



ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ «ХНАДУ»



ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ПРОЄКТНИХ ТА ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

Матеріали 88-ї міжнародної студентської
наукової конференції



02 КВІТНЯ
2026

Харків, Україна

www.khadi.kharkov.ua

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ПРОЄКТНИХ ТА ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

**Матеріали 88-ї міжнародної студентської наукової
конференції
(02 квітня 2026 року)**

Харків 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-
ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ, ГЕОДЕЗІЇ І
ЗЕМЛЕУСТРОЮ

**ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ПРОЄКТНИХ
ТА ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ**

Матеріали 88-ї міжнародної студентської наукової конференції
(02 квітня 2026 року)

Харків 2026

УДК: 528.3
I-67

Редакційна колегія:

- Батракова А.Г.** професор кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою ХНАДУ, доктор технічних наук
- Дорожко Є.В.** завідувач кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою ХНАДУ, кандидат технічних наук, доцент
- Арсеньова Н.О.** доцент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою ХНАДУ, кандидат технічних наук.
- Захарова Е.В.** асистент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою ХНАДУ
- Шелкова І.С.** асистент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою ХНАДУ

Інноваційні методи проектних та геодезичних робіт.

Матеріали 88-ї міжнародної студентської конференції (квітень 2026) / ХНАДУ. Харків: 245 с.

ISBN

Збірник містить матеріали 88-ї міжнародної студентської конференції "Інноваційні методи проектних та геодезичних робіт", що відбулася у квітні 2026 року в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті на базі кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою.

ISBN

© Харківський національний
автомобільно-дорожній
університет, 2026

ЗМІСТ

Москалик С.К., Тюніна А.О. СТАНОВЛЕННЯ ГЕОДЕЗІЇ ЯК НАУКИ	8
Терех Є.С., Жмурко В.В. МЕТОДИ ПОБУДОВИ ПЛАНОВИХ ОПОРНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ	15
Чумак М.К., Тарасенко К.С. НАВІСНЕ ГЕОДЕЗИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ LEICA ДЛЯ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНОЇ ТЕХНІКИ	28
Самофал С.М., Федорченко С.О., Остренко А.Р. ВИКОРИСТАННЯ ГІС І ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ	34
Вервейко А.Б., Клименко В.В., Клименко Р.В. ЗАСТОСУВАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ У ЦИФРОВОМУ КАРТОГРАФУВАННІ	40
Войтович В.В., Бобрусь А.Г., Рагог С.В. ОБРОБКА ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРІВ В ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ DIGITALS	46
Шипілов Д.В., Жерепа Д.І. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ПРОЄКТІВ ЗЕМЛЕУСТРОЮ ЩОДО ВІДВЕДЕННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	52
Холод А.Р., Курган В.М. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬ В УКРАЇНІ	55
Мозуль А.О. ОСОБЛИВОСТІ ВЕДЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ НА ЗЕМЛЯХ ПІД АВТОМОБІЛЬНИМИ ДОРОГАМИ	59
Індик С.В. ОЦІНКА ТОЧНОСТІ МЕТОДІВ РОЗБИВОЧНИХ РОБІТ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД	61
Сафіуліна В.С. ЗАСТОСУВАННЯ ГЛОБАЛЬНИХ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ В СФЕРІ ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ	65
Трофіменко Є.О. ПРОБЛЕМИ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ МЕЛПОРАТИВНИХ МЕРЕЖ	69
Білоконь В.О., Пономаренко А.Г. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕНЕЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	72

Стокалюк Т.М. ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ ПРИФРОНТОВИХ ГРОМАД	76
Хоμεць Т.І., Процай Ю.В. ВИКОРИСТАННЯ GNSS-ТЕХНОЛОГІЙ У СУЧАСНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАННЯХ.....	80
Золотаренко В.В., Дмитренко В.А. ЦИФРОВІ МОДЕЛІ МІСЦЕВОСТІ ЯК ОСНОВА СУЧАСНОГО ІНЖЕНЕРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ.....	87
Мартімянов О.С., Перехода А.А. РОЛЬ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У БУДІВНИЦТВІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	93
Міхедько М.В., Лацько А.В. СУЧАСНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛІА ОБСТЕЖЕННЯ ШТУЧНИХ СПОРУД.....	99
Головенко С.С., Васильченко В.В. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ПРИ БУДІВНИЦТВІ МОСТОВИХ ПЕРЕХОДІВ.....	102
Дорофєєва Д.Ю. ВПЛИВ СТАЦІОНАРНИХ ТА ПЕРЕСУВНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА.....	106
Колеснік С.А., Щебивок В.П. АНАЛІЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЩОДО ПРОЄКТУВАННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ.....	110
Шаповал А.В., Гришніна О.Ю. АНАЛІЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЩОДО ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	116
Сотник М.Р., Азаров В.С. КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛІА ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ.....	121
Пономаренко А.Р. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ	125
Світличний Д.С., Колісник Ю.О. НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ У ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ	128
Литвин Б.В., Голубович П.О. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛІА СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСТ	135

Сокольник А.В. ВПЛИВ УЧАСНИКІВ РУХУ НА БЕЗПЕКУ РУХУ НА ВУЛИЦЯХ МІСТ.....	142
Корзун С.М., Завгородній С.С. ІННОВАЦІЇ СУЧАСНОЇ ГЕОДЕЗІЇ.....	151
Горбенко В.С., Улановський В.В. ГІС У СУЧАСНІЙ ГЕОДЕЗІЇ.....	155
Чудінов А.В. ПРОГРАМНІ КОМПЛЕКСИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ОБРОБЦІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ	159
Мотенко В.Ю., Толубенко А.С., Десятов М.О. ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ЛІНІЙНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД.....	163
Шостак С.О. ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ОБРОБКИ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФУВАННЯ.....	169
Шевченко В.В., Войтович В.В., Журавльов Г.В. ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС РОЗРОБКИ ПРОЕКТІВ ІЗ ЗЕМЛЕУСТРОЮ.....	176
Малєєва О.В., Рідін М.А., Усачов В.С. ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ЗД-СКАНУВАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВИСОКОТОЧНОЇ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ АРХІТЕКТУРНОГО ОБ'ЄКТА.....	183
Піднебенна С.О., Подолянчук Д.С. ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ ЗА ДАНИМИ НІВЕЛЮВАННЯ ТА ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ.....	187
Добрострой А.О., Білецька Є.М. ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ФОТОГРАММЕТРИЧНОЇ ОБРОБКИ АЕРОФОТОЗНІМКІВ.....	192
Сілаков Н.М., Крот Д.А., Ворона О.С. ВИКОРИСТАННЯ МІРНИХ СТРІЧОК У СУЧАСНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАННЯХ.....	196
Рибачук М.О., Тюпа І.В. СУЧАСНЕ ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ У ГЕОДЕЗІЇ: ВИДИ, ТОЧНІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЇ.....	204
Голубович П.О., Дзябура М.С. СУЧАСНЕ ГЕОДЕЗИЧНЕ GNSS-ЗНІМАННЯ: КЛАСИ ОБЛАДНАННЯ, РЕЖИМИ РОБОТИ, ТОЧНІСТЬ, ВИРОБНИКИ...	215

Кононенко М.С. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОРАДАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ВНУТРІШНЬОЇ СТРУКТУРИ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ.....	223
Сидоренко А.В., Сидоренко М.В., Якушева А.М. НАЗЕМНЕ ЛАЗЕРНЕ ЗД-СКАНУВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОЦІНЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ДЕФОРМАЦІЙ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИВУ.....	226
Халіна Є.Є., Малявіна А.Р. ЗАСТОСУВАННЯ ХМАР ТОЧОК У СВІТОВІЙ ПРАКТИЦІ: ОЦІНКА ПОШКОДЖЕНЬ ТА ДІАГНОСТИКА ОБ'ЄКТІВ.....	229
Бессарабова І.О., Шангіна О.Т., Колісник Ю.О. НЕВІДПОВІДНОСТІ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДЕРЖАВНИХ БУДІВЕЛЬНИХ НОРМ УКРАЇНИ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ДОСТУПНОЇ ПІШОХІДНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ.....	233
Назаренко Н.Ю. О ПИТАННЯ ПЕРЕХОДУ ВІД СК–63 ДО УСК–2000.....	237
Якимець Т. А. ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ В ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЇ: ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ.....	240

УДК: 528.2

Москалик С.К., Тюнїна А.О., м. Харків, Україна
(науковий керівник канд. техн. наук, доц. Урдзїк С.М.)
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

СТАНОВЛЕННЯ ГЕОДЕЗІЇ ЯК НАУКИ

Геодезія, разом із геометрією та математикою, відносяться до давніх наук і фактично є їхньою сучасницею. У людини існувала не лише потреба в лічбі чи геометричних побудовах на земній поверхні. Їй були необхідні й карти великих територій, геодезичні методи та прилади під час будівництва храмів, палаців, зрошувальних систем і каналів, наприклад такого, як канал між Нілом і Червоним морем, що був збудований у VI столітті до н. е. Існують відомості, що топографічні роботи проводилися на території сучасного Китаю ще десять століть тому, в Єгипті – за 4000 років до н. е. У Вавилоні 4500 років тому розв'язували рівняння з двома невідомими, зводили будівлі висотою майже 100 м. Примітивні картографічні зображення місцевості на каменях, бересті, бивнях мамонта, знайдені археологами, мають вік близько 15 тисяч років. На рисунку 1 наведено зображення місцевості, виконане на бивні мамонта, виявленому під час розкопок у Черкаській області. На рисунку показано чотири споруди, які згодом були знайдені археологами. На рисунку 2 – зображення морської акваторії з островами (морська карта полінезійців), що являє собою плетіння з прутиків, подібне до рельєфної карти, на якій острови позначалися мушлями равликів, а найзручніші для плавання маршрути – жилками пальмового листа. На таких картах додатково вказували й основні океанічні течії, місця риболовлі.

Перші карти Землі почали з'являтися ще у V сторіччі до нашої ери, проте вони були доволі примітивними й не дуже точними. Орієнтування за сторонами світу тоді не

здійснювалося. Подібну карту, наприклад, уклав Дікахр Мессинський (350 – 290 рр. до н. е.).

Спроби визначення розмірів Землі та проведення вимірювань на її поверхні відомі в єгиптян ще 6000 років тому, а приблизно 2230 років тому Ератосфен (276 – 196 рр. до н. е.) уперше порівняно точно для того часу визначив розміри Землі. Радіус Землі за його обчисленнями в перекладі на метричну систему становив 6370 км (практично така сама величина, яку використовують і нині для наближених розрахунків). Він же написав першу книгу з геодезії, уклав карти з паралелями та меридіанами. Ще раніше за Ератосфена, Арістотель (384 – 322 рр. до н. е.), щоправда без доказів, у своїй праці «Про небо» навів розміри Землі. Однак пріоритет у цьому все ж таки віддають Ератосфену. Картою Землі, створеною Ератосфеном, користувалися до 100 р. н. е.



Рисунок 1 – Карта місцевості, виконана на бивні мамонта

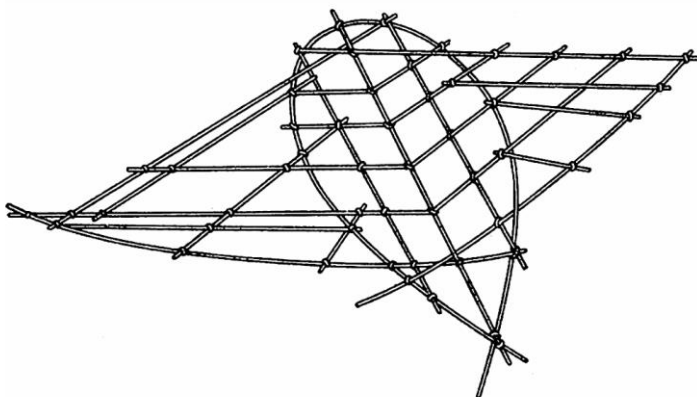


Рисунок 2 – Морська карта полінезійців

Про методи виконання геодезичних робіт і опис найпростіших, з нашої точки зору, геодезичних інструментів ідеться в праці «Діоптрика» Герона Александрійського (155 р. до н. е.), а приблизно в той самий час александрійський астроном Гіппарх (180 – 125 рр. до н. е.) винайшов астролябію (дослівно – «беру зорю») та запровадив визначення положення точки на земній поверхні за довготою і широтою.

Метод проєкцій під час укладання карт уперше застосував Птолемей (87 – 165 рр.), він же запровадив поділ кола на 360° (хоча такими питаннями займалися й халдейські жерці – сучасники Піфагора; вони визначали величину в 1° як кутовий розмір двох послідовних сонячних дисків). Картою Землі Птолемея (рисунок 3) користувалися досить довго. На цій карті Індійський океан зображено у вигляді величезного внутрішнього моря, Африка простягалася аж до Антарктиди й мала сполучення з Китаєм, Скандинавський півострів був показаний як острів, за своїми розмірами навіть менший за Ірландію, Азовське море зображалося надзвичайно великим – його північні межі сягали половини Русі. На цій карті показане Каспійське море, обриси якого далекі від дійсних. Картою Птолемея користувався Х. Колумб під час пошуків берегів

Індії. Помилки на карті Птолемея й призвели тоді до відкриття Америки.



Рисунок 3 – Карта Землі Птолемея

Відкриття й доведення кулястості Землі, так само як і здобутки теоретичної геодезії (та й не лише геодезії), з давніх часів і практично до кінця середньовіччя перебували під заборонаю церкви.

Найдавніші датовані відомості про геодезичні роботи належать до 996 року (Київська Русь). За наказом князя Гліба (старшого сина київського князя Святослава Ярославовича) у 1068 році було виконано вимірювання відстані по льоду від Тамані до Керчі. Для цього, ймовірно, використовували мотузку. Геодезичні роботи на Русі проводилися за часів Івана Грозного, причому з використанням прообразу інструкції – «Книга, іменована геометрією, або землемірство радіусом і циркулем». У ній описувалися способи вимірювань на місцевості, а також визначення відстаней до недоступних місць.

Можна вважати, що приблизно з 1500 року геодезичні роботи та дослідження в галузі геодезії почали посідати надзвичайно важливе місце в науці й практиці. Значний

прорив у приладобудуванні здійснив відомий учений Г. Галілей (1564 – 1642 рр.), який у 1609 році виготовив зорову трубу (телескоп). У 1611 році Й. Кеплер (1571 – 1630 рр.) створив зорову трубу із сіткою ниток, однак перший теодоліт з'явився лише у 1730 році (Англія, Д. Сіссон). Перші нівеліри виникли значно пізніше – у середині XIX століття.

Удосконалення геодезичних приладів дало змогу виконувати дедалі точніші вимірювання з метою визначення довжини дуги меридіана в 1° на різних широтах (так звані градусні вимірювання). Такі дослідження здійснювалися у різні періоди й у різних частинах Землі: Ератосфен – у районі Ассуана; Посідоній (135 – 50 рр. до н. е.) – в Александрії; арабські вчені у 827 році – поблизу річки Тигр; Фернель (1497–1558 рр.) – неподалік Парижа та інші. У 1816 – 1855 роках під керівництвом учених К. І. Теннера (1783 – 1860 рр.) та В. Я. Струве (1793 – 1864 рр.) було виконано вимірювання дуги меридіана завдовжки $25^\circ 30'$ – від Північного Льодовитого океану до узбережжя Дунаю. Сукупність градусних вимірювань, здійснених упродовж 1700 – 1900 років, дала змогу з достатньою точністю визначити параметри Землі як сфероїда.

Для визначення форми й розмірів Землі необхідними були результати градусних вимірювань на значній її території. Ці роботи були надзвичайно трудомісткими й часто навіть небезпечними для виконавців. Градусні вимірювання у Франції, що проводилися у 1792 – 1798 роках, збіглися з періодом Французької революції. Делаамбер, який керував експедицією, зазначав, що повстанські загони з навколишніх населених пунктів усіляко заважали роботі. Вони розбивали лампи, які використовувалися на триангуляційних пунктах уночі, зривали з пунктів білі полотнища (білий прапор був емблемою Бурбонів), що слугували маяками. Щоб у подальшому уникнути народного гніву, довелося

застосовувати як сигнальні знаки революційний прапор – полотнище з білою, червоною та синьою смугами.

Розвиток геодезії пов'язаний із розробленням методів вимірювань та опрацювання їхніх результатів, створенням нових геодезичних приладів, що забезпечують виконання робіт різної точності, а також розробленням принципово нової геодезичної техніки для здійснення інженерно-геодезичних робіт на унікальних інженерних спорудах. Велику відомість у галузі приладобудування мають такі фірми, як «Вільд» (Швейцарія), «Карл Цейсс» (Єна, Німеччина), «Соккіша» (Японія), «Оптон» (Німеччина) та інші. До Другої світової війни потреби держави в геодезичних приладах частково задовольнялися за рахунок постачань із-за кордону. Згодом обсяги виробництва всередині країни стали достатніми для забезпечення всіх геодезичних підприємств. Основними виробниками геодезичних приладів були підприємства «Геодезія», «Геофізика». Значний внесок у розвиток геодезичної техніки зробили великі оптико-механічні підприємства Східної Європи та інші науково-виробничі установи.

У галузі опрацювання геодезичної інформації значний внесок зробили науковці, що працювали в межах провідних геодезичних шкіл XIX – XX століть. Їхні дослідження були спрямовані на розвиток методів математичної обробки результатів вимірювань, уточнення параметрів фігури Землі та вдосконалення систем координат. У сфері інженерної геодезії істотну роль відіграли дослідники, які розробляли методики забезпечення будівництва складних інженерних споруд і транспортних об'єктів. Також було створено методи й прилади для опрацювання фотографічної інформації з метою укладання карт і планів місцевості.

Так геодезія сформувалася як окрема наука та перейшла в XXI сторіччя.

Література

1. Федоров В.Ф. Геодезія. Київ: Видавництво "Лібра", 2012. 412 с.
2. Короткий екскурс в історію розвитку геодезії. URL: <https://ukrbukva.net/page,3,85459-Istoriya-razvitiya-geodezii-i-topografii.html>
3. [Мала гірнича енциклопедія](#) : у 3 т. / за ред. [В. С. Білецького](#) : [Донбас](#), 2004. Т. 1: 640 с.
4. Геодезія: підручник. Б. І. Новак, Г. О. Порицький, Л. П. Рафальська. 2-ге вид., переробл. та допов. К. : Арістей, 2008. 284 с.

