. Розуміння цих даних та їх структури буде мати лише їх розробник, коли як при стандартизованому підході фахівець будь якої сфери повинен мати здатність використати ці дані, вивчити їх та зрозуміти їх структуру.

У країнах європейського союзу для стандартизації існує Європейський комітет зі стандартизації – CEN. Так само як і у Міжнародній організації ISO, у європейській організації є технічний комітет, що відповідає за географічні дані. У результаті діяльності європейські стандарти об'єдналися зі стандартами ISO для запобігання дублювання. Уряд Європейського союзу створив директиву INSPIRE – збір правил, що потрібні для існування Інфраструктури просторової інформації у Європейському Співтоваристві. Директива створена з природоохоронними цілями, її сутність полягає у спрощенні використання та обміну географічною інформацією, що стандартизована за визначеними технічними правилами. Україна приєдналась до країн Європейського Союзу шляхом створення Національної інфраструктури геопросторових даних.

Для стандартизації геопросторових даних і метаданих до них в Україні, їх зберігання, виробництва, оновлення, оприлюднення, оброблення і використання розроблена національна інфраструктура геопросторових

даних (далі НІГД) - сукупність пов'язаних між собою елементів: організаційної структури, технічних і програмних засобів, базових та тематичних наборів геопросторових даних, метаданих, сервісів, технічних регламентів, стандартів, технічних специфікацій. Законодавчі акти, що регулюють функціонування НІГД це Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», Постанова «Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних», «Технічні вимоги до специфікацій геопросторових даних національної інфраструктури геопросторових даних». Закони встановлюють перелік видів геопросторових даних НІГД, джерел звідки беруться дані, вимоги до даних, їх відповідність національним та міжнародним стандартам та інші деталі щодо функціонування інфраструктури, адміністрування, її суб'єктів, функціонування геопроталів та іншого. Більш детально вимоги геопросторових даних НІГД описані у Наказі Мінагрополітики «Про затвердження технічних вимог до геопросторових даних, метаданих і геоінформаційних сервісів національної інфраструктури геопросторових даних».

В Україні окрім міжнародних стандартів та законодавчої бази щодо НІГД для потреб стандартизації існують більш деталізовані стандарти ДСТУ, що гармонізовані зі стандартами ISO 19100, наприклад ДСТУ ISO 19101:2009 «Географічна інформація. Еталонна модель». Він призначений для розуміння напрямів і концепції стандартизації географічної інформації у цілому, тобто, інформації саме для розробників стандартів. Інший стандарт ДСТУ 8774:2018 «Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних» напряму відноситься до формування НІГД, бо дані НІГД повинні відповідати стандартизованій моделі геопросторових даних. Стандарти стосуються не тільки НІГД, а і матеріалів

що розроблюються органами державної влади, органами місцевого самоврядування.

Органи місцевого самоврядування постійно мають справу з геопросторовими даними і зацікавлені у стандартизації та розробці геопросторових даних правильним чином. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру у 2021 році розробила методичні рекомендації «Щодо оприлюднення геопросторових даних та метаданих на національному геопорталі органами місцевого самоврядування», який в свою чергу можна також вважати елементом системи стандартизації в Україні.

УДК 624.074

Атинян А. О., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Пустовойтова О. М., Гвоздюк О.А., Харків, Україна

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

АНАЛІТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ПОТУЖНОСТІ СКЛОПЛАСТИКОВОЇ ОБОЙМИ НА ГРАНИЧНІ СТАНИ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Використання полімерних матеріалів у будівництві відкриває можливості суттєво підвищити довговічність і надійність конструкцій, зменшити їх власну вагу та скоротити трудомісткість виготовлення. Одним із найбільш ефективних різновидів конструкційних пластмас є склопластики, які завдяки сприятливому комплексу міцнісних та антикорозійних властивостей вигідно вирізняються на тлі традиційних будівельних матеріалів.

Особливої уваги заслуговує склопластикова обойма, що дедалі частіше застосовується для підсилення та відновлення залізобетонних елементів. Завдяки високій міцності на розтяг, стійкості до корозії та мінімальній вазі,

така обойма забезпечує ефективний зовнішній обтиск конструкції, підвищує її несучу здатність і захищає від подальшого руйнування.

У будівельній практиці пошкодження залізобетонних елементів нерідко пов'язані з корозією сталеві арматури, яка прискорюється за умов недостатнього захисного шару бетону або агресивного середовища (морська вода, промислові гази, перепади температур тощо). Склопластикова обойма у таких випадках виступає ефективним засобом відновлення та довготривалого захисту, оскільки не піддається корозії та може працювати як зовнішній силовий елемент.

Промислове виробництво склопластиків стрімко розвивається, і сьогодні цей матеріал широко впроваджується у будівництві. Зокрема, він застосовується для виготовлення світлопрозорих плоских і хвилястих листів, тришарових сендвіч-панелей, арок, рам, оболонок покриттів, елементів огорожень, балконних плит і навіть санітарно-технічних виробів. У контексті відновлення та підсилення конструкцій особливо перспективними є склопластикові обойми та оболонки, що забезпечують поєднання малої ваги, технологічності та високої конструктивної ефективності.

Ефективність склопластикової обойми оцінюють коефіцієнтом α , який за даними різних авторів має значення. Коефіцієнт α не постійної величини, при цьому діапазон значень α коливається в межах від 1 до 5.

Коефіцієнт α залежить від двох основних факторів: бічного тиску p , що надається на бетон склопластикової обойми, та класу бетону. Потужність обойми визначається величиною бічного тиску обойми в граничному стані.

Коефіцієнт α залежить від бічного тиску. Величина бічного тиску обойми може бути змінена за рахунок зміни числа шарів склопластикової стрічки.

Залежність коефіцієнта α від класу бетону має місце лише при обоймах невеликої потужності $\alpha=1,8...2,7$. З

підвищенням потужності обойми ця залежність практично втрачається, а коефіцієнт α стає близьким до однакової величині ($\alpha = 1,85$).

Бетонні колони у склопластиковій обоймі мають високу деформативність, яка є характерною для конструкцій такого типу: армованих спіраллю, трубобетонних та інші. Це не дозволяє у повній мірі використовувати отриманий ефект збільшення міцності. Тому наряду з оцінкою несучої здатності колони на міцність повинна обов'язково проводитися її перевірка за стійкістю.

Гнучкість колони λ визначається за формулою:

$$\lambda = \pi \frac{\sqrt{E_0 / \sigma_{кр}}}{\sqrt{1 + a \left(\frac{\sigma_{кр}}{b} \right)^c}}$$

де $\sigma_{кр}$ - критичні напруги, які треба визначати з урахуванням нелінійного характеру залежності між напруженням та деформаціями бетону; E_k - дотичний модуль пружності,

При порівнянні малих λ несуча здатність визначається міцністю матеріалу, при порівнянні великих – стійкістю. Для бетону класу C50 при значеннях $\lambda \leq 17,2$ руйнування колони відбудеться від руйнування матеріалу, а при $\lambda \geq 17,2$ - від втрати стійкості конструкції.

Побудована крива $\lambda = f(\sigma)$ дозволяє визначити λ_0 у більш широкому діапазоні значень міцності бетону. Так, для бетону класу C15/20 гнучкість $\lambda_0 = 1,51$ (рис. 1).

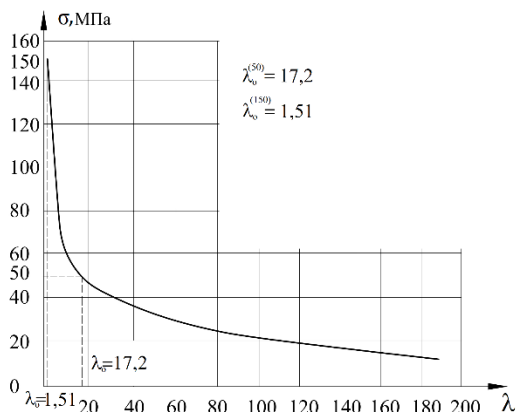


Рис. 1. Графік залежності руйнування напружень σ від гнучкості λ бетонних колон у склопластиковій обоймі

Висновки. Використання композитного матеріалу для підсилення конструкцій є цілком доцільним, має великий потенціал у забезпеченні надійності та тривалого терміну служби залізобетонних елементів.

Обойма зі склопластику не тільки підвищує міцність, але й покращує деформативність, що підвищує стійкість конструкції як до поздовжніх, так і поперечних деформацій.

Теоретична залежність коефіцієнта посилення (α) від величини бічного тиску дозволяє передбачити поведінку бетону в оболонці склопластику під різними навантаженнями

УДК 332:528

Маслій Л. О., Пілічева М. О., Харків, Україна
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ФОРМУВАННЯ КАДАСТРОВОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Геоінформаційні системи (ГІС) використовуються в різних предметних галузях, як системи, що збирають,

зберігають, обробляють і аналізують просторово-розподілені дані, за допомогою системи управління базами даних. Джерела даних, які використовуються для формування бази даних геоінформаційної системи (супутникові знімки і аерофотозйомка, лідарні зйомки, мобільне лазерне сканування, геодезичні вишукування і GNSS-спостереження, сенсори IoT тощо) зазвичай мають геопросторову прив'язку, що робить їх ефективним інструментом в управлінні територіями або геопросторовими об'єктами.

Однією із найважливіших інфраструктур країни є автомобільні дороги, які називають «кровоносною системою» держави, а її надійне функціонування знижує логістичні витрати і сприяє підвищенню інвестиційної привабливості регіонів завдяки відшкодуванню інвестиційних витрат в дорожню мережу.

На сьогодні ГІС автодоріг реалізує новітню концепцію ведення «просторових паспортних даних» доріг [1]. Вона забезпечує збереження та відображення на інтерактивній карті комплексної інформації про автомобільні шляхи (геометрію автошляхів, межі смуг відведення земель, параметри дорожнього полотна тощо), а також шукає і аналізує атрибутивні дані об'єктів інфраструктури за прив'язкою до популярних картографічних ресурсів (Google Maps, OpenStreetMap тощо).

Транспортні ГІС дозволяють візуалізувати мережі доріг, розраховувати маршрути перевезень, проводити просторовий аналіз навантажень і безпеки [2]. Такі системи забезпечують оперативне отримання інформації про технічний стан мостів, автомобільних доріг, дорожніх інженерних споруд і потенційно небезпечних ділянок, що значно підвищує ефективність ухвалення рішень щодо планування ремонтних робіт, реконструкції та оптимізації транспортних потоків.

Отже за таких умов виникає потреба у централізованій системі обліку та управлінні автомобільними дорогами, тобто геоінформаційній кадастровій системі автомобільних доріг. Подібна концепція відповідає міжнародному досвіду, наприклад, відповідно до італійського законодавства, власники доріг зобов'язані вести «кадастр доріг» – геоінформаційну систему з інвентаризації кожної публічної дороги, яка містить як графічні, так і табличні дані про її характеристики.

Кадастрова система (КС) автомобільних доріг України є перспективним інструментом цифрової трансформації дорожньої інфраструктури. Вона дозволить централізовано акумулювати просторові й атрибутивні дані про всі елементи дорожньої мережі (траси, розв'язки, штучні споруди, смуги відведення тощо). Традиційні системи обліку, засновані на паперових документах або локальних базах, мають низку обмежень у масштабності, оновленні та аналізі даних [3].

Кадастрова система автомобільних доріг повинна відповідати наступним цілям і завданням, серед яких:

- Автоматизація обліку і паспортизація доріг для комплексного обліку автошляхів усіх рівнів (державних, обласних, місцевих) та всієї пов'язаної з ними інфраструктури. Вона забезпечить «паспортизацію» доріг і споруд та формує цифрові паспорти з характеристиками кожної дорожньої ділянки.

- Управління експлуатацією та ремонтом, забезпечить підтримку планування і моніторингу з утримання доріг (поточний дрібний ремонт, реконструкція). Наприклад, завдяки ГІС можна автоматизовано планувати ремонти за даними про наявний стан покриття, виявлені дефекти та іншої зібраної інформації по певну ділянку дороги.

- Прийняття рішень та аналіз виконується завдяки інструментам просторового аналізу, які надає

геоінформаційна систем. Наприклад, можна оцінювати стан покриття (включаючи рівність, міцність, зчеплення) і виявляти аварійно-небезпечні ділянки на дорогах. Зіставлення статистики ДТП з географією мережі допомагає оперативно реагувати на «вогнища аварійності» (відзначені на мапі ділянки з підвищеною кількістю аварій).

- Публічна доступність інформації дасть громадянам та замовникам робіт доступ до відкритих даних. Наприклад, через інтерактивний веб-портал система надає «єдину точку доступу» до інформації про стан доріг, ремонти та реконструкції (графік робіт, закриті ділянки тощо), що в свою чергу підвищить прозорість дорожнього господарства.

- Інтеграція з іншими системами повинна забезпечувати зв'язок ГІС автодоріг з іншими державними реєстрами і системами (Державним земельним і містобудівним кадастрами тощо) та зовнішніми картографічними сервісами. Цей зв'язок дозволить поєднати кадастрові дані про землі під дорогами для створення загальної просторової моделі дорожньої мережі.

Запровадження кадастрової системи автомобільних доріг надає наступні переваги:

- Дані, які централізовано заповнюють систему доступні для аналізу відповідних фахівців, що підвищить прозорість у дорожньому господарстві.

- Точний облік, прогнозування ремонту і стратегія утримання оптимізує витрати.

- Аналіз аварійності дозволить виявляти «проблемні» ділянки, що покращить безпеку.

- Прийняття рішень щодо нових трас або реконструкцій сприятиме ефективному плануванню розвитку інфраструктури.

Перспективними напрямками розвитку запропонованої системи є [4]:

- Створення 3D ГІС та цифрових близнюків доріг дасть можливість моделювати інфраструктуру і робити прогнозування змін.

- Виконувати автоматизований моніторинг з використанням безпілотних літальних апаратів, автомобілі з сенсорами, IoT-пристрої тощо.

- Використовувати штучний інтелект і машинне навчання для аналізу трафіку, прогнозування пошкоджень, оптимізації ремонтів тощо.

- Розширення функцій КС та її відкритість за рахунок створення державного геопорталу для громадськості, бізнесу та науковців.

Кадастрова система автодоріг України – це інструмент цифровізації дорожньої галузі, яка забезпечить цілісну модель дорожньої мережі з інтегрованими атрибутивними та кадастровими даними, яка відповідає європейським практикам управління інфраструктурою. Завдяки ГІС-підходу створені цифрові «паспорти доріг» і двійники транспортних коридорів, підвищать ефективність будівництва, реконструкції і експлуатації доріг. Стандартизація (ДСТУ 9332, СОУ 2016 [5]) та наявність актуальних методичних рекомендацій забезпечить систему узгодженістю з іншими державними реєстрами і сприятиме побудові єдиної Національної інфраструктури геопросторових даних.

Література:

1. MagnetikOne. Геоінформаційна система автомобільних доріг: веб-сайт URL: <https://surl.li/oigfxt> (дата звернення: 17.11.2025 року).

2. Державне підприємство «Національний інститут розвитку інфраструктури» веб-сайт URL: <https://surl.li/skbyvd> (дата звернення: 17.11.2025 року).

3. Тимченко С. І. Геоінформаційні системи в управлінні дорожньою інфраструктурою: виклики та рішення для України. Економіка та суспільство. 2025. №71. С.8.

4. Тимченко С. І. Застосування ГІС у менеджменті проєктів безпеки дорожнього руху: аналітичні інструменти та український досвід. Економіка та суспільство. 2025. №74. С.10.

5. Будстандарт Online: веб-сайт URL: <https://surl.li/ulmsrx> (дата звернення: 17.11.2025 року).

УДК: 528.94:332.3

Нестеренко С. Г., Радзінська Ю. Б., Харків, Україна
Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СФЕРІ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ НА ОСНОВІ ГІС

Ефективне управління землекористуванням ґрунтується на швидкій інтеграції різномірних просторових даних, прозорій аргументації вибору альтернатив і відтворюваності рішень. Геоінформаційні системи надають платформу для збирання, зберігання, обробки та візуалізації просторових даних, а в поєднанні з методами багатокритеріального аналізу прийняття рішень утворюють повноцінну просторову інформаційно-аналітичну підтримку територіальних громад, кадастрових органів і забезпечують реалізації містобудівної діяльності. Класичне поєднання ГІС з методами багатокритеріального аналізу систематизоване в фундаментальних оглядах і стало стандартом для задач вибору та ранжування земельних альтернатив (придатність, зонування, пріоритезація інвестицій, оцінка ризиків тощо) [1].

У практиці муніципального управління інформаційно-аналітична підтримка в ГІС реалізується як просторова система підтримки прийняття рішень. Змістовна частина такої підтримки спирається на сумісні моделі даних та однотипні кодові листи. У європейській практиці основою є INSPIRE Data Specification on Land Use (LU) (версія 3.0), що описує класи, атрибути та відношення даних використання земель, а

також рекомендації з кодування, ідентифікації об'єктів та метаданих. Застосування стандарту суттєво підвищує інтероперабельність і якість обміну даними між муніципальними та державними реєстрами, що прямо впливає на надійність аналітики [2].

Для територіальних громад України це означає: при побудові шарів «фактичне використання», «дозволене/плановане використання», «обмеження й сервітути», «зони ризиків» варто орієнтуватися на структуру LUNSPIRE, забезпечуючи сумісність із державними реєстрами й геопорталами, що також полегшує під'єднання зовнішніх сервісів, інтеграцію з кадастровими, екологічними й містобудівними реєстрами, тобто, коректну роботу інформаційно-аналітичних модулів.

Типова інформаційно-аналітична підтримка в ГІС для землекористування включає:

- дані/сховище: кадастрові полігони, фактичне й плановане використання, обмеження (охоронні зони, санітарні розриви), транспортна мережа, рельєф/грунти, екологічні індикатори, демографія, Публічна кадастрова карта/геопортали;

- сервіси інтеграції у відповідності до INSPIRE LU [2];
- аналітичне ядро: модулі системи підтримки, геостатистика, мережевий аналіз доступності, моделювання сценаріїв та ін.;

- інтерфейс - оболонка системи.

Результатом впровадження подібних пропозицій є прискорення погоджень землевідведень і планувальних рішень; підвищення прозорості та обґрунтованості (кожне рішення має картографічний та аналітичний матеріал); зменшення розрізненості даних; можливість подальшого моделювання сценаріїв бюджету/мереж/екології та ін. [3].

Проте, є і певні складнощі впровадження пропозицій. Наприклад, якість аналізу обмежена якістю даних (актуальність, повнота, геометрична/тематична точність). Є проблеми в «суб'єктивності» ваг різних чинників, що інколи

може не враховувати аналіз і залучення різнорідних стейкхолдерів.

Тому, інформаційно-аналітична підтримка на базі ГІС дає можливість перетворити розрізнені дані на відтворювані, прозорі та виважені рішення у землекористуванні. Комбінація стандартних моделей даних забезпечує комплексне управління просторовими ресурсами на різних рівнях територіальних громад. Запропонований системний підхід може бути безпосередньо застосованим у практиці ТГ України для задач відбудови, планування та моніторингу.

Література:

1. Malczewski J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*. 2006. Vol. 20, No. 7. P. 703–726. URL: <https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/GEO151/%CE%92%CE%99%CE%92%CE%9B%CE%99%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%A6%CE%99%CE%91%20%CE%A3%CE%A7%CE%95%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%9C%CE%95%20%CE%A4%CE%97%CE%9D%20%CE%91%CE%A3%CE%9A%CE%97%CE%A3%CE%97/12.GIS%20based%20multicriteria%20decision%20analysis%20a%20survey%20of%20the%20literature.pdf> (дата звернення: 09.11.2025).
2. INSPIRE Maintenance and Implementation Group (MIG). INSPIRE Data Specification on Land Use — Technical Guidelines, ver. 3.0. 31 July 2024. URL: https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/publications/inspire-data-specification-land-use-technical-guidelines_en (дата звернення: 09.11.2025).
3. Cerreta M., Daldanise G., Poli G., Regalbuto S., Sannicandro V. A Spatial Decision Support System for Multifunctional Land-Use Assessment towards Transformative Resilience. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, No. 5: 2748. DOI: 10.3390/su13052748. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/5/2748> (дата звернення: 09.11.2025).

УДК 624.074

Pustovoitova O. M., Kharkiv, Ukraine

O.M. Beketov National University of Urban Economy

THEORETICAL ASPECTS OF SIMULATING THE STRESS-STRAIN BEHAVIOR OF PRESTRESSED CONCRETE ELEMENTS

Currently, new production technologies for prestressed floor slabs, including off-bed (stand) production without formwork, are being implemented in Ukraine. The product range of such structures is well-developed and covers a wide spectrum of spans and loads. One of the key issues in the design and manufacture of these elements is the selection of the optimal type and quantity of reinforcement.

To address this task, an analysis of existing design solutions [1-3] was conducted. Based on this analysis, recommendations for slab reinforcement optimization were developed, utilizing class K1400 (K7) strands and high-strength wire Vr1400 (Vr-II). The primary goal of these recommendations was to optimize the amount of reinforcement for a given load and to determine the minimum permissible concrete strength at which transverse and top longitudinal reinforcement could be eliminated.

As part of a theoretical investigation, the geometric parameters (embedment depth) of the slabs were studied to identify the conditions under which a support bending moment occurs at the point where the slab is embedded into masonry made of small-piece materials. The stress-strain state of the slab-to-wall support joint was analyzed. This analysis was necessary to assess the feasibility of placing reinforcement in the top zone of the slab (double reinforcement). For this purpose, the formation of a representative analytical model of the structure was considered.

The embedment into the wall was simulated by additional spans with varying lengths, starting from the minimum bearing length up to a maximum of 1000 mm. A finite element model was built, and calculations were performed in the

«LIRA» software package. The model used KE-10 elements – universal spatial bar elements. The analysis was conducted for a maximum slab span of 9.0 m. The slab's bearing length on the walls was a minimum of 160 mm and a maximum of 1000 mm.

The support conditions for the bars in the embedment zone were simulated using a Winkler foundation by assigning an additional characteristic – the bedding coefficient C_1 , which varied from 10^4 kN/m³ to 10^5 kN/m³. The load on the main (central) span was taken as the total load (self-weight plus live load), while the load on the side spans corresponded to the weight of the walls and floors of a 16-story building. The load on the slab's support section from the overlying floors varied discretely: $2 \cdot 10^3$ kN/m, $4 \cdot 10^3$ kN/m, and $6 \cdot 10^3$ kN/m. The live load on the slab in the span was taken as 14.4 kN/m. The physical-geometric characteristics of the bar modeling the slab were assigned as follows: $EA = 4.5 \cdot 10^5$ kN, $EI_y = 2.66 \cdot 10^4$ kN·m² ($A = 1507$ cm², $I_y = 8.9 \cdot 10^4$ cm⁴).