УДК: 528.2/5

Терех Є.С., Жмурко В.В., м. Харків, Україна

(науковий керівник канд. техн. наук, доц Урдзік С.М.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

МЕТОДИ ПОБУДОВИ ПЛАНОВИХ ОПОРНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ

Питанням точності геодезичних вимірювань, розвитку містобудування, розробці нових проектів будівництва присвячено багато вітчизняних та зарубіжних публікацій. В свою чергу, для розв'язання цих питань, інженер - будівельник спирається на знання про планові опорні геодезичні мережі.

Найпоширенішими методами побудови планових опорних геодезичних мереж на сьогоднішній день є: триангуляції, трилатерації і полігонометрії, а також поєднання цих способів. Вони відносяться до традиційних методів побудови планових опорних інженерно-геодезичних мереж. Деякі з цих методів, як, наприклад, триангуляція сьогодні менш поширені, тоді як полігонометрія, навпаки, в зв'язку з широким впровадженням електронного геодезичного обладнання, застосовуються все частіше, а в поєднанні із супутниковими методами в даний час складають основу методів і схем побудови і згущення інженерно-геодезичних мереж.

Точність планово-висотного положення, щільність і умови закріплення пунктів геодезичної основи повинні задовольняти вимогам виробництва великомасштабних топографічних зйомок, в тому числі для розробки проектної і робочої документації підприємств, споруд, цивільних об'єктів. Крім того, точність мереж повинна бути достатньою для винесення проектів у натуру, виконання спеціальних інженерно-геодезичних робіт, спостережень за

небезпечними природними і техногенними процесами, забезпечення будівництва та експлуатації об'єктів.

Технічні вимоги до побудови геодезичної основи традиційними способами в Україні регламентуються відповідними нормативними документами України.

Для інженерних цілей переважно розвиваються мережі 4 класу, 1 та іноді 2 розрядів, а на територіях великих міст можуть будуватися мережі 2 і 3 класів з великими довжинами сторін і більш точними вимірами. Клас мережі визначається площею ділянки вишукувань. Так, якщо площа ділянки становить від 25 до 50 км² і від 10 до 25 км², то планова опорна геодезична мережа розвивається побудовами 4 класу, 1 і 2 розрядів. Висотні опорні мережі для випадку великих площ будуються нівелюванням III і IV класів; для менших площ нівелюванням IV класу.

Якщо площа ділянки вишукувань знаходиться в межах від 5 до 10 км², то планова основа створюється побудовами 1-го і іноді для цілей внутрішньо кварталних зйомок 2-го розрядів; висотна основа - нівелюванням IV класу. Для площ менше 1 км² опорні мережі не передбачені, а тільки знімальні мережі. Знімальні мережі будуються теодолітними ходами або триангуляцією замість теодолітних ходів. Висоти знімальних мереж визначаються технічним нівелюванням незалежно від площі зйомок.

У таблиці 1 наведені характеристики точності класів побудови інженерно-геодезичної основи способами триангуляції, полігонометрії, трилатерації і лінійно-кутовими побудовами.

Таблиця 1 – Характеристики точності класів побудови інженерно-геодезичних мереж

Планова опорна геодезична мережа, знімальна мережа	Середня квадратична похибка вимірювання кутів, с	Гранична похибка лінійних вимірювань
4 клас	3 (2)	1 : 25 000
1-й розряд	5	1 : 10 000
2-й розряд	10	1 : 5 000

Висотна прив'язка центрів пунктів опорної геодезичної мережі повинна проводитися нівелюванням III і IV класів або технічним нівелюванням, для яких граничні похибки визначення перевищень на станції відповідно дорівнюють 2,6; 5,0 і 10,0 мм.

Триангуляція. Триангуляцією називають побудовані на місцевості фігури з трикутників, в яких виміряні всі кути і одна або, для цілей контролю, дві з боків. Вершини трикутників закріплюють підземними центрами і позначають наземними знаками - сигналами і пірамідами. В таких трикутниках за формулами тригонометрії легко знаходяться відсутні величини, що дозволяє обчислювати координати вершин трикутників.

Триангуляційні мережі використовуються в якості основи для топографічних зйомок, для проведення розбивочних робіт, а також для спостережень за деформаціями будівель і споруд. Залежно від призначення геодезичної мережі, розмірів і форми об'єкта досліджень або будівництва форма триангуляційних побудов, розміри сторін і точність вимірювань в триангуляційних мережах можуть істотно різнитися.

На рисунку 1 наведені деякі типові схеми найпростіших триангуляційних побудов. Виміряні сторони, базиси, позначені літерою *b*. В якості вихідних базисів і пунктів

можуть бути використані сторони мереж більш високого класу (рисунок 1 б, в).

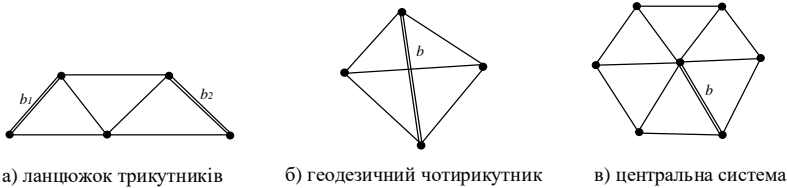


Рисунок 1 – Типові схеми триангуляційних побудов

Відмінною особливістю триангуляційних побудов є мінімальний обсяг лінійних вимірювань, що було вагомим аргументом на користь триангуляції за часів, коли електронні засоби вимірювання відстаней ще не були відомі.

Метод трилатерації. Метод трилатерації, як і триангуляція передбачає побудову на місцевості геодезичних мереж з трикутних фігур у вигляді ланцюжків трикутників, геодезичних чотирикутників і центральних систем, в яких вимірюються не кути, а довжини сторін. Мережі трилатерації створюються для вирішення низки інженерно-геодезичних і спеціальних завдань і будуються у вигляді вільних мереж, що складаються з окремих типових фігур і їх комбінацій, або у вигляді суцільних мереж трикутників.

Базовою фігурою мережі трилатерації є трикутник з вимірюваннями сторонами a , b і c (рисунок 2).

Довжини сторін у фігурах трилатерації вимірюються електронними тахеометрами і світлодальномірами, а в мережах, що створюються в якості розбивочної основи при будівництві споруд, сторони вимірюються компарірованою рулеткою в 30 або 50 метрів.

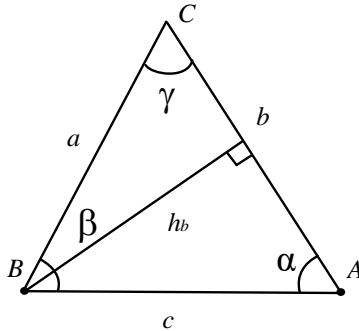


Рисунок 2 – Трикутник трилатерації

Необхідні нормативні вимоги до проектування мережі трилатерації 4 класу також вибираються з відповідних нормативних документів. Все, що стосується триангуляції, відноситься і до мережі трилатерації з урахуванням особливостей її побудови. У таблиці 2 наводяться основні вимоги до побудови інженерно-геодезичних мереж способом трилатерації.

Кут α у трикутнику трилатерації (рисунок 2) може бути обчислений через тригонометричні функції $tg \frac{\alpha}{2}$ або $cos \alpha$ за формулами:

$$tg \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{bc}{p(p-a)} - 1} \quad (1)$$

$$cos \alpha = \frac{2p(p-a)}{bc} - 1 \quad (2)$$

$$p = \frac{a+b+c}{2} \quad (3)$$

Таблиця 2 – Основні вимоги до мереж трилатерації

Показник	4 клас	1-й розряд	2-й розряд
Довжина сторони трикутника, км.	1 – 5	0,5 – 5	0,25 - 3
Відносна середня квадратична похибка сторони	1/100 000	1/50 000	1/20 000
Найменше значення кута трикутника, град.	20	20	20
Кількість сторін між вихідними сторонами, вихідним пунктом та вихідною стороною, не більше	10	10	10
Кількість прийомів вимірювань довжин сторін електронно-оптичним далекоміром	3	2	1

Для лінійно протяжних об'єктів мережу трилатерації створюють із ланцюжка трикутників або чотирикутників. Оцінка проекту мережі трилатерації може бути виконана як на комп'ютері, при наявності відповідної програми, так і за допомогою наближених формул для оцінки точності типових побудов. У будь-якому випадку виникає необхідність у визначенні абсолютної помилки вимірювання сторони мережі. Для мереж 4 класу відносна середня квадратична помилка вимірювання сторони повинна бути не більше 1:100000. Отже, абсолютна помилка для різних довжин сторін буде різною. Через це необхідно заздалегідь визначити рекомендований електронно-оптичним далекоміром або електронний

тахеометр, що забезпечує цю точність на мінімальних довжинах проєктованих ліній.

Одним з недоліків витягнутого ряду ланцюжка трикутників з вимірюваними сторонами є значне перевищення поперечного зсуву кінцевих точок ряду по відношенню до поздовжнього.

Недоліком мереж трилатерації з трикутників також є відсутність польового контролю якості вимірювань для кожної фігури. Відомо, що сума обчислених кутів трикутника завжди буде дорівнює 180° при будь-яких помилках вимірювання сторін, навіть при грубих промахах. У зв'язку з цим на практиці замість фігур з трикутників будують мережі з геодезичних чотирикутників.

Метод полігонометрії. Полігонометрію називають побудований на місцевості багатокутник, замкнутий або розімкнутий, в якому виміряні всі довжини сторін і горизонтальні кути при вершинах. Вершини такого багатокутника закріплюються на місцевості спеціальними підземними знаками.

Інженерно-геодезичні мережі з полігонометричних побудов сьогодні є найбільш поширеним способом створення опорних планових мереж, що обумовлено широким впровадженням в геодезичне виробництво електронних тахеометрів і світлодальномірів.

Розрізняють розімкнуті витягнуті та ламані полігонометричні ходи, які спираються на вихідні пункти і сторони з відомими дирекційний кутами.

Залежно від площі об'єкта, його форми, забезпеченості вихідними пунктами полігонометрія проєктується у вигляді одиночних ходів, системи ходів з вузловими точками або у вигляді замкнутих полігонів.

У практиці інженерно-геодезичних робіт найбільше застосування знайшли полігонометричні мережі з ходів 4 класу, 1 і 2 розрядів.

Полігонометрія будується в вигляді різних систем з вузловими точками або поодинокими ходами для

вирішення різноманітних завдань при виробництві вишукувальних робіт та розбивках споруд.

У полігонометричній мережі слід передбачити мінімальне число порядків, обмежуючись, як правило, полігонометрії 4-го класу і 1-го розряду.

Вихідними даними для полігонометричних мереж служать пункти побудов більш високого класу. Залежно від вибору вихідних даних мережа може розглядатися як вільна або невольна.

У таблиці 3 наведені основні характеристики побудови опорних мереж методом полігонометрії.

Таблиця 3 – Характеристики побудови опорних мереж методом полігонометрії

Показник	4 клас	1-й розряд	2-й розряд
Гранична довжина окремого ходу при вимірюванні ліній електронними тахеометрами, км (n – число сторін)	8 при $n = 30$ 12 при $n = 15$ 20 при $n = 6$	10 при $n = 50$ 15 при $n = 25$ 25 при $n = 10$	6 при $n = 30$ 10 при $n = 10$ 14 при $n = 6$
Граничні довжини сторін	Не встановлюється		
Середня квадратична похибка вимірювань кута по нев'язках в ходах, с, не більше	3	5	10
Кутова нев'язка в ходах або полігонах, с, не більше	$5\sqrt{n}$	$10\sqrt{n}$	$20\sqrt{n}$
Гранична відносна похибка хода	1:25 000	1:10 000	1:5 000
Кількість прийомів вимірювань кута теодолітом ЗТ2КП	6	3	2

Периметр полігона, утвореного ходами у вільній мережі, км	Не більше 30	Не більше 15	Не більше 9
---	--------------------	--------------------	-------------------

Лінійно-кутові мережі. Лінійно-кутові мережі визначаються як побудовані на місцевості, що примикають один до одного геометричні фігури з трикутників, чотирикутників і центральних систем, в яких виміряні всі сторони і всі кути, або частина кутів і всі сторони, або ряд сторін і всі кути. Зазвичай, вершини фігур закріплюються на місцевості підземними центрами і позначаються зовнішніми знаками.

При побудові інженерно-геодезичних розбивочних мереж істотними є не тільки високі вимоги до точності планового положення пунктів, але і до рівномірного розподілу помилок по мережі. У цьому світлі описані раніше способи побудови розбивочних мереж мають деякі специфічні недоліки.

Головним недоліком триангуляції є різке падіння точності визначення довжин сторін при збільшенні відстані між базисом і стороною яка визначається, особливо при різко нерівносторонній формі трикутників, що часто зустрічається в інженерно-геодезичних мережах. Основний недолік трилатерації полягає в тому, що якщо форма трикутників значно відрізняється від рівносторонній, то кути, обчислені по вимірним сторонам, мають істотну нерівноточність.

Лінійно-кутові мережі позбавлені цих недоліків і є найбільш точними геодезичними побудовами на місцевості, які містять в собі переваги як триангуляції, так і трилатерації. Лінійно-кутова мережа в 1,3 - 1,5 рази точніше триангуляції і трилатерації. У такій мережі точність її елементів практично не залежить від форми трикутників, істотно зменшується залежність між поздовжнім і поперечним зміщеннями, забезпечується досить жорсткий контроль кутових і лінійних вимірювань.

Вид і конфігурація інженерно-геодезичних планових мереж залежать від форми і розмірів території міста або селища, будівельного майданчика або об'єкта будівництва.

Для лінійно-кутової мережі геометричні параметри, схема побудови, вимоги до точності вимірювання кутів аналогічні мережі триангуляції 4-го класу. Вимоги до точності вимірювання довжин сторін можуть бути прийняті, як в трилатерації. Так само, як і для трилатерації, оцінка проекту лінійно-кутової мережі може бути виконана двома способами: на комп'ютері із застосуванням існуючих програм по обробці інженерно-геодезичних вимірювань або за наближеним формулами.

Супутниковий метод. Супутникові методи відносяться до покоління нових вимірювальних систем. Спосіб побудови та реконструкції опорних інженерно-геодезичних мереж, заснований на супутникових технологіях, сьогодні є найбільш затребуваним і поширеним.

Перехід топографо-геодезичного виробництва на автономні методи супутникових координатних визначень забезпечує найбільш раціональне та ефективне практичне визначення координат і висот пунктів земної поверхні на всій території країни з точностями, необхідними для вирішення максимально широкого кола науково-технічних і виробничих завдань.

При забезпеченні зйомок масштабу 1:10000 супутникова технологія може бути застосована для розвитку знімального обґрунтування (планово - висотної прив'язки розпізнавальних знаків). При зйомках масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500 (великомасштабних зйомках) ця технологія може бути застосована як для розвитку знімального обґрунтування, так і для зйомки ситуації і рельєфу з висотами перерізу рельєфу 5,0; 2,5; 2,0; 1,0; 0,5 м.

Головною особливістю робіт з побудови та реконструкції регіональних, міських (локальних або місцевих) геодезичних мереж є необхідність збереження системи координат, в якій раніше були виконані великомасштабні

зйомки території регіону (1:500 - 1:2000), і одночасно з цим забезпечення високої однорідної точності геодезичної мережі, що будується для вирішення інших завдань.

Алгоритм побудови опорних мереж супутниковими методами включає в себе наступні етапи:

1. Створення одного або декількох вихідних пунктів;
2. Створення і супутникові вимірювання на пунктах каркасної мережі;
3. Згущення супутникової мережі, супутникові вимірювання на пунктах міської (регіональної) геодезичної мережі, в тому числі на існуючих пунктах раніше створеної геодезичної мережі для зв'язку з традиційною мережею;
4. Обробка результатів вимірювань спільно з раніше виконаними плановими і висотними мережами.

Опорна регіональна або міська супутникова геодезична мережа призначена для забезпечення практичних завдань:

- топографічної зйомки та оновлення планів міста всіх масштабів;
- землеустрою, межування, інвентаризації земель;
- топографо - геодезичних вишукувань на міській території;
- інженерно-геодезичної підготовки об'єктів будівництва;
- геодезичного вивчення локальних геодинамічних природних і техногенних явищ на території міста;
- навігації наземного і частково повітряного, водного транспорту.

Висока точність міських геодезичних мереж досягається застосуванням обґрунтованих оптимальних методів супутникових спостережень і відповідних методів їх обробки, а також за рахунок використання оптимальної геометрії розташування пунктів, їх рівномірної щільності і максимально можливого суміщення старої і нової геодезичних мереж.

Таблиця 4 – Характеристики регіональної (міської) супутникової мережі

Тип мережі	Точність визначення координат, мм	Відносна похибка визначення ліній	Значення середньої похибки взаємного положення пунктів, мм
Вихідний пункт	10 – 20	1:1 000 000	-
Каркасна мережа	10 – 20	1:500 000	15
Супутникова міська геодезична мережа	10 – 20	1:150 000	20

Висновки. Найсучаснішим, на сьогоднішній день є супутниковий метод побудови планових опорних геодезичних мереж, хоча інші методи не втратили своєї актуальності і є своєрідним фундаментом для розвитку нових методів. На теперішній час, існує велика необхідність збереження системи координат, в якій раніше були виконані великомасштабні зйомки, тому знання таких методів побудови планових опорних геодезичних мереж, як триангуляції, трилатерації і полігонометрії не втратили свого вагомого значення у розвитку сучасної геодезії.

Література

1. Hofmann – Wellenhof, B. Physical Geodesy / B. Hofmann – Wellenhof, H. Morit. - Wien New York, 2005. – 403 p.
2. Постанова КМУ від 7 серпня 2013 р. № 646 Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України “Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність”.

3. Закон України "Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність". [Електронний ресурс]. Редакція від 13.01.2010 р. – Режим доступу: WWW URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1344-99-п/ed20120217>
- 14.03.2019 р.

4. Геодезичні роботи у будівництві: ДБН В.1.3-2:2010. - [Чинний від 01.09.2010 р.] К.: Мінрегіонбуд України. 2010 р. 55 с. (Державні Будівельні Норми).

УДК: 528.2

Чумак М.К., Тарасенко К.С., м. Харків, Україна
(науковий керівник канд. техн. наук, доц Урдзік С.М.)
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

НАВІСНЕ ГЕОДЕЗИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ LEICA ДЛЯ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

На сьогодні немає жодної галузі, де б не використовувалося електронне устаткування. З його допомогою різні процеси виконуються набагато швидше і ефективніше. Людині необхідно витратити набагато менше зусиль.

Особливо це стосується будівництва доріг і магістралей. Дорожньо-будівельна техніка дає можливість в найкоротші терміни зробити нове покриття і при цьому досить знизити витрати.