The calculation results showed that for bearing lengths up to 15 cm, the support bending moments are of a slightly higher order compared to the span moments.

An additional theoretical study was aimed at investigating the possibility of slab rotation at the point of its embedment into the masonry. For this purpose, a 3D model of the support joint was created. Modeling and calculations were also performed in the «LIRA» software package.

A 3D finite element model of the floor slab's support node was constructed. The structure was approximated using KE-36 elements – universal spatial eight-node isoparametric finite elements. The dimensions of all solid elements were $2 \times 2 \times 2$ cm.

A force of $P = 25$ kN (0.5 kN per node with a finite element mesh size of 2 cm) was applied to the slab's end face, creating a bending moment at the support corresponding to the moment from a load of 1.44 t/m (live load plus slab self-weight). The load on the wall from the overlying structures and walls was taken as $2 \cdot 10^3$ kN/m². For all solid elements, the modulus of

elasticity and Poisson's ratio were assigned according to the material properties: brick masonry – $E = 25 \cdot 10^5 \text{ kN/m}^2$, $\nu = 0.25$; mortar joint – $E = 15 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2$; slab concrete – $E = 3 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$. The mortar joint was modeled by inclined bars with a cross-section of $2 \times 2 \text{ cm}$, featuring hinges at the nodes connecting them to the slab.

To account for the nonlinear behavior of the nodal connection, which involves a loss of displacement compatibility between the slab and the masonry, the calculation was performed iteratively considering the deformed configuration. At each iteration step, the sign of the force in the bars modeling the mortar joint was determined; if the value was positive (tension), the bar was removed. As a result, the occurrence of rotation at the node was established, and the contact zones between the slab and the masonry were identified.

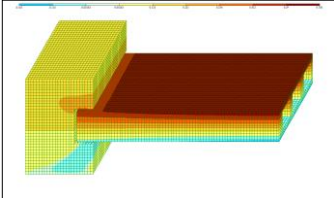
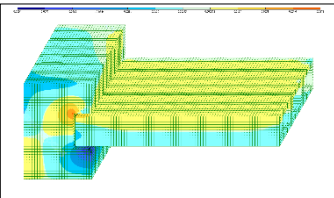
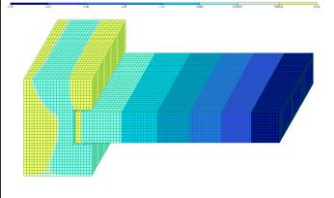
The results of the slab-to-masonry wall support joint calculation are presented in the form of displacement contours along the X, Y, and Z axes. Analysis of the displacement contours showed that the joint undergoes a rotation with a theoretical angle of $1.6 \cdot 10^{-4}$ radians, leading to a trend of the support bending moment diminishing. The contours are given in Table 1.

Analysis of the results from theoretical investigations of the slab under long-term loading demonstrated that the presence of a rotation angle at support A (brick masonry) and the absence of cracks in the upper zone of the slab justify the idealization of the slab's support in the masonry as a hinged support. This confirms that under the given loading conditions, the slab behaves as a simply supported structure, which simplifies analytical models and reduces the requirements for additional top reinforcement.

Furthermore, when the slab is subjected to a force from the masonry equal to 800 kN (equivalent to the load from 13 stories of a residential building), no stresses reaching the ultimate strength of the concrete were detected. This indicates the sufficient load-bearing capacity of the structure, even in the

absence of concrete infill in the slab's end voids. Consequently, omitting the void infill allows for simplification of the slab production process, reduction in material costs, and shorter production time without compromising structural reliability.

Table 1. Displacement Contours in the Support Node

Isofields of structural displacements along the axis X 
Isofields of structural displacements along the axis Y 
Isofields of structural displacements along the axis Z 

The obtained results confirm the effectiveness of the proposed approaches for modeling the stress-strain state of prestressed slabs. They can be used for further refinement in the design and production of reinforced concrete structures, as well as for developing more economical and technologically efficient solutions in the construction industry.

Література:

1. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В2.6-98:2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009.

2. EN 1992-1-1:2004+AC:2008, IDT. Єврокод-2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила та правила для будівель.
3. EN 1168:2005+A2:2009(E). Додаток J.

УДК 528.004

Воронков О. О., Харків, Україна

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

За визначенням транспортна мережа є системою транспортних шляхів різного значення та рівня впорядкованості, які з'єднують транспортні вузли і населені пункти та призначені для руху транспортних засобів і пішоходів [1-3]. Функціонування транспортної мережі відбувається в умовах інтеграції різних зовнішніх впливів, зокрема, кліматичних та географічних, демографічних, соціальних та економічних, які потребують врахування під час прийняття рішень [4].

Ефективне функціонування транспортної системи регіону безпосередньо залежить від її структурних та динамічних властивостей. До них має відношення: просторова неоднорідність мережі, пов'язана з концентрацією вузлів у містах та розрідженістю на периферії; багатошаровість, яка полягає у наявності автомобільних, залізничних, водних, повітряних шляхів; інтенсивність потоків транспорту з піковими навантаженнями та сезонними коливаннями; взаємопов'язаність з економічною, екологічною та соціальною системами регіону.

Розуміння цих особливостей породжує необхідність вирішення складних завдань управління, пов'язаних із прогнозуванням перевантажень, оптимізацією маршрутів, мінімізацією екологічних збитків та ін. Для вирішення цих

задач критично актуальним стає геоінформаційне моделювання, оскільки воно надає можливість інтегрувати різноманітні дані (трафік, топографія, землекористування) в єдину просторову модель, дозволяє симулювати сценарії розвитку транспортної мережі, забезпечує візуалізацію та аналіз у реальному часі.

Виходячи з означеного вище, створено геоінформаційна модель транспортної мережі харківської області.

Транспортна мережа Харківщини розгалужена. По-перше через Харківську область проходять важливі автомагістралі на Київ, Одесу, Мелітополь та ін. По-друге Харків є крупним залізничним вузлом та має добре розвинене залізничне сполучення. Отже, транспортна система Харківської області містить два такі основні складники як мережа залізничних шляхів та мережу автодоріг.

Процес створення ГІС-моделі склався із 5 етапів. На першому етапі сформульовано задачі аналізу, мета та визначено кінцеві користувачі та обрано формат представлення підсумкового результату. На другому етапі завдання поділено на окремі логічні частини та визначено потрібні шари, з метою можливості об'єднання конкретних результатів в одну інтегральну задачу. Третій етап полягав у створенні бази даних. На четвертому етапі розв'язано задачі ГІС-аналізу та внесені до моделі потрібні корективи. І на останньому п'ятому етапі прийняті рішення щодо подання результатів аналізу (карти, графіки, звіти, таблиці, результати експорту отриманих розрахунків до інших програм та ін.).

Створена ГІС-модель транспортної мережі харківської області має наступні шари: «Автомобільні дороги», «Автозаправні станції», «Автобусні станції», «Залізниця», «Залізничні станції» та «Населені пункти». Створені шари є складниками геоінформаційної моделі, кожен з яких забезпечений атрибутивними даними, що

характеризують властивості елементів шару, потрібними для аналізу транспортної системи.

Створена геоінформаційна модель транспортної мережі харківської області була випробувана шляхом розв'язання таких задачі ГІС-аналізу, як: побудова найкоротшого маршруту між об'єктами; розрахунок матриці відстаней; формування моделі зон обслуговування автозаправних станцій.

Представлена геоінформаційна модель транспортної мережі харківської області є дієвим та ефективним інструментом, який перетворює складність транспортної системи регіону з обмежувального фактору на інструмент стратегічного планування, прогнозування й оперативного управління.

Література:

1. Парубець О. М. Взаємозв'язок понять «мережа» і «мережева структура» як інтеграційних об'єднань підприємств транспорту [Електронний ресурс] / О. М. Парубець // Ефективна економіка. – 2014. – № 3. – Режим доступу : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2870>.
2. Hashchuk, P., і Y. Tymoshenko. Означуваність і зміст поняття транспортної системи. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, Vol 22, Dec. 2020, pp 66-77, doi:<https://doi.org/10.32447/20784643.22.2020.09>.
3. Інфраструктурне забезпечення розвитку транспортної системи регіону: колективна монографія [Текст] / [І.В. Заблодська, І.Р. Бузько, О.О. Зеленко, І.О. Хорошилова]. – Сєверодонецьк: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. –193 с. ISBN 978-617-11-0052-7.
4. Головкова, А. Є. Стратегічні напрями розвитку транспортної сфери країни в контексті євроінтеграції / А. Є. Головкова, В. І. Бартко, А. М. Якимова // Проблеми економіки транспорту : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2018. – Вип. 15. – С. 43–52. – DOI: 10.15802/pte.v0i15.136487.

УДК 625.7

Єрмакова І. А., Полтава, Україна

Національний університет «Полтавська політехніка імені
Юрія Кондратюка»

ТИПОВІ ДЕФЕКТИ МОНОЛІТНИХ ІНЖЕНЕРНО- ТРАНСПОРТНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ШЛЯХИ ЇХНЬОГО УСУНЕННЯ

Монолітні транспортні споруди, такі як шляхопроводи та скотопрогони, є важливими елементами інфраструктури, забезпечуючи безперебійний рух транспорту та екологічні переходи для тварин. Проте під час експлуатації вони піддаються значним механічним і природним впливам, що спричиняє утворення тріщин різних типів. Ці дефекти, якщо їх не усунути своєчасно, можуть призводити до значного погіршення експлуатаційного стану споруд і навіть до їх передчасного виходу з ладу.

Актуальність роботи зумовлена такими чинниками: зростанням транспортних навантажень, які перевищують проєктні показники; потребою подовження строку експлуатації споруд через економічну доцільність реконструкції; необхідністю вдосконалення будівельних технологій шляхом використання жорстких бетонів і постнапруженої арматури; впровадженням сучасних методів діагностики та підсилення, зокрема вуглецевих стрічок, зовнішнього армування й шпренгельних систем.

Досвід експлуатаційного утримання та результати наукових досліджень підтверджують, що забезпечення довговічності монолітних транспортних споруд можливе лише за умови системного підходу до їх проєктування, будівництва та експлуатації. Знання, викладені в статті, можуть бути використані як основа для удосконалення нормативних вимог і методик підсилення транспортних споруд, а також для впровадження інноваційних технологій у галузі мостобудування та дорожнього господарства.

Метою роботи є привернення уваги балансоутримувачів транспортних споруд, замовників будівельних робіт і проектних організацій до важливості забезпечення високих експлуатаційних характеристик монолітних транспортних споруд на всіх етапах їх життєвого циклу. Це охоплює етапи від розроблення проекту і будівництва до виконання регламентних робіт з утримання та ремонту: визначити основні причини виникнення тріщин у монолітних конструкціях прогонових будов; проаналізувати наявні способи усунення дефектів та підсилення конструкцій; запропонувати рекомендації для підвищення довговічності транспортних споруд, базуючись на аналізі досвіду експлуатації та сучасних технологій будівництва й реконструкції.

Це дозволить покращити якість експлуатаційного утримання, запобігти передчасному виходу споруд з ладу та забезпечити їх надійність у довгостроковій перспективі.

Утворення тріщин у монолітних конструкціях транспортних споруд є результатом дії експлуатаційних навантажень, використання технологій із недостатньо жорсткими бетонними сумішами, усадкових процесів і нерівномірного осідання споруд.

Цементобетонний покрив, укладений за допомогою бетононасосу, виявився менш стійким до появи тріщин, порівняно з покриттям із жорсткої бетонної суміші, укладеної дорожньою бетоноукладальною машиною. Це свідчить про перевагу жорстких бетонних сумішей для підвищення довговічності споруд.

Запропоновані способи посилення прогонових будов, такі як наклеювання вуглецевих стрічок, зовнішнє армування, використання шпренгельних систем і постнапруженої арматури, дозволяють ефективно запобігти подальшому розвитку тріщин і збільшити міцність конструкцій.

Для уникнення подібних дефектів у майбутньому при проектуванні та будівництві рекомендується:

- збільшувати розрахункові навантаження під час обчислення тріщиностійкості;
- підвищувати кількість поперечної арматури та товщину монолітних елементів;
- використовувати незнімну металеву опалубку, яка включається в роботу конструкції;
- передбачати застосування постнапруженої арматури для підвищення тріщиностійкості.

Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення нормативних документів, підвищення якості будівництва й експлуатаційного утримання транспортних споруд, забезпечуючи їх довговічність і надійність.

Таким чином, впровадження зазначених заходів сприятиме покращенню експлуатаційного стану монолітних транспортних споруд і зниженню витрат на їх ремонт у довгостроковій перспективі.

Література:

1. Єрмакова І.А., Нечипоренко М.В. Науковий супровід ремонту моста на км 159 + 267 при реконструкції автомобільної дороги Н-31 Дніпро – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка. Дороги і мости. Київ, 2022. Вип. 25. С. 174–189.
2. Безбабічева О.І., Кірієнко М.М., Черепньов І.А. Безпечна експлуатація та надійність мостових споруд на дорогах України як необхідні елементи транспортної логістики. Інженерія природокористування. Дніпропетровськ, 2016, № 1 (5). С. 29–39.
3. Grischka Dette. Assessment and Maintenance of Bridges - Requirements, Objectives, and Strategies, 1 (Paperback)/ Grischka Dette.– Shaker Verlag GmbH, Germany.2016. 389 p. (Schriftenreihe des Instituts fur Massivbau der TUHH, 13).

УДК 332:528

Пілічева М.О., Маслій Л.О., Харків, Україна
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У ВИШУКУВАННЯХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

У сучасних умовах розвитку дорожньо-транспортної інфраструктури безпілотні літальні апарати (БПЛА) посідають центральне місце серед інноваційних технологій, здатних суттєво підвищити ефективність та якість інженерно-геодезичних вишукувань. Їх застосування визначається високою точністю збору геопросторових даних, оперативністю отримання матеріалів та можливістю безпечного обстеження великих територій, включно з важкодоступними, техногенно небезпечними або воєнно-ризиковими зонами. Ці переваги зумовлюють зростаючу інтеграцію БПЛА у всі етапи дорожнього проектування – від передпроектних вишукувань до експлуатаційного моніторингу.

На стадії передпроектних вишукувань БПЛА забезпечують формування високодеталізованих ортофотопланів, цифрових моделей рельєфу (ЦМР) та цифрових моделей місцевості (ЦММ), які створюються на основі аерофотографування з високою просторовою роздільною здатністю – від 1 до 10 см на піксель залежно від застосованих сенсорів. За допомогою сучасного програмного забезпечення фотограмметричної обробки (Pix4D, DroneDeploy) здійснюється поєднання сотень і тисяч знімків, що дає змогу отримувати тривимірні моделі рельєфу з високим рівнем метричної точності. Такі моделі застосовуються для визначення оптимальних трас автомобільних доріг із урахуванням рельєфних особливостей, геологічних умов, схилів, потенційних зон ерозії та підтоплення. Це підвищує якість проектних рішень, а також сприяє зменшенню обсягів земляних робіт

і пов'язаних з ними витрат [1].

Під час проєктування та будівництва дорожніх об'єктів безпілотні літальні апарати виконують функцію інструменту оперативного технічного контролю та моніторингу. Використання БПЛА дає змогу щоденно або щотижнево фіксувати прогрес будівельних робіт, аналізувати відповідність виконаних робіт проєктній документації та своєчасно виявляти відхилення. На основі аерофотограмметрії здійснюється розрахунок об'ємів переміщення ґрунтів, що є важливим для контролю земляних робіт, а також оптимізації використання будівельної техніки. Додатково, багато сучасних моделей БПЛА обладнані лазерними сканерами (LiDAR), які дозволяють формувати високоточні тривимірні хмарні моделі точок навіть у складних умовах, таких як наявність рослинності або нерівномірне освітлення [2].

На етапі експлуатації БПЛА застосовуються для систематичного моніторингу технічного стану доріг, мостів, шляхопроводів, водовідвідних споруд та укосів. Завдяки можливості оснащення безпілотних систем мультиспектральними та тепловізійними камерами інженери можуть виявляти початкові дефекти дорожнього покриття, діагностувати порушення структури мостових конструкцій, локалізувати місця можливої втрати несучої здатності або надмірного зволоження ґрунтів під дорожнім полотном. Застосування різних типів сенсорів у комплексі дозволяє проводити багатокритеріальний аналіз стану інфраструктури та своєчасно планувати ремонтні заходи.

Особливої актуальності використання БПЛА набуло в умовах воєнного стану, коли значні території України вимагають швидкого обстеження, а подекуди безпілотники є єдиним безпечним способом збору даних. У ситуаціях, де інфраструктурні об'єкти зазнали руйнувань внаслідок бойових дій, БПЛА дозволяють оперативно отримати високоточні дані про масштаби пошкоджень, провести їх цифрове картографування та визначити пріоритети

відновлення. Крім того, безпілотники застосовуються для оцінки стану мостів у ризикових зонах, моніторингу пересування техніки та координації логістики гуманітарної допомоги, що суттєво підвищує ефективність управління інфраструктурними процесами в кризових умовах.

Управління даними, отриманими з БПЛА, є не менш важливим елементом вишукувальних робіт. Систематизація, зберігання та аналіз великих масивів аерофотографічних даних здійснюється у геоінформаційних системах (ArcGIS, QGIS), що забезпечує інтеграцію результатів обстеження у єдині цифрові моделі дорожньої інфраструктури. Це сприяє створенню комплексних інформаційних платформ, які підтримують прийняття управлінських рішень, моделювання транспортних потоків, прогнозування аварійних ситуацій та планування ремонтів на основі реальної аналітики.

Загалом впровадження безпілотних літальних апаратів у сферу дорожнього проєктування та експлуатації є важливим кроком у напрямі цифрової трансформації транспортної галузі. БПЛА забезпечують значне підвищення точності геодезичних вимірювань, скорочення часових витрат на польові роботи, оптимізацію фінансових ресурсів та підвищення загальної безпеки, оскільки зменшують потребу у фізичній присутності персоналу у небезпечних або важкодоступних зонах. Усі ці фактори формують новий стандарт інженерно-геодезичних вишукувань, який ґрунтується на цифрових технологіях та інтеграції високоточного просторового аналізу.

Література:

1. Sugiarto A.R., Abdi G.N., Sadidan I., Fitrianto M.R., Ramadhani F. Road Condition Monitoring with Drones and LiDAR in Infrastructure Technology. *Semesta Teknika*. 2025. Vol. 28(1). P. 113–124. URL: <https://doi.org/10.18196/st.v28i1.25170> (дата звернення: 15.11.2025).

2. Ahmad A.A., Sidabutar Y.L., Herwieany A.S. Comparison of Productivity and Accuracy of Unmanned Aerial Vehicles for Photogrammetry Surveys on Road Projects. *Jurnal Jalan Jembatan*. 2024. Vol. 41 No. 1. P. 1-14. URL: <https://doi.org/10.58499/jatan.v41i1.1283> (дата звернення: 15.11.2025).

УДК 332:528

Данилюк А. А., Пілічева М.О., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

РОЛЬ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УПРАВЛІННІ ДОРОЖНЬО-ІНФРАСТРУКТУРНИМИ ПРОЄКТАМИ

Сучасним напрямком модернізації транспортної сфери є впровадження інформаційних технологій в дорожньо-інфраструктурні проєкти, що відтворює світові тренди інтеграції ІТ-рішень у повсякденну управлінську практику. Для підвищення ефективності прийняття управлінських рішень під час управління дорожньою інфраструктурою необхідно створити умови, в яких надається швидкий доступ до актуальних даних, впроваджується гнучка адаптація до змін та контролюється точність прогнозів. Традиційні підходи в такому контексті стають непридатними.

В Україні спостерігається зростання значущості сучасних цифрових технологій, серед яких геоінформаційні системи (ГІС), технологія цифрових двійників (Digital Twin), Інтернет речей (IoT), аналіз великих даних (Big Data), системи штучного інтелекту та автоматизовані системи управління, а також засоби дистанційного зондування, включно з безпілотними літальними апаратами та супутниковою зйомкою. У контексті воєнного стану їх застосування набуває особливої актуальності, оскільки забезпечує можливість оперативного відновлення

критичної інфраструктури, підвищення точності оцінки пошкоджень та оптимізації розподілу обмежених матеріальних і фінансових ресурсів.

На загальнодержавному рівні одним із ключових елементів цифрової трансформації дорожньої галузі є проєкт Digital Road, що впроваджується ДП «Галузевий центр цифровізації та кібербезпеки» (ГЦЦК) [1]. Метою цього проєкту є формування інтегрованої електронної інформаційної системи, яка забезпечує комплексне акумулювання, збереження та оновлення даних щодо технічного стану автомобільних доріг України. Система передбачає уніфіковану паспортизацію дорожніх об'єктів, включно з геопросторовими параметрами, інженерно-технічними характеристиками та показниками транспортних потоків [1]. Функціонування Digital Road забезпечує можливість доступу до актуальних даних у режимі реального часу, що істотно підвищує ефективність управлінських рішень у дорожньо-інфраструктурній сфері. Зокрема, система дозволяє обґрунтовано визначати пріоритетність ремонтно-відновлювальних заходів, своєчасно ідентифікувати аварійно небезпечні ділянки та оптимізувати розподіл бюджетних ресурсів, що набуває особливої ваги в умовах фінансових обмежень. Крім того, впровадження Digital Road сприяє посиленню прозорості та підзвітності у сфері управління дорожніми активами.

Міністерство інфраструктури України здійснює активні заходи щодо формування цифрового двійника дорожньої інфраструктури, що розглядається як один із ключових напрямів підвищення ефективності управління транспортними мережами [2]. Проєкт передбачає створення високодеталізованих цифрових моделей автомобільних доріг, які інтегрують геометричні параметри, технічні характеристики та дані про експлуатаційні умови. Такі моделі слугують базою для багатосценарного моделювання процесів відновлення інфраструктури, оцінювання потенційних ризиків природного чи техногенного

характеру (зокрема, загроз підтоплення, зсувних процесів тощо), а також для оптимізації організації транспортних потоків. Застосування цифрових двійників у дорожньо-інфраструктурному секторі відповідає світовим тенденціям цифровізації та активно використовується в країнах із високорозвиненими транспортними системами. Впровадження аналогічних рішень в Україні має потенціал суттєво підвищити точність планування, скоротити час ухвалення управлінських рішень та мінімізувати витрати на експлуатацію й відновлення дорожньої мережі.

На регіональному рівні впроваджуються ініціативи, які підтверджують зростаючу роль цифрових технологій у системі публічного управління. Показовим є проєкт Digital Cherkasy, реалізований у Черкаській області, що відображає комплексний підхід до цифрової трансформації регіональних процесів [3]. У межах цієї ініціативи органи місцевого самоврядування налагодили взаємодію з бізнес-структурами та міжнародними партнерами з метою формування цілісної цифрової екосистеми управління територіальними ресурсами.

Одним із ключових результатів проєкту стало створення цифрових карт місцевої дорожньої мережі, що забезпечують підвищення точності планування транспортної інфраструктури. Ці картографічні рішення дозволяють оптимізувати маршрути громадського транспорту, ефективно визначати пріоритетність ремонтних робіт та формувати обґрунтовані управлінські рішення щодо розвитку дорожньої інфраструктури на рівні громади. Реалізація такого підходу демонструє значний потенціал регіональних цифрових інновацій як інструменту підвищення ефективності місцевого управління.

Воєнний стан істотно трансформував напрями та пріоритети цифровізації дорожньої інфраструктури в Україні. Якщо у довоєнний період стратегія розвитку була орієнтована переважно на системну модернізацію та довгострокове планування, то після 2022 року акцент

змістився на оперативне відновлення критично важливих об'єктів транспортної мережі – насамперед автомобільних доріг і мостових переходів. У таких умовах геоінформаційні системи (ГІС) набули статусу ключового інструменту управління, забезпечуючи швидке отримання, аналіз та візуалізацію даних про фактичний стан інфраструктури. На їхній основі формуються цифрові карти ушкоджень, що створюються із застосуванням супутникових знімків та аерофотофіксації з безпілотних літальних апаратів. Ці цифрові продукти використовуються для кількісної та якісної оцінки масштабів руйнувань, моделювання сценаріїв відновлення, формування пріоритетів реконструкційних робіт, а також для координації логістичних потоків гуманітарної допомоги.

Разом з тим, воєнні дії спричинили появу низки системних бар'єрів, які стримують повноцінний розвиток цифрових рішень у дорожньому секторі. Значне скорочення фінансування цифровізаційних ініціатив, пов'язане з перерозподілом бюджетних ресурсів на потреби оборони, суттєво обмежило можливості впровадження технологічних інновацій. Відсутність узгодженої міжвідомчої стратегії, а також фрагментарність взаємодії між центральними органами влади, територіальними громадами та приватними компаніями знижують ефективність реалізації цифрових проєктів. Додатковим ускладнювальним чинником є безпекові ризики – обстріли, мінування та тимчасова окупація окремих територій — які суттєво обмежують доступ фахівців до об'єктів дорожньої інфраструктури та унеможливають її систематичне цифрове документування. У сукупності ці фактори формують складне середовище, в якому цифрові технології залишаються водночас критично необхідними та важко реалізованими.

До основних проблем впровадження ГІС у дорожньо-інфраструктурні проєкти належать:

1. Фінансові обмеження – високі витрати на придбання програмного забезпечення, обладнання та підготовку фахівців, що особливо відчутно в умовах обмеженого бюджету.

2. Відсутність єдиної стратегії та нормативної бази – відсутність стандартизованих процедур і регламентів уніфікованого збору та обробки геопросторових даних у дорожній сфері.

3. Кадрові проблеми – недостатня кількість кваліфікованих спеціалістів, здатних працювати з ГІС та інтегрувати їх у існуючі процеси управління.

4. Технічні та технологічні бар'єри – складність інтеграції різнорідних даних, проблеми сумісності програмних платформ і обмеження у доступі до актуальної геопросторової інформації.

5. Безпекові ризики – у зонах конфліктів або небезпечних територіях обмежений доступ до об'єктів інфраструктури для їх цифрового обстеження та моніторингу.

6. Слабка координація між учасниками процесу – недостатній рівень взаємодії державних органів, місцевої влади та приватного сектору, що уповільнює впровадження та ефективне використання ГІС.

Загалом інтеграція геоінформаційних систем сприяє підвищенню ефективності управління, цифровізації транспортного сектору та забезпеченню сталого розвитку дорожньої інфраструктури.

Література:

1. У Мінінфраструктури презентували цифрові інструменти для управління дорожньою галуззю. Укрінформ. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3229372-u-mininfrastrukturi-prezentuvali-cifrovi-instrumentidla-upravlinna-doroznou-galuzzu.html> (дата звернення: 15.11.2025).

2. Дорожня галузь «в цифрі». Мінінфраструктури створює нові цифрові інструменти для якісного управління.

Міністерство інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/news/32749.html> (дата звернення: 15.11.2025).

3. Потенціал цифрової трансформації у громадах України. VoxUkraine. URL: <https://voxukraine.org/potential-tsyfrovoyi-transformatsiyi-u-gromadah-ukrayiny> (дата звернення: 15.11.2025).

УДК 528.8:004.9:528.77:656.11

Сопова Н. В., Анопрієнко Т.В., Макєєва Л.М.,
Винограденко С.О., Харків, Україна
Державний біотехнологічний університет

**ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДЗК ІЗ
ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ГІС ТА
БЕЗПІЛОТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ
ГЕОДЕЗИЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ
ПРОЄКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВА ТА
РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ І
ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД**

Сучасне дорожнє будівництво в Україні відбувається в умовах гострого дефіциту вільних земель, складного рельєфу, високої фрагментованості землекористування та значної кількості неузгоджень між фактичним станом місцевості й даними офіційних реєстрів. Державний земельний кадастр (ДЗК) залишається єдиним державним геоінформаційним ресурсом, який містить юридично значущу інформацію про межі земельних ділянок, їх цільове призначення, власників, обмеження та обтяження [1]. Відповідно до ст. 38 Закону України «Про Державний земельний кадастр», ці дані є відкритими та обов'язково використовуються при проєктуванні лінійних об'єктів інфраструктури [4]. Водночас ДБН А.2.2-3:2014 та ДБН В.2.3-4:2015 прямо вимагають застосування актуальних кадастрових даних для визначення меж відведення земель, санітарно-захисних та охоронних зон [5, 6].

Інтеграція даних ДЗК із сучасними геоінформаційними системами (QGIS, ArcGIS Pro, AutoCAD Civil 3D) та безпілотними технологіями створює замкнутий високоточний технологічний ланцюжок, який радикально змінює традиційний підхід до геодезичного забезпечення дорожніх проєктів. Процес розпочинається з отримання кадастрових даних через Публічну кадастрову карту або веб-сервіси WMS/WFS Держгеокадастру з подальшим експортом у формати SHP, GeoJSON або GML. Отримані шари автоматично накладаються на ортофотоплани та цифрові моделі рельєфу, що дозволяє вже на стадії передпроектних робіт виявити всі колізії проєктного положення траси з існуючими земельними ділянками, інженерними мережами та зонами обмеження [7].

Ключову роль в актуалізації та верифікації кадастрових даних відіграють безпілотні літальні апарати з модулями RTK/PPK (DJI Phantom 4 RTK, Mavic 3 Enterprise, WingtraOne, SenseFly eBee X). Фотограмметрична зйомка з ГСОТ 1–3 см дає змогу отримати ортофотоплани та ЦМР, які на порядок перевищують за деталізацією наявні державні топографічні матеріали масштабу 1:10 000 - 1:25 000. Порівняння результатів БПЛА-зйомки з векторними шарами ДЗК дозволяє оперативно виявляти самовільні захоплення, невідповідність фактичних і зареєстрованих меж, незаконні забудови в межах охоронних зон доріг [8, 9]. За даними 2023 - 2025 рр., на об'єктах програми «Велике будівництво» завдяки такому підходу виявлено від 9 до 18 % розбіжностей між зареєстрованими та фактичними межами земельних ділянок.

Практичне впровадження технології продемонструвало вражаючі результати. Під час реконструкції дороги М-30 Стрий - Умань - Дніпро - Ізюм (виконавець - ТОВ «Автострада») комбіноване використання даних ДЗК та зйомки WingtraOne дало змогу виявити 127 випадків самовільного захоплення землі

загальною площею 14,8 га та скоротити час інвентаризації земель на 68 % [11]. На проєкті обходу м. Стрий (траса Н-10) інтеграція кадастрових даних в ArcGIS Pro з автоматичним формуванням переліку ділянок під викуп та сервітут зменшила кількість судових спорів щодо меж на 82 % [12]. На ділянці Н-31 Дніпро - Решетилівка створення єдиної ГІС-бази з шарами ДЗК, ортофотопланами БПЛА та проєктними даними забезпечило економію 11,7 млн грн за рахунок точнішого визначення обсягів викупу землі [13].

Отримані геопросторові моделі легко експортуються у формати LandXML та IFC і використовуються в середовищах BIM-моделювання (Bentley OpenRoads Designer, Autodesk InfraWorks, Civil 3D), що забезпечує безперервний цифровий ланцюжок від кадастру до 4D/5D-моделі дороги [10]. Загалом комплексний підхід скорочує терміни передпроєктних і топографо-геодезичних робіт на 50–70 %, мінімізує проєктні помилки, підвищує прозорість та обґрунтованість рішень щодо земельних питань.

Разом з тим залишаються проблеми: до 18 % сільських ділянок у ДЗК досі не мають координат поворотних точок, а стандарти обміну даними між кадастром і проєктними ГІС не уніфіковані. Для їх вирішення підготовлено проєкт Закону № 10127 (вересень 2024 р.), який передбачає обов'язкове внесення виправлень за результатами аерофотозйомки БПЛА, а також ініціативу Укравтодору та Держгеокадастру щодо створення національного профілю LandInfra/InfraGML [14].

Таким чином, комплексне використання даних Державного земельного кадастру разом із сучасними ГІС-технологіями та безпілотними літальними апаратами вже сьогодні забезпечує якісно новий рівень геодезичного супроводу дорожнього будівництва. Досвід об'єктів 2021 - 2025 рр. підтверджує доцільність закріплення цього підходу як обов'язкового стандарту для всіх державних і комунальних дорожніх проєктів в Україні з 2026 року.

Література:

1. Закон України «Про Державний земельний кадастр» від 07.07.2011 № 3613-VI (ред. 2025).
2. Tretyak K., Petrov S. Use of UAVs in road design and construction. Kyiv: KNUBA, 2023. 212 p.
3. Ковальчук О. В. Застосування БПЛА у дорожньому будівництві України // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2024. Вип. 116. С. 145–156.
4. Закон України «Про Державний земельний кадастр», ст. 38.
5. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст матеріалів оцінки впливу на довкілля.
6. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування.
7. Іванов Р. О. Інтеграція даних ДЗК у ГІС-платформи для лінійного будівництва // Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2024. Вип. 101. С. 67–78.
8. Wingtra White Paper. Road construction surveying with fixed-wing VTOL drones. 2024.
9. DJI Enterprise. PPK workflow for road corridor mapping. 2025.
10. Bentley Systems. OpenRoads Designer 2024 R2: LandXML & IFC integration guide.
11. Звіт ТОВ «Автострада» про виконання реконструкції М-30 (2024).
12. Презентація проєкту обходу м. Стрий. Укравтодор, 2025.
13. Аналітична довідка Укравтодору «Ефективність використання ГІС та БПЛА у 2021–2024 рр.», 2025.
14. Проєкт Закону № 10127 від 12.09.2024 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо вдосконалення ведення Державного земельного кадастру».

УДК 625.7:528.48

Урдзік С. М., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

Котляр Т. С., Харків, Україна

Житлобуд-3

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ГЕОРАДІОЛОКАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

При дослідженнях стану конструктивних шарів дорожнього одягу георадіолокаційним методом важливу роль грає отримання та обробка вихідних даних, які дають можливість отримати достовірну інформацію. За мету було поставлено виявлення локальних об'єктів (арматури) у цементобетонній основі автомобільної дороги, товщиною 20 см. (Рисунок 1).

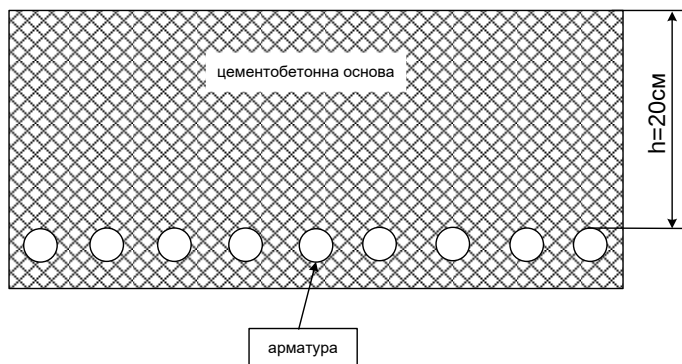


Рис. 1. Схема конструкції, яка досліджується

Вимірювання проводилися на поперечнику дороги шириною 21 метр за допомогою георадару «Одяг» з часовою розгорткою 25 нс. В результаті вимірювань була отримана радарограма (Рисунок 2).

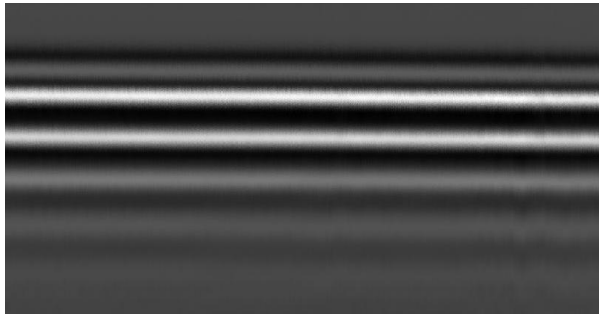


Рис. 2. Радарограма армованого цементобетонного шару товщиною 20 см

Метою обробки георадіолокаційних даних є виділення корисного сигналу (осей синфазностей корисних хвиль) на тлі шуму і перешкод. Потім, корисні хвилі, їх осі синфазностей, амплітуди, загальний вигляд запису використовується для опису параметрів досліджуваного середовища.

Для обробки отриманих даних необхідно виконати ряд дій: кореляцію амплітуд, видалення середнього сигналу і високочастотну фільтрацію.

Кореляція амплітуд необхідно провести таким чином, щоб послабити високоамплітудні сигнали, а низькоамплітудні посилити. Це досягається введенням коефіцієнта посилення, лінійно або експоненціально зростаючого зі збільшенням часу вздовж траси. Він є аналогом временного автоматичного регулювання посилення (ВАРУ) при польових вимірах. При цьому пізніше відбиті хвилі з більших глибин стають більшими по амплітуді і порівнянними з хвилями на початку запису.

На рисунку 3 наведено радарограму, яка була отримана після кореляції амплітуд, де обрано лінійно зростаючий коефіцієнт посилення.

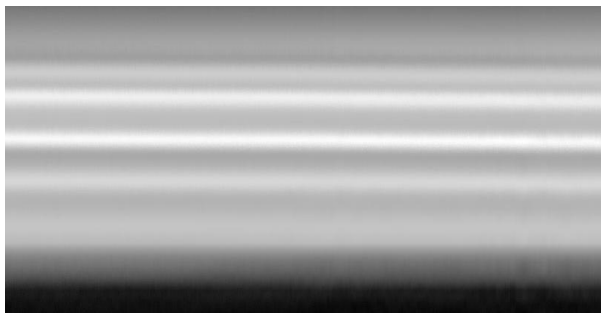


Рис. 3. Радарограма після виконання кореляції амплітуд

На наступному етапі обробки проводиться видалення середнього сигналу. Ця операція виконується з метою послабити вплив перешкоди, обумовленої наявністю зв'язку між антенами георадарного комплексу та прониканням зондуючого сигналу з передавальної антени в приймальну.

Це виконується шляхом знаходження середнього значення сигналу по заданій кількості сигналів або по всьому файлу (профілю) та наступним відніманням цього середнього сигналу з усього файлу або з заданої кількості сигналів.

Завершальним етапом обробки отриманої радарограми є високочастотна фільтрація. Ця операція необхідна в тих випадках, коли частотний спектр перешкоди чи шуму займає на осі частот інтервал, відмінний від частотного діапазону корисного сигналу або лише частково перекривається з ним. У цьому випадку частотна фільтрація дозволяє послабити перешкоду або шум практично без ослаблення та зміни сигналу та інформації, що міститься в ньому. Дана процедура дозволяє більш впевнено простежувати і виділяти осі синфазності корисних хвиль. За допомогою виділення таких ліній будується зображення об'єкта досліджень на хвильовій картинці.

У разі дифракції від локального об'єкта, у нашому випадку від арматури, вісь синфазності має форму

гіперболи, за допомогою якої можна визначити наявність арматури в шарі цементобетону.

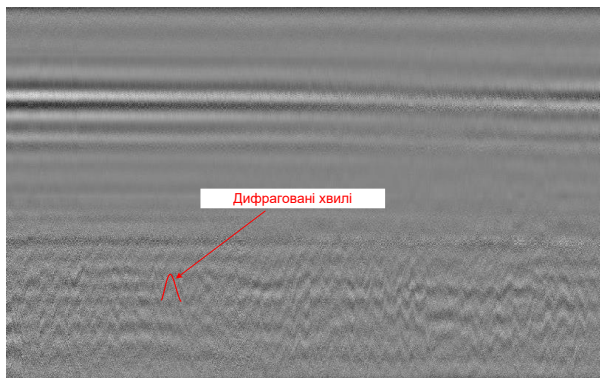


Рис. 4. Позиціонування арматури шляхом виділення дифрагованих хвиль

Отримана, таким чином радарограма, є вихідними даними для подальшого визначення стану арматури, глибини її залягання та впливу на роботоспроможність всієї конструкції дорожнього одягу. За даним алгоритмом можуть бути визначені місця в шарах дорожнього одягу, де є скриті дефекти, розслоювання шарів, утворення сітки тріщин в нижніх шарах, місця підвищеної вологості в шарах основи дорожнього одягу та інші дефекти. Провівши данні випробування та розробивши алгоритм для обробки даних можна зробити висновок, що за допомогою георадару «Одяг» можна проводити діагностування стану конструктивних шарів дорожнього одягу з достатньо високою чіткістю та достовірністю.

Література:

1. Gennadiy P. Pochanin, Sergey A. Masalov, Vadym P. Ruban, Pavlo V. Kholod, Dmitriy O. Batrakov, Angelika G. Batrakova, Liudmyla A. Varyanytsia-Roshchupkina, Sergey N. Urdzik, Oleksandr G. Pochanin. Advances in Short Range Distance and Permittivity Ground Penetrating Radar Measurements for Road Surface Surveying. in: Advanced Ultrawideband Radar: Signals,

Targets and Applications. CRC Press - Taylor & Francis Group. London, 2016. PP. 20 - 65.

2. D. O. Batrakov, K. S. Beloshenko M. S. Antyufeyeva, A. G. Batrakova, S. N. Urdzik. Comparative Study of Signal Processing of Two UWB GPR Antenna Units. Electronic Systems, Micro - and Nanosystem Technique, and IoT Electronic Technology Symposium October 10-12, 2018. Kiev, Ukraine. PP. 1 - 5.

УДК 625.7:528.48

Урдзік С. М., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Палаута С. С., Харків, Україна

Служби відновлення та розвитку інфраструктури у Харківській області

ГЕОРАДАРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА СТАНУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ З ТРІЩИНАМИ У ПОКРИТТІ

Діагностика стану дорожнього одягу, з залученням методів георадарної діагностики дозволяє:

а) значно поповнити об'єм одержуваної інформації про стан дорожнього одягу, в тому числі про його підповерхневі структури, сторонні включення, приховані руйнування монолітних шарів дорожнього одягу;

б) підвищити точність оцінки стану дорожнього одягу, в тому числі з тріщинами в покритті та зміцнених шарах основи;

в) закласти основу для розробки проектних рішень, які відповідають фактичному стану дорожнього одягу і критеріям міцності при заданому рівні надійності.

Задача дефектоскопії конструкції дорожнього одягу вирішується шляхом обробки та аналізу імпульсних сигналів георадару, які є основним результатом георадарного зондування конструкції дорожнього одягу.

Точність вирішення завдань дефектоскопії залежить від технічних параметрів георадару, швидкості його переміщення у процесі георадарного зондування, методів обробки сигналів.

Тому для вирішення завдання обґрунтування методики отримання вихідних даних за результатами зондування проведені серії лабораторних експериментів щодо:

- а) відбору основного засобу зондування - георадару і параметрів настроювання його антенного блоку;
- б) отримання еталонних сигналів, що використовуються під час первинної обробки радарограм;
- в) обґрунтування параметрів зйомки.

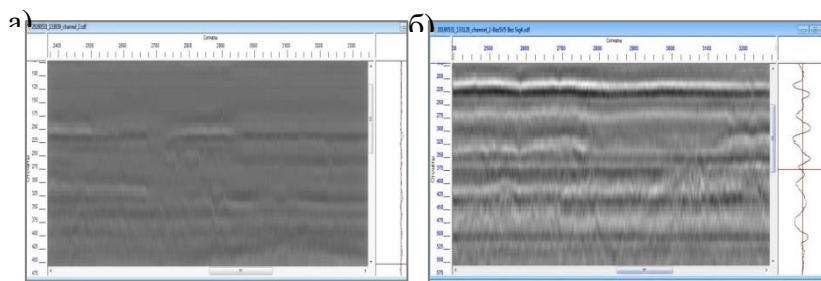


Рис. 1. Візуалізація радарограми у програмі «GPR Proview»:
а) до первинної обробки; б) після первинної обробки

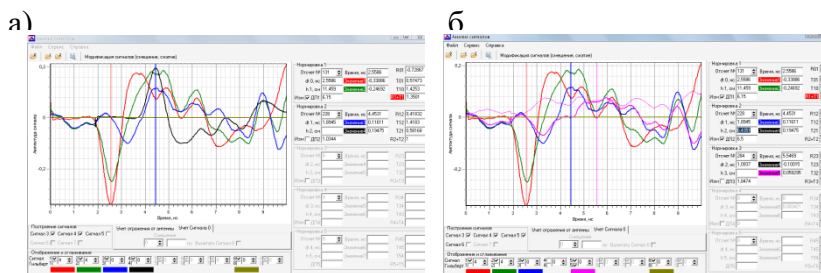


Рис. 2. Оцінювання глибини тріщини у програмі «GeoVisy - 2»: а) верхня границя; б) нижня границя

У серії експериментів застосовані лабораторні моделі з конструкцією, що складалася з шарів асфальтобетону товщиною 5 см з тріщиною у нижньому

шарі, шару сухого піску товщиною 17 см, шару суглинку товщиною 19 см. Розміри моделі у плані: ширина 0,60 м, довжина 1,2 м, глибина 0,6 м. Під час експериментів варіювалася кількість асфальтобетонних шарів, висота тріщини, заповнення тріщини: повітря, металевий стрижень.