Будівництво дорожнього полотна - це досить складний і відповідальний процес. Він вимагає дотримання вимог нормативних документів. Від цього залежить результат робіт і термін служби дороги.

Класифікація дорожньої будівельної техніки. Кожен тип дорожньо-будівельної техніки виконує свою функцію на відповідному етапі будівництва:

- підготовка основи;
- виготовлення і транспортування сумішей;
- укладання дорожнього полотна.

Ми розглянули перший етап, а саме - підготовка основи для улаштування асфальтобетонного покриття. Конкретно для цього етапу використовується наступний ряд дорожньо-будівельної техніки:

- екскаватори
- навантажувачі;
- самоскиди;
- автогрейдери;
- бульдозери;

-ущільнювачі.

Системи автоматичного нівелювання Leica PowerGrade для грейдерів і бульдозерів (рисунок 1) - це програмно-апаратний комплекс, що використовує геодезичні автоматизовані технології тахеометрії і GPS технології, а також різні типи датчиків, для забезпечення часткової автоматизації виконання робіт. Тобто це набір додаткових датчиків, гідравліки та елементів контролю та управління, що забезпечує установку робочих елементів машини в просторі так, як цього вимагає завдання або проект.



3D панель
Leica
PowerGrade



GNSS/GPS
антена



Power Snap



Датчик SPI4



Power
Tracker

Рисунок 1 – складові елементи комплексу Leica PowerGrade

В залежності від розв'язуваних завдань існує три основні різновиди рішень:

- 1D система Leica PowerGrade - автоматична робота в одній площині (просто витримання певного рівня або ухилу робочого елемента);

- 2D система Leica PowerGrade 2D - робота в похилій площині (установка перевищення та ухилу, робота в площині з подвійним ухилом);

- 3D система Leica PowerGrade 3D - автоматична установка перевищення та ухил з урахуванням положення і напрямку руху машини. Leica PowerGrade володіє максимальною для свого сегменту гнучкістю конфігурації, тобто може працювати в різних режимах (1D, 2D, 3D), використовуючи різні комбінації датчиків (лазерні приймачі, ультразвукові датчики, датчики ухилу, датчики зсуву і повороту), тим самим забезпечуючи саме той режим робіт, який оптимальний виконавцю, крім цього сумісна з найширшим спектром техніки.

Однією з унікальних особливостей системи PowerGrade від Leica Geosystems є функція автоматичного бокового зміщення. У цьому випадку положення леза щодо базової лінії (струни, бордюру) встановлюється автоматично в час руху, використовуючи при цьому свої власні датчики з технологією TriSonic, що дозволяють максимально точно орієнтуватися на опорний об'єкт. Звідси знову ж - зменшення втоми оператора, спрощення виконання робіт для менш досвідченого персоналу і загальне підвищення точності. Використання 3D датчиків (GPS і відбивачів з роботизованим тахеометром) дозволяє з максимальною точністю і в реальному часі встановлювати бічний зсув відвала навіть при поворотах (тобто при роботі з непрямолінійними ділянками).

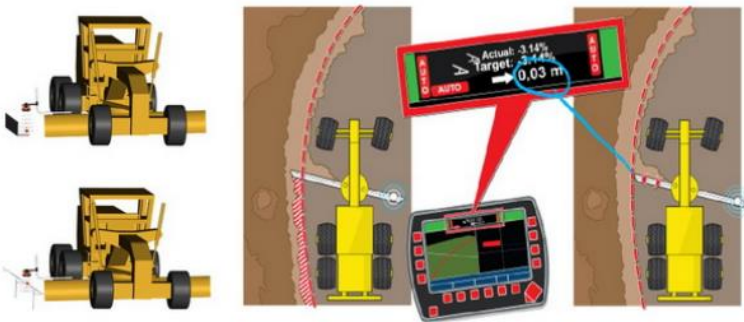


Рисунок 2 - програмно-апаратний комплекс Leica PowerGrade для грейдерів і бульдозерів на повороті

Переваги, одержувані завдяки використанню системи Leica PowerGrade:

- вся робота виконується точно і з першого проходу без усіляких переробок Звідси: мінімізація геодезичного забезпечення, виключення перевірок

 - після кожного проходу;

- підвищення рентабельності за рахунок економії матеріалів. Точне виконання вирівнювання виключає необхідність перевитрати матеріалів покриття надалі для досягнення потрібного результату;

- автоматичне управління робочим елементом значно скорочує помилки через людського фактор і знижує втому оператора;

- економія часу на майданчику. Там де раніше йшло багату часу на прохід, геодезичну перевірку, повторний прохід і повторну перевірку, все виконується з першого разу, тобто за мінімально можливий часовий проміжок;

- економія палива. Один з найважливіших факторів, знову витікає з мінімізації роботи техніки на ділянці;

- поліпшення якості поверхні безпосередньо забезпечує загальну якість майбутнього елемента інфраструктури (автомобільної дороги, з/д смуги і т.д.).

Програмно-апаратний комплекс Power Digger для екскаваторів.

Система загалом являє собою набір датчиків розташованих на кожній рухомій частини екскаватора (датчики положення секцій стріли та положення ковша, а також датчик положення корпусу екскаватора) і контролера, який спільно обробляє дані від всіх датчиків і графічно зображує поточне положення роботи. Також система може оснащуватися додатковими датчиками (локаційним для виявлення комунікацій і додатковим датчиком ухилу, якщо ківш може працювати в режимі подвійного ухилу).

Датчики базової системи, кутовий датчик може бути використаний як датчик стріли, рукояті або ковша. Зазвичай

він використовується тільки як датчик стріли. Кутовий датчик MSS 301 з лазерним приймачем. MSS 301 є комбінованим: лазерним датчиком і датчиком кута стріли. Він компактний і просто встановлюється в будь-якому місці.

Датчик MSS 302 360°.

Цей датчик встановлюється на ковщі. Його робочий діапазон дорівнює 360°. Малі розміри дозволяють встановити його в захищеному місці, щоб запобігти пошкодженню датчика і кабелю.

Система датчиків. В основі роботи датчиків системи PowerDigger лежить принцип гравітації. Технологія та програмне забезпечення датчиків були розроблені і введені в дію в 1996 р. З тих пір датчики удосконалювалися, зараз на ринку представлені найбільш точні рішення. Всі датчики і кабелі вологозахищені. Завдяки використанню CAN шини установка відбувається значно швидше. Тому всі датчики поставляються зі спеціальними пластинами з простим кріпленням для швидкої установки.

Програмні додатки в залежності від типу рішення:

- 1D системою можна здійснювати стандартні завдання (траншеї, базові земляні роботи, просте вирівнювання);
- 2D система надає рішення розширених завдань (режим вирівнювання як бульдозер / грейдер, робота з комплексними профілями, робота під водою і т.д.);
- 3D система вирішує всі завдання, включаючи комплексне вирівнювання, ландшафтний дизайн, робота на непідготовлених поверхнях і т.д.

Основні переваги системи Power Digger:

- встановлюється на будь-якого екскаватор;
- максимально оптимізує раскопачні роботи (мінімізуються надлишкові і недостатні роботи);
- мінімізується кількість персоналу (потрібен тільки оператор);
- знижуються витрати на винос проектів в натуру;

- підвищується продуктивність (мінімальний час, точний результат,
менший знос техніки);
- максимальна точність - 1см;
- простота у використанні;
- високий ступінь захищеності (IP68) - робота в бруду і під водою.

Отже, за допомогою сучасного навісного геодезичного обладнання (в нашому випадку Leica), при грамотному та доцільному використанні спеціалістами, підвищується швидкість та точність робіт, а це в наш час досить важливі ресурси, якими неможна нехтувати.

Література

1. Сайт «Навігаційно-геодезичний центр». Майстер-представник Leica Geosystems в Україні. [Електронний ресурс]: Режим доступу : <http://ngc.com.ua/>
2. Мацко П.В. Космічна геодезія. Глобальні супутникові навігаційно-геодезичні системи в землевпорядкуванні: навч. посіб. Херсон: Айлант. 2020. 42 с.
3. Левченко Ю.О., Сидоренко О.І., Чмут П.В. Обладнання для геодезичних вимірювань. Київ: Наукова думка, 2020. 350 с.

УДК 528.9

Самофал С.М., Федорченко С.О., Остренко А.Р.

м. Харків, Україна

(науковий керівник асист. Казаченко Д.А.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ВИКОРИСТАННЯ ГІС І ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Картографічна побудова в програмному забезпеченні це сучасний спосіб відображення місцевості, території, об'єктів. З використанням ГІС-технологій та засобів комп'ютерної обробки результатів геодезичних вимірів отримують цифрові картографічні матеріали.

Завданням було оновлення старих карт на територію населеного пункту с.Вірнопілля. Потрібно було здійснити геодезичні знімання території населеного пункту в масштабі 1:5000. Для цього були використані застарілі картографічні матеріали, а саме генеральний план села Вірнопілля 1965 року у паперовому вигляді, який потрібно було оновити. За цей час відбулись значні зміни територіального устрою. Тому потрібно було провести геодезичні вишукування на території населеного пункту з GPS-прив'язкою до пунктів Державної геодезичної мережі III класу.

Були використані космічні матеріали для знаходження місця розташування та визначення обсягів робіт геодезичного знімання території. Далі було створено планово-висотне обґрунтування території населеного пункту і визначені місце розташування і висоти станцій геодезичного знімання та визначено межі території населеного пункту (рисунок 1).



Рисунок 1 – Космічний знімок території с. Вірнопілля

Ці роботи були взяті за основу при виконанні топографічних робіт по оновленню та створенню планів масштабу 1:5000 на територію села Вірнопілля Вірнопільської сільської ради Ізюмського району Харківської області. Після проведення польових геодезичних знімальних робіт були визначені нові територіальні зміни, а саме – межі села розширилися, додалась нова громадська індивідуальна забудова, з'явилися нові вулиці. Це все повинно було відобразитись на новому картографічному матеріалі. Для обробки результатів геодезичних вимірів було застосовано програмне забезпечення Digital (рисунок 2).

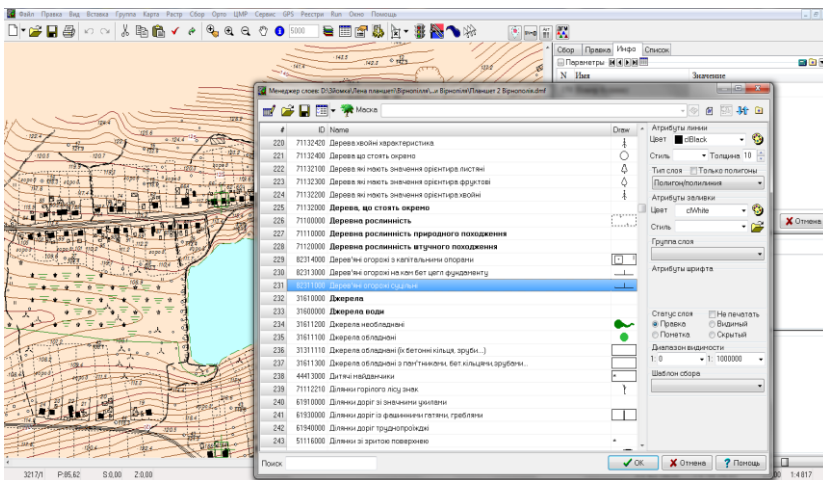


Рисунок 2 – Картографічна побудова в програмному забезпеченні

Результати топографічних робіт крім традиційного подання у паперовому вигляді були створені у вигляді цифрового та електронного топографічного плану (рисунок 3).

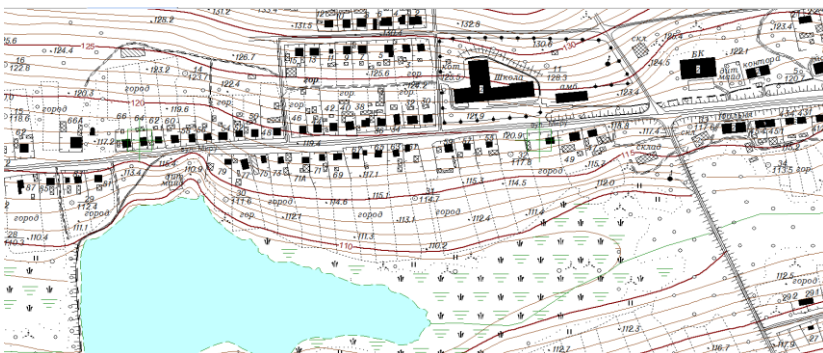


Рисунок 3 – Цифровий картографічний план с. Вірнопілля

Оновлений цифровий топографічний план на територію населеного пункту с.Вірнопілля Ізюмського району Харківської області – це цифрова модель місцевості, що

сформована з урахуванням законів картографічної генералізації у прийнятих для планів проєкціях, системі координат та висот і записана на машинних носіях.

Для цього було використані геоінформаційні системи, програмні засоби обробки геодезичної інформації і сучасні геодезичні вимірні системи для здійснення геодезичних вишукувань на місці розташування населеного пункту (рисунок 4).

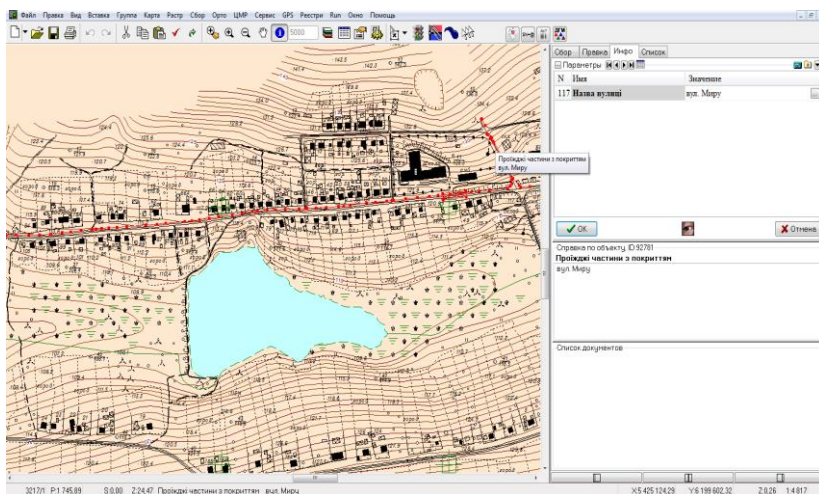


Рисунок 4 – Побудова цифрового картографічного матеріалу на с. Вірнопілля

Побудова та оформлення матеріалів геодезичного знімання в цифровому, електронному і графічному варіантах було проведене за допомогою програмного забезпечення Digitals, яке має велику кількість інформаційних шарів, таких як умовні знаки, географічні назви населених пунктів, вулиць, районів, областей, річок, ін.

Прив'язку до пунктів Державних геодезичних мереж, які відображаються в певних шарах, ґрунтові характеристики, умовні знаки для відповідного масштабу для побудови картографічного матеріалу згідно сучасних державних

вимог та стандартів. Після візуалізації цифрової інформації в умовних знаках згідно створеного каталогу умовних знаків та інформаційної структури, було виконано редагування та коректуру інформації.

Для перевірки вірності побудови карти в цифровому вигляді потрібно співставити інформаційні шари графічно побудованого зображення карти і кадастрової карти. Для цього ми наносимо побудований план в цифровому вигляді на Публічну кадастрову карту для співставлення інформаційних шарів.

Для цього ми орієнтуємо точки по кутах зображення на карті з точками на кадастровій карті, тобто накладаємо один шар графічної цифрової інформації на інший – кадастрову карту.

Іншими словами – прив'язуємо своє зображення на кадастрову карту, яка є у вільному доступі в інтернеті. Перевіривши місце положення населеного пункту по геодезичним координатам будуємо карту на планшеті.

За даними побудови отримали все зображення населеного пункту на 3 листах (рисунок 5).

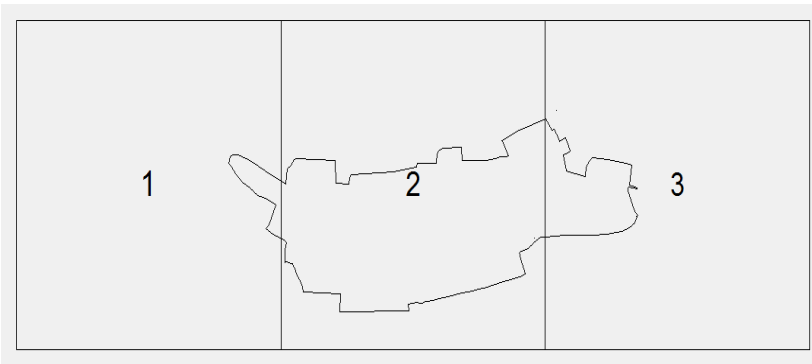


Рисунок 5 – Зображення населеного пункту на 3 листах

На планшеті інформація топографічної карти – масштаб, назва країни, області, району, населеного пункту, система висот, схема розташування листів.

Висновки

Застосування сучасних геодезичних вимірних систем дозволяє здійснювати геодезичні знімання швидко і з високою якістю.

Обробка геодезичних вимірів в програмному забезпеченні дає можливість цифрової картографічної побудови території населеного пункту, що є сучасним.

Використання ГІС-технологій дозволяє отримувати і використовувати інформацію під час побудови сучасних картографічних матеріалів в цифровому та паперовому вигляді.

УДК 528.9

Вервейко А.Б., Клименко В.В., Клименко Р.В., м. Харків,
Україна

(науковий керівник асист. Казаченко Д.А.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ЗАСТОСУВАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ У ЦИФРОВОМУ КАРТОГРАФУВАННІ

Геоінформаційні системи і технології – (ГІС-технології) – сучасні технологічні процеси створення географічних інформаційних систем на основі здійснення топографо-геодезичних вимірювань на місцевості, постобробки результатів геодезичних вимірів в комп'ютерних програмах та побудови різної картографічної продукції на основі інформаційних ресурсів. Геоінформаційна система складається з певних тематичних інформаційних шарів, які об'єднані між собою на основі географічного місцеположення.

Геоінформаційні технології створені для побудови і одержання картографічної продукції у цифровому та паперовому вигляді - карт, атласів, схем, картограм, діаграм, профілів тощо.

ГІС-технології створюють і використовують бази даних для здійснення державного управління у різних сферах діяльності. У веденні Державного земельного, водного, містобудівного кадастру ГІС-технології є основними, без яких неможливо в сучасних умовах вести контроль і державне управління.

ГІС-технології дозволяють реалізувати топографо-геодезичну і картографічну діяльність у найшвидший час і посилюють їхні функціональні можливості.