Під час зондування аналізувалися імпульсні сигнали георадарів з різними конструкціями антенних блоків і центральною частотою зонduючого надширокосмугового імпульсного сигналу. Вибір антенного блоку здійснювався за результатами аналізу імпульсних сигналів георадару, що отримані під час зондування різних конструкцій та оцінювання амплітуди імпульсу, відбитого від тріщини з різними геометричними параметрами. За результатами проведених експериментів обґрунтовано доцільність застосування у подальших дослідженнях георадарів: з бістатичною антенною системою та з блоком антен щілинного типу, що мають частоту імпульсного сигналу 1,2 ГГц.

Під час вирішення задачі дефектоскопії дорожнього одягу необхідно мати інформацію про еталонні сигнали георадару. До таких сигналів у дослідженні відносяться: зонduючий імпульс георадару і сигнали прямого проходження.

У серії експериментальних досліджень використовувалися лабораторні моделі з конструкцією, що складалася з шарів асфальтобетону різної товщини з тріщиною у нижньому шарі, шару сухого піску товщиною 17 см, шару суглинку товщиною 19 см, шару щебеню товщиною 15 см. Розміри моделі у плані: ширина 0,60 м, довжина 1,2 м, глибина 0,6 м. Під час експериментів варіювалася товщина асфальтобетонних шарів над тріщиною та товщина асфальтобетонних шарів, що містять тріщини, що дозволило моделювати різну висоту тріщини у шарі покриття.

Швидкість переміщення георадарів над конструкцією становила близько 1,0 км/год. Первинна обробка імпульсних сигналів георадару здійснювалася у програмах GPR Proview, аналіз сигналів георадару здійснювався у програмі GeoVisy-2.

У процесі аналізу сигналів георадару вирішувалися завдання:

а) пошуку та позиціонування тріщини у шарі покриття;

б) визначення верхньої та нижньої границь тріщини із застосуванням методів відновлення діелектричної проникності та товщини шару;

в) оцінювання висоти та ширини розкриття тріщини.

За результатами обробки та аналізу сигналів георадару визначено:

а) місце розташування тріщин за різної глибини її розташування у шарі покриття;

б) діелектричну проникність шару покриття над тріщиною;

в) верхню та нижню границі тріщини та її висоту.

У процесі експериментальних досліджень встановлено, що максимальна відносна похибка вимірювань змінюється залежно від глибини розташування тріщини у шарах покриття, товщини шару покриття над тріщиною та збільшується зі збільшенням вологості шарів конструкції дорожнього одягу, що пов'язано із загасанням імпульсних сигналів георадару з глибиною. Відносна похибка вимірювань становить від 1 % до 7 %, що знаходиться у межах допустимих значень відхилень товщини шарів конструкції дорожнього одягу.

Проведено лабораторні експерименти з сьомі серій за різної фактичної глибини розташування прихованої тріщини у шарах лабораторної моделі за різної товщини асфальтобетонного покриття. У кожній серії експериментів виконувалося п'ять паралельних експериментів з визначення глибини розташування прихованої тріщини. Під

паралельними експериментами треба розуміти експерименти, що проводяться за одних параметрах конструкції (вхідних змінних).

Результати лабораторних вимірювань на розгортці 10 нс наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Оцінка глибини розташування прихованої тріщини

Серія вимірювань	Глибина розташування прихованої тріщини у паралельних експериментах, см					
	фактична	визначена експериментально				
		1	2	3	4	5
1	5,0	4,987	4,976	4,994	5,001	4,982
2	6,0	5,985	5,986	5,980	5,993	5,989
3	6,2	6,168	6,204	6,189	6,120	6,172
4	7,0	6,993	6,989	6,993	7,001	6,988
5	11,2	10,699	11,021	10,897	11,128	10,899
6	12,0	12,132	11,876	12,135	12,099	12,146
7	13,2	12,988	12,650	12,993	13,189	13,097

Таким чином, результати лабораторних досліджень дозволили підтвердити можливість вирішення завдання пошуку, позиціонування та ідентифікації прихованих тріщин у конструкції нежорсткого дорожнього одягу.

Література:

1. Методика дефектоскопії шарів дорожнього одягу методами підповерхневого зондування: М 02071168-706:2012. [Чинний від 2013-02-12]. К.: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2013. 61 с.
2. Батракова А.Г. Методологія моніторингу дорожніх одягів нежорсткого типу із застосуванням георадіолокаційних технологій: дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.22.11 / ХНАДУ. Х., 2014. 390 с.

УДК: 528.4

Юхно А.С., Бутенко Д. С., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

РОЗРОБКА РОБОЧИХ ПРОЄКТІВ ЗЕМЛЕУСТРОЮ ЩОДО ЗНЯТТЯ ТА ПЕРЕНЕСЕННЯ РОДЮЧОГО ШАРУ ҐРУНТУ

Проектування та будівництво автомобільних доріг може передбачати тимчасове порушення поверхні земельних ділянок. У таких випадках одним із важливих завдань є збереження родючого шару ґрунту. Родючий шар забезпечує біологічну активність ґрунту, підтримує природну рівновагу екосистеми та є основою для подальшого відновлення земель після завершення робіт. Тому перед початком робіт виконуються заходи зі зняття, транспортування, складування й подальшого повернення родючого шару.

Зняття та перенесення родючого шару ґрунту – це комплекс заходів, які включають:

- визначення меж і площ земельної ділянки, що підлягають тимчасовому порушенню;
- обстеження ґрунтового покриття з метою визначення товщини родючого шару;
- механізоване зняття верхнього шару ґрунту із збереженням його структури;
- тимчасове складування знятого ґрунту в придатному для зберігання місці;
- заходи щодо захисту складованого ґрунту від ерозії, ущільнення, змішування з менш родючими шарами;
- повторне повернення родючого шару після завершення бурових робіт із дотриманням агротехнічних вимог.

Залежно від особливостей ландшафту, типу ґрунту та сезону проведення робіт обираються відповідні методи механізованого зняття та транспортування ґрунту. Для забезпечення екологічної безпеки використовуються

сучасні технології та техніка, що дозволяють звести до мінімуму втрати родючості та деградацію земель.

Закон України «Про землеустрій» регламентує розробку робочих проєктів землеустрою, які визначають порядок зняття, зберігання і нанесення родючого шару (рис. 1).

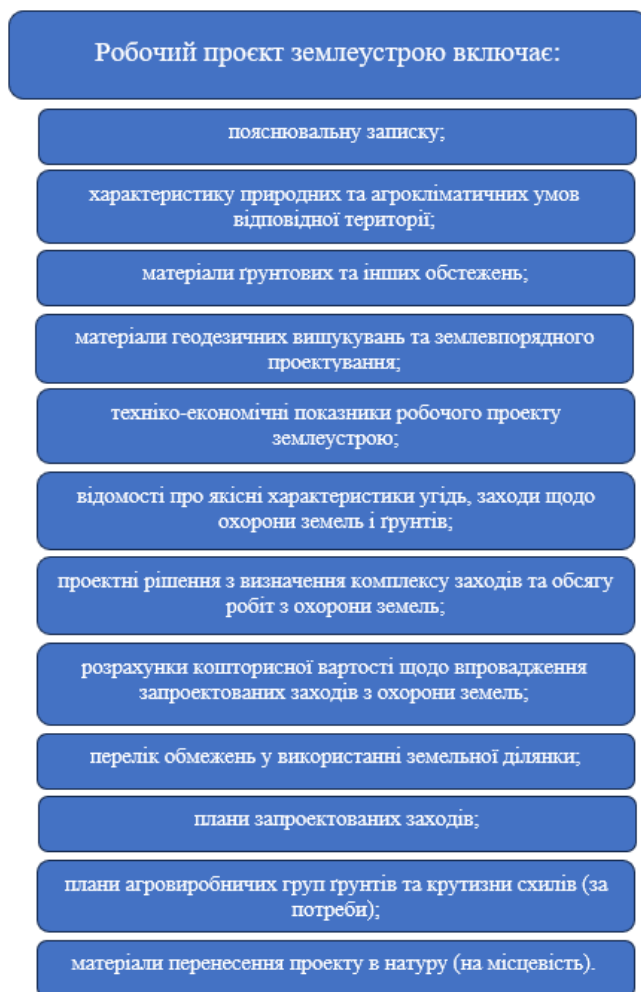


Рис. 1. Складові частини робочого проєкту землеустрою

Закон України «Про Державний земельний кадастр» регулює порядок ведення обліку земельних ділянок, за рахунок яких буде вестися проєктування автомобільної дороги, включаючи їх розташування, межі, цільове призначення, форму власності, а також якісні характеристики ґрунтів, зокрема родючість, агровиборничі групи та бонітування.

Метою ведення ДЗК є наступні положення, зображені на рис. 2.



Рис. 2. Мета ведення Державного земельного кадастру

Цей закон забезпечує нормативну основу для визначення властивостей земельної ділянки, фіксації її стану до і після виконання робіт, а також для контролю за охороною земель. Інформація з кадастру використовується при розробці проєктної документації, включаючи робочі проєкти землеустрою.

Закон України «Про охорону земель» встановлює основні принципи та правила щодо захисту, збереження і

відтворення родючості ґрунтів. Він регламентує зобов'язання власників та користувачів земельних ділянок щодо правильного зняття, збереження та подальшого використання родючого шару ґрунту при проведенні будь-яких робіт, що порушують поверхневий шар землі, зокрема розвідувального буріння свердловин.

Закон також передбачає обов'язкову рекультивацію земель, які були порушені внаслідок господарської діяльності, з метою відновлення їх продуктивності та екологічного стану. Відповідно до цього закону, усі роботи з землею повинні виконуватися з урахуванням екологічних вимог і норм, що забезпечують раціональне використання та збереження земельних ресурсів для майбутніх поколінь.

Стаття 5 Закону України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» визначає основні принципи та завдання державного контролю за використанням і охороною земель в Україні. Згідно з нею, держава забезпечує систематичний нагляд за дотриманням законодавства щодо землекористування, включаючи збереження родючого шару ґрунту під час будь-яких видів робіт, у тому числі проектування автомобільних доріг.

Контроль спрямований на запобігання неправомірному вилученню земель, їх забрудненню та деградації, а також на забезпечення проведення заходів з відновлення та рекультивації порушених земель. В рамках цієї статті органи державного контролю мають право перевіряти наявність і відповідність проектної документації, дотримання технології зняття і зберігання родючого шару ґрунту, а також правильність його подальшого нанесення.

Згідно із Законом України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», на земельних ділянках проводяться топографо-геодезичні та картографічні роботи, а також регулюються правові відносини у цій сфері. Закон визначає порядок виконання

зйомки місцевості, опрацювання геопросторової інформації та створення картографічних матеріалів.

Закон України «Про державну реєстрацію речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень» забезпечує правову фіксацію прав на земельні ділянки, на яких виконуються роботи зі зняття, збереження та перенесення ґрунтового покриву, що є важливою умовою для законного здійснення таких робіт і контролю за ними.

Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру» регламентує ведення обліку земельних ділянок та змін їх характеристик, що виникають унаслідок зняття та відновлення родючого шару ґрунту, а також є основою для контролю за раціональним використанням і охороною земель.

Правила розроблення робочих проєктів землеустрою, затверджені постановою Кабінету Міністрів України № 86, визначають чіткий і уніфікований порядок розроблення проєктів, у яких обов'язково враховується зняття та перенесення родючого шару ґрунту, заходи з рекультивації та відновлення земель. Згідно з цими правилами, до проєктної документації вносяться рішення щодо способу зняття ґрунту, місця його складування, умов подальшого нанесення на порушені ділянки, а також строки виконання рекультиваційних заходів.

Нормативним підґрунтям для визначення екологічних та технологічних вимог у цій сфері є ДСТУ 7941:2015 «Якість ґрунтів. Рекультивація земель. Загальні вимоги». У ньому наведено основні підходи до організації робіт зі зняття та переміщення родючого шару: від визначення товщини шару, який підлягає зняттю, до вимог до складування та агротехнічної підготовки ґрунту перед повторним нанесенням. Стандарт також передбачає критерії оцінки ефективності рекультивації після завершення технічних робіт, зокрема буріння свердловин.

Наведена нормативно-правова база застосовується при проведенні робіт зі зняття, збереження та перенесення родючого шару ґрунту під час виконання будівельних робіт, а також при розробці проектної документації, що забезпечує раціональне використання та охорону земель.

УДК 625.7/8

Костін Д. Ю., Арінушкіна О. О., Постніков І. С., Харків,
Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОВЖИНИ ПОЛІПРОПЛЕНОВИХ ФІБРОВОЛОКОН НА ВЛАСТИВОСТІ КРУПНОЗЕРНИСТИХ ЩЕБЕНЕВО- ПІЩАНИХ СУМІШЕЙ УКРІПЛЕНИХ ЦЕМЕНТОМ

Сучасні тенденції та вимоги до будівельних матеріалів, які використовуються в шарах основи дорожніх одягів автомобільних доріг, схилиються на користь щебенево-піщаних сумішей укріплених цементом. Ці суміші вже зарекомендували себе, як матеріал, що здатний витримувати задані навантаження від коліс транспортних засобів та перерозподіляти навантаження на шари дорожньої конструкції, що знаходяться нижче під час виконання ремонтних та будівельних робіт на вулично-дорожній мережі України.

До переваг застосування даного матеріалу відноситься простота технології приготування та влаштування шару дорожнього одягу, а також відносно низька вартість. При цьому, головним недоліком таких матеріалів є низька тріщино- та морозостійкість.

Раніше виконаними дослідженнями [1] встановлено, що додавання до складу крупнозернистих щебенево-піщаних сумішей укріплених цементом марки М20 фіброволокон довжиною 18 мм у кількості 0,03 % від маси кам'яного матеріалу, підвищує міцність матеріалу за стиску

на 3,4 %, але більш суттєвий вплив спостерігається на показник міцності за розколу на 35 %.

Метою роботи є дослідження впливу довжини поліпропіленових фіброволокон на показники міцності крупнозернистих щебенево-піщаних сумішей укріплених цементом.

Армування фіброволокнами будівельних матеріалів є одним із способів покращення як їх міцностних і розрахункових так і інших показників що характеризують довговічність матеріалу в конструкції дорожнього одягу. Сьогодні на ринку України представлено поліпропіленові фіброволокна різної довжини. В наявності, в лабораторії кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг є поліпропіленові фіброволокна довжиною 6 мм, 12 мм та 18 мм виготовлені згідно [2].

Для приготування щебенево-піщаних сумішей згідно вимог ДСТУ 9177-3:2022 [3] використовувався щебінь та відсів подрібнення гранітної гірської породи виробництва Мало-Конівського спецкар'єру. Вихідний кам'яний матеріал був перевірений на відповідність чинних стандартів та розподілений за фракціями (крім піщаної частини).

З прийнятих для досліджень мінеральних складових була розрахована і прийнята для подальших досліджень крупнозерниста щебенево-піщана суміш яка за гранулометричним складом максимально наближена до середнього за чинними нормами (рис.1).

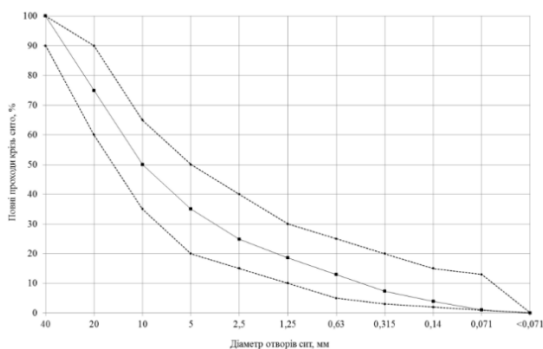


Рис. 1. Прийнятий для досліджень зерновий склад крупнозернистої щебенево-піщаної суміші

В якості мінерального в'язучого використовувався портландцемент виробництва ПрАТ «Івано-Франківськ цемент» марки М500 властивості якого відповідали вимогам ДСТУ Б В.2.7-46:2010 [4] та вода згідно ДСТУ Б В.2.7-273:2011 [5].

Приготування укріплених щебенево-піщаних сумішей цементом виконувалось за допомогою механічної лабораторної мішалки в два етапи. Перший етап перемішування піщаної частини з фіброволокнами, цементом та 50 % води в сухому стані, другий етап вивантаження отриманого матеріалу та перемішування його вручну з щебеневою частиною та частиною води, що залишилась. Поліпропіленові фіброволокна довжиною 6 мм, 12 мм та 18 мм додавались у кількості 0,03 % від маси мінеральної частини.

Після виготовлення сумішей, методом пресування виготовлялись лабораторні зразки-циліндри, маркувались і переміщувались до ванни з гідравлічним затвором на 26 діб, після чого на 48 годин зразки занурювались у воду. Далі зразки випробовувались на випробувальній машині Р-20.

Отримані результати виконаних досліджень представлені на рис. 2 та рис. 3.

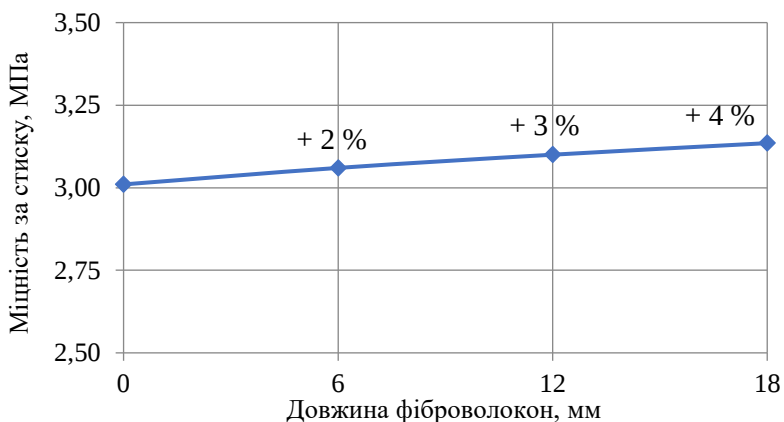


Рис. 2. Міцність за стиску укріпленої цементом крупнозернистої щебенево-піщаної суміші від довжини фіброволокна

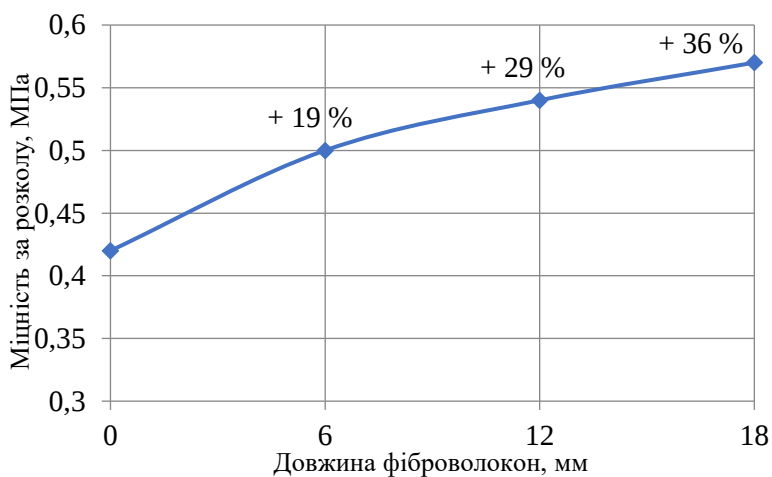


Рис. 3. Міцність за розколу укріпленої цементом крупнозернистої щебенево-піщаної суміші від довжини фіброволокна

Додавання до складу крупнозернистої щебенево-піщаної суміші укріпленої цементом фіброволокна довжиною 6 мм, менш суттєво впливає на показники міцності, підвищуючи міцність за стиску на 2 %, а міцність

за розколу на 19 %. Фіброволокна довжиною 12 мм підвищують міцність за стиску на 3 %, міцність за розколу на 29 %. Найбільший вплив від фіброармування спостерігається на суміші армованій фіброволокнами довжиною 18 мм. За умови застосування цього фіброволокна, міцність за стиску підвищується на 4 %, а міцність за розколу на 36 % .

Узагальнюючи отримані результати досліджень, можна зробити висновки, що фіброармування є одним із способів покращення властостей щебеневопоцішаних сумішей укріплених цементом. Більшу ефективність показали фіброволокна довжиною 18 мм, за умови використання яких міцність за стиску підвищується на 4 %, а міцність за розколу на 36 %.

Література:

1. Аринушкіна О.О., Костін Д.Ю. Дослідження оптимальної концентрації поліпропіленових фіброволокон у крупнозернистих щебеневопоцішаних сумішах, укріплених цементом. Луцьк, ЛНТУ, 2025.
2. ТУ У 24.7-32781078-001:2006. Волокно армуюче поліпропіленове (ВАП). [Електронний ресурс].
3. ДСТУ 9177-3:2022. Матеріали щебеневі та гравійні для дорожнього будівництва. Технічні умови. Частина 3. Матеріали, укріплені мінеральними в'язучими. ДП «УкрНДНЦ», 2023.
4. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. Київ, Мінрегіонбуд, 2011.
5. ДСТУ Б В.2.7-273:2011. Будівельні матеріали. Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови. Київ, Науково-дослідний інститут будівельних матеріалів і продукції, 2012.

**ФОРМУВАННЯ ВИСОКОТОЧНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ
ОСНОВИ ДОРОЖНЬОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
ЗАСОБАМИ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ТА
АВТОМАТИЗОВАНОЇ ВЕКТОРИЗАЦІЇ ХМАР
ТОЧОК**

Сучасний стан розвитку транспортної інфраструктури характеризується стрімким впровадженням цифрових технологій на всіх етапах життєвого циклу об'єктів – від передпроектних вишукувань до експлуатаційного утримання. Традиційна парадигма інженерної геодезії, яка формувалася протягом століть і базувалася на дискретних вимірюваннях характерних точок рельєфу та ситуації з подальшою інтерполяцією, наразі вичерпує свій потенціал в контексті вимог до точності та деталізації, що висувуються сучасними системами автоматизованого проектування (САПР) та системами автоматичного керування будівельною технікою (3D machine control) [1]. Хмара точок (Point Cloud), отримана методом лазерного сканування, перестає бути просто візуальним додатком до креслення, а стає первинним метричним документом, математичною моделлю фізичної реальності, що містить мільйони вимірювань на квадратний метр [2].