Геоінформаційні технології дозволяють отримати координатну інформацію про об'єкти геодезичних вимірів і надають широкі можливості аналізу цієї інформації та

представляють її у зручному для користувача вигляді – цифрових картах, оброблених космічних знімках. Прикладом цьому є використання кадастрової карти [23].

ГІС-технології дозволяють будувати картографічну продукцію в різних інформаційних шарах – створювати різні інформаційні шари, їх підтримувати і накопичувати, шляхом створення баз даних ГІС. Таким чином створюють цифрові карти в програмних продуктах – растри, картограми, схеми, атласи, тощо. Так була створена Публічна кадастрова карта України, яка є у вільному доступі в інтернеті. ГІС-технології містять відомості про просторове положення певних об'єктів, тобто іншими словами це географічна інформація про координати точок об'єкта.

Призначення автоматизованих геоінформаційних систем є:

- обробка даних топографо-геодезичних вимірювань на місцевості;
- обробка кадастрових, топографічних, маркшейдерських зйомок;
- створення та оновлення бази даних Державного земельного кадастру;
- створення і періодичне поповнення бази даних містобудівного кадастру;
- дешифрування космічних знімків
- дистанційне зондування Землі з космічного простору;
- отримання геопросторових даних;
- створення та ведення банків (баз) геопросторових даних;
- прогнозування використання земель населених пунктів;
- планування раціонального використання і охорони земель;
- проектування і землевпорядкування територій;
- картографування і створення картографічних інформаційних джерел;

– організаційне управління територіями і ведення Держгеокадастру.

ГІС-технології дозволяють здійснення в автоматизованому режимі обробку засобами певної інформації в різних шарах. ГІС-технології – це засоби, методи і способи збирання, обміну, збереження й обробки інформації за допомогою автоматизованих засобів. ГІС-технології – система процедур перетворення отриманої інформації для формування певних шарів, їх обробки, і отримання картографічного продукту для подальшого розповсюдження і використання.

На територію населеного пункту села Вишневе Вишневої сільської ради Близнюківського району Харківської області після виконання топографо-геодезичного знімання отримали геодезичні дані:

- каталог координат вихідних геодезичних даних на пункти ДГМ,
- координати станції висотного зйомочного обгрунтування,
- координати поворотних точок об'єктів знімання.

Картографічна побудова здійснюється за допомогою комп'ютерної обробки результатів геодезичного знімання в програмі Digital. Спочатку вибираємо масштаб картографічної побудови – 1:5000 і потім вносимо геодезичні координати та вибираємо умовні знаки для масштабу 1:5000 (рисунок 1-2).

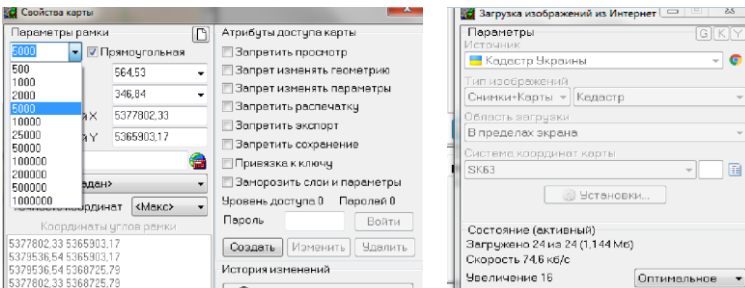


Рисунок 1 – Внесення координат СК-63 і вибір масштабу картографічної побудови

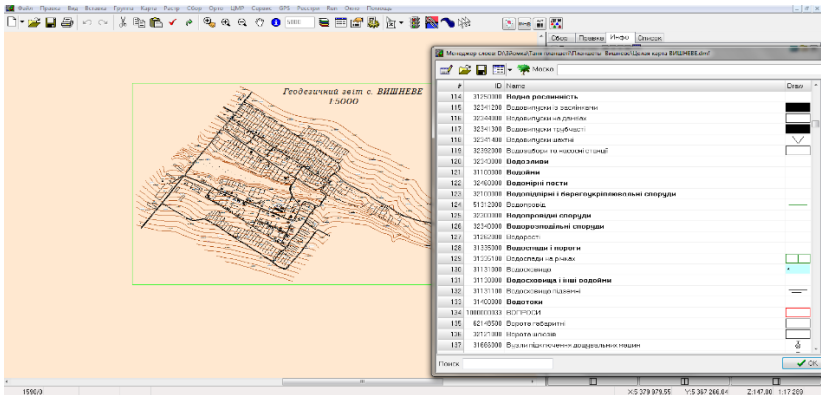


Рисунок 2 – Вибір умовних знаків в програмі DigitalGlobe для картографічної побудови

Після обробки геодезичного знімання в ПЗ DigitalGlobe будемо саму місцевість і рельєф за допомогою горизонталей (рисунок 3).

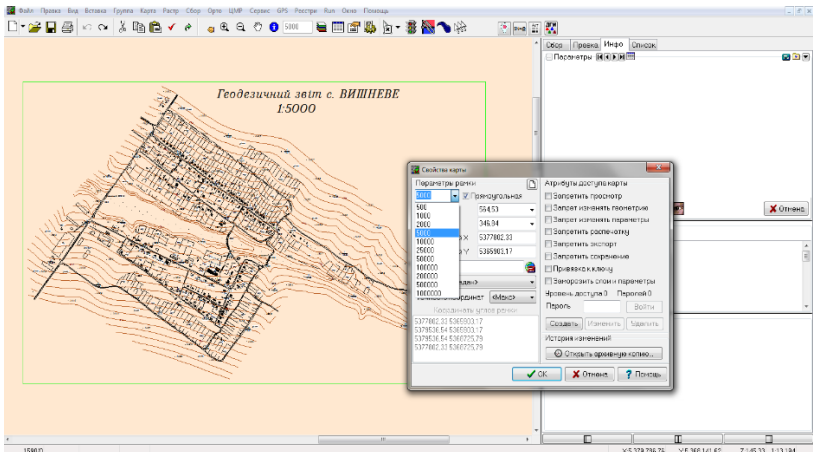


Рисунок 3 – Побудова плану с.Вишневе в програмному забезпеченні DigitalGlobe

В програмному забезпеченні DigitalGlobe під час обробки та побудови в інформаційних шарах ГІС-технологій є кадастрова карта, ортофотоплан, космічні знімки, якими

користуються і знаходять місце розташування об'єкту за координатами, які були внесені через передавач з електронного тахеометру до ПЗ (рисунок 4).

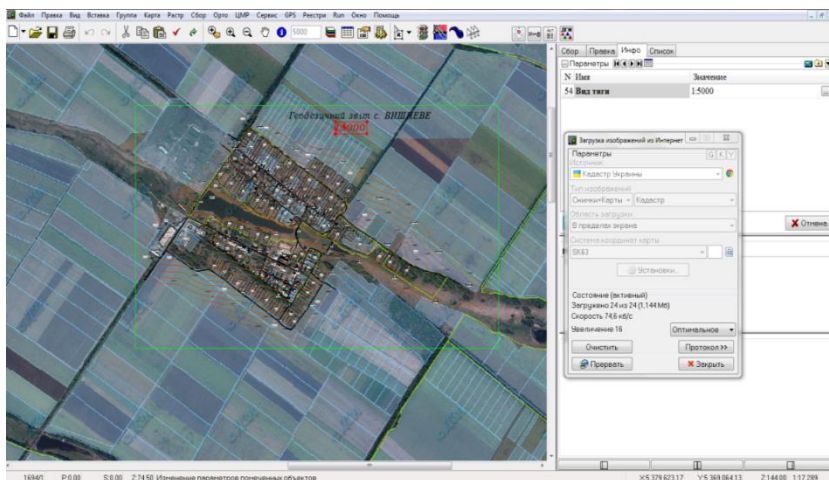


Рисунок 4 – Використання кадастрової карти та ортофотоплану в ПЗ Digitalis

Сумістивши в програмному забезпеченні Digitalis космічні знімки перевіряємо цифрову картографічну побудову. За допомогою ГІС-технологій здійснено картографічну побудову територію населеного пункту с.Вишневе Куп'янського району Харківської області (рисунок 6).

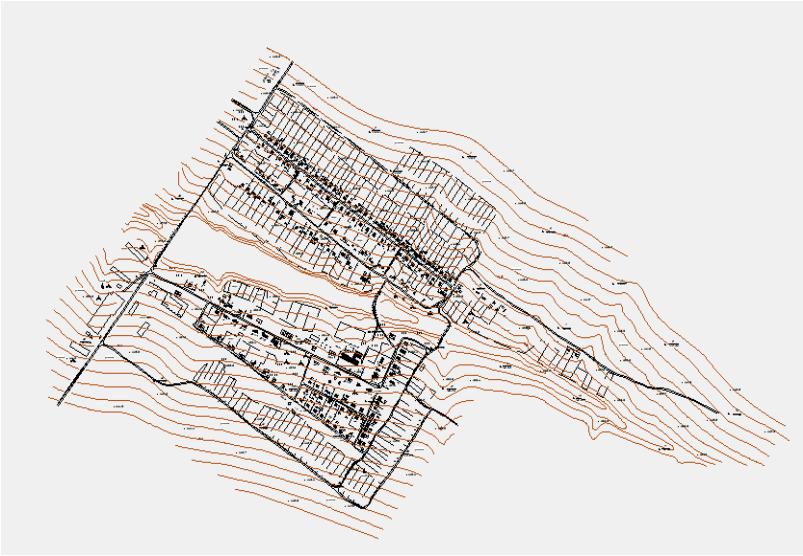


Рисунок 5 – Побудова цифрової карти

Висновки

1. ГІС-технології дозволяють обробку програмними засобами геодезичної інформації в різних інформаційних шарах.
2. В результаті обробки геодезичних вимірів в ПЗ Digitalis було створено картографічний матеріал в цифровому вигляді в масштабі 1:5000
3. За допомогою ГІС-технологій була актуалізована картографічна основа на територію с.Вишневе.

УДК 528.9

Войтович В.В., Бобрусь А.Г., Парог С.В., м. Харків,
Україна

(науковий керівник асист. Казаченко Д.А.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ОБРОБКА ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРІВ В ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ DIGITALS

Об'єктом дослідження було побудова цифрового картографічного матеріалу с.Фигулівка Куп'янського району Харківської області із застосуванням ГІС-технологій та програмного забезпечення DigitalS. Сучасне програмне забезпечення в геодезії дозволяє вести обробку результатів геодезичних вимірів, отриманих під час топографо-геодезичних вишукувань на місцевості, отримувати картографічну продукцію у паперовому та цифровому вигляді. Перевагою таких програм є точність і швидкість отриманих результатів, можливість їх редагування, розповсюдження і складання баз даних в електронному вигляді.

Можливості програмного забезпечення DigitalS:

- надходження через передавач результатів геодезичних вимірів;
- вирахування координат точок зйомки і створення каталогу;
- перетворення координат в різних системах геодезичним калькулятором;
- вирахування площі і периметру земельних масивів;
- прив'язка отриманих даних до різних шарів кадастрової карти;
- прив'язка отриманих результатів до космічних знімків та можливість їх обробки;
- складання картографічних матеріалів за результатами обробки;

- створення обмінних файлів XML та імпортування до бази даних Держгеокадастру;
- розвинені засоби для складання топографічних карт і планів за все масштабного ряду із застосуванням затверджених умовних знаків і класифікатора;
- складання із застосуванням растрових підкладок, в тому числі стерео складання за даними аерофотознімання – і космічного знімання;
- тривимірне представлення карт.

Програмне забезпечення DigitalS багатокomпонентний програмний продукт, який слугує для обробки результатів, отримання даних, їх конвертації у різних картографічних шарах, для створення кінцевого картографічного продукту DigitalS – одне з сучасних програмних продуктів в системі ГІС-технологій, яке слугує для обробки геодезичної інформації вибираємо зону в інформаційному вікні і систему координат – СК-63, масштаб побудови картографічного матеріалу 1:5000. Нанесення графічних даних після цифрової обробки в DigitalS відбувається виключно умовних знаках, що містяться в інформаційних шарах програми. Для цього вибираємо програмне вікно умовні знаки і наносимо в умовних знаках ситуацію місцевості, горизонталі, будинки, вулиці, болота, сіножаті, лінію електромереж, дамбу, вулиці, тобто всю ситуацію (рисунок 1).

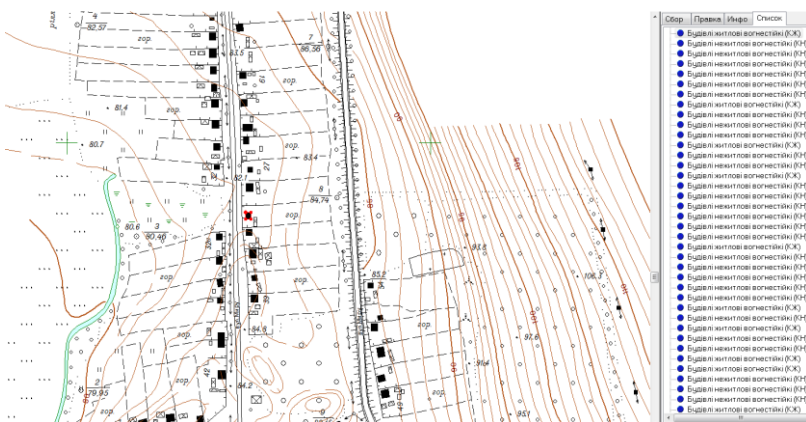


Рисунок 1 – Нанесення ситуації в умовних знаках

Програма DigitalS поєднує в собі різні інформаційні шари, які допомагають будувати всі елементи місцевості. Рельєф відображаємо горизонталями - шляхом їх інтерполяції, визначаємо висоти і позначаємо точки стояння. Далі наносимо елементи водного фонду – річку і ставок і прибережну водоохоронну смугу для цього вибираємо відповідні класифікатори водних об'єктів (рисунок 2).

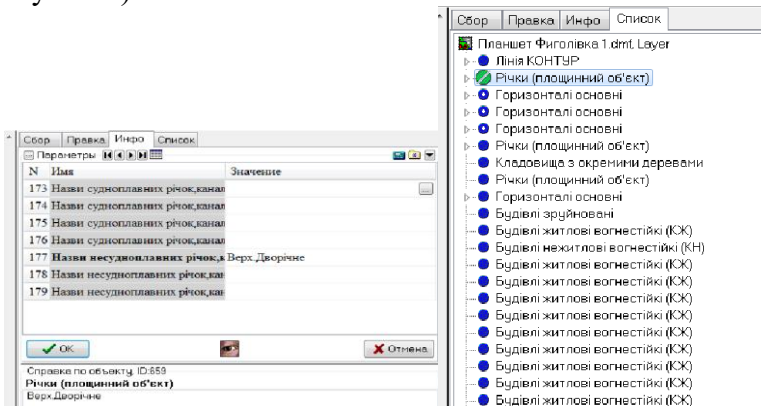


Рисунок 2 – Класифікатори водних об'єктів

Наносимо житлові будинки господарські споруди (рисунок 3).

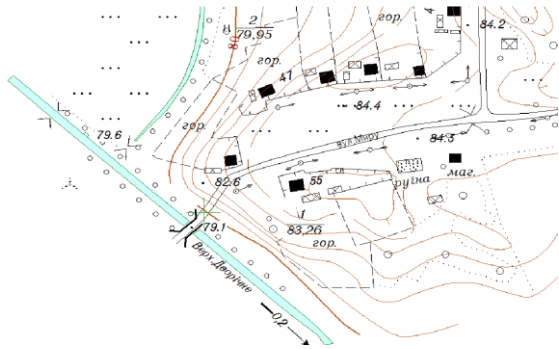


Рисунок 3 – Нанесення водного фонду та мосту в населеному пункті

Наносимо в умовних знаках для масштабу 1:5000 сітку вулично-дорожньої мережі господарські будівлі і споруди. Для відображення графічних об'єктів входимо в вікно програми і вибираємо умовний знак об'єкту. Вибираємо умовний знак об'єкта і натискаючи його номер відображуємо всі елементи місцевості (рисунок 4).



Елементи рельєфу наносимо у вигляді горизонталей шляхом їх інтерполяції. Для отримання цієї інформації в польових умовах ведемо тахеометричне знімання, в ході якого визначаємо висоти і позначаємо точки стояння. Підписуємо горизонталі застосовуючи відповідний розмір шрифту.

За допомогою умовних позначень відповідно до масштабу 1:5000 наносимо житлові будинки господарські будівлі і споруди і інші елементи місцевості.

В масштабі і за допомогою умовних знаків будуємо інженерні споруди і наносимо сітку вулично - дорожньої мережі, господарські будівлі і споруди.

Після нанесення в умовних знаках графічних елементів в населеному отримуємо цифровий план місцевості або цифрову модель місцевості населеного пункту в сучасному вигляді (рисунок 5)

УДК 349.41

Шипілов Д. В., Жерепа Д.І., м. Харків, Україна

(науковий керівник канд. екон. наук, доц. Юхно А.С.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ПРОЄКТІВ ЗЕМЛЕУСТРОЮ ЩОДО ВІДВЕДЕННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Об'єктом дослідження є 15 земельних ділянок, розташованих по вул. Незалежності, 21 та вул. Густинська, 33, 33-А у м. Прилуки Чернігівської області. Земельні масиви перебувають у приватній власності ПрАТ «Акціонерне товариство тютюнова компанія «В.А.Т. – Прилуки» та використовуються для розміщення й експлуатації основних, підсобних і допоміжних будівель та споруд підприємств переробної промисловості (код КВЦПЗ 11.02). Територія характеризується щільною забудовою капітального та тимчасового характеру [1, 2, 3, 6, 7].

Метою роботи є дослідження процедурних та технічних аспектів формування проєктів землеустрою для земель промисловості в умовах активної експлуатації виробничих потужностей, необхідності зміни цільового призначення та юридичного закріплення меж.

На відміну від проєктування на незабудованих територіях, розробка документації для ПрАТ «В.А.Т. – Прилуки» має такі специфічні риси:

– трансформація цільового призначення. Ключовою особливістю є правове забезпечення переведення земель із категорії житлової та громадської забудови (код 02.01) до земель промисловості (код 11.02). Це вимагає відповідності Генеральному плану та плану зонування м. Прилуки, а також отримання експертних висновків щодо містобудівної документації [4];

– інвентаризація забудованих територій. Наявність споруд постійного та тимчасового характеру зумовлює необхідність проведення детальної топографо-геодезичної зйомки масштабу 1:500. Це забезпечує точне відображення контурів будівель, фундаментів та підземних інженерних комунікацій, що є визначальним для встановлення меж ділянок та їх подальшої консолідації (об'єднання) у єдиний об'єкт кадастрового обліку [8];

– обмеження через об'єкти культурної спадщини. Оскільки ділянки розташовані в безпосередній близькості до пам'ятки археології (поселення «Гютюнова фабрика», 2 тис. до н.е.), проект включає особливий режим землекористування: заборону нових земляних робіт без попередньої археологічної розвідки [5];

– врахування планувальних обмежень. Проект землеустрою фіксує межі санітарно-захисних зон (СЗЗ), встановлених навколо виробничих потужностей. Це накладає обмеження на використання суміжних територій та забороняє розміщення житлових об'єктів у межах впливу підприємства [9];

– геодезичне забезпечення. Координування меж виконується в системі УСК-2000 із використанням високоточних GPS-приймачів у режимі реального часу (RTK). Це мінімізує похибки при накладанні фактичної забудови на кадастрову карту .

Проведене дослідження доводить, що при розробці проєктів для промислових гігантів пріоритетом є не агрохімічні показники чи бонітування ґрунтів, а дотримання містобудівних регламентів, санітарних норм та пам'яткоохоронних обмежень. Своєчасна зміна цільового призначення та коректна інвентаризація споруд забезпечують правову стабільність промислового землекористування.

Література

1. Земельний кодекс України : Закон України від 25.10.2001 № 2768-III. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> (дата звернення: 08.03.2026).

2. Про землеустрій : Закон України від 22.05.2003 № 858-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15> (дата звернення: 08.03.2026).

3. Про Державний земельний кадастр : Закон України від 07.07.2011 № 3613-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17> (дата звернення: 08.03.2026).

4. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17> (дата звернення: 08.03.2026).

5. Про охорону культурної спадщини : Закон України від 08.06.2000 № 1805-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1805-14> (дата звернення: 08.03.2026).

6. Проект землеустрою щодо відведення земельної ділянки ПрАТ «А/Т тютюнова компанія «В.А.Т. – Прилуки», цільове призначення якої змінюється для розміщення та експлуатації основних, підсобних і допоміжних будівель та споруд підприємств переробної промисловості у м. Прилуки : пояснювальна записка. Прилуки, 2016. 58 с.

7. Технічна документація із землеустрою щодо об'єднання земельних ділянок приватної власності ПрАТ «А/Т тютюнова компанія «В.А.Т. – Прилуки» по вул. Густинській, 33, 33-А в м. Прилуки. Прилуки, 2016. 32 с.

8. Про вирішення питань землекористування : Рішення Прилуцької міської ради (10 сесія 7 скликання) від 28.04.2016 № 24.

9. Генеральний план та план зонування території міста Прилуки Чернігівської області : містобудівна документація / ДП «НДПІ містобудування». Київ : 2019, 123 с.

УДК: 333.003.12

Холод А.Р., Курган В.М., м. Харків, Україна

(науковий керівник канд. екон. наук, доц. Юхно А.С.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬ В УКРАЇНІ

Рациональне використання земельних ресурсів та ефективне управління ними є важливою складовою державної політики у сфері земельних відносин. У сучасних умовах реформування земельної системи України особливу роль відіграє проведення об'єктивної та науково обгрунтованої оцінки земель. Для підвищення точності таких робіт активно застосовуються сучасні інформаційні технології, зокрема геоінформаційні системи. Геоінформаційне забезпечення дає можливість збирати, систематизувати, аналізувати та відображати просторові дані, що значно підвищує ефективність проведення землеоціночних робіт [8, 9, 10].

Об'єктом дослідження виступають земельні ресурси сільськогосподарського призначення, розташовані на території Харківської області. Предметом дослідження є застосування геоінформаційних технологій під час проведення оцінки земель. Для здійснення аналізу використовуються дані Державного земельного кадастру, матеріали ґрунтових та агрохімічних обстежень, топографічні карти, а також результати дистанційного зондування Землі [3].

Геоінформаційні системи являють собою комплекс програмних та технічних засобів, які забезпечують збирання, зберігання, обробку та аналіз просторової інформації. Їх використання у сфері землеустрою дозволяє об'єднувати різноманітні види даних, що характеризують

земельні ділянки. До таких даних належать відомості про межі ділянок, їх площу, форму власності, цільове призначення, категорію земель, типи ґрунтів, особливості рельєфу та інші природні й економічні характеристики території [8].

Використання геоінформаційних систем є особливо важливим під час проведення нормативної грошової оцінки земель, економічної оцінки земельних ресурсів та бонітування ґрунтів. За допомогою сучасних ГІС створюються цифрові карти та тематичні шари, що містять необхідну інформацію для подальшого аналізу. Це дає змогу виявляти просторові закономірності розміщення земельних угідь, оцінювати їх якісний стан, а також визначати ефективність використання територій [9].

Важливим джерелом інформації для геоінформаційного забезпечення є матеріали дистанційного зондування Землі. Супутникові знімки дозволяють отримувати актуальні дані про стан земельних ресурсів, структуру посівних площ, ступінь деградації ґрунтів та інші показники, які мають значення під час оцінки земель. Поєднання таких даних із кадастровою інформацією дає можливість більш повно та об'єктивно аналізувати стан територій [10].

В Україні геоінформаційні технології широко застосовуються під час ведення Державного земельного кадастру. Завдяки електронним кадастровим картам користувачі можуть отримувати інформацію про межі земельних ділянок, їх площу, кадастрові номери, форму власності та інші характеристики. Це значно спрощує процес доступу до інформації та сприяє підвищенню прозорості земельних відносин [1, 3, 5].

На сьогодні для роботи з геопросторовими даними широко використовуються спеціалізовані програмні продукти, зокрема QGIS, ArcGIS, Digitals та інші геоінформаційні платформи. Ці системи дають можливість виконувати складні просторові аналізи, створювати цифрові моделі місцевості та обробку великих обсягів

інформації. Використання таких технологій дозволяє підвищити точність проведення оцінки земель та зменшити кількість помилок під час виконання розрахунків [2, 4, 7].

Отже, геоінформаційне забезпечення є важливою складовою сучасної системи оцінки земель в Україні. Використання геоінформаційних технологій дозволяє ефективно поєднувати різні джерела просторових даних, виконувати їх комплексний аналіз та забезпечувати наочне відображення результатів досліджень. Подальший розвиток геоінформаційних систем та їх впровадження у сферу землеустрою сприятиме підвищенню ефективності управління земельними ресурсами та забезпеченню їх раціонального використання.

Література

1. Земельний кодекс України : Закон України від 25.10.2001 № 2768-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> (дата звернення: 24.03.2026).
2. Про оцінку земель : Закон України від 11.12.2003 № 1378-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1378-15> (дата звернення: 24.03.2026).
3. Про Державний земельний кадастр : Закон України від 07.07.2011 № 3613-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17> (дата звернення: 24.03.2026).
4. Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 № 554-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20> (дата звернення: 24.03.2026).
5. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру : Постанова Кабінету Міністрів України від 17.10.2012 № 1051. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-%D0%BF> (дата звернення: 24.03.2026).
6. Методика нормативної грошової оцінки земельних ділянок : Постанова Кабінету Міністрів України

від 03.11.2021 № 1147. URL:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1147-2021-%D0%BF>
(дата звернення: 24.03.2026).

7. Маланчук М. С., Корнило І. Г. Використання ГІС-технологій при проведенні оцінки земель населених пунктів. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2018. Вип. 87. С. 58–65.

8. Перович І., Лук'янчук О. Геоінформаційне моделювання вартості земель при виконанні масової оцінки нерухомості. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2020. Вип. I (39). С. 112–118.

9. Третяк А. М., Третяк Н. А., Лозовий Ю. М. Геоінформаційні системи в землеустрої та кадастрі : навч. посіб. Київ : Агроосвіта, 2019. 240 с.

10. Петраківська О. С., Микула Н. П. Особливості формування інформаційної бази для оцінки земель в умовах розвитку НІГД. *Містобудування та територіальне планування*. 2022. Вип. 80. С. 312–324.

УДК: 528.44:625.711

Мозуль А.О., м. Харків, Україна

(науковий керівник канд. екон. наук, доц. Юхно А.С.)

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОСОБЛИВОСТІ ВЕДЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ НА ЗЕМЛЯХ ПІД АВТОМОБІЛЬНИМИ ДОРОГАМИ

Землі дорожнього господарства є специфічним об'єктом земельних відносин через свою лінійну протяжність, складну структуру право власності та стратегічне значення для інфраструктури країни. Ефективне ведення Державного земельного кадастру (ДЗК) для таких земель потребує врахування не лише просторових характеристик, а й обмежень у використанні суміжних територій [1, 2].

Процес внесення відомостей про землі під автомобільними дорогами до ДЗК має низку галузевих особливостей:

- лінійність об'єкта та поділ на кадастрові квартали. Автомобільні дороги державного значення часто перетинають межі декількох адміністративно-територіальних одиниць та кадастрових кварталів. Це вимагає формування окремих земельних ділянок у межах кожного кварталу, що ускладнює адміністрування дороги як єдиного майнового комплексу;

- формування смуги відведення. До складу земель дорожнього господарства входять не лише безпосередньо проїзна частина, а й узбіччя, водовідвідні споруди, захисні насадження та об'єкти сервісу. Точне визначення меж смуги відведення є критичним для запобігання самовільному захопленню земель та встановлення режиму господарювання;

- реєстрація обмежень (сервітутів). Особливістю ведення ДЗК у цій сфері є необхідність відображення зон

особливого режиму використання земель — охоронних зон уздовж доріг. Такі зони накладають обмеження на використання земель суміжних власників (наприклад, заборона будівництва певних об'єктів або розміщення реклами);

– проблема накладання (накладок) меж. Через застарілу документацію або похибки минулих років часто виникають перетини меж ділянок доріг із землями сільськогосподарського призначення або лісового фонду. Ведення ДЗК дозволяє проводити інвентаризацію та виправлення таких помилок через розробку відповідної технічної документації.

Основною проблемою залишається висока вартість робіт з інвентаризації земель великої протяжності та складність погодження документації із численними суміжними землекористувачами. Крім того, існує розрив між даними ДЗК та реєстром речових прав, що іноді сповільнює процеси реконструкції доріг.

Удосконалення ведення ДЗК щодо земель під автошляхами має базуватися на цифровізації архівних даних та інтеграції кадастрової системи з геоінформаційними системами (ГІС) дорожньої галузі. Це забезпечить прозорість управління державними землями та спростить процедуру відведення ділянок для будівництва нових транспортних коридорів.

Література

1. Земельний кодекс України – Верховна Рада України; Кодекс України, Кодекс, Закон від 25.10.2001 р. № 2768-14. URL: <http://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення 28.03.2026).

2. Про землеустрій: Закон України від 22.05.2003 р. № 858-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text> / (дата звернення 28.03.2026 р.).

УДК: 528.48:624:519.2

Індик С.В., м. Харків, Україна

(науковий керівник к.т.н., доц. Наливайко Т.А.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ МЕТОДІВ РОЗБИВОЧНИХ РОБІТ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

При проектування і будівництві інженерних споруд необхідні інженерно-геодезичні вишукування.

Програма таких робіт включає:

- створення опорних геодезичних мереж;
- виконання топографічних зйомок ділянки для будівництва;
- узгодженні роботи по відведенню ділянки землі під будівництво;
- підготовка геодезичних даних для перенесення проєкта споруди на місцевість;
- геодезичні роботи на всіх етапах будівництва;
- здача споруди в експлуатацію.

Підготовка геодезичних даних для перенесення проєкта споруди на місцевість являється важливим і відповідальним видом роботи, в процесі якого визначають розбивочні елементи $\bar{\beta}_i$, \bar{l}_i і \bar{H}_i (проєктний кут, відстань і висота).

Для перенесення проєкта споруди на місцевість були дослідженні наступні методи розбивок:

1. Полярний метод. Визначають проєктний кут $\bar{\beta}_i$ і проєктну відстань \bar{l}_i (рис. 1). Дослідження показують, що даний метод надійний і точний. Теодоліт або електронний тахеометр встановлюють в точку 3 і відкладають проєктний кут β_3 та проєктну відстань l_3 одержують точку A_{11} . Аналогічно в точці 4 одержують A_{16} .

2. Метод прив'язки до існуючої будови: прив'язки

визначають на основі топографічної зйомки по масштабу від існуючих будов, графічним шляхом (рис. 1).

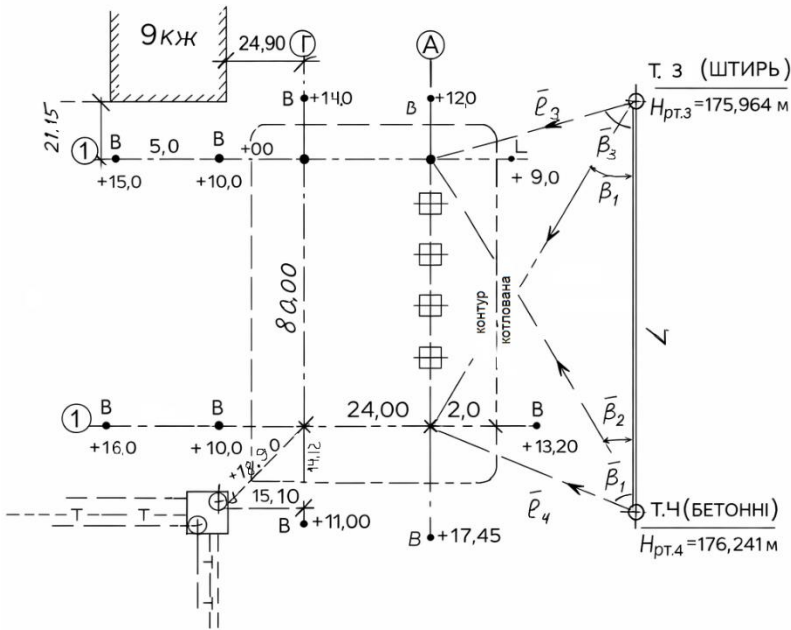


Рисунок 1 – Методи розбивки проектних осей споруд

3. Метод прив'язки до існуючих підземних комунікацій: теплотраси, водопровода, газопровода, каналізації. Величини прив'язок визначають аналогічним шляхом як і в методі прив'язок до існуючих будов (рис. 1), графічно по масштабу. В даному методі прив'язка проектних осей виконується від існуючих колодязів підземних комунікацій.

4. Метод кутотвих засічок. Приміняється в тих випадках, коли неможливо виконати лінійні вимірювання. На генплані визначають проектні горизонтальні кути $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ графічним або аналітичним шляхом, на основі кутотвих засічок одержують на місцевості проектні осі споруди.

5. Комбінований метод. Приміняють всі вище переглянуті методи в різних комбінаціях в залежності від умов місцевості та складності будівництва (рис. 1).

Для дослідження та визначення точності розглянутих методів при лінійних вимірюваннях враховують поправки за нахил місцевості, поправка за компарування та поправки за температури мірного приладу. Отже загальна довжина відкладуваної розбивочної лінії на місцевості буде мати вигляд:

$$l_i = l_0 + \frac{h^2}{2l} + \alpha \cdot l_0 (t - t_0) + l_0 \cdot \frac{d_1 - d_0}{l_1}, \quad (1)$$

де l_0 – проектна довжина лінії;

h – перевищення між кінцями лінії;

α – коефіцієнт лінійного розширення сталі;

t, t_0 – температури при вимірюванні та компаруванні;

d_1, d_0 – фактична та номінальна довжини рулетки.

Для визначення точності розбивки споруди полярним методом приміняють формулу:

$$m_{II} = \sqrt{m_l^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho^2} \right) \cdot l^2 + m_\phi^2}, \quad (2)$$

де m_l, m_β – відповідно середні квадратичні похибки відкладень відстаней l_i та горизонтального кута β_i ;

m_ϕ – похибка фіксування точки на місцевості.

Середню квадратичну похибку по методу кутової засічки обчислюють за формулою:

$$m_K = \frac{m_\beta}{\rho} \cdot L \sqrt{\frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 (\beta_1 + \beta_2)} + m_\phi^2}, \quad (3)$$

де m_β – середня квадратична похибка побудови горизонтальних кутів β_i ;

L – відстань між опорними пунктами знімальної геодезичної мережі (довжина базиса).

Для визначення точності в комбінованому методі приміняють формули (1), (2), (3) в комплексному варіанті.

Висновки. Як показали дослідження всі методи повністю задовільняють допустимі величини похибок вимірювань.

Розглянуті методи, як показала практика, можна приміняти не тільки при перенесенні проектних осей на місцевість інженерних споруд, але й інших інфраструктур, таких як автомобільні дороги, мостові переходи, підземні комунікації.

УДК: 332.2

Сафіуліна В.С., м. Харків, Україна

(науковий керівник канд. техн. наук, доц. Пілічева М.О.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ЗАСТОСУВАННЯ ГЛОБАЛЬНИХ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ В СФЕРІ ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ

У сучасних умовах розвитку геоінформаційних технологій важливе значення для геодезії та землеустрою має використання цифрових моделей рельєфу (Digital Elevation Models, DEM). Такі моделі забезпечують цифрове відтворення земної поверхні та дозволяють аналізувати просторові характеристики територій з високою точністю.

Глобальні цифрові моделі рельєфу формуються на основі даних дистанційного зондування Землі, супутникових вимірювань, радарної інтерферометрії та інших геопросторових джерел. Вони створюють єдину базу висотної інформації для різних регіонів світу та широко використовуються у геодезичних і картографічних дослідженнях.

Актуальність використання глобальних DEM зумовлена необхідністю оперативного отримання просторових даних для територій, де відсутні детальні топографічні матеріали або їх оновлення потребує значних ресурсів. Такі моделі дозволяють забезпечити базову картографічну основу для аналізу територій.

Сучасні глобальні моделі рельєфу, такі як ASTER GDEM, SRTM або Copernicus DEM [1], мають просторову роздільну здатність до 30 м і забезпечують можливість детального аналізу морфології поверхні. Вони створюють основу для геоморфологічних, гідрологічних та інженерно-геодезичних досліджень. В умовах цифрової трансформації геопросторових даних використання глобальних DEM

сприяє підвищенню ефективності управління земельними ресурсами, планування територій та моніторингу змін навколишнього середовища.

У геодезії глобальні цифрові моделі рельєфу відіграють важливу роль у вирішенні широкого кола наукових і практичних завдань, пов'язаних з визначенням висотних характеристик земної поверхні. Одним із напрямів їх застосування є уточнення геоїдних моделей та дослідження просторового розподілу гравітаційного поля Землі. Використання DEM дозволяє враховувати вплив топографічних мас під час побудови регіональних моделей геоїда, що сприяє підвищенню точності перетворення еліпсоїдальних висот, отриманих за результатами GNSS-вимірювань, у нормальні або ортометричні висоти. Крім того, цифрові моделі рельєфу застосовуються для аналізу висотних аномалій, дослідження геоморфологічної структури території та моделювання топографічних поправок у гравіметричних обчисленнях. Це дозволяє підвищити точність геодезичних розрахунків, зокрема при створенні та згущенні державних і локальних геодезичних мереж, а також при виконанні високоточних інженерно-геодезичних робіт [2].