Можна виділити наступні аспекти теми:

1. Традиційні методи (тахеометрія, GNSS RTK) дають високу точність в точці вимірювання, але низьку щільність (одна точка на 10-20 метрів вздовж осі дороги). Це призводить до пропуску локальних дефектів (колійності, вибоїн). Лазерне сканування дає суцільне покриття, але вимагає складних алгоритмів для досягнення необхідної абсолютної точності координат.

2. Дані лазерного сканування є неупорядкованою множиною векторів, що не містять семантичної інформації (комп'ютер не “знає”, де асфальт, а де бордюр). Автоматизація процесу розпізнавання об'єктів є складним завданням, яке досі не вирішене повністю.

3. В Україні відсутні спеціалізовані нормативні документи, які б регламентували методику приймання-передачі хмар точок як офіційної геодезичної основи.

В сучасній інженерній геодезії для збору даних про дорожню інфраструктуру застосовуються три основні технологічні підходи:

- мобільне лазерне сканування (MLS);
- аерофотознімання/сканування з БПЛА (UAV)
- наземне лазерне сканування (TLS);

Мобільне лазерне сканування (Mobile Laser Scanning) є найбільш продуктивним методом для лінійних об'єктів. Система MLS являє собою складний програмно-апаратний комплекс, встановлений на транспортному засобі (автомобілі, залізничній дрезині, човні), який виконує знімання в русі. Згідно з дослідженнями [3], MLS дозволяє скоротити час польових робіт на 70-90% порівняно з традиційною тахеометрією. Ключовою перевагою є безпека: геодезист знаходиться в кабіні автомобіля, що рухається зі швидкістю потоку, не наражаючись на небезпеку наїзду на живих магістралях. Щільність даних (до 2000-4000 точок/м²) дозволяє фіксувати найдрібніші деталі: текстуру асфальту, тріщини, маркування на знаках [4].

Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) стало стандартом для площинних об'єктів, однак для лінійних дорожніх об'єктів метод має специфічні обмеження. Основним обмеженням БПЛА є неможливість отримання детальної інформації про вертикальні поверхні, затінені зверху (наприклад, простір під мостами, вертикальні грані підпірних стінок, бордюрів, елементи водовідведення в глибоких канавах). Крім того, погодні

умови (дощ, сильний вітер, туман) можуть повністю зупинити роботи,

Наземне лазерне сканування (TLS) забезпечує найвищу точність (міліметровий рівень) та мінімальний рівень шумів. Однак, продуктивність методу є вкрай низькою для лінійних об'єктів: необхідність переставляти прилад кожні 50-100 метрів, виконувати зшивку сканів (registration) робить цей метод економічно недоцільним для знімання ділянок доріг довжиною більше 1-2 км. TLS залишається незамінним для знімання складних інженерних споруд (мостів, шляхопроводів, тунелів), де потрібна висока точність конструктивних елементів [5]. Порівняння методів виконано в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння сучасних методів збору даних про дорожню інфраструктуру

Критерій порівняння	Мобільне лазерне сканування	Наземне лазерне сканування	Аерофотознімання з БПЛА
Абсолютна точність (XYZ)	2–5 см (залежить від GNSS умов)	2–5 мм	5–10 см (план), 10–20 см (висота)
Відносна точність (шум)	5–15 мм	1–3 мм	20–50 мм
Щільність точок	1000–4000 т/м ²	>10 000 т/м ²	100–500 т/м ²
Продуктивність	50–100 км/день	0,5–1 км/день	10–20 км/день
Безпека виконавців	Висока (в автомобілі)	Низька (на дорозі)	Висока (дистанційно)
Залежність від погоди	Середня (мокрый асфальт поглинає сигнал)	Низька	Висока (вітер, опади, освітлення)
Відображення рослинності	Проникає (частково)	Проникає	Не проникає (тільки верхній шар)
Основне застосування	Магістралі, вулиці, паспортизація	Мости, розв'язки, тунелі	Ескізні проекти, моніторинг земель

Отже, для підготовки геодезичної основи робочого проєктування автомобільних доріг найбільш доцільним є

використання MLS як основного методу, доповненого TLS у місцях складних розв'язок/мостів та UAV для знімання прилеглих територій за межами смуги відведення.

Література:

1. De-liang Chen, Yan-yan Lu. 3D road surface reconstruction based on point clouds data assimilation algorithm. (2017). ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/321536961_3D_road_surface_reconstruction_based_on_point_clouds_data_assimilation_algorithm

2. Qi, C. R. (2018). Deep learning on point clouds for 3D scene understanding (Doctoral dissertation, Stanford University). *Stacks*.

https://stacks.stanford.edu/file/druid:xm943cz7043/CharlesRuiZhongtaiQi_PhD_Dissertation_08202018-augmented.pdf

3. Sarasua, W. A., Ogle, J. H., & Davis, W. J. (2018). Cross slope verification using mobile scanning on SCDOT highways (Final Report No. FHWA-SC-18-07). South Carolina Department of Transportation; Federal Highway Administration.

https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/64098/dot_64098_DS1.pdf

4. Gorrondona & Associates, Inc., & TxDOT Design Division Remote Sensing Services Section. (2025). TxDOT mobile lidar specifications and project workflow for design-grade mapping applications.

<https://www.txdot.gov/content/dam/docs/division/row/survey/mobile-lidar-for-design.pdf>

5. Zivanovic M. Motionless vs mobile scanning. (n.d.). FARO Technologies.

<https://www.faro.com/en/Resource-Library/Article/Motionless-vs-Mobile-Scanning>

УДК 528.48

Міщенко Р.А., Левков Д.Р., Полтава, Україна
Національний університет «Полтавська політехніка імені
Юрія Кондратюка»

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ГЕОДЕЗИЧНОМУ ОБЛАДНАННІ ДЛЯ ДОРОЖНЬОГО БУДІВНИЦТВА

Розвиток інженерної геодезії відзначається інтенсивним запровадженням цифрових рішень та інтелектуальних платформ у виробництво геодезичного устаткування. Технології штучного інтелекту створюють якісно нові перспективи для автоматизації вимірювальних операцій, покращення достовірності опрацювання геопросторової інформації та раціоналізації інженерно-геодезичних процесів [1].

Класичні геодезичні інструменти вимагають активної взаємодії з оператором під час проведення вимірювань та інтерпретації отриманих даних, що подовжує термін виконання робіт і підвищує ризик виникнення похибок. Використання ШІ-технологій уможливорює автоматизацію ідентифікації вимірювальних об'єктів, реалізацію інтелектуальної обробки інформації, передбачення та усунення систематичних відхилень, а також забезпечення динамічного регулювання параметрів функціонування апаратури.

З огляду на зростаючі стандарти щодо оперативності та точності інженерно-геодезичних робіт, зокрема під час виконання вишукувань, супроводження дорожнього будівництва, відстеження деформаційних процесів конструкцій та формування цифрових моделей, впровадження штучного інтелекту в геодезичне обладнання стає важливим. Це обґрунтовує актуальність вивчення потенціалу, позитивних аспектів та майбутніх напрямків застосування ШІ в приладах інженерно-геодезичного призначення [2-3].

Інженерно-геодезичні роботи в дорожньому будівництві включають встановлення просторових параметрів об'єктів будівництва.

Інтеграція ІІІ-технологій забезпечує:

- результативне опрацювання великих обсягів вимірювальних даних на будівельному майданчику. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє швидко обробляти інформацію, отриману від геодезичних приладів, GNSS-систем та БПЛА в процесі виконання розбивочних робіт і спостереження за будівництвом;

- автоматизоване опрацювання результатів виконавчих геодезичних знімків. Застосування нейромережових технологій для аналізу геодезичних вимірів дає змогу точно визначити відповідність реального розміщення елементів конструкцій проєктній документації, ідентифікувати невідповідності та оновлювати виконавчу документацію в онлайн-режимі;

- підвищення точності розбивочних і контрольних геодезичних робіт. Застосування алгоритмів прогнозування та компенсації систематичних похибок дозволяє досягати більш точних результатів при відтворенні проєктних осей споруд, верифікації геометричних характеристик елементів та відстеженні деформаційних змін будівельних конструкцій.

Leica анонсувала модель TS20 — роботизовану електронну тахеометричну систему нової генерації, що інтегрує периферійні технології штучного інтелекту (edge-AI). Прилад забезпечує мінімізацію вимірювальних відхилень, вирізняється високою конструкційною надійністю та демонструє стабільну роботу в різних експлуатаційних середовищах [4].

Ключові технологічні рішення Leica TS20:

- всебічне оновлення технічної платформи: здійснено повну заміну усіх базових елементів – від електрооптичного далекомірного модуля (EDM) до цифрової системи відображення інформації;

- інтелектуальна ідентифікація вимірювальних цілей: впроваджено автоматичне встановлення категорії відбивача на основі ШІ-алгоритмів;

- розумне супроводження відбивача AP20. Реалізовано функцію відновлення автоматичного стеження за призмою після втрати візуального контакту за допомогою технологій штучного інтелекту [4].

Інтеграція штучного інтелекту в геодезичне обладнання становить є прогресивним для сучасного геодезичного приладобудування, що значно посилює технічні можливості апаратури та оптимізує результативність інженерно-геодезичних робіт.

Використання штучного інтелекту в геодезичному обладнанні створює передумови для реалізації концепції цифрового будівництва, забезпечуючи актуалізацію виконавчої документації в режимі реального часу та підвищення загальної ефективності будівельних проєктів.

Література:

1. Горб О.І., Нестеренко С.Г., Афанасьєв О.В., Байструк О.В. Напрями застосування штучного інтелекту при геодезичному моніторингу будівель та споруд. – Харків: Комунальне господарство міст, 2023, том 3, випуск 177 – С. 109–114.
2. Бородін М. О. Організаційні аспекти використання штучного інтелекту в будівництві / М. О. Бородін, Т. В. Ткач, О. О. Мартиш // Український журнал будівництва та архітектури. – 2025. – № 1. – С. 73-80.
3. Гусєв, В., та Нікіфорова, Т. (2023). Роль та перспективи розвитку використання методів штучного інтелекту в будівельній галузі. Виклики та проблеми сучасної науки, 1, 428-432. <https://cims.fti.dp.ua/j/article/view/84>
4. Leica представила роботизований тахеометр з ШІ. URL: <https://systemnet.com.ua/novini/leica-predstavyla-robotyzovanyy-takheometr-z-shi/>

УДК 625.825

Sagradian M., Sydney, Australia

Macquarie University Balaclava Rd, North Ryde NSW, 2109

SCATTERING PHENOMENA OF ACOUSTIC AND
ELECTROMAGNETIC WAVES AND ELECTROSTATIC
FIELDS IN AXISYMMETRIC MULTI-CONNECTED
STRUCTURES

The present study addresses a comprehensive mathematical and physical analysis of wave scattering and electrostatic behavior in three-dimensional axisymmetric bodies formed by rotating arbitrary curves around a central axis. Such geometries, which include coaxial apertures at both ends, create topologically double-connected surfaces capable of modeling a broad spectrum of practical dissipative and conductive components. Their geometric flexibility allows the simulation of numerous engineering structures encountered in antenna design, acoustic sensing, non-destructive testing, and electrostatic devices.

Particular attention is also given to geometries that are complementary to double-connected bodies, such as parallel-plate capacitors. When such open structures are investigated using purely numerical approaches, the formulation typically leads to Fredholm integral equations of the first kind. Although standard in computational physics, this formulation produces several well-known drawbacks. First-kind equations often amplify numerical instability and can generate spurious, non-physical solutions, especially near geometric singularities such as edges. These difficulties make the achievement of high accuracy a non-trivial task and limit the practicality of direct numerical discretization.

To overcome these limitations, the method of analytic regularization (MAR) is employed. This semi-analytical, semi-numerical technique transforms the initial ill-posed formulation into an infinite system of linear algebraic equations of the second kind, which is mathematically more stable and computationally controllable. The MAR framework relies on the theory of triple

series involving Jacobi polynomials and the Abel integral transform. Earlier studies established its efficiency for canonical shapes and single-aperture cavities in both electrostatics and wave propagation problems. By applying truncation and reduction procedures, the resulting infinite system can be solved with any prescribed accuracy. Object-oriented software developed within this research integrates geometric parameters and physical properties, making it possible to perform large sets of numerical experiments flexibly and efficiently.

The adaptability of the method motivates its application to a wide class of realistic configurations. Electrostatic computations—capacitance, surface charge density, and potential distributions—were carried out for spheroidal shells, shortened cylindrical conductors, truncated conical surfaces, and parallel-plate capacitors. The results demonstrate excellent agreement with established benchmark solutions, confirming the accuracy and robustness of the approach. Moreover, examining geometric modifications reveals how electrostatic characteristics evolve with variations in curvature, aperture size, and overall shape, offering insights relevant for electrostatic lens systems, particle beam optics, and the design of high-precision filtering devices where accurate computation of potential fields is essential.

Beyond electrostatics, the research extends to the scattering of acoustic waves from bodies with soft boundary conditions. The MAR framework enables the extraction of the complete spectral portrait of resonant scatterers, including the calculation of complex eigenfrequencies associated with open cavities. These eigenvalues determine the resonant behavior of the object and are central to understanding the scattering processes within the diffraction frequency range. Quantities such as monostatic and bistatic sonar cross sections, resonance patterns, and acoustic field distributions were computed for various axisymmetric cavities, demonstrating how shape, cavity depth, and aperture size influence the acoustic response.

The relevance of such studies remains high due to the

ongoing need to improve target identification accuracy, particularly in underwater acoustics. Reliable prediction of resonant scattering characteristics helps classify submerged objects and improves detection algorithms operating in frequency bands where resonant effects dominate. Accurate computation of complex eigenfrequencies for cavities of arbitrary shape is crucial for developing models that reflect real physical behavior rather than simplified geometries.

The significance of the presented work is multifaceted. Mathematically, the transformation of ill-posed boundary-value problems into analytically regularized formulations contributes to the theory of applied functional analysis and integral equations. Over time, such formulations become the foundation for developing effective computational techniques. Practically, the proposed approach offers a pathway to enhance existing numerical methods. If the resulting computational tools demonstrate higher efficiency or improved accuracy, they can be used as reference solvers for validating approximate engineering techniques or large-scale numerical simulations. Their ability to provide stable, high-precision results makes them valuable in designing new technological devices, from electrostatic lenses and capacitors to acoustic sensors and waveguiding components.

In conclusion, the study provides an extended, rigorous framework for analyzing electrostatic fields and wave scattering in complex axisymmetric structures with multiple openings. By combining analytical regularization with efficient numerical implementation, it becomes possible to compute accurate physical characteristics for geometries of arbitrary shape. This creates a solid foundation for further theoretical developments and opens opportunities for practical applications where precision and reliability of the computed fields are of paramount importance.

УДК 625.7

Саркісян Г.С., Агєєв М. В., Римарук Р. М., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

**ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА
ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ІНЖЕНЕРНО-
ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ ДЛЯ
РОБОЧОГО ПРОЄКТУ БУДІВНИЦТВА
АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ
ДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ**

Сучасні вимоги до проєктування та будівництва автомобільних доріг державного значення передбачають високий рівень точності вихідних даних, що формують основу для всіх подальших інженерних рішень. Інженерно-геодезичні вишукування в дорожньому будівництві виконують ключову роль, оскільки забезпечують отримання просторової інформації про місцевість, рельєф, елементи інфраструктури, деформаційні процеси та інженерно-геологічні умови території. Від якості обробки вихідних даних залежить точність поздовжнього та поперечного профілю дороги, коректність визначення обсягів земляних робіт, а також можливість оптимізації проєктних рішень.

У межах сучасних підходів до геодезичного забезпечення дорожніх проєктів значна увага приділяється інтеграції класичних та інноваційних методів збору даних. Традиційні методи тахеометричної зйомки, нівелювання та створення геодезичної основи залишаються основою для просторової прив'язки всієї інформації. Поряд із ними широко застосовуються технології GNSS-спостережень, мобільного та наземного лазерного сканування, а також аерофотознімання з безпілотних літальних апаратів. Таке поєднання джерел дозволяє отримати максимально повну та точну інформацію навіть на складних ділянках траси.

Обробка результатів інженерно-геодезичних вишукувань включає кілька ключових етапів, що формують

єдину логічну систему. Першим і базовим етапом є створення та урівноваження геодезичної мережі, яка забезпечує планову та висотну основу для подальших вимірювань. Для цього використовуються методи комбінованої аналітичної обробки GNSS-даних та кутоволінійних спостережень, що дозволяє зменшити вплив випадкових похибок та забезпечити рівномірний розподіл точності по всій довжині траси.

Після створення геодезичної основи виконується обробка топографічної інформації. Зібрані дані тахеометрії, нівелювання та лазерного сканування поєднуються в єдину цифрову хмару, яка проходить фільтрацію, класифікацію та трансформацію у цифрову модель рельєфу місцевості. Саме цей етап є критичним, оскільки точність цифрової моделі напряму визначає якість майбутнього поздовжнього профілю, що впливає на проєктування ухилів, водовідведення, земляних споруд і транспортних розв'язок.

Особливу складність у роботі становлять ділянки з вираженим пересіченим рельєфом, зсувними процесами або інтенсивною техногенною діяльністю. У таких випадках застосування лазерного сканування та аерофотознімання зводить до мінімуму втрати інформації та забезпечує можливість точного аналізу морфології поверхні. Порівняння цих даних із результатами нівелювання дозволяє виявляти деформації, нестабільні ділянки та небезпечні зміни укосів.

Після створення цифрової моделі рельєфу проводиться побудова та аналітичне опрацювання поздовжніх і поперечних профілів. Ці елементи є основою робочого проєкту автомобільної дороги, оскільки визначають структуру земляного полотна, параметри виїмок і насипів, кути укосів, складність гідрологічних переходів та вимоги до підсилення основи. Обчислення обсягів земляних робіт виконується на основі порівняння існуючої і проєктної поверхонь, а точність такого обчислення залежить від якості вихідних геодезичних

даних.

На завершальному етапі обробки даних здійснюється інтеграція результатів у проєктні середовища, такі як AutoCAD Civil 3D, Bentley OpenRoads або інші сучасні BIM-орієнтовані системи. Це забезпечує можливість моделювання різних технічних рішень, оцінювання альтернативних варіантів плану траси та прогнозування майбутніх експлуатаційних характеристик дороги. Важливим напрямом подальших досліджень є створення адаптивних алгоритмів автоматичної генерації проєктних рішень на основі геодезичних моделей, що дозволить скоротити витрати часу та підвищити ефективність роботи інженерів.

Результати проведеного дослідження свідчать, що комплексна обробка інженерно-геодезичних матеріалів забезпечує високу точність проєктування доріг та зменшує ризики виникнення технічних помилок на етапі будівництва. Високоточні цифрові моделі рельєфу, створені на основі різних методів знімання, дозволяють суттєво поліпшити якість планування земляного полотна, вибору трасування та аналізу природних умов на всіх етапах проєкту.

У сучасних умовах важливим напрямом розвитку геодезичного забезпечення дорожнього будівництва є поєднання традиційних методів із цифровими технологіями високої продуктивності. Це створює передумови для формування нових стандартів точності та інформативності у дорожньому проєктуванні, що відповідають вимогам сталого розвитку та інженерної безпеки транспортних мереж державного значення.

УДК 625.72

Саркісян Г.С., Болотченко І. С., Куліш О. С., Харків,
Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ НІВЕЛІРНИХ ВИМІРЮВАНЬ І ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ

У сучасній інженерній геодезії питання точного та оперативного отримання інформації про рельєф місцевості набуває особливої актуальності. Розроблення ефективних технологій побудови цифрових моделей рельєфу на основі різних типів вихідних даних дає можливість значно підвищити якість інженерно-геодезичних вишукувань, оптимізувати проєктні рішення та забезпечити високу точність моделювання природних та антропогенних поверхонь. Нівелювання й лазерне сканування є двома принципово відмінними методами знімання, кожен з яких має власні технологічні особливості, точнісні характеристики та сфери застосування. Порівняння їх можливостей і дослідження комплексного використання для створення цифрової моделі рельєфу є важливим науковим і практичним завданням.

Нівелювання традиційно вважається еталоном точності для визначення висотних відміток. Воно дозволяє отримувати дані з мінімально можливою похибкою у локальних умовах, що робить цей метод незамінним у задачах високоточного забезпечення будівельних і дорожніх проєктів. Однак нівелювання є трудомістким процесом, який не завжди забезпечує оптимальну щільність точок для побудови цифрової моделі рельєфу на великих площах. У таких випадках фіксована трасова схема прокладання нівелірних ходів формує лише лінійне вибіркове представлення поверхні, а її міжточкову варіацію доводиться інтерполювати.

Лазерне сканування, навпаки, дозволяє отримувати надщільні хмару точок, що детально відображає форму земної поверхні навіть у складних рельєфних умовах. Використання наземних лазерних сканерів відкриває можливість захоплення мільйонів вимірювань за лічені хвилини, а сучасні алгоритми обробки точкових хмар дають змогу автоматично виділяти земну поверхню, фільтрувати сторонні об'єкти та генерувати моделі різного рівня генералізації. Однак, попри високу роздільну здатність, лазерне сканування має залежність від умов видимості, наявності перешкод та характеристик відбивної здатності поверхонь. Також сканер забезпечує висоти у системі просторових координат і потребує зовнішнього планово-висотного обґрунтування, яке часто формують за допомогою нівелювання або GNSS.

У межах даного дослідження розглянуто можливості побудови цифрової моделі рельєфу на основі даних геометричного нівелювання та наземного лазерного сканування, виконано порівняння їх точності, просторової репрезентативності, оброблюваності та придатності для використання в інженерних задачах. Особлива увага приділяється питанням інтеграції обох методів, адже поєднання точності нівелювання з детальністю лазерного сканування створює передумови для формування високоякісних гібридних моделей рельєфу.

На етапі збору вихідних даних нівеліріні вимірювання здійснювалися через систему реперів, розташованих по периметру ділянки та вздовж ключових конфігуративних ліній рельєфу. Лазерне сканування виконувалося з декількох станцій, що забезпечило перекриття зон та отримання суцільного шару точок. Після геометричної прив'язки сканувань до локальної геодезичної мережі хмара точок була об'єднана та очищена від артефактів, шумів і сторонніх об'єктів, таких як рослинність або тимчасові конструкції.

Формування цифрової моделі рельєфу здійснювалось

у декілька етапів, що включали автоматичне та ручне фільтрування точок, класифікацію земної поверхні, побудову TIN-моделі та створення регулярної поверхні у вигляді GRID-представлення. Паралельно висотні дані нівелювання використовувалися для контролю точності лазерної моделі та коригування локальних ділянок із підвищеною варіативністю. Виконаний аналіз показав, що відхилення між нівелірними точками та моделлю, отриманою зі сканування, у середньому не перевищували значення, характерні для наземних сканерів високого класу точності. Найбільші розбіжності спостерігалися на ділянках з густою рослинністю, а також у зонах, де лазерний промінь потрапляв на поверхні з низьким коефіцієнтом відбиття.

Інтеграція даних дозволила отримати цифрову модель рельєфу, що поєднує переваги обох методів. Нівелювання забезпечило абсолютну точність контрольних висотних орієнтирів, тоді як лазерне сканування відтворило загальну форму рельєфу з високою деталізацією. Це дало змогу сформувати модель, придатну як для інженерно-проектних робіт, так і для подальшого аналізу морфології поверхні, оцінювання деформацій та моніторингу змін.

Отримані результати підтверджують, що комбіноване використання нівелювання та лазерного сканування є найбільш раціональним для задач, де потрібно забезпечити високу точність за одночасної вимоги до детального опису рельєфу. Такі моделі особливо ефективні у дорожньому будівництві, гідротехнічних об'єктах, проектуванні земляних споруд та при виконанні складних геодезичних обстежень. Подальші дослідження можуть стосуватися аналізу впливу різних методів фільтрації хмар точок на точність побудови моделі, а також створення алгоритмів автоматичного об'єднання нівелірних та сканованих даних.

Таким чином, результати роботи демонструють, що поєднання класичних геодезичних вимірювань та сучасних технологій лазерного сканування дає можливість формувати цифрові моделі рельєфу, які відповідають

найвищим вимогам точності, деталізації та інженерної придатності. Інтегровані моделі забезпечують новий рівень інформативності, що відкриває широкі перспективи для вдосконалення інженерно-геодезичних технологій та створення ефективних методів просторового аналізу рельєфу.

УДК 624.014.27-422.12:624.21:625.745.2

Онищенко А.М., Зеленовський В.А., Київ, Україна

Національний транспортний університет

**ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ
АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ДОРОЖНЬОГО ПОКРИВУ
НА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУДАХ ЗА РАХУНОК
ВИКОРИСТАННЯ ЕПОКСИДНИХ СКЛАДОВИХ**

Транспортна інфраструктура України є ключовим елементом економічного розвитку, забезпечуючи ефективне функціонування дорожньої мережі. Особливе значення мають транспортні споруди, такі як мости, шляхопроводи та естакади, які зазнають інтенсивних навантажень від великовантажного транспорту, незбалансованих потоків та кліматичних факторів: температурних коливань, підвищеної вологості, а також впливу хімічних реагентів для боротьби з ожеледицею. Традиційні асфальтобетонні покриття на основі в'язких бітумів часто не витримують цих умов, що призводить до передчасного зносу, утворення колій, тріщин, вибоїн та значного зростання витрат на ремонт і утримання. За даними досліджень, строк експлуатації таких покриттів обмежується (10 – 12) роками, що суперечить вимогам сталого розвитку інфраструктури, визначеним у «Національній транспортній стратегії України до 2030 р.».

У цьому контексті асфальтобетон, модифікований термореактивними епоксидними складовими (епоксидний асфальтобетон (ЕАБ)), постає як перспективний матеріал. Він характеризується підвищеною міцністю, стійкістю до

деформацій та агресивного середовища, що дозволяє подовжити строк експлуатування дорожнього покриття до 20 років. Міжнародний досвід застосування ЕАБ, зокрема на мосту Сан-Франциско у США [1] та високошвидкісних магістралях у Китаї [2], підтверджує його ефективність у подібних умовах. В Україні впровадження ЕАБ перебуває на початковому етапі через відсутність адаптованих національних стандартів та методик оцінювання довговічності, що робить це дослідження особливо актуальним.

Метою роботи є розроблення науково обґрунтованої методики підвищення довговічності асфальтобетонного дорожнього покриття на транспортних спорудах за рахунок використання епоксидних складових. Це сприятиме оптимізації процесів проєктування, виробництва, укладання та експлуатування дорожньої покриттів, підвищенню безпеки дорожнього руху та економічній ефективності утримання інфраструктури.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- проаналізувати світовий та національний досвід застосування ЕАБ;
- дослідити термореологічні, фізико-механічні та експлуатаційні властивості ЕАБ;
- розробити методику прогнозування довговічності покриття на основі критерію граничного стану;
- визначити технологічні параметри виробництва та укладання ЕАБ;
- обґрунтувати техніко-економічну ефективність впровадження матеріалу.

Об'єктом дослідження є дорожнє покриття на транспортних спорудах, предметом — довговічність ЕАБ та методи її прогнозування.

Дослідження проведено комплексним підходом, що поєднує аналітичні, експериментальні, натурні та числові методи. Аналітичний етап базувався на узагальненні літературних даних, включаючи міжнародні приклади

застосування ЕАБ на мостах із ортотропною плитою проїної частини [3] та європейські практики тонкошарових дорожніх покриттів [4].

Для експериментів використано щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА-15) та епоксидний його варіант (ЕЩМА-15) з вмістом епоксидних складових 5 %, 15 % та 25 % від маси бітуму. Склад включав бітум БНД 70/100 (Польща), епоксидну смолу ТСМ LE-828 (Китай), затверджувач ДЕТА (Україна), стабілізатори TOPCEL (Німеччина) та енергозберігальну добавку SASOBIT LC (Німеччина). Мінеральна частина складалася з гранітного щебеню фракцій (5–10) мм та (10–15) мм, відсіву (0–5) мм та мінерального порошку, відповідно до ДСТУ 9290-5:2024. Зразки виготовляли трьома способами, оптимальним виявився послідовний додатак епоксидних компонентів до бітуму.

Лабораторні випробування проводили у відповідних акредитованих лабораторіях ДП «НІРІ» та НТУ (Київ) з використанням сучасного обладнання системи Superpave: визначали динамічну в'язкість (ротаційний віскозиметр), міцність на стиск і розтяг, водонасичення, стійкість до колієутворення тощо. Натурні спостереження здійснювали на мосту через р. Ірша (Житомирська обл.), де оцінювали дефекти покриття з ЩМА-15 в реальних умовах. Числове моделювання виконувалось методом скінченних елементів для прогнозування деформацій під динамічними навантаженнями та температурними впливами.

Експериментальні дані підтвердили переваги ЕАБ: динамічна в'язкість компаунду забезпечує життєздатність суміші до 60 хв. за 80 °С при 15 % епоксиду, що дозволяє знижувати температуру виробництва на (30–50) °С з добавкою SASOBIT LC. Фізико-механічні характеристики ЕЩМА-15 перевищують ЩМА-15: міцність на стиск на 25 % вища (при 20 °С та 50 °С), стійкість до колієутворення на 35 % краща, водонасичення нижче 2 %, коефіцієнт водостійкості більше ніж 0,95.

Натурні спостереження на мосту через Іршу виявили типові дефекти традиційних покриттів (колії, тріщини, вибоїни), спричинені температурними напруженнями та навантаженнями, тоді як моделювання для ЕАБ показало мінімальні залишкові деформації. Розроблений критерій граничного стану для довговічності має вигляд:

$$D = \sum D_i \leq 1$$

де D_i — міри вичерпання від навантажень, температури, усадки матеріалу, вологи і водо-морозних циклів тощо. Моделі прогнозують строк експлуатування більше ніж 20 років для товщини покриття (4 – 6) см.

Технологічні параметри включають нагрівання бітуму до (70 – 80) °С, змішування 60 хв, укладання при (70 – 85) °С з вібраційним ущільненням (швидкість котків 1,5–8 км/год) та трирівневим контролем якості (вхідний, операційний, приймальний), у тому числі з використанням неруйнівних методів.

Техніко-економічне аналізування за 20-річним циклом (ставка дисконту 5 %) демонструє економію (20 – 25) % на експлуатування: початкові витрати на ЕАБ вищі на (15 – 20) %, але зменшення періодичності ремонтувань, а отже і капітальних вкладень, компенсують це (рис. 1).

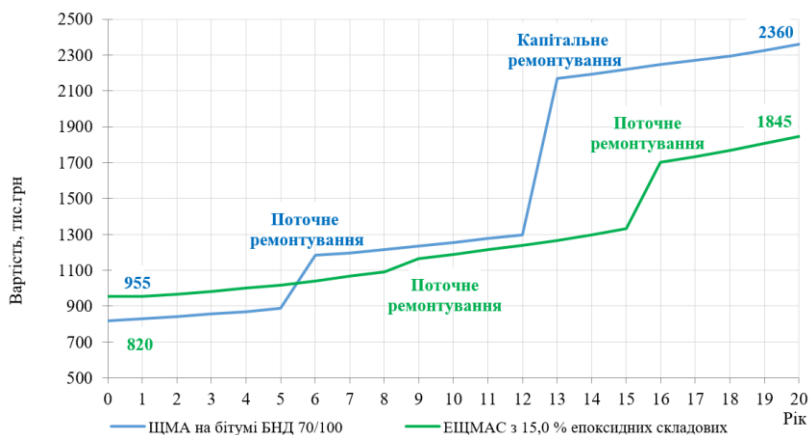


Рис. 1. Порівняння витрат життєвого циклу: ЩМА vs. ЕЩМА (20 років, умовні одиниці)

Результати узгоджуються з міжнародними дослідженнями [1–3], де ЕАБ забезпечує стійкість до деформацій на мостах із залізобетонною або ортотропною плитами проїзної частини. В українських умовах, з урахуванням кліматичних викликів, ЕАБ адаптовано через локальні стандарти (ДСТУ 9290-5:2024). Виклики – вища початкова вартість та контроль якості – подолано технологічними рекомендаціями (Р В.2.7-37641918-893:2018).

Запропонована методика оцінювання довговічності інтегрує дані випробувань, моделювання та критерії граничного стану, дозволяючи точне прогнозування. Впровадження ЕАБ сприятиме модернізації дорожньої інфраструктури, зниженню витрат та підвищенню безпеки. У подальшому робоз буде зводитись до впровадження пілотних проєктів, розроблення відповідних національних стандартів, внесення змін до будіельних норм та подальше оптимізування складу для зниження вартості ЕАБ.

Дослідження відкриває перспективи для сталого розвитку дорожнього господарства України, відповідаючи стратегічним цілям до 2030 року.

Література:

1. Huang W. et al. Epoxy Asphalt Concrete Paving on the Deck of Long-Span Steel Bridges // Chin. Sci. Bull. 2003. Vol. 48, № 21. P. 2391-2394.
2. Yang J. et al. Performance evaluation of asphalt mixtures containing high content of reclaimed asphalt pavement // Road Materials and Pavement Design. 2021. Vol. 23, № 8. P. 1832-1849.
3. Zhang K., Li P. Rheological properties of warm mix asphalt with recycled materials // Road Materials and Pavement Design. 2022. Vol. 24, № 4. P. 1023-1039.
4. Wei J., Zhang Y. Study on the Curing Process of Epoxy Asphalt // Journal of Testing and Evaluation. 2012. Vol. 40, № 7. P. 1-8.

УДК 69.003.12:625.7/.8:004.414.2

Догадайло Я.В., Котенко А.Д., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ПК «КОШТОРИС 8» ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ВАРТОСТІ ДОРОЖНІХ РОБІТ ТА ПОСЛУГ

Нове будівництво, реконструкція, ремонт та експлуатаційне утримання автомобільних доріг – це основні процеси, які потребують значних фінансових інвестицій. Тому основним підходом до правильної реалізації таких проєктів є чітке та прозоре формування кошторису на роботи, що дозволить оптимізувати витрати та забезпечити ефективне використання інвестованих коштів на різних стадіях реалізації дорожнього проєкту. Кошторисна вартість дорожніх робіт та послуг – це сума коштів, необхідних для будівництва, реконструкції, капітального ремонту або експлуатаційного утримання автомобільних доріг. В Україні з кінця 2022 року розрахунок вартості дорожніх робіт та послуг з використанням бази даних цін або об'єктів-аналогів, або укрупнених показників

(УПВ) [1,2]. УПВ забезпечують високу швидкість попереднього оцінювання капітальних витрат на етапі передпроектного планування. Цей підхід сприяє оперативному прийняттю управлінських рішень, спрощує процес кошторисоутворення через надання узагальненої вартості на ключову одиницю виміру об'єкта [3]. Тому розгляд практичних аспектів автоматизації процесу визначення УПВ є актуальним.

Завдяки участі ХНАДУ у Всукраїнському проєкті «Будуємо майбутнє разом» [4] авторами роботи було здійснено навчання за двома основними курсами [5], за результатами якого здійснено аналіз методичних основ формування кошторисної вартості дорожніх робіт і послуг за УПВ [6,7] та уточнено методичні рекомендації щодо визначення УПВ в ПК «Будівельні технології: Кошторис 8». В програмі Кошторис 8 необхідно створити „Будову“. У налаштуваннях кошторисної документації обрати «Методика Укравтодору», далі визначити стадію складання кошторисної документації. Потім в програмі Кошторис 8 локальних та об'єктних кошторисів, дані яких залежать від виду робіт, побажань замовника та інш. Наступним кроком буде додавання в локальний кошторис позицій для матеріалів, робіт та устаткування, які можна обрати з нормативної бази програми або створити власну норму. Наступним кроком після корегування локальних кошторисів є редагування або налаштування додаткових витрат щодо коштів на утримання служби замовника та кошти на покриття ризиків всіх учасників робіт. Особливим документом при визначенні кошторисної вартості за УПВ є складання відомості обсягу робіт (BoQ) та складання договірної ціни з актами приймання. Для створення BoQ за методом укрупнених показників, треба підключити за власним вибором класифікатор або національний або міжнародний CESMM4, та розподілити позиції кошторисів по елементах класифікатору. Після цього програма автоматично сформує відомість обсягів дорожніх робіт (BoQ) на окремій вкладці (рисунок 1).

ціні вносити будь які зміни до розрахунку кошторисів та налаштувань інших витрат за главами 8-12 зведеного кошторисного розрахуку (ЗКР). Щоб знайти договірну ціну за укрупненими показниками вартості треба оновити дані. Укрупнені показники вартості дорожніх робіт у складі договірної ціни можна розрахувати ресурсним методом, де враховуються прямі, загальновиробничі витрати, прибуток, кошти на покриття адміністративних витрат підрядних організацій та інші витрати за главами 8-12 ЗКР. Окремо враховуються кошти на покриття ризиків всіх учасників дорожніх робіт та послуг, кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами, кошти на сплату податків, зборів, обов'язкових платежів. Задати вартість укрупненого показника вартості можна самостійно, за бажанням кошторисника. Такі дані будуть позначатися окремим кольором – червоним. Також слід визначити витрати, що не враховані УПВ (кошти на покриття ризиків, інфляцію, вартість поставки замовника та зворотні суми) на вкладці. В графі „Інші витрати” можна обрати такі витрати та власноруч налаштувати їх. Після чого зі складеної договірної ціни з урахуванням всіх додаткових витрат, що не входять до УПВ, слід скласти акти приймання виконаних об'ємів робіт. Такі акти створюються, щоб уточнювати кількість виконаних робіт за конкретний період, який кошторисник може вказати в налаштуваннях акту. Об'єм вказується на графі „Виконано”, який може становити від нуля до максимального значення в залежності від кількості робіт, яку виконали будівельники. Щоб в акті приймання задати витрати, що не враховані УПВ (кошти на покриття ризиків, інфляцію, вартість поставки замовника та зворотні суми) треба, так само як і в розрахунку договірної ціни, відкрити вікно „Інші витрати” та розрахувати їх за ресурсним методом. В графі «Всього за ДЦ» відображається загальна вартість витрат, складених у договірній ціні. В графі «Залишок» відображається залишок вартості, який розраховується програмою, як різниця між вартістю витрати за договірною ціною та вартістю витрати, що врахована за затвердженими актами приймання виконаних робіт за попередні

звітні періоди. Вартість витрати, яку необхідно врахувати в поточному акті приймання виконаних робіт необхідно вносять в графу «Виконано». Розрахувати вартість витрат відповідно до обсягів виконаних робіт ресурсним методом можна натиснувши графу „Оновити”.

Таким чином, уточнено методичні рекомендації щодо формування кошторисної вартості дорожніх робіт за УПВ у ПК «Будівельні технології: Кошторис 8», зокрема деталізовано технологічний процес адаптації міжнародного класифікатора CESMM4 для автоматизованого складання Відомості Обсягу Робіт (BoQ).

Література:

1. Методика визначення вартості дорожніх робіт та послуг щодо визначення вартості нового будівництва, реконструкції, ремонтів та експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування : затв. наказом М-ва інфраструктури України від 07 жовт. 2022 р. № 753. З останніми змінами, внесеними Наказом від 23.06.2023 № 538., від 03.09.2025 № 942. 2024. 64 с. URL: <https://surl.li/nfghbj> (дата звернення: 16.10.2025).
2. Про затвердження Правил визначення вартості будівництва, реконструкції, ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування : Наказ М-ва інфраструктури України від 02.05.2022 р. № 273., ред. від 22.07.2025. URL: <https://surl.li/lienmv> (дата звернення: 27.03.2025)
3. Анахіна І. О., Догадайло Я. В. Особливості визначення кошторисних витрат на виконання дорожніх робіт в сучасних умовах. *87-а Міжнародна наукова конференція студентів університету* : матеріали 87-ої Міжнар. наук. конф., 07–11 квіт. 2025 р. Харків : ХНАДУ, 2025. С. 6–10
4. Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Учасник проекту «Будуємо майбутнє разом». *«Будуємо майбутнє разом» Всеукраїнський проєкт*: веб-сайт. URL: <https://surl.lt/jjxsdj> (дата звернення: 16.10.2025).
5. Успіхи студента у неформальній освіті – ключ до професійного зростання! *Харківський національний*

автомобільно-дорожній університет «ХНАДУ» : веб-сайт. URL: <https://surl.lu/raxiho> (дата звернення: 16.10.2025).

6. Проєкт «Будуємо майбутнє разом». Навчальний центр кошторисної справи : веб-сайт. URL: <https://surl.lt/gjufrv> (дата звернення: 20.10.2025).

7. Інструкції та Відео Кошторис 8 : веб-сайт. URL: <https://surl.li/shgxtj> (дата звернення: 20.10.2025).

УДК 625.7/8

Смолянук Р. В., Халін С. М., Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ ЗАСОБІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

На сучасному етапі розвитку транспортної інфраструктури дорожні знаки залишаються одним з ключових засобів організації дорожнього руху. Значна їх кількість зумовлює низку проблем, пов'язаних з експлуатаційним утриманням. Зокрема, дорожні знаки можуть бути відсутніми, перебувати в незадовільному технічному стані, втрачати актуальність або залишатися після завершення ремонтних робіт як зайві елементи організації дорожнього руху. У зв'язку з цим виникає потреба у систематичному контролі їх наявності та технічного стану, що зумовило створення різних систем відеодіагностики автомобільних доріг.

Загальним недоліком більшості сучасних відеосистем є необхідність значних трудових витрат, пов'язаних із переглядом відеоматеріалів, реєстрацією та оцінюванням стану дорожніх знаків оператором.

Стрімкий розвиток обчислювальної техніки та методів комп'ютерного зору відкрив можливості для створення мобільних систем технічного зору, здатних здійснювати детектування та розпізнавання об'єктів у

режимі реального часу. Завдання виявлення та класифікації дорожніх знаків полягає у локалізації знаку на зображеннях, отриманих із камери, встановленої на передній частині транспортного засобу, та подальшому визначенні його типу. Перші наукові роботи, присвячені подібним технологіям, з'явилися у 1984 році, зокрема в публікації [1], представлений у Японії. Упродовж останніх років на ринку почали з'являтися комерційні інтелектуальні системи автомобільної безпеки, до складу яких включено функції розпізнавання дорожніх знаків, такі як «Opel Eye» (Opel), «Speed Limit Assist» (Mercedes-Benz), «Traffic Sign Recognition» (Ford) та інші. Більшість цих систем орієнтовані переважно на детектування окремих категорій знаків, зокрема знаків обмеження швидкості та заборони обгону.

Процес розпізнавання дорожніх знаків, як правило, складається з двох основних етапів: детектування та класифікації. На етапі детектування здійснюється попередня обробка зображення для підвищення його якості та сегментація за характерними ознаками дорожніх знаків — кольором і геометричною формою. Результатом цього етапу є визначення областей інтересу, придатних для подальшої класифікації.

На етапі розпізнавання здійснюється класифікація відібраних областей та пошук відповідності між цими об'єктами та еталонними зображеннями дорожніх знаків, що зберігаються в базі даних системи. Якість розпізнавання значною мірою залежить від точності попереднього детектування.

Більшість існуючих алгоритмів орієнтовані лише на виявлення дорожніх знаків і не забезпечують можливості визначення їх технічного стану або виявлення відхилень від еталонного зображення. Тому для діагностування стану автомобільних доріг необхідні складніші алгоритми, здатні не лише ідентифікувати знак, але й оцінювати його технічний стан.

Дорожні знаки можуть зазнавати суттєвих пошкоджень, покриватися сторонніми написами, мати нестандартне виконання або бути виготовленими з підручних матеріалів (рис. 1), що ускладнює їх автоматизоване розпізнавання.



Рис. 1. Приклади нестандартних і пошкоджених знаків

Статичний підхід до розпізнавання дорожніх знаків, або статистичний алгоритм розпізнавання (Static Recognition Approach), включає кілька послідовних етапів: перетворення кольорового простору; видалення шумів; визначення контурів та фільтрація нерелевантних контурів; ідентифікація контурів.

Усі дорожні знаки, що використовуються на території України, характеризуються двома основними ознаками — кольором та геометричною формою (відповідно до «Правил дорожнього руху» та міжнародних

угод, учасником яких є Україна). Основними кольорами є червоний та синій.