Важливим напрямом використання цифрових моделей рельєфу є створення топографічних карт та оновлення картографічної основи територій. DEM забезпечують можливість автоматизованого формування основних елементів рельєфу в цифрових картографічних продуктах. На їх основі можна будувати горизонталі, створювати гіпсометричні моделі, формувати тривимірні зображення місцевості та виконувати різноманітні морфометричні аналізи. Зокрема, цифрові моделі рельєфу дозволяють визначати крутизну та експозицію схилів, розраховувати показники вертикального та горизонтального розчленування рельєфу, а також аналізувати особливості просторової структури поверхні. Завдяки цьому значно підвищується ефективність картографічного моделювання

територій, зменшуються витрати часу на обробку геопросторових даних і забезпечується оперативне оновлення картографічної інформації.

У сфері землеустрою цифрові моделі рельєфу використовуються для комплексного аналізу території та обґрунтування управлінських рішень щодо раціонального використання земельних ресурсів. DEM дають змогу досліджувати просторову структуру землекористування, оцінювати природні умови території та визначати фактори, що впливають на ефективність господарського використання земель. Одним із важливих напрямів їх застосування є визначення меж водозборів та моделювання гідрологічних процесів, зокрема формування поверхневого стоку. На основі DEM можна аналізувати напрямки руху водних потоків, прогнозувати зони можливого підтоплення та визначати території, схильні до ерозійних процесів. Крім того, цифрові моделі рельєфу використовуються для оцінювання ерозійної небезпеки земель, планування протиерозійних заходів, оптимізації структури сільськогосподарських угідь та обґрунтування проектних рішень у процесі територіального планування. Таким чином, застосування DEM сприяє підвищенню наукової обґрунтованості землепорядних рішень і забезпечує ефективне управління земельними ресурсами. Глобальні DEM також застосовуються для планування інженерної та транспортної інфраструктури. Аналіз висотної структури території допомагає визначати оптимальні маршрути доріг, комунікацій та інших об'єктів інженерної інфраструктури.

Значне поширення DEM отримали у процесі моделювання природних процесів. Наприклад, на їх основі проводиться моделювання водозбірних басейнів, прогнозування паводків та оцінка ризиків природних небезпек.

Оцінка точності глобальних моделей рельєфу є важливим етапом їх використання у геодезії. Дослідження показують, що точність різних глобальних DEM може

відрізнитися залежно від типу рельєфу, джерел даних та методів обробки.

Для підвищення точності результатів глобальні DEM часто поєднують з локальними геодезичними вимірюваннями, GNSS-спостереженнями та даними наземних пунктів. Такий підхід дозволяє уточнити висотну інформацію та зменшити похибки моделей.

Глобальні цифрові моделі рельєфу є важливим джерелом геопросторових даних, які широко застосовуються у геодезії, картографії та землеустрої. Вони забезпечують можливість швидкого отримання висотної інформації для значних територій.

Використання DEM сприяє підвищенню точності геодезичних розрахунків, ефективності планування територій та управління земельними ресурсами. Подальший розвиток технологій дистанційного зондування та обробки геопросторових даних сприятиме створенню більш точних і детальних моделей рельєфу, що розширить можливості їх застосування у наукових та практичних завданнях.

Література

1. Jalal, S. J., Musa, T. A., Ameen, T. H., et al. Optimizing the Global Digital Elevation Models (GDEMs) and accuracy of derived DEMs from GPS points for Iraq's mountainous areas. *Geodesy and Geodynamics*. 2020. Vol. 11. Is. 5. P. 338-349 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geog.2020.06.004> (дата звернення 07.03.2026).

2. Alcantar-Elizondo, N., Garcia-Lopez, R., Torres-Carillo, X., Vazquez-Becerra, G. Combining Global Geopotential Models, Digital Elevation Models, and GNSS/Leveling for Precise Local Geoid Determination in Some Mexico Urban Areas: Case Study. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2021. Vol. 10(12). 819. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi10120819> (дата звернення 07.03.2026).

УДК: 332.2

Трофіменко Є.О., м. Харків, Україна

(науковий керівник канд. техн. наук, доц. Пілічева М.О.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ПРОБЛЕМИ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ МЕЛІОРАТИВНИХ МЕРЕЖ

Меліоративні системи є ключовим елементом інфраструктури сільськогосподарських територій, оскільки вони забезпечують регулювання водного режиму ґрунтів, підвищення продуктивності земель та стабільність аграрного виробництва. В умовах кліматичних змін і посухи ефективне функціонування осушувальних та зрошувальних систем стає особливо важливим, оскільки вони запобігають деградації земель та дозволяють забезпечити продовольчу безпеку.

Більшість меліоративних мереж України та країн Східної Європи були створені у 1960–1980-х роках і наразі значна частина об'єктів потребує модернізації або відновлення. Через тривалу експлуатацію зношуються дренажні труби, руйнуються канали, порушується гідрологічний режим територій, що призводить до зниження ефективності земель [1].

Проведення інвентаризації меліоративних систем є необхідним для створення актуальної геопросторової бази даних, що дозволяє здійснювати планування реконструкцій, оптимізувати витрати на утримання інфраструктури та підвищити ефективність використання меліорованих земель. Актуальність інвентаризації зумовлена також необхідністю інтеграції інформації про меліоративні мережі у державні кадастрові системи та геоінформаційні платформи, що є важливою передумовою для управління водними ресурсами та розробки стратегій сталого землекористування [1].

Сучасні геоінформаційні технології, супутникові знімки високої роздільної здатності та GNSS-вимірювання дозволяють значно підвищити точність і оперативність інвентаризації, замінюючи традиційні трудомісткі польові обстеження та зменшуючи витрати часу і ресурсів [2].

Інвентаризація меліоративних мереж включає збір та обробку даних про просторове розташування, протяжність та технічний стан елементів систем: відкритих і закритих каналів, дренажних трубопроводів, насосних станцій, шлюзів та інших гідротехнічних споруд. Це дозволяє оцінити функціональну придатність об'єктів та планувати їх обслуговування.

Однією з ключових проблем є відсутність або застарілість картографічної документації. У більшості випадків проєктна документація була створена десятиліття тому і не відображає сучасного стану мереж, особливо після природних катастроф, підтоплень та змін рельєфу [2]. Втрату технічної документації та часткове знищення елементів систем ускладнюють ідентифікацію та контроль за станом меліоративних мереж. Це створює ризики для точності планування та реконструкції мереж, а також ускладнює оцінку ефективності водорозподілу.

Фізичне пошкодження каналів, замулення дренажних труб та заростання рослинністю часто призводять до зміни фактичного розташування об'єктів, що унеможливує застосування застарілих картографічних матеріалів. Внаслідок цього проводити польові обстеження стає складніше і дорожче.

Порушення функціонування меліоративних систем призводить до деградації земель: підтоплення, вторинне засолення, зниження врожайності та зменшення продуктивності угідь. Це особливо критично у регіонах, де меліоровані площі є основою сільськогосподарського виробництва.

Недостатня інтеграція даних про меліоративні об'єкти у геоінформаційні системи та державні кадастрові бази

створює проблеми для оперативного управління і контролю. У багатьох випадках інформація про стан мереж розпорошена між різними організаціями, що ускладнює комплексний аналіз.

Сучасні методи дистанційного зондування Землі, включаючи аналіз супутникових знімків високої роздільної здатності, дрону зйомку та LiDAR-сканування, дозволяють визначати стан меліоративних мереж, оцінювати їх функціональність та швидко виявляти зони пошкоджень. Інтеграція отриманих даних у геоінформаційні системи дозволяє створювати цифрові карти меліоративних мереж, проводити просторовий аналіз функціонування мереж і прогнозувати наслідки змін гідрологічного режиму на території.

Проведення інвентаризації із застосуванням сучасних технологій дозволяє оцінювати ефективність меліоративної інфраструктури, визначати пріоритетні напрямки реконструкції та обґрунтовувати інвестиційні рішення щодо розвитку земельного фонду.

Література

3. Kuryltsiv R., Stańczuk-Gałowiczek M., Łuczyński R. Water User Associations in Drained and Irrigated Areas for More Sustainable Land and Water Management: Experiences from Poland and Ukraine. *Sustainability*. 2025. Vol. 17(15). 7100. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17157100> (дата звернення 06.03.2026).

4. Matiash T., Butenko Y., Krucheniuk A., Saliuk A., Soroka N., Matiash E. Identification of destruction areas of reclamation systems and evaluation of irrigated agriculture by the remote sensing data. *Land Reclamation and Water Management*. 2023. № 2. P. 27–37. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202302-369> (дата звернення 06.03.2026).

УДК: 528:332.2

Білоконь В.О., Пономаренко А.Г., м. Харків, Україна
(науковий керівник канд. техн. наук, доц. Пілічева М.О.)
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕНЕЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Повені залишаються однією з найсерйозніших природних загроз, що негативно впливають на житлові території, транспортну та інженерну інфраструктуру, а також продуктивність сільськогосподарських угідь. В умовах глобальних змін клімату частота й інтенсивність паводків зростає, що підвищує потребу у надійних інструментах прогнозування та управління ризиками. Геоінформаційні технології (ГІС) дозволяють інтегрувати різноманітні просторові та гідрологічні дані, що створює підґрунтя для ефективного моделювання повеней, оцінки ризиків і планування заходів захисту населення та територій [1].

Технологія моделювання повеней із застосуванням геоінформаційних технологій є багатоступеневою та інтегративною. Вона включає підготовку даних, побудову гідрологічних і гідродинамічних моделей, інтеграцію у ГІС, валідацію та калібрування, моделювання сценаріїв і підготовку результатів для прийняття управлінських рішень.

Процес моделювання повеней із застосуванням ГІС є комплексним і багатоступеневим. Він починається з підготовки та збору вхідних даних, що включають цифрові моделі рельєфу (DEM) різної роздільної здатності, гідрологічні показники, дані про землекористування та інженерну інфраструктуру. Цифрові моделі рельєфу, такі як ASTER GDEM, SRTM або Copernicus DEM, дозволяють

точно визначити напрямки стоку води, природні водозбори та потенційні території затоплення. Гідрологічні дані, включаючи характеристики річкових басейнів, рівень води у річках та опади, а також інформація про типи ґрунтів і покриття території, формують основу для побудови реалістичної моделі гідрологічного процесу. Важливо зазначити, що супутникові знімки високої роздільної здатності і аерофотознімання забезпечують уточнення просторових даних і дозволяють актуалізувати інформацію про зміни ландшафту та водних об'єктів.

Наступним етапом технології моделювання повеней є створення гідрологічної та гідродинамічної моделі, яка є центральним елементом прогнозування паводкових явищ. Гідрологічні моделі призначені для оцінки формування поверхневого стоку та визначення обсягів води у водозбірних басейнах на основі даних про опади, типи ґрунтів, характеристики рельєфу та землекористування. Вони дозволяють кількісно оцінити розподіл води у часі, що є критично важливим для планування заходів захисту територій та інфраструктури.

Гідродинамічні моделі, такі як HEC-RAS, MIKE FLOOD або LISFLOOD-FP [2], забезпечують відтворення процесів переміщення паводкових вод у просторі та часі з урахуванням рельєфу, гідравлічних властивостей русел річок та штучних гідротехнічних споруд. Вони дозволяють моделювати як нормальні, так і екстремальні сценарії повеней, визначати максимальні рівні води, швидкість течії, площу затоплення та зони потенційного ризику для населення і економічних об'єктів.

Вибір конкретної моделі залежить від масштабу досліджуваної території, доступності даних і цілей моделювання. Для великих річкових басейнів і регіональних оцінок часто використовують моделі з широким охопленням і спрощеною гідродинамікою, тоді як для детального моделювання затоплення окремих населених пунктів або критичних об'єктів застосовуються

високоточні моделі, які враховують мікрорельєф, штучні перешкоди та локальні гідравлічні умови.

Особливу увагу приділяють параметризації моделей: правильний вибір гідравлічних коефіцієнтів, параметрів фільтрації, інфільтрації та опору течії безпосередньо впливає на точність прогнозів і відповідність моделювання реальним гідрологічним умовам. Невірна або надмірно спрощена параметризація може призвести до суттєвих похибок у прогнозі рівня води, площ затоплення та швидкості поширення паводку, що робить критично важливим використання каліброваних та валідованих моделей з врахуванням історичних даних та польових спостережень. Інтеграція результатів моделювання в ГІС забезпечує можливість візуалізації зон потенційного затоплення, створення карт небезпеки та проведення просторового аналізу. Така інтеграція дозволяє визначати вплив повені на населення, транспортну інфраструктуру та сільськогосподарські угіддя, а також розробляти сценарії управління ризиками. Геоінформаційна платформа дозволяє не лише отримувати статичні карти, а й здійснювати моделювання у динамічному режимі, що важливо для оперативного реагування [2].

Валідація та калібрування моделі є обов'язковим етапом, що забезпечує її точність та надійність. Для цього використовуються дані автоматичних гідрологічних станцій, польові спостереження та супутникові спостереження. Процес калібрування дозволяє підлаштувати модель під конкретні гідрологічні умови регіону і зменшити розбіжності між прогнозованими та фактичними даними.

На завершальному етапі моделювання проводиться створення різних сценаріїв повеней, які відображають варіації інтенсивності та тривалості паводкових явищ. При цьому враховуються зміни кліматичних умов, землекористування та стан інженерної інфраструктури. Аналіз таких сценаріїв дозволяє оцінити соціально-

економічні ризики, ідентифікувати пріоритетні зони для захисних заходів та оптимізувати плани цивільного захисту. Результати подаються у вигляді інтерактивних карт, звітів та аналітичних продуктів для органів управління.

Практична цінність технології полягає у забезпеченні науково обґрунтованого прогнозування, плануванні територій, визначенні економічних втрат і розробці заходів захисту від повеней. Використання ГІС дозволяє підвищити ефективність управління водними ресурсами, забезпечити безпеку населення та інтегрувати результати моделювання у системи моніторингу в реальному часі.

Література

1. Pakati S.S., Shoko C., Dube T. Integrated flood modelling and risk assessment in urban areas: A review on applications, strengths, limitations and future research directions. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2025. Vol. 61. 102583. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102583> (дата звернення 06.03.2026).

2. Тарасович Я., Нікулішин В. Геоінформаційний підхід до візуалізації даних гідрологічних постів у Львівській області. *Технічні науки та технології*. 2025. Вип. 2 (40). С. 510–520. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-2\(40\)-510-520](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-2(40)-510-520) (дата звернення 06.03.2026).

УДК: 528:332.2

Стокалюк Т.М., м. Харків, Україна

(науковий керівник канд. техн. наук, доц. Пілічева М.О.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ ПРИФРОНТОВИХ ГРОМАД

У сучасних умовах повномасштабної війни України питання управління земельними ресурсами набуває особливої значущості для прифронтових територіальних громад. Ситуація, що склалася, спричинила значні зміни в умовах використання, охорони та стратегічного планування земель, зокрема через військові дії, пошкодження інженерної інфраструктури, мінування територій та зміни режимів землекористування.

Земельні ресурси є основною базою для соціально-економічного розвитку громад, водночас саме прифронтові території зазнають найбільшого тиску з боку воєнних факторів, що обмежують ефективне управління та раціональне використання цієї необхідної складової місцевого розвитку.

У цих умовах органи місцевого самоврядування змушені адаптовувати механізми управління земельними ресурсами до умов воєнного стану, з урахуванням змін у нормативно-правовому середовищі, демографічної динаміки та ризиків екологічної деградації, що вимагає нових підходів до політики у сфері землекористування.

Однією з ключових особливостей управління земельними ресурсами в умовах воєнного стану є необхідність адаптації стратегій земельної політики до змін у правовому полі держави. Дослідження показують, що нормативно-правові новації, впроваджені в період війни, спрямовані на децентралізацію, дерегуляцію та підвищення гнучкості управління земельними ресурсами, що дає

громадам більшу автономію, але водночас вимагає посилення інституційної спроможності [1].

Управління земельними ресурсами територіальних громад під впливом воєнних дій відбувається в умовах значної невизначеності, коли довгострокові плани землекористування можуть змінюватися через раптові зміни у демографії, переміщенням населення, аграрних практик та функціональних зон території.

Прифронтові громади стикаються з особливими проблемами, пов'язаними з обмеженим доступом до частини територій через військові дії, мінування, ризики для безпеки та необхідність враховувати обмеження використання земель, що було запропоновано адаптувати шляхом наукових підходів до класифікації пошкоджених унаслідок бойових дій земель [2].

Умови війни призводять також до зміни структури землекористування, зокрема зменшення площ обробітку, зміщення пріоритетів із продуктивного землекористування до стратегічного управління ризиками, відновлення господарської діяльності та екологічного відновлення.

Значну увагу при адаптації політики управління земельними ресурсами прифронтових громад має приділятися розробці механізмів моніторингу та регулювання державної підтримки, що дозволяє оцінювати стан земель, включно з їх засміченістю, ерозією чи іншими воєнними наслідками, з використанням сучасних геодезичних та ГІС-інструментів [3].

Важливим напрямом є вдосконалення інституційних засад місцевого управління земельними ресурсами, спрямоване на розроблення довгострокових стратегій землекористування, що враховують воєнний контекст, потреби громад та принципи сталого розвитку.

Необхідно посилювати спроможність органів місцевого самоврядування щодо аналізу та управління земельними ресурсами через використання сучасних інформаційних систем, моніторинг стану використання земель, планування

сценаріїв можливого відновлення територій у післявоєнний період.

Комплексний підхід до управління земельними ресурсами включає врахування соціально-економічних, екологічних та безпекових аспектів, що дозволяє збалансувати потреби відновлення та підтримки життєдіяльності громад із обмеженнями, накладеними воєнним станом.

Налагодження ефективної комунікації між громадами та державними органами, включно з науковими установами та аналітичними центрами, має стати важливою складовою процесу прийняття рішень щодо управління земельними ресурсами, зокрема щодо визначення пріоритетів використання та відновлення.

Управління земельними ресурсами прифронтових громад в умовах повномасштабної війни є складним та багатовимірним процесом, що вимагає адаптації стратегій, зміцнення інституційної спроможності та застосування сучасних підходів до моніторингу та регулювання.

Основними викликами є зміни у функціональному використанні земель, обмеження доступу до частини територій, необхідність інтеграції нових технологій оцінки земельних ресурсів та удосконалення нормативно-правового забезпечення управління.

Перспективи розвитку земельних відносин у прифронтових громадах вимагають комплексного підходу, що поєднує державне регулювання, місцеве самоврядування, науковий супровід та залучення громадськості у процес прийняття рішень щодо майбутнього використання земель, що сприятиме сталому розвитку та відновленню територій у післявоєнний період.

Література

1. Дехтяренко Ю., Дяченко С., Берданова О. Управління земельними ресурсами територіальних громад у контексті законодавчих новел: децентралізація,

дерегуляція, воєнний стан. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Державне управління.* 2024. Вип. 19(1). С. 22-29. DOI: <https://doi.org/10.17721/2616-9193.2024/19-4/22> (дата звернення 06.03.2026).

2. Кравчук І. І. Інституційні засади управління земельними ресурсами в умовах сучасних викликів. *Вісник ЛТЕУ. Економічні науки.* 2024. № 77. С. 14-19. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1205-2024-77-02> (дата звернення 06.03.2026).

3. Tsybaliuk I., Khomiuk N., Kozliuk V., Kullii, V. Land resources management under conditions of degradation, war-related threats and socio-economic instability. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series Economical Sciences.* 2025. Vol. 27(105). P. 14-20. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-e10503> (дата звернення 06.03.2026).

УДК: 528

Хомець Т.І., Процай Ю.В., м. Харків, Україна
(науковий керівник асист. Захарова Е.В.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ВИКОРИСТАННЯ GNSS-ТЕХНОЛОГІЙ У СУЧАСНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАННЯХ

У тезах розглянуто особливості застосування супутникових навігаційних систем у сучасних інженерно-геодезичних вишукуваннях. Проаналізовано роль глобальних навігаційних супутникових систем у розвитку геодезичних технологій, їх використання під час топографічних зйомок, а також основні переваги та обмеження методу супутникових вимірювань. Окрему увагу приділено перспективам розвитку GNSS-технологій у геодезії та будівництві. Встановлено, що використання супутникових технологій значно підвищує ефективність, точність і швидкість виконання інженерно-геодезичних робіт.

Інженерно-геодезичні вишукування є невід'ємною складовою підготовки та реалізації будівельних проєктів, зокрема під час будівництва автомобільних доріг, промислових об'єктів, житлових комплексів та інших інженерних споруд. Вони забезпечують отримання достовірної інформації про рельєф місцевості, розташування об'єктів інфраструктури та інші характеристики території, необхідні для проєктування та будівництва.

Упродовж тривалого часу геодезичні вимірювання виконувалися за допомогою традиційних інструментів, таких як теодоліти, нівеліри та тахеометри. Проте розвиток космічних технологій сприяв появі нових методів визначення координат, заснованих на використанні

глобальних навігаційних супутникових систем. Сьогодні GNSS-технології широко застосовуються у різних галузях геодезії, картографії, землеустрою та будівництва.

Використання супутникових технологій дозволяє значно підвищити продуктивність геодезичних робіт, скоротити час виконання вимірювань і отримувати координати точок з високою точністю. Особливо важливим є їх застосування під час проведення інженерно-геодезичних вишукувань, коли необхідно оперативно отримувати точні просторові дані для створення топографічних планів і цифрових моделей місцевості.

Метою даних тез є аналіз ролі GNSS-технологій у сучасних інженерно-геодезичних вишукуваннях, розгляд їх застосування під час топографічних зйомок, визначення основних переваг і обмежень цього методу, а також оцінка перспектив розвитку супутникових вимірювань.

Глобальні навігаційні супутникові системи стали одним із найважливіших інструментів сучасної геодезії. Вони забезпечують можливість визначення координат точок на поверхні Землі у глобальній системі координат із високою точністю та незалежно від погодних умов.

Основний принцип роботи GNSS полягає у визначенні відстані від приймача до декількох супутників, орбіти яких відомі з великою точністю. На основі цих даних обчислюється просторове положення приймача. Сучасні геодезичні приймачі здатні одночасно працювати з кількома супутниковими системами, що значно підвищує точність та надійність вимірювань.

Впровадження супутникових технологій суттєво змінило підходи до виконання геодезичних робіт. Якщо раніше для створення геодезичних мереж необхідно було виконувати значну кількість кутових і лінійних вимірювань, то сьогодні координати точок можуть визначатися безпосередньо за допомогою супутникових приймачів.

Особливе значення GNSS-технології мають для створення та згущення державних геодезичних мереж,

побудови опорних мереж для інженерних вишукувань, визначення координат меж земельних ділянок, а також для виконання топографічних і кадастрових робіт.

Крім того, супутникові технології широко використовуються для моніторингу деформацій інженерних споруд, визначення переміщень земної поверхні та виконання геодинамічних досліджень. Завдяки високій точності вимірювань GNSS-методи дозволяють фіксувати навіть незначні зміни положення об'єктів.

Таким чином, супутникові навігаційні системи стали одним із ключових елементів сучасної геодезичної інфраструктури та значно розширили можливості проведення інженерно-геодезичних вишукувань.

Однією з найпоширеніших сфер застосування супутникових технологій у геодезії є виконання топографічних зйомок. Топографічна зйомка передбачає визначення просторового положення об'єктів місцевості та створення топографічних планів або цифрових моделей рельєфу.

Використання GNSS-приймачів під час топографічних зйомок дозволяє оперативно визначати координати точок без необхідності прокладання складних геодезичних ходів. Це значно спрощує організацію польових робіт і підвищує їх ефективність.

Зазвичай супутникові вимірювання виконуються у режимі статичних або кінематичних спостережень. У статичному режимі приймач встановлюється на точці на певний проміжок часу, протягом якого відбувається накопичення супутникових сигналів. Такий метод забезпечує високу точність визначення координат і використовується під час створення опорних геодезичних мереж.

Кінематичні методи вимірювань дозволяють визначати координати точок у режимі реального часу під час переміщення приймача. Цей підхід широко застосовується під час виконання топографічних зйомок великих

територій, оскільки значно скорочує тривалість польових робіт.

Під час топографічної зйомки GNSS-приймачі можуть використовуватися як самостійно, так і у поєднанні з електронними тахеометрами. Комбіноване використання цих приладів дозволяє отримувати більш повну інформацію про місцевість, особливо у складних умовах, коли супутниковий сигнал може бути частково перекритий.

Результати супутникових вимірювань обробляються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, яке дозволяє виконувати обчислення координат, створювати цифрові моделі місцевості та формувати топографічні плани. Отримані дані можуть використовуватися у геоінформаційних системах для подальшого аналізу та проектування.

Застосування GNSS-технологій під час топографічних зйомок значно підвищує точність та оперативність отримання геопросторової інформації, що є важливим для сучасного інженерного проектування.

Однією з головних переваг використання GNSS-технологій у геодезії є можливість швидкого визначення координат точок на великих територіях. Супутникові методи дозволяють виконувати вимірювання без необхідності забезпечення прямої видимості між пунктами, що значно спрощує виконання польових робіт.

Ще однією важливою перевагою є висока точність визначення координат, особливо при використанні диференційних методів обробки даних. Сучасні геодезичні приймачі забезпечують сантиметрову точність вимірювань, що відповідає вимогам більшості інженерних задач.

Крім того, GNSS-технології характеризуються високою продуктивністю. Один геодезист може виконувати значно більший обсяг робіт порівняно з традиційними методами вимірювань. Це дозволяє зменшити витрати часу та ресурсів на проведення інженерно-геодезичних вишукувань.

Важливою перевагою є також можливість інтеграції супутникових вимірювань із сучасними геоінформаційними системами та цифровими технологіями проектування. Отримані координати можуть безпосередньо використовуватися для створення цифрових моделей місцевості та подальшого аналізу.

Разом з тим використання GNSS-технологій має певні обмеження. Одним із основних факторів, що впливають на точність вимірювань, є наявність перешкод для проходження супутникового сигналу. У густій забудові, лісових масивах або гірській місцевості сигнал може послаблюватися або відбиватися від поверхонь, що призводить до зниження точності результатів.

Крім того, на результати вимірювань можуть впливати атмосферні умови, зокрема іоносферні та тропосферні затримки сигналів. Для мінімізації цих похибок використовуються спеціальні методи обробки даних та диференційні технології.

Ще одним обмеженням є залежність від функціонування супутникових систем та наявності відповідної інфраструктури, зокрема базових станцій або мереж постійно діючих референц-станцій.

Незважаючи на ці обмеження, супутникові технології залишаються одним із найбільш ефективних інструментів сучасної геодезії.

Подальший розвиток супутникових технологій відкриває нові можливості для застосування GNSS у геодезії та інженерних вишукуваннях. Постійне вдосконалення супутникових систем, збільшення кількості супутників і підвищення точності їх орбітальних параметрів сприяють покращенню якості вимірювань.

Важливим напрямом розвитку є створення мереж постійно діючих референц-станцій, які забезпечують можливість виконання високоточних вимірювань у режимі реального часу. Такі мережі дозволяють геодезістам

отримувати координати точок із сантиметровою точністю без необхідності встановлення власних базових станцій.

Перспективним є також поєднання GNSS-технологій із безпілотними літальними апаратами, лазерним скануванням і фотограмметричними методами. Комплексне використання цих технологій дозволяє отримувати високодеталізовані моделі місцевості та значно підвищує ефективність геодезичних досліджень.

Значну роль у розвитку супутникових вимірювань відіграє інтеграція GNSS-даних із геоінформаційними системами та цифровими платформами управління будівельними проєктами. Це сприяє створенню єдиного інформаційного середовища, у якому геопросторові дані можуть використовуватися на всіх етапах проєктування та будівництва.

У майбутньому можна очікувати подальшого підвищення точності супутникових вимірювань, удосконалення методів обробки даних і розширення сфер застосування GNSS-технологій у різних галузях економіки.

Супутникові навігаційні системи стали важливим інструментом сучасної геодезії та значно змінили підходи до виконання інженерно-геодезичних вишукувань. Їх використання дозволяє швидко та з високою точністю визначати координати точок, створювати топографічні плани і цифрові моделі місцевості.

Застосування GNSS-технологій під час топографічних зйомок забезпечує високу продуктивність польових робіт і значно скорочує час отримання геопросторових даних. Це особливо важливо під час реалізації масштабних інженерних проєктів, зокрема будівництва автомобільних доріг, промислових об'єктів та інфраструктурних споруд.

Незважаючи на певні обмеження, пов'язані з умовами прийому супутникових сигналів та впливом атмосферних факторів, GNSS-методи залишаються одним із найефективніших способів виконання геодезичних вимірювань.

Подальший розвиток супутникових технологій, інтеграція їх із геоінформаційними системами та іншими сучасними методами збору просторових даних сприятиме підвищенню точності та ефективності інженерно-геодезичних робіт у майбутньому.

Література

1. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 23.12.1998 № 353-XIV.
2. Барановський В. І., Гуляєв С. П. **Геодезія**. – Київ: Вища школа, 2012.
3. Кучер О. М., Літинський О. М. **Супутникові геодезичні технології**. – Львів: Львівська політехніка, 2015.
4. Тревого І. С., Шульц Р. В. **Інженерна геодезія**. – Київ: КНУБА, 2016.
5. Шевченко Т. Г. **Основи GNSS-вимірювань у геодезії**. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018

УДК: 528

Золотаренко В.В., Дмитренко В.А., м. Харків, Україна
(науковий керівник асист. Захарова Е.В.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ЦИФРОВІ МОДЕЛІ МІСЦЕВОСТІ ЯК ОСНОВА СУЧАСНОГО ІНЖЕНЕРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

У тезах розглянуто значення цифрових моделей місцевості у сучасному інженерному проєктуванні. Проаналізовано сутність поняття цифрової моделі місцевості, основні методи її створення на основі геодезичних вимірювань, а також особливості використання таких моделей у дорожньому будівництві та містобудуванні. Окрему увагу приділено ролі геоінформаційних технологій у створенні, обробці та використанні просторових даних. Встановлено, що застосування цифрових моделей місцевості сприяє підвищенню точності проєктних рішень, оптимізації інженерних робіт та ефективному управлінню територіями.

Сучасний розвиток будівництва, транспортної інфраструктури та містобудування потребує використання точних і детальних даних про територію, на якій планується реалізація інженерних проєктів. Одним із найбільш ефективних способів представлення інформації про рельєф і об'єкти місцевості є створення цифрових моделей місцевості.

Цифрова модель місцевості являє собою математичне або комп'ютерне відображення поверхні землі, яке формується на основі просторових координат точок рельєфу та інших елементів території. Такі моделі дозволяють відтворювати форму земної поверхні у цифровому вигляді, що забезпечує можливість виконання різноманітних інженерних розрахунків, аналізу рельєфу та моделювання будівельних процесів.

Застосування цифрових моделей місцевості стало можливим завдяки розвитку сучасних геодезичних приладів, супутникових технологій, а також геоінформаційних систем. Використання цих технологій дозволяє отримувати точні просторові дані та обробляти їх за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

У сучасних умовах цифрові моделі місцевості є основою для проектування автомобільних доріг, мостів, інженерних комунікацій, житлових і промислових об'єктів. Вони широко використовуються під час аналізу рельєфу територій, визначення об'ємів земляних робіт, планування забудови та оцінки впливу будівництва на навколишнє середовище.

Метою даних тез є розгляд сутності цифрових моделей місцевості, аналіз основних способів їх створення на основі геодезичних вимірювань, а також визначення ролі таких моделей у сучасному інженерному проектуванні.

Цифрова модель місцевості є одним із найважливіших елементів сучасних геоінформаційних технологій. Вона представляє собою цифрове відображення рельєфу земної поверхні у вигляді набору координованих точок, які описують форму та висотні характеристики території.

Основою цифрової моделі місцевості є геодезичні дані, що отримуються під час польових вимірювань або дистанційних досліджень. Ці дані містять інформацію про просторове положення точок, їх висоти та взаємне розташування. На основі такої інформації формується тривимірна модель поверхні, яка може використовуватися для подальшого аналізу та проектування.

Цифрові моделі місцевості дозволяють детально відтворювати особливості рельєфу, такі як схили, підвищення, пониження, вододіли та інші елементи поверхні. Це забезпечує можливість більш точного планування інженерних робіт і прогнозування змін рельєфу внаслідок будівельної діяльності.

Важливою особливістю цифрових моделей є їх здатність інтегруватися з іншими просторовими даними, зокрема інформацією про дорожню мережу, будівлі, інженерні комунікації та природні об'єкти. Така інтеграція дозволяє створювати комплексні моделі територій, що використовуються у різних сферах діяльності.

Цифрові моделі місцевості також можуть використовуватися для візуалізації рельєфу у тривимірному вигляді, що значно полегшує аналіз території та прийняття інженерних рішень. Завдяки цьому вони стали важливим інструментом сучасного інженерного проектування.

Створення цифрових моделей місцевості базується на використанні різних методів отримання просторових даних. Основним джерелом інформації для побудови таких моделей є результати геодезичних вимірювань.

Одним із традиційних способів отримання даних для створення цифрових моделей є топографічна зйомка. Під час виконання топографічної зйомки визначаються координати та висоти характерних точок місцевості, які відображають форму рельєфу та розташування об'єктів. Отримані дані використовуються для побудови цифрової моделі поверхні.

Сучасні геодезичні роботи часто виконуються із застосуванням супутникових навігаційних систем. Використання супутникових приймачів дозволяє швидко та з високою точністю визначати координати точок на місцевості. Це значно спрощує процес збору просторових даних і підвищує ефективність польових робіт.

Іншим поширеним методом створення цифрових моделей місцевості є використання електронних тахеометрів. Ці прилади дозволяють виконувати вимірювання відстаней і кутів, на основі яких визначаються координати точок рельєфу. Отримані результати передаються у комп'ютерні системи для подальшої обробки.

Крім традиційних геодезичних методів, для створення цифрових моделей місцевості широко застосовуються фотограмметричні та лазерні методи дослідження. Аерофотознімання, виконане з літаків або безпілотних літальних апаратів, дозволяє отримувати великі масиви просторових даних за короткий час. На основі таких даних формується високодеталізована модель рельєфу.

Після збору польових даних відбувається їх обробка у спеціалізованому програмному забезпеченні. На цьому етапі виконується перевірка точності вимірювань, побудова поверхні рельєфу та створення цифрової моделі місцевості. Отримана модель може використовуватися для подальших інженерних розрахунків і проектування.

Цифрові моделі місцевості відіграють важливу роль у процесі проектування та будівництва автомобільних доріг. Вони дозволяють детально аналізувати рельєф території та визначати оптимальні варіанти трасування транспортних шляхів.

Під час проектування автомобільних доріг цифрові моделі місцевості використовуються для визначення ухилів, аналізу рельєфу, розрахунку об'ємів земляних робіт і планування інженерних споруд. Це дозволяє оптимізувати проектні рішення та зменшити витрати на будівництво.

Застосування цифрових моделей також дає можливість моделювати різні варіанти розташування дорожніх елементів і оцінювати їх вплив на навколишнє середовище. Інженери можуть заздалегідь визначати можливі проблеми та коригувати проектні рішення ще на етапі планування.

У містобудуванні цифрові моделі місцевості використовуються для планування забудови територій, розміщення інженерних мереж та розвитку транспортної інфраструктури. Вони допомагають аналізувати просторову структуру міста та прогнозувати наслідки будівельної діяльності.

Крім того, цифрові моделі застосовуються під час визначення зон підтоплення, аналізу водовідведення та

оцінки екологічного стану територій. Це сприяє прийняттю більш обґрунтованих управлінських рішень у сфері містобудування.

Таким чином, використання цифрових моделей місцевості значно підвищує ефективність інженерного проектування та сприяє раціональному використанню територій.

Важливу роль у створенні та використанні цифрових моделей місцевості відіграють геоінформаційні технології. Геоінформаційні системи забезпечують можливість зберігання, обробки, аналізу та візуалізації просторових даних.

Завдяки використанню геоінформаційних систем цифрові моделі місцевості можуть інтегруватися з іншими видами інформації, такими як кадастрові дані, транспортна інфраструктура, інженерні комунікації та природні ресурси. Це дозволяє створювати комплексні інформаційні системи для управління територіями.

Геоінформаційні технології також забезпечують можливість виконання різноманітних аналітичних операцій, зокрема аналізу рельєфу, моделювання потоків води, визначення зон ризику та планування інженерних заходів.

Крім того, сучасні програмні комплекси дозволяють створювати тривимірні візуалізації територій, що значно полегшує сприйняття інформації та сприяє прийняттю ефективних проєктних рішень.