Для виокремлення червоного та синього кольорів на вхідному зображенні застосовується колірний простір HLS (Hue, Luminance, Saturation). На першому етапі виконується перетворення зображення з простору RGB у HLS. Після цього відбувається вилучення компонентів червоного та синього кольорів, у результаті чого зображення набуває монохромного (чорно-білого) вигляду: усі елементи, що містили ці кольори, стають білими.

Наступним кроком є фільтрація шумів і визначення контурів потенційних дорожніх знаків. Після виявлення контурів здійснюється їх фільтрація. Оскільки будь-який дорожній знак може бути апроксимований прямокутником із характерним співвідношенням сторін, прийнятним діапазоном якого для попередньої ідентифікації (з урахуванням нахилу або повороту знака) є $0,7-1,3$, відсікаються контури, що виходять за межі цього діапазону.

На етапі ідентифікації контурів використовується метод порівняння зі зразками (Template Matching). Для кожного типу знака було сформовано еталонний шаблон, з яким порівнюється отриманий контур. Результатом порівняння є коефіцієнт відповідності у діапазоні від 0 до 1. Якщо значення коефіцієнта перевищує 0,5, вважається, що контур відповідає відповідному еталону.

Перевагою цього алгоритму є можливість отримання непрямої оцінки стану дорожнього знаку. Зокрема, разом з ідентифікованим типом знаку можна використовувати коефіцієнт збігу як індикатор його стану: чим він вищий, тим більшою є ймовірність, що знак перебуває у доброму стані та має високу видимість. Більш складний варіант оцінювання передбачає порівняння співвідношення кольорових компонентів на еталонному та реальному зображеннях знаку.

Алгоритм пошуку дорожніх знаків на основі вейвлет-перетворень Хаара та нейронних мереж

складається з таких блоків: навчання каскаду для детектування; пошук знаків; фільтрація результатів.

Вихідними даними для дослідження слугували матеріали обстеження автомобільних доріг, виконані співробітниками кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг. Аналіз відеоматеріалів 2007–2010 років, отриманих першою версією відеосистеми, засвідчив, що їх якість є недостатньою для коректної роботи зазначених алгоритмів, що призводило до значних похибок у роботі систем технічного зору.

У зв'язку з цим основна увага була зосереджена на даних, отриманих за допомогою системи «ВіДІО», зокрема під час обстеження автомобільних доріг Кіровоградської області, а також при зборі відеоданих у місті Харкові та на кільцевій дорозі.

Для реалізації наведених алгоритмів використовувалася бібліотека OpenCV, яка є безкоштовною та доступною для різних програмних продуктів. Базовий програмний код був отриманий з ресурсу «sidstudio.com.ua». Окремі етапи перевірялися у сторонніх програмних засобах. Наприклад, для аналізу кольорового простору відповідно до рекомендацій використовувався графічний редактор ACDSee. Було встановлено, що червоний колір у HLS займає два діапазони: $0 < H_{ue} < \sim 7-10$ та $165-168 < H_{ue} < 180$; синій колір — діапазон приблизно 100–130.

Отримані результати детектування знаків були такими:

- знак «Дати дорогу» (2.1): 72–90 %;
- знак «Головна дорога» (2.3): 65–85 %;
- знак «Прїзд без зупинки заборонено» (2.2): 12 із 16;
- знак «Пїшохїдний перехїд»: 21 із 27.

У середньому точність становила близько 70 %. Оцїнювання стану знаку виявилось складним завданням: запропонованї методи давали задовільнї результати лише за

ідеальних умов — хорошій видимості, достатнього освітлення та відсутності перешкод. Часткове перекриття знаку, нерівномірне освітлення або збіг кольору з фоном значно погіршували якість детектування.

Для реалізації алгоритму на основі вейвлет-перетворень Хаара та нейронних мереж також застосовувалася бібліотека OpenCV. Для ефективної роботи алгоритму необхідна значна вибірка навчальних зображень (позитивних і негативних), обсяг якої за даними літератури може досягати 10 ГБ. Створення такої вибірки у короткі терміни є неможливим, тому було використано дані ресурсу sidstudio.com.ua та доповнено їх власними зображеннями, отриманими під час обстежень автомобільних доріг, а також з «Google Street View».

Перевагою цього алгоритму є можливість отримання ідентифікованого виду знаку разом з номером файлу, за яким було здійснено розпізнавання. Це дозволило під час формування позитивної вибірки додавати до назви кожного файлу оцінку стану знаку (наприклад, XX_2.jpg, де 2 — бальна оцінка). За результатами експериментальних досліджень точність визначення становила не менше 90 %. Очікується, що точність може бути додатково підвищена зі збільшенням обсягу вибірки, що дозволяє рекомендувати даний алгоритм для оцінювання стану дорожніх знаків.

Література:

1. Abramczuk, T. A microcomputer based TV detector for road traffic // Symp. on Road Research Program, Traffic Bureau, National Police Agency of Japan, Tokyo, Japan, 1984.
2. Koschan, A. Digital Color Image Processing / A. Koschan, M. A. Abidi, //, ISBN 978-0-470-14708-5. – 2008. – 376 P.

УДК 528.44:004.8

Кошкалда І.В., Князь О.В., Домбровська О.А., Ряснянська А.М., Харків, Україна

Державний біотехнічний університет

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПІДГОТОВКИ ЗЕМЛЕВПОРЯДНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Цифровізація землевпорядкування супроводжується швидким зростанням обсягів даних і документів, що потребують оперативної обробки. Міжнародні огляди, зокрема UN-GGIM, вказують на неминучість упровадження штучного інтелекту для підвищення ефективності та прозорості цих процесів. У цьому контексті генеративний ШІ, здатний створювати текстові та цифрові матеріали на основі великих масивів даних, стає перспективним інструментом, адже сучасні великі мовні моделі вже використовуються у формуванні юридичних документів та аналізі нормативної інформації. Водночас застосування LLM потребує обережності, оскільки їхній контент є ймовірнісним і не завжди достовірним, що вимагає професійної верифікації, дотримання законодавчих вимог і суворого контролю при використанні таких технологій у землевпорядній практиці [1].

Для землевпорядної документації генеративний ШІ слід розглядати як інструмент асистування, а не автономного автора юридично значущих текстів. Його застосування потребує чітких шаблонів, перевірених структур документів, валідації даних і обов'язкової експертної перевірки фахівцем. Оскільки більшість видів землевпорядної документації мають стандартизовану форму та регламентовані реквізити, це створює сприятливі умови для автоматизації значної частини текстової та довідкової інформації. Міжнародний досвід цифровізації кадастрових систем підтверджує, що саме стандартизація та формалізація даних є передумовою ефективного

впровадження AI-рішень у сфері земельного адміністрування [2].

Генеративний штучний інтелект відкриває можливості для автоматизації значної частини текстової роботи в землеустрої. Передусім він може формувати чернеткові тексти пояснювальних записок, обґрунтувань, описів природних та правових умов використання земель, а також типові формулювання для рішень органів влади чи договорів. Подібні системи вже працюють у міжнародній практиці: наприклад, у Hellenic Cadastre (Греція) моделі Azure OpenAI аналізують договори та формують проєктні висновки, значно скорочуючи строки обробки документів. У межах землеустрою це дозволяє автоматично заповнювати стандартні розділи документації, генерувати варіанти текстів для різних правових сценаріїв та швидко створювати альтернативні редакції пояснювальних частин.

Важливим напрямом є автоматичне створення шаблонів, чек-листів та інструкцій, які можуть інтегруватися в кадастрові портали або внутрішні інформаційні системи виконавців. ШІ здатний структурувати вимоги до документації, формувати типові файли та пояснення до їх заповнення, а також генерувати довідкові матеріали для клієнтів і працівників.

У кадастрових і реєстраційних процедурах генеративні моделі допомагають узагальнювати інформацію з витягів, виявляти неточності або розбіжності у текстових даних, формувати чернетки відповідей на запити громадян. Паралельно вони можуть доповнювати класичні алгоритми комп'ютерного зору, створюючи текстові звіти до автоматично визначених меж чи картографічних матеріалів [3].

Ще один напрям - підтримка роботи з ГІС та базами даних. ШІ може генерувати SQL-запити, створювати скрипти Python чи R для обробки геопросторових даних, допомагати у формуванні ETL-моделей, що знижує технічний бар'єр для землепорядників, яким доводиться

працювати з великими масивами геоданих. Крім того, генеративний ШІ має значний потенціал у сфері комунікації та навчання. Він може слугувати основою для консультаційних чат-ботів, інтерактивних навчальних модулів чи інформаційних матеріалів для громад, допомагаючи пояснювати процедури відведення, поділу або об'єднання земельних ділянок у доступній формі. Таким чином, інтеграція генеративного ШІ сприяє підвищенню ефективності, прозорості та доступності земельно-кадастрових послуг [4].

Використання генеративного штучного інтелекту у сфері землеустрою, поряд із відчутними перевагами, супроводжується низкою критичних ризиків, що потребують уважного управління. Найбільш значущими є загрози юридичної точності та достовірності: моделі можуть створювати вигадані посилання чи факти, а будь-яка помилка у характеристиках земельної ділянки чи правових параметрах здатна спричинити судові спори або фінансові втрати. Не менш важливим є питання конфіденційності, адже землевпорядна документація містить чутливі персональні дані, що вимагає використання захищених середовищ і суворого контролю доступу. Крім того, ШІ не завжди здатний коректно відтворювати вимоги земельного, екологічного чи містобудівного законодавства України, тому необхідні спеціалізовані моделі, адаптовані до національної нормативної бази. Усе це змінює професійну роль інженера-землевпорядника: замість повної ручної підготовки документів він стає редактором і контролером AI-згенерованого тексту, відповідальним за його точність, відповідність закону та етичність застосування технології.

Україна вже має розвинену інфраструктуру електронного Державного земельного кадастру та реєстрів, що створює базу для впровадження елементів ШІ в земельному адмініструванні. У роботах українських авторів зазначається, що AI може суттєво пришвидшити обробку

кадастрових та земельпорядних даних, особливо в контексті відновлення територій та управління земельними ресурсами після повномасштабної війни [5].

Перспективні напрями подальших досліджень у сфері застосування генеративного ШІ в землеустрої охоплюють кілька ключових векторів. Передусім важливо створювати спеціалізовані мовні моделі, навчені на українському земельно-кадастровому законодавстві, типових документах і судовій практиці, що підвищить точність генерації професійних текстів. Перспективним є й моделювання робочих процесів, де ГШІ інтегрується у функціонування наявних кадастрових та ГІС-систем, забезпечуючи не окрему роботу «чат-бота», а підтримку комплексних виробничих операцій. Необхідним залишається й оцінювання економічного ефекту таких рішень — визначення, наскільки автоматизація скорочує строки підготовки документів, зменшує кількість помилок і підвищує частку операцій, що можуть виконуватися без прямого втручання фахівця. Окремого наукового опрацювання потребує формування етичних і методичних рекомендацій щодо меж застосування ШІ у практиці сертифікованих інженерів-земельпорядників та органів влади. Перспективи відкриває й використання генеративної графіки для створення візуалізацій та картографічних макетів, однак із чітким розмежуванням між ілюстративними матеріалами та юридично значимою картографією [2].

Генеративний штучний інтелект поступово стає дієвим інструментом автоматизації підготовки земельпорядної документації, особливо в частині текстових пояснень, формування шаблонів, службових матеріалів та комунікації з користувачами. Міжнародний досвід, зокрема впровадження таких технологій у кадастрових системах Греції та інших країн, підтверджує, що інтеграція AI-рішень у цифрові кадастрові платформи здатна істотно скоротити

строки опрацювання документів і підвищити відкритість процедур.

Разом із тим юридично значущий статус земельпорядної документації потребує абсолютної точності, відповідності законодавству та персональної відповідальності виконавця. Тому генеративний ШІ може бути лише інструментом підтримки, тоді як кінцевий текст повинен проходити фахову верифікацію та адаптацію до конкретних правових вимог.

Для України перспективність застосування ГШІ у сфері землеустрою особливо зростає в умовах цифровізації кадастру, відновлення деокупованих територій та необхідності підвищення якості й швидкості земельно-кадастрових сервісів. Реалізація цього потенціалу потребує наукових досліджень, пілотних проєктів, оновлення нормативно-методичної бази і підготовки фахівців, здатних відповідально інтегрувати інструменти штучного інтелекту у професійну діяльність.

Література:

1. *Integrated geospatial information for effective land administration and management: note by the Secretariat / United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management*. New York: United Nations, 2024. — E/C.20/2024/14/Add.1. — 8 p.
 2. Krook J., Schneiders E., Seabrooke T., Leesakul N., Clos J. Large Language Models (LLMs) for Legal Advice: A Scoping Review. 2024. 30 p.
 3. AI-powered document processing system for land registration. Athens: Ministry of Digital Governance, 2023. Available at: <https://www.ktimatologio.gr/en>
 4. ISO 19152:2023. Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM). Geneva: International Organization for Standardization, 2023.
 5. Zhang L., Wang J. Machine Learning-Assisted Boundary Extraction from Aerial Imagery. *Remote Sensing Letters*, 2024, vol. 15, no. 1, pp. 23–34. DOI: 10.1080/2150704X.2023.228411
- УДК 625.7/8

Смолянук Р. В., Смолянук Н. В., Харків, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ШОРСТКОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗЧІПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Метою діагностики автомобільних доріг є отримання об'єктивної та достовірної інформації про їх транспортно-експлуатаційний стан, що є необхідною умовою своєчасного та якісного виконання ремонтних робіт. Одним із ключових показників стану автомобільних доріг виступає шорсткість дорожніх покриттів. У міжнародній практиці оцінювання зчіпних властивостей покриттів здійснюється за комплексними показниками, обов'язковим компонентом яких є шорсткість.

За даними PIARC, у світі використовуються близько 15 500 чисельних характеристик зчіпних якостей дорожніх покриттів, що ґрунтуються на 37 методах вимірювання коефіцієнта зчеплення автомобіля з покриттям та 22 методах оцінювання текстури покриття. Шорсткість при цьому визначається за різними показниками, кількість яких сягає 17.

Упродовж кількох років у країнах Європи проводилося дослідження «HERMES», спрямоване на гармонізацію європейських показників та обладнання для оцінювання зчіпних властивостей. У дослідженні брали участь представники Данії, Бельгії, Франції, Великої Британії, Норвегії, Польщі та Іспанії. Результати цього та інших досліджень стали основою для створення IFI (International Friction Index) – Міжнародного Індексу Зчеплення.

Одним із ключових висновків зазначених досліджень є те, що оцінювання зчіпних властивостей можливе лише за комплексного врахування коефіцієнта зчеплення та параметрів шорсткості покриттів. Таким чином, IFI є інтегральним комплексним показником. Для

більшості типів обладнання було встановлено рекомендоване співвідношення між його компонентами: 60 % – коефіцієнт зчеплення, 40 % – параметри шорсткості.

В Україні, як і в багатьох інших країнах, оцінювання зчіпних якостей дорожніх покриттів проводиться вже протягом кількох десятиліть. Проте традиційно воно обмежується визначенням лише одного показника – величини коефіцієнта зчеплення за фіксованої швидкості руху, зазвичай 60 км/год [1, 5]. Такий підхід не забезпечує можливості повноцінно охарактеризувати ковзкість покриття у широкому діапазоні швидкостей і не дозволяє відстежувати зміни цього параметра в часі.

З огляду на зазначені обмеження було проведено дослідження з метою вибору показників для оцінювання шорсткості дорожніх покриттів, їх нормування та подальшого використання шорсткості як важливого критерію транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг. У перспективі ці показники мають бути інтегровані в систему оцінювання зчіпних властивостей дорожніх покриттів за IFI.

Шорсткість поверхні дорожнього покриття є якісною характеристикою його стану та визначається як відхилення поверхні від геометрично плоскої площини в межах довжин хвиль до 500 мм та амплітуд до 50 мм. Вона підрозділяється на мікро-, макро- та мегатекстуру. Мікротекстура характеризує дрібномасштабну нерівність поверхні, що зазвичай не сприймається візуально, але відчутна на дотик. Шорсткість є одним із найважливіших параметрів дорожніх покриттів, що впливають на процеси взаємодії шини з дорогою – тертя, знос шин, зовнішній і внутрішній шум, опір коченню. Відповідно, її кількісне описання є важливим для оцінювання технічного стану покриття та його впливу на безпеку руху, енергоефективність та екологічні показники.

Відсутність вимірювань мікротекстури не дозволяє повною мірою математично моделювати процес

гальмування та визначати індекс зчеплення, який відображав би лише властивості дорожнього покриття, незалежно від параметрів колеса.

Беручи до уваги наведені аргументи, актуальною задачею є створення сучасних приладів, здатних реєструвати параметри макро- та мікроскоросткості, а також текстурні характеристики покриттів.

Портативний лазерний прилад для вимірювання параметрів шорсткості (ПЛПШ) є спеціалізованим обладнанням для безконтактного визначення характеристик шорсткості дорожніх покриттів шляхом використання двовимірних лазерних датчиків (рис. 1). У результаті вимірювань формується профіль шорсткості – цифрове відтворення ділянки поверхні покриття у вигляді масиву координат.



Рис. 1. Прилад для визначення шорсткості ПЛПШ-1

Методика виконання випробувань та обробки отриманих даних для визначення й оцінювання шорсткості дорожніх покриттів охоплює вимоги до портативних лазерних приладів, порядок визначення параметрів шорсткості, а також вимоги до комп'ютерного обладнання

та програмного забезпечення, призначених для їх обслуговування.

Під час розроблення методики були враховані узагальнені результати досліджень вітчизняних і зарубіжних учених, зокрема фахівців Харківського національного автомобільно-дорожнього університету та Національного транспортного університету.

Запропонована методика встановлює послідовність проведення випробувань і порядок отримання інформації про шорсткість дорожніх покриттів із використанням сучасних портативних лазерних засобів вимірювання.

Оцінювання параметрів шорсткості за допомогою приладів типу ПЛПШ здійснюють шляхом отримання цифрового зображення фрагмента поверхні покриття у вигляді масиву координат та подальшого аналізу цих даних.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Форма даних про шорсткість автомобільних доріг						
2							
3	Код дороги (міжнародний);					E 40	
4	Код дороги (місцевий);					M 04	
5	Назва дороги Київ-Харків-Довжанський						
6	Сторона руху ліва (права,ліва)						
7	Категорія дороги					1	
8	Характеристика ділянки			радіус закруглення 250 м			
9	Власник: Служба автомобільних доріг в Харківській області						
10	Дата: 01.03.2010 Час:		15:30:00	Температура, °C	25		
11	Засіб вимірювання			ПЛПШ-1			
12	Параметри шорсткості вимірюються профільним методом						
13	згідно ДСТУ Б В.2.3-8-2003						
14							
	км	м	Найбільша висота нерівності h _{max} , мм	Середнє значення глибини впадін шорсткості h _{ср}	Значення середнього радіуса шорсткості, R, см	Щільність виступів шорсткості, i	Відносна опорна довжина профілю, tp
15							
16	11	100	3,0	1,5	3	15	0,8
17	11	130	2,9	2,6	3	12	0,8
18	11	250	2,1	1,8	2	10	0,8
19	11	450	5,7	4,3	6	3	0,9
20	11	650	10,2	5,2	11	3	1
21							

Рис. 2. Загальний вигляд відомості щодо результатів визначення параметрів шорсткості дорожніх покриттів

Отримані дані можуть бути використані як складові інтегрального показника IFI. Таким чином, маючи значення коефіцієнта зчеплення та показники шорсткості, можна обчислити величину IFI. На нашу думку, цей показник є найбільш об'єктивним і комплексним критерієм

оцінювання зчіпних властивостей дорожніх покриттів з огляду на наведені нижче аргументи.

Зв'язок між шорсткістю та коефіцієнтом зчеплення є складним і не може бути описаний однозначною аналітичною залежністю. Це пояснюється великою кількістю чинників, що впливають на результати вимірювання коефіцієнта зчеплення. До таких факторів належать:

- швидкість вимірювання;
- ступінь забруднення поверхні;
- рівень її зволоження;
- стиранність мінерального матеріалу, з якого

виготовлено покриття;

– геометричні параметри ділянки дороги (зони «накату», кривини, поздовжні та поперечні ухили, віражі тощо);

- ширина колеса вимірювального приладу;
- рисунок протектора шини;
- ступінь зношеності протектора;
- хімічний склад гуми, з якої виготовлено шину.

Показники шорсткості мають вищу відтворюваність, що робить оцінювання зчіпних властивостей на основі цих параметрів більш стабільним та однозначним. Недоліком такого підходу є відсутність прямої залежності між параметрами шорсткості та коефіцієнтом зчеплення. Зокрема, на сьогодні практично неможливо точно визначити довжину гальмівного шляху автомобіля лише за показниками шорсткості покриття.

У зв'язку з цим найбільш перспективним напрямом оцінювання зчіпних властивостей дорожніх покриттів є застосування та подальший розвиток комплексних індексів, таких як IFI, які інтегрують інформацію як про структуру поверхні, так і про її зчіпні характеристики.

Література:

1. Андреев С.І., Охріменко В.Д. Прогнозування зчіпних якостей проїзної частини доріг // Автомобільні дороги і

дорожнє будівництво. Вип. 46. - К., Будівельник, 1990. – С. 24-25.

2. Павлюк Д.О. Основи і застосування теорії зчипних якостей дорожнього покриття: Дис. д-ра техн. наук – К., 1996. – 480 с.

3. Смолянук Р.В. Оцінка експлуатаційного стану дорожніх покриттів на основі вдосконалення методів вимірювання рівності та зчипних якостей: Дис. канд. техн. наук / ХНАДУ. – Харків, 2005. – 155 с.

4. ДСТУ 8746:2017 Автомобільні дороги. Методи вимірювання зчипних властивостей поверхні дорожнього покриття. -К.: Держбуд України, 2017. – 15 с.

УДК: 528

Байструк О. В., Харків, Україна

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

ПРАВОВІ АСПЕКТИ ВСТАНОВЛЕННЯ ЗОН ОБМЕЖЕНЬ ТА ЇХ РОЛЬ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ

Сучасне управління земельними ресурсами в Україні неможливе без системного правового регулювання, серед якого ключове значення має встановлення зон обмежень. Зони обмежень – це територіальні ділянки (зони), на яких введено спеціальні правові режими використання земель, покликані захистити інтереси суспільства, навколишнє середовище, історико-культурну спадщину та інфраструктуру. Правовий підхід до таких зон слугує механізмом балансування різних користувацьких інтересів, забезпечуючи, з одного боку, можливість розвитку та інвестицій, а з іншого – збереження природних, екологічних, санітарних або соціальних цінностей.

Законодавча база встановлення зон обмежень в Україні спирається насамперед на Земельний кодекс України, який визначає, що планування використання

земель здійснюється через прийняття загальнодержавних, регіональних та місцевих програм, а також через природно-сільськогосподарське районування та зонування [1]. Зокрема, стаття 180 Земельного кодексу передбачає, що зонування земель здійснюється в межах населених пунктів, і під час його проведення встановлюються вимоги до допустимих видів забудови та іншого використання земельних ділянок [1]. Поняття “землеустрій” (землеустрій – це система соціально-економічних та екологічних заходів) також закріплене законодавчо, і одним із його завдань є регулювання земельних відносин задля раціонального використання території [1].

Додатково правове регулювання зонування містобудівного характеру здійснюється через Закон України “Про регулювання містобудівної діяльності” № 3038-VI, де передбачено, що одним із головних інструментів просторового планування є план зонування території населеного пункту (містобудівна документація) [2]. У цьому законі чітко прописані процедури розроблення та затвердження містобудівної документації, а також положення про те, що містобудівні умови й обмеження забудови земельної ділянки встановлюються органами влади відповідно до зонування [2]. Крім того, закон встановлює обов’язковість врахування даних плану зонування при формуванні містобудівного кадастру, що забезпечує юридичне закріплення меж зон у реєстрах.

Ще однією важливою правовою нормою є постанови Кабінету Міністрів щодо порядку районування (зонування) земель. Наприклад, Постанова КМУ № 681 від 26 травня 2004 року [3] затверджує Порядок здійснення природно-сільськогосподарського, екологічного, протиерозійного та інших видів зонування земель. Цей нормативний акт встановлює методологію розподілу території на зони, враховуючи природні умови, агрокліматичні критерії, екологічні ризики, ерозійні процеси тощо. Завдяки цьому правовому механізму вводяться обмеження на

використання земель, які можуть бути небезпечними або менш придатними для певних видів господарської діяльності, підтримуючи екологічну стійкість та збереження родючості ґрунтів.

Правові аспекти зон обмежень охоплюють також внесення даних про обмеження до Державного земельного кадастру. Згідно з новими положеннями законодавства, відомості про функціональні зони, обмеження забудови, зони охорони культурних пам'яток тощо, вносяться до земельного кадастру. Це створює юридично обов'язкову й публічну базу даних, що дозволяє власникам і землекористувачам чітко бачити, які обмеження діють на їхні ділянки, і планувати використання землі з урахуванням цих обмежень.

Роль таких зон обмежень у забезпеченні раціонального використання земель є багатогранною. По-перше, вони допомагають захищати важливі екологічні та природні ресурси, наприклад, зони, які підлягають особливій охороні: прибережні захисні смуги, водоохоронні зони, зони лісів або природоохоронні території. Обмеження в цих зонах можуть забороняти чи обмежувати забудову, зміну цільового призначення ділянок, глибоке знімання ґрунту тощо. Ця правова регламентація сприяє збереженню біорізноманіття, запобігає ерозії, захищає водні ресурси.

По-друге, встановлення таких зон стимулює планування й гармонізацію інженерної, транспортної та соціальної інфраструктури. Включення зон обмежень у містобудівні плани дає змогу передбачити інфраструктурні лінії, зелені пояси, лінії регулювання забудови, таким чином унеможливлуючи хаотичну забудову. Завдяки чітким правилам зонування стає можливим регулювати поверховість, щільність забудови, відступи будівель, що впливає на інтенсивність землекористування, забезпечуючи раціональне використання землі.

По-третє, правові зони обмежень сприяють соціальній справедливості: вони можуть захищати

історико-культурні цінності – наприклад, зони охорони пам'яток архітектури або історичних ареалів. В цих зонах забороняється або строго регулюється нова забудова, реконструкція тощо, що дозволяє зберігати культурну спадщину. Водночас це стимулює відповідальне інвестування та врахування культурного контексту в розвитку територій.

Ще одним аспектом є економічний ефект: встановлення зон обмежень може викликати коригування земельної вартості, оскільки обмеження використання впливають на комерційну привабливість ділянок. Однак це також створює правову передбачуваність для власників та інвесторів – вони знають, які обмеження існують, можуть прорахувати можливості та ризики інвестицій. Крім того, держава за допомогою зонування може стимулювати перерозподіл функцій територій, направляючи розвиток у пріоритетні зони, де обмеження менші або дозволяють ефективне використання.

Щодо статистичних чи аналітичних даних: за даними досліджень правознавців, частка територій, охоплених природно-сільськогосподарським зонуванням (районуванням), серед усіх земель сільськогосподарського призначення складає значну частину, оскільки природні умови (ерозія, родючість, клімат) різняться помітно між регіонами. У практиці землеустрою, за оцінками експертів, зонування згідно з Постановою КМУ № 681 привело до встановлення десятків тисяч гектарів зон з обмеженнями, що безпосередньо впливають на землекористування та охорону земель. (Цифри можуть варіюватися за регіонами; детальні регіональні дані доступні в наукових монографіях і звітах з землеустрою.)

Правове встановлення зон обмежень також має проблемні моменти: іноді підготовка містобудівної документації (планів зонування) займає багато часу, що затримує впровадження нових обмежень. Крім того, не всі місцеві громади мають достатні ресурси чи експертизу для

розробки якісних схем зонування, що може призводити до непрозорості чи невідповідності інтересів громадян. Іншим викликом є оновлення кадастрових даних – внесення інформації про обмеження до Державного земельного кадастру має відбуватися своєчасно, і не завжди це реалізовано повністю або якісно.

Незважаючи на виклики, правове регулювання зон обмежень демонструє свою ефективність у забезпеченні раціонального землекористування: воно знижує ризик хаотичної забудови, охороняє екологічно чутливі території, стимулює відповідальне планування та інвестиції, гарантує правову передбачуваність, а також підвищує рівень соціального контролю над використанням земель. У перспективі подальший розвиток правової бази у цій сфері – зокрема, вдосконалення методик зонування, покращення механізмів внесення даних до кадастру, підвищення прозорості містобудівних процедур – може суттєво посилити роль зон обмежень як інструменту сталого розвитку територій.

Література:

1. Земельний кодекс України, електронний ресурс URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14/ed20030426/print?utm_source=chatgpt.com
2. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності»; Електронний ресурс URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/en/3038-17/ed20230328?lang=uk#Text>
3. Постанова КМУ № 681 від 26 травня 2004; Електронний ресурс URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/681-2004-п#Text>

УДК: 528

Демочко І. О., Харків, Україна

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ ТРАНСПОРТУ У СКЛАДІ ЗЕМЕЛЬ ІСТОРИКО- КУЛЬТУРНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Раціональне використання земель історико-культурного призначення залишається одним із ключових завдань державної політики у сфері охорони культурної спадщини та планування територій. Особливе значення це питання набуває в умовах інтенсивного розвитку транспортної інфраструктури, яка часто інтегрується в історичні міські ландшафти, археологічні території або охоронні зони пам'яток. Будь-яке втручання на таких територіях може призвести до порушення просторової цілісності, руйнування підземних культурних нашарувань, зміни гідрологічного режиму або втрати автентичності об'єктів культурної спадщини. Саме тому ефективний геоінформаційний моніторинг є необхідним інструментом забезпечення збалансованого поєднання транспортних функцій і вимог охорони культурної спадщини.[1]

Землі транспорту в межах історико-культурних територій охоплюють складну інфраструктуру: автомобільні дороги, вулично-дорожню мережу, площі, пішохідні маршрути, транспортні вузли, паркувальні зони, а також технічні споруди, пов'язані з утриманням дорожнього господарства. Хоча такі об'єкти є необхідними для забезпечення мобільності, їх розвиток має відбуватися з урахуванням наявності охоронюваних об'єктів та регламентів використання земель. Тому важливо мати інструменти, здатні відслідковувати навіть незначні зміни території, які можуть сигналізувати про потенційні ризики для культурної спадщини.

Геоінформаційні системи (ГІС) забезпечують комплексний підхід до аналізу територій завдяки

можливості інтегрувати дані кадастрового обліку, цифрові топографічні карти, матеріали археологічних досліджень, правові режими охорони та інженерну інформацію. ГІС дозволяє створювати багатoshарові карти, що відображають просторову структуру територій, їх функціональне призначення, історичний розвиток та потенційні зони конфлікту між транспортними проєктами і цінностями культурної спадщини. Особливу роль відіграє можливість накладення охоронних зон на плани транспортної інфраструктури, що дозволяє виявляти небезпечні перетини, порушення нормативів або невідповідності запланованих рішень встановленим режимам використання земель.[2]

Методи дистанційного зондування Землі забезпечують регулярне оновлення даних про стан територій. Використання супутникових знімків високої роздільної здатності та аерофотозйомки дозволяє отримувати оперативну інформацію про зміни земного покриття, реконфігурацію транспортних потоків, появу нових об'єктів або незаконних робіт. Окремо слід відзначити застосування безпілотних літальних апаратів, які забезпечують отримання детальних моделей місцевості, особливо важливих для аналізу локальних ділянок із підвищеною концентрацією пам'яток або інженерних структур. Комбінація ГІС і ДЗЗ дозволяє створювати інтегровані системи, здатні забезпечити багаторівневий контроль, включно з оперативним реагуванням на небажані зміни.

Важливою складовою сучасного моніторингу є використання цифрових моделей рельєфу та 3D-реконструкцій історичних ландшафтів. Такі моделі дозволяють більш точно оцінювати ризики, пов'язані зі зміною геоморфології території, прокладанням нових транспортних трас або збільшенням навантаження на існуючу інфраструктуру. Поєднання просторових моделей з аналітичними алгоритмами машинного навчання дає

можливість прогнозувати ймовірність виникнення ризиків, зокрема руйнування підземних археологічних об'єктів, надмірної вібрації поблизу історичних будівель або змін мікрокліматичних умов, які можуть негативно впливати на збереження автентичних матеріалів пам'яток.[3]

Геоінформаційний моніторинг дає можливість забезпечити функціонування системи раннього попередження, яка реагує на ознаки порушення землекористування. Це особливо важливо в історичних центрах міст, де будь-які несанкціоновані роботи можуть спричинити непоправну шкоду. Використання автоматизованих аналітичних модулів дозволяє швидко ідентифікувати підозрілі зміни та формувати рекомендації для органів охорони культурної спадщини, дорожніх служб і місцевого самоврядування. Додатковою перевагою є можливість документування динаміки змін, що робить такі системи незамінними в експертних дослідженнях та судових процесах щодо порушень у сфері землекористування.

У підсумку, геоінформаційний моніторинг земель транспорту у складі земель історико-культурного призначення є багатокомпонентною системою, яка забезпечує поєднання традиційних методів охорони культурної спадщини із сучасними цифровими технологіями. Його впровадження сприяє зниженню ризиків нецільового використання територій, покращує якість планування транспортної інфраструктури та забезпечує збереження історико-культурних пам'яток у довгостроковій перспективі. В умовах зростаючого навантаження на міські території такі системи стають необхідним елементом інтелектуального управління просторовим розвитком, що відповідає сучасним європейським стандартам сталого управління культурною спадщиною та інфраструктурою.

Література:

1. Земельний кодекс України, електронний ресурс URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14/ed20030426/print?utm_source=chatgpt.com
2. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С. Геоінформаційні системи та технології: навчальний посібник. — Київ: Либідь, 2019.
3. Примуш Л. Д. Охорона культурної спадщини в Україні: правові та організаційні засади. — Київ: Юрінком Інтер, 2021.

УДК: 528

Фролов О. В., Харків, Україна

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

АНАЛІЗ НЕДОЛІКІВ ПРОСТОРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІСТОБУДІВНОГО МОНІТОРИНГУ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ РЕГІОНІВ

Ефективне функціонування містобудівного моніторингу використання земель регіонів неможливе без наявності цілісної та внутрішньо узгодженої системи просторового забезпечення, що інтегрує нормативно-методичні, техніко-технологічні, інформаційно-аналітичні та інституційно-організаційні елементи.

Сучасний стан просторового забезпечення містобудівного моніторингу в Україні характеризується розривністю інформаційних напрямів, відсутністю єдиних підходів до ведення обліку змін землекористування та значною фрагментарністю використання геоінформаційних засобів у містобудівній практиці. Це обумовлює потребу у глибокому аналізі чинників, що формують недовіру існуючої системи на всіх рівнях – законодавчому, інституційному, аналітичному та технічному.

У системному вимірі просторове забезпечення містобудівного моніторингу використання земель регіонів охоплює взаємодію функціональних рівнів, кожен з яких

має специфічні слабкі місця, що потребують подальшої оптимізації. Для об'єктивного оцінювання рівня реалізації цього процесу доцільним є застосування індикативної типологізації, яка дозволяє виокремити недоліки відповідно до ознак їх прояву.

На основі узагальнення нормативних положень, регіональної звітності, аналізу офіційних геоінформаційних порталів (НІГД, ДЗК, ЄДЕССБ, геопортали ОВА) та зіставлення з міжнародними практиками було визначено п'ять функціональних груп недоліків:

1. Інституційно-організаційні відхилення:

- Відсутність підзвітної структури у межах обласного рівня, яка відповідає б за координацію ГІС-компонентів містобудівного моніторингу.

- Паралельність функцій між управліннями архітектури, департаментами земельних ресурсів, КП, розробниками містобудівної документації.

- Невизначеність відповідальності за оновлення цифрових даних на платформах НІГД або локальних ГІС.

2. Нормативно-методичні обмеження:

- Відсутність чіткого індикативного складу показників для оцінювання функціонального використання земель на регіональному рівні.

- Неврегульованість форматів взаємодії між реєстрами.

- Відсутність системи протоколів узгодження просторових шарів при розробці оновлень ДПТ, Зонінгу, ГП.

3. Інформаційно-технічні проблеми:

- Фрагментарність і неоднорідність структури просторових даних: одна частина – у растровому форматі, інша – векторна без атрибутів.

- Відсутність автоматизації оновлення: зміни здійснюються вручну з великою часовою затримкою.

- Використання несумісного ПЗ на місцях.

4. Аналітико-візуалізаційні проблеми:

- Відсутність аналітичних модулів візуалізації, що дозволяють відображати щільність забудови, проблемні зони, тенденції трансформації.

- Не застосування аналітичних даних або існуючих моделей по ОТГ, районах, області.

- Обмежені можливості просторового моделювання сценаріїв розвитку, як це реалізовано у США чи Канаді [1, 2].

5. Громадсько-комунікаційні дефіцити:

- Відсутність відкритого доступу до картографічної інформації щодо реального функціонального стану території.

- Відсутність механізму зворотного зв'язку щодо перевірки достовірності відображених змін.

- Обмеження публікації історичних версій шарів, що не дозволяє здійснювати ретроспективний аналіз.

Узагальнення виявлених недоліків створює підґрунтя для розробки системи напрямів удосконалення, яка базується на принципах інформаційної сумісності, нормативної визначеності, відкритості даних та автоматизації оновлень.

Література:

1. National Land Cover Database (NLCD). URL: <https://www.mrlc.gov/>;

2. Monitor IOER. Germany. URL: <https://monitor.ioer.de>

УДК 004.9:625.7/.8:656.1(100)

Сєдов А. О., Садовий І. І., Хайнус Д. Д., Могильний С. Г.,
Харків, Україна

Державний біотехнологічний університет

ЗАКОРДОННИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ АНАЛІЗІ ДОРОЖНЬО- ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ТЕРИТОРІЙ

У сучасному світі, де швидкі темпи урбанізації, збільшення мобільності населення та зростаючі потреби в

зручній і ефективній транспортній інфраструктурі стають ключовими викликами для розвитку територій, геоінформаційні системи (ГІС) посідають центральне місце в забезпеченні повноцінного функціонування дорожньо-будівельного комплексу. Вони не лише спрощують процеси управління дорожньою галуззю, а й формують основу для прийняття стратегічно виважених рішень у сферах планування, проектування, будівництва та експлуатації доріг. Завдяки здатності поєднувати просторові, статистичні та аналітичні дані, ГІС дозволяють швидше, точніше й ефективніше реагувати на численні виклики транспортного сектору.

ГІС являють собою складний комплекс програмно-апаратних засобів, що дають можливість збирати, зберігати, обробляти, моделювати та візуалізувати просторову інформацію у різних масштабах. У сфері шляхобудування це означає створення багаторівневих цифрових моделей територій із врахуванням топографічних особливостей, фізико-географічних умов, характеристик ландшафту, наявної інфраструктури та екологічних факторів. Такий підхід дозволяє формувати повну картину стану дорожньої мережі та прогнозувати її розвиток на роки вперед.

Завдяки використанню ГІС інженери та проєктанти отримують потужний інструмент для аналізу транспортної мережі. Зокрема вони можуть визначати оптимальні маршрути та транспортні коридори, оцінювати геометрію доріг, відстані, кути нахилу, криві та рельєф місцевості; здійснювати розрахунок обсягів земляних робіт, матеріалів і технічних ресурсів; аналізувати можливі ризики та вплив майбутньої дороги на навколишнє середовище. Інструменти просторової аналітики дозволяють прогнозувати терміни служби доріг, виявляти ділянки із підвищеним рівнем зносу, аналізувати транспортні потоки та їхню інтенсивність, а також виявляти потенційно проблемні місця. Це сприяє ефективному плануванню

ремонтних робіт, модернізації мережі та оптимізації логістики.

У світі існує широкий спектр програмних продуктів, що мають спеціалізовані модулі для аналізу дорожньо-транспортних мереж – від інструментів для моделювання руху до систем управління дорожньою інфраструктурою. Вони дозволяють інтегрувати дані з різних джерел, включно з супутниковими знімками, даними аерофотозйомки, датчиками руху, мобільними додатками та відкритими геопросторовими платформами.

Країни з розвиненою транспортною мережею активно впроваджують ГІС у регіональне, національне та міське планування. У Європейському Союзі ГІС інтегруються із системами безпеки дорожнього руху, екологічного моніторингу, логістики та обслуговування транспортних засобів. Приклади Німеччини, Франції, Швеції та Нідерландів наочно демонструють, як просторовий аналіз та моделювання дозволяють оптимізувати транспортні потоки, підвищити пропускну здатність ключових магістралей, зменшити рівень аварійності та знизити шкідливі викиди в атмосферу. Деякі країни застосовують ГІС для аналізу велосипедної та пішохідної інфраструктури, інтегруючи її з дорожньою мережею для підвищення якості міського середовища.

США демонструють високий рівень цифровізації дорожнього господарства, широко застосовуючи ГІС у поєднанні з Інтернетом речей (IoT – Internet of Things) для створення концепції «розумних доріг» (Smart Roads). Такі дороги обладнані сенсорами, які в режимі реального часу передають інформацію про стан покриття, погодні умови, інтенсивність трафіку, рівень забруднення повітря та аварійні ситуації. Це дозволяє автоматизувати управління рухом, підвищувати безпеку, оптимізувати вантажні перевезення та здійснювати профілактичний ремонт інфраструктури на основі прогнозних моделей.

Японія вирізняється високим рівнем інтеграції ГІС з технологіями Building Information Modeling (BIM), що дозволяє створювати комплексні тривимірні моделі транспортної інфраструктури. Такий підхід забезпечує точний облік матеріалів, контроль якості будівництва, оптимізацію логістичних процесів та ефективне управління дорожніми проєктами протягом усього їх життєвого циклу. Крім того, японські інженери активно застосовують ГІС у поєднанні з системами раннього попередження про природні катастрофи, що є важливим аспектом в умовах високої сейсмічної активності.

Використання ГІС у дорожній галузі доповнюється застосуванням комп'ютерно-інтегрованих систем, які базуються на штучному інтелекті (ШІ), машинному навчанні та технологіях великих даних (Big Data). Такі системи дозволяють аналізувати значні масиви інформації, виявляти закономірності, моделювати сценарії розвитку дорожньої мережі, прогнозувати поведінку транспортних потоків та оптимізувати маршрути перевезень. Крім того, завдяки розвитку хмарних технологій забезпечується доступність даних для різних відомств та користувачів, що сприяє підвищенню прозорості й оперативності управління транспортною інфраструктурою.

Цифровізація процесів будівництва, експлуатації та ремонту доріг створює умови для адаптації транспортної інфраструктури до викликів кліматичних змін, демографічних тенденцій та соціально-економічних трансформацій. Це особливо важливо для країн зі складними природно-кліматичними умовами або геополітичними ризиками, включно з Україною.

Для України перспективним напрямом є розширення використання ГІС як основного інструменту підвищення якості, точності та ефективності дорожніх проєктів. Застосування таких технологій допоможе створити актуальні бази даних автомобільних доріг, удосконалити процеси планування ремонтів, забезпечити прозорість у

прийнятті рішень та ефективність витрачання коштів. Важливою є також інтеграція ГІС із державними кадастровими системами, геопорталами та цифровими реєстрами, що сприятиме покращенню інформування населення і підвищенню рівня сервісу.

Геоінформаційні та комп'ютерно-інтегровані технології відкривають нові горизонти для розвитку дорожньо-будівельного комплексу. Вони роблять процеси планування, проектування та управління дорожньою інфраструктурою більш точними, гнучкими, ефективними та екологічно відповідальними. Світовий досвід доводить, що впровадження ГІС підвищує безпеку руху, покращує якість доріг і сприяє розвитку сталого транспорту.

Для України це не лише шанс підвищити якість дорожньої мережі, але й важливий крок до системної цифрової трансформації галузі, що забезпечить стратегічну інтеграцію в європейський простір, зміцнить економічний потенціал країни та сприятиме створенню сучасної, безпечної і комфортної транспортної інфраструктури.

Збірник наукових праць

**ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ, ІННОВАЦІЇ**

Матеріали

IV Міжнародної науково-технічної конференції

25 листопада 2025 р.

Харків

В авторській редакції

Підп. до друку _____. Формат 60x84/16. Папір офсетний.

Гарнітура Таймс. Віддруковано на ризографі.

Ум.-друк.арк., ____ обл.-вид.арк. _____.

Замовлення № _____. Тираж _____ прим. Ціна договірна.

Віддруковано _____