Таким чином, геоінформаційні технології є невід'ємною складовою процесу створення та використання цифрових моделей місцевості у сучасному інженерному проектуванні.

Цифрові моделі місцевості відіграють важливу роль у сучасному інженерному проектуванні та є одним із основних інструментів аналізу територій. Вони забезпечують можливість детального відображення рельєфу та просторових характеристик місцевості у цифровому вигляді.

Створення таких моделей базується на використанні сучасних геодезичних методів вимірювань, зокрема супутникових технологій, електронної тахеометрії, фотограмметрії та лазерного сканування. Поєднання цих методів дозволяє отримувати точні та детальні просторові дані.

Цифрові моделі місцевості широко застосовуються у дорожньому будівництві, містобудуванні, плануванні інженерної інфраструктури та управлінні територіями. Їх використання сприяє підвищенню точності проектних рішень, оптимізації будівельних процесів та ефективному використанню природних ресурсів.

Подальший розвиток геодезичних технологій, супутникових систем та геоінформаційних платформ сприятиме розширенню можливостей використання цифрових моделей місцевості та підвищенню ефективності інженерного проєктування.

Література

1. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 23.12.1998 № 353-XIV.
2. Тревого І. С., Шульц Р. В. **Інженерна геодезія.** – Київ: КНУБА, 2016.
3. Барановський В. І. **Основи геодезії та топографії.** – Київ: Вища школа, 2011.
4. Литвиненко Ю. В. **Геоінформаційні системи у землевпорядкуванні та геодезії.** – Київ: Аграрна освіта, 2017.
5. Кучер О. М. **Сучасні геодезичні технології.** – Львів: Львівська політехніка, 2018.

УДК: 528

Мартімянов О.С., Перехода А.А., м. Харків, Україна
(науковий керівник асист. Захарова Е.В.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

РОЛЬ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У БУДІВНИЦТВІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

У тезах розглянуто значення геодезичного забезпечення у процесі будівництва автомобільних доріг. Проаналізовано роль геодезичних робіт на різних етапах реалізації дорожніх проєктів, особливості виконання топографічних зйомок та розбивочних робіт, а також методи контролю геометричних параметрів дорожніх конструкцій. Окрему увагу приділено застосуванню сучасних геодезичних приладів і технологій, які дозволяють підвищити точність та ефективність виконання інженерних робіт. Встановлено, що геодезичне забезпечення є важливою складовою успішної реалізації проєктів будівництва транспортної інфраструктури.

Будівництво автомобільних доріг є складним інженерним процесом, який потребує виконання значної кількості підготовчих, проєктних і будівельних робіт. Важливою складовою цього процесу є геодезичне забезпечення, яке включає комплекс вимірювальних, розрахункових та контрольних робіт, спрямованих на визначення просторового положення об'єктів і забезпечення точності будівельних процесів.

Геодезичні роботи супроводжують усі етапи створення автомобільних доріг, починаючи від інженерних вишукувань і закінчуючи введенням об'єкта в експлуатацію. Вони забезпечують отримання достовірної інформації про рельєф місцевості, розташування природних та штучних об'єктів, а також дозволяють контролювати відповідність будівельних робіт проєктним рішенням.

Розвиток сучасних технологій значно розширив можливості геодезичного забезпечення. Використання електронних тахеометрів, супутникових навігаційних систем, лазерного сканування та геоінформаційних систем дозволяє підвищити точність вимірювань і ефективність виконання геодезичних робіт.

Метою даних тез є аналіз ролі геодезичного забезпечення у будівництві автомобільних доріг, розгляд основних видів геодезичних робіт, що виконуються на різних етапах будівництва, а також оцінка значення сучасних геодезичних технологій у розвитку дорожньої інфраструктури.

Геодезичне забезпечення є необхідною умовою якісного виконання робіт під час будівництва автомобільних доріг. Геодезичні дослідження виконуються на всіх етапах реалізації дорожнього проєкту, починаючи з підготовки території та закінчуючи контролем готового об'єкта.

На початковому етапі будівництва проводяться інженерно-геодезичні вишукування, метою яких є отримання інформації про природні та техногенні особливості території. Під час таких досліджень визначаються характеристики рельєфу, гідрографічні умови, розташування існуючих об'єктів інфраструктури та інші фактори, що можуть впливати на процес будівництва.

Отримані геодезичні дані використовуються для розроблення проєктної документації. На основі результатів топографічних зйомок створюються топографічні плани та цифрові моделі місцевості, які є основою для вибору оптимального варіанту трасування автомобільної дороги.

На етапі будівництва геодезичні роботи забезпечують перенесення проєктних рішень у природу. Геодезисти визначають положення осі дороги, встановлюють пікети, позначають межі земляного полотна та розташування інженерних споруд.

Після завершення будівельних робіт проводяться контрольні геодезичні вимірювання, які дозволяють перевірити відповідність побудованих елементів дороги

проектним параметрам. Таким чином, геодезичні роботи забезпечують точність і надійність реалізації дорожніх проєктів.

Одним із основних видів геодезичних робіт у дорожньому будівництві є виконання топографічних зйомок. Топографічна зйомка дозволяє отримати детальну інформацію про рельєф місцевості, розташування природних об'єктів, будівель, інженерних мереж та інших елементів території.

Результатом топографічної зйомки є створення топографічного плану або цифрової моделі місцевості, які використовуються під час проєктування автомобільної дороги. Точність таких даних має велике значення, оскільки від неї залежить правильність розрахунків ухилів, об'ємів земляних робіт та інших параметрів дорожнього проєкту.

Після завершення проєктування виконуються розбивочні роботи. Їх метою є перенесення проєктних елементів дороги з креслень у натуру. Під час розбивочних робіт визначаються положення осі дороги, місця розташування дорожніх споруд, межі земляного полотна та інші конструктивні елементи.

Розбивка осі дороги є одним із найважливіших етапів геодезичного забезпечення. Вона забезпечує правильне розташування траси дороги відповідно до проєктних параметрів. Під час виконання цих робіт використовуються різні геодезичні методи та прилади, що дозволяють досягати високої точності вимірювань.

Крім того, у процесі будівництва можуть виконуватися додаткові розбивочні роботи, пов'язані з будівництвом мостів, водопропускних труб, підпірних стін та інших інженерних споруд.

Важливою складовою геодезичного забезпечення є контроль геометричних параметрів дорожніх конструкцій. Такий контроль дозволяє перевірити відповідність фактичного положення елементів дороги проєктним параметрам.

Під час будівництва автомобільних доріг контролюється положення осі дороги, ширина проїзної частини, висотні відмітки земляного полотна, ухили та інші параметри. Геодезичні вимірювання виконуються на різних етапах будівництва, що дозволяє своєчасно виявляти можливі відхилення від проекту.

Контроль геометричних параметрів має особливе значення під час виконання земляних робіт. Визначення точних висотних відміток дозволяє правильно формувати профіль дороги та забезпечувати необхідні умови для відведення води.

Після завершення будівництва дорожнього покриття проводяться контрольні вимірювання, які дозволяють оцінити якість виконаних робіт. На основі отриманих даних складається виконавча документація, що підтверджує відповідність побудованого об'єкта проектним вимогам.

Таким чином, геодезичний контроль є важливим інструментом забезпечення якості та надійності дорожнього будівництва.

Сучасне геодезичне забезпечення дорожнього будівництва неможливе без використання високотехнологічних приладів та програмного забезпечення. Одним із найпоширеніших інструментів є електронні тахеометри, які дозволяють виконувати точні вимірювання кутів і відстаней.

Широке застосування отримали супутникові навігаційні системи, які забезпечують можливість визначення координат точок на місцевості з високою точністю. Використання таких систем значно спрощує виконання польових робіт і підвищує їх продуктивність.

Останніми роками активно розвиваються технології лазерного сканування та безпілотного аерофотознімання. Ці методи дозволяють швидко отримувати великі обсяги просторових даних і створювати детальні цифрові моделі місцевості.

Важливу роль у сучасному геодезичному забезпеченні відіграють геоінформаційні системи, які використовуються для обробки, зберігання та аналізу просторових даних. Завдяки використанню таких систем інженери можуть виконувати складні розрахунки, моделювати різні варіанти проектних рішень та оптимізувати будівельні процеси.

Застосування сучасних технологій дозволяє значно підвищити точність геодезичних вимірювань, скоротити час виконання робіт та забезпечити ефективне управління будівельними проектами.

Геодезичне забезпечення є невід'ємною складовою процесу будівництва автомобільних доріг і відіграє важливу роль на всіх етапах реалізації дорожніх проектів. Геодезичні роботи забезпечують отримання точних просторових даних, необхідних для проектування, будівництва та контролю якості дорожніх об'єктів.

Виконання топографічних зйомок, розбивочних робіт і контрольних вимірювань дозволяє забезпечити відповідність будівельних процесів проектним рішенням та підвищити надійність дорожніх конструкцій.

Сучасні геодезичні прилади та технології значно розширюють можливості виконання інженерно-геодезичних робіт і сприяють підвищенню ефективності будівництва транспортної інфраструктури.

Подальший розвиток геодезичних технологій, впровадження супутникових систем, безпілотних літальних апаратів і геоінформаційних систем сприятиме підвищенню точності та оперативності геодезичного забезпечення дорожнього будівництва у майбутньому.

Література

1. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 23.12.1998 № 353-XIV.
2. Тревого І. С., Шульц Р. В. **Інженерна геодезія.** – Київ: КНУБА, 2016.

3. Барановський В. І. **Геодезія.** – Київ: Вища школа, 2012.
4. Кучер О. М. **Сучасні геодезичні технології.** – Львів: Львівська політехніка, 2018.
5. Литвиненко Ю. В. **Геоінформаційні системи у землевпорядкуванні та геодезії.** – Київ: Аграрна освіта, 2017.

УДК: 624

Міхедько М.В., Лацько А.В., м. Харків, Україна
(науковий керівник асист. Бессарабов О.О.)
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

СУЧАСНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ ШТУЧНИХ СПОРУД

Штучні споруди є важливими елементами транспортної та інженерної інфраструктури. До них належать мости, шляхопроводи, естакади, тунелі, підпірні стінки, дамби та інші інженерні конструкції. Надійність і безпечність їх експлуатації безпосередньо залежить від своєчасного та якісного технічного обстеження. З розвитком сучасних технологій традиційні методи огляду поступово доповнюються та замінюються високоточним обладнанням, що дозволяє значно підвищити точність вимірювань, швидкість отримання даних і ефективність аналізу технічного стану споруд.

Одним із найбільш ефективних інструментів сучасного обстеження є лазерне сканування. Наземні лазерні сканери дозволяють швидко отримувати велику кількість просторових даних у вигляді хмари точок, на основі яких створюється тривимірна модель об'єкта. Така модель дає змогу детально дослідити геометрію конструкції, визначити наявність деформацій, перекосів, прогинів або зміщень елементів споруди. Використання лазерного сканування особливо ефективно при обстеженні великих інженерних об'єктів, де важлива висока точність і повнота отриманої інформації.

Значного поширення останніми роками набули безпілотні літальні апарати (БПЛА) або дрони. Вони оснащуються високоякісними цифровими камерами, тепловізорами та іншими сенсорами, що дозволяє проводити фото- та відеофіксацію конструкцій із різних

ракурсів. Використання дронів значно спрощує обстеження важкодоступних частин споруд, таких як верхні елементи мостів, опори, підвісні конструкції або ділянки над водою. Крім того, отримані фотоматеріали можуть використовуватися для створення ортофотопланів та тривимірних моделей за допомогою фотограмметричних методів.

Важливу роль у процесі обстеження відіграють геодезичні прилади високої точності. До них належать електронні тахеометри, GNSS-приймачі та цифрові нівеліри. За їх допомогою виконують точні вимірювання координат, висот та переміщень елементів споруди. Це дозволяє проводити контроль деформацій, визначати осідання опор, нахили конструкцій та інші зміни геометричних параметрів об'єкта. Геодезичний моніторинг може здійснюватися як одноразово під час обстеження, так і у вигляді довготривалих спостережень для оцінки змін стану споруди з часом.

Для виявлення прихованих дефектів у матеріалах конструкцій застосовуються методи неруйнівного контролю. До таких методів належать ультразвукові прилади, георадарні системи, тепловізійні камери та інші спеціалізовані пристрої. Ультразвукові прилади дозволяють визначати внутрішні дефекти бетону, тріщини або неоднорідності матеріалу. Георадар використовується для дослідження внутрішньої структури конструкцій та виявлення розташування арматури або порожнин. Тепловізійні камери допомагають визначати зони втрати тепла, вологість матеріалів та приховані пошкодження.

Окрім зазначених засобів, у сучасній практиці все частіше застосовуються системи автоматизованого моніторингу, які встановлюються безпосередньо на споруді. Такі системи можуть включати датчики деформацій, інклінометри, датчики вібрацій та інші сенсори. Вони забезпечують безперервний контроль технічного стану споруди та передають інформацію до

спеціалізованих програмних комплексів для подальшого аналізу. Завдяки цьому можна оперативно реагувати на появу небезпечних змін у конструкції та запобігати аварійним ситуаціям.

Таким чином, застосування сучасного обладнання значно підвищує ефективність та точність обстеження штучних споруд. Використання лазерного сканування, безпілотних літальних апаратів, високоточних геодезичних приладів і методів неруйнівного контролю дозволяє отримувати повну інформацію про технічний стан об'єктів інфраструктури. Це сприяє своєчасному виявленню дефектів, підвищенню рівня безпеки експлуатації та прийняттю обґрунтованих рішень щодо ремонту, реконструкції або модернізації споруд. У результаті сучасні технології стають важливим інструментом забезпечення надійності та довговічності інженерних конструкцій.

Література

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану». Київ: 2016.
2. Національний транспортний університет. ДБН В.2.3-22:2009 «Мости та труби. Основні вимоги проектування». Київ: 2009.

УДК 528.48

Головенко С.С., Васильченко В.В., м. Харків, Україна
(науковий керівник канд. техн. наук, доц. Коваленко Л.О.)
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ПРИ БУДІВНИЦТВІ МОСТОВИХ ПЕРЕХОДІВ

Мости являють собою складні штучні інженерні споруди, які зводяться в місцях перетину автомобільних доріг з водотоками, ярами, балками та іншими перешкодами. З точки зору будівництва, мости є найбільш витратними і складними спорудами. З огляду на цю особливість, виникає задача вивчення технологічних особливостей будівництва мостів [1,2].

Будівництво мостових переходів неможливо без геодезичних робіт тому, що при перенесенні проекту на місцевість необхідно виконувати вимірювання з високою точністю у горизонтальній і вертикальній площині. 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.

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.

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 розбивочній 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. Зсув осей зведених конструкцій у плані відносно розмічувальних осей фундаментів у відкритих котлованах не повинен перевищувати 25 мм, а осей опор у рівні обрізу фундаменту – 10 мм [4,5].

Геодезичні роботи, що проводяться при спорудженні прогонової будови, забезпечують точність її збірки відповідно до проекту. Вимірами, які виконують після закінчення збору, контролюють результати збирання і відхилення від проекту. Прогонові будови розрізняються за матеріалом (залізобетонні, металеві, комбіновані); за конструкцією (балкові, аркові, рамні та ін.); за методом складання (на риштовані, в навіс, поздовжнє або поперечне насування, доставка на плаву). Методи геодезичних робіт при складанні прольоту та контролю результатів складання залежать від перерахованих факторів. Контроль монтажу прогонової будови в плані полягає в перевірці прямолінійності головних балок або коробчатих елементів прольоту. Прямолінійність елементів прольоту контролюють методом бічного нівелювання.

В сучасній практиці будівництва мостів зростає ступінь використання індустріальних методів будівництва, тобто виготовлення окремих блоків конструкцій з наступним їх з'єднанням на штатному місці, що сприяє підвищенню якості мостів.

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.

УДК 504.064.3

Дорофєєва Д.Ю., м. Харків, Україна

(науковий керівник канд. техн. наук, доц. Коваленко Л.О.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ВПЛИВ СТАЦІОНАРНИХ ТА ПЕРЕСУВНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Забруднення атмосферного повітря в населених пунктах несприятливо впливають на загальний стан та захворюваність населення. Доведено прямий зв'язок між інтенсивністю забруднення повітря і станом здоров'я, а також ростом хронічних захворювань. Забруднене повітря значно знижує імунітет. Тому контроль за станом атмосферного повітря є першочерговим завданням науковців та держави [1].

Дослідження вітчизняних та іноземних фахівців за якістю атмосферного повітря у містах свідчить про незадовільний його стан та про необхідність постійних спостережень, збирання, оброблення та аналізу інформації про екологічний стан міських територій, прогнозування його змін та вжиття відповідних заходів.

Основними джерелами забруднення навколишнього природного середовища на території міста Харкова є: промислові об'єкти, транспорт, тверді побутові відходи, промислові та каналізаційні стоки [2, 3].

Ступінь забруднення атмосферного повітря і дальність його розповсюдження залежать від кількості забруднюючих речовин, що надходять до атмосфери, висоти труби, об'єму і температури повітря, що видаляється та властивостей шкідливих домішок. У зв'язку з тим, що протягом останніх років значна кількість промислових об'єктів працює не на повну потужність, основним джерелом забруднення атмосферного повітря стає автотранспорт. Загальні викиди

токсичних речовин залежать від потужності і типу двигуна, режиму його роботи, технічного стану автомобіля, швидкості руху, стану дороги, якості палива [2, 3].

На території міста до стаціонарних джерел забруднення слід віднести викиди потужних промислових підприємств, особливо паливно-енергетичного комплексу, машинобудівних, коксохімічного та хімічного виробництв. Декілька підприємств міста Харків увійшли до переліку екологічно небезпечних об'єктів Харківської області. Їх перелік можна побачити у таблиці 1 [4].

Таблиця 1 – Перелік екологічно небезпечних об'єктів міста Харкова

Назва екологічно небезпечного об'єкту	Вид економічної діяльності	Відомча належність (форма власності)
1	2	3
Загальнодержавного значення		
Комплекс біологічної очистки (КБО) “Безлюдівський”	Прийм та біологічна очистка промислових і господарств стічних вод	КП “Харків-водоканал” харківська міська рада (державна)
КБО “Диканівський”, м. Харків	Прийм та біологічна очистка промислових і господарств стічних вод м. Харкова	КП “Харків-водоканал” харківська міська рада (державна)
Управління магістральних газопроводів “Харківтрансгаз” м. Харків	Транспортування природного газу по магістральним газопроводам та заправка автомобільного транспорту	Національна акціонерна компанія “Нафтогаз України” (державна)

1	2	3
Місцевого значення		
Харківський державний міжобласний спец комбінат “Радон” м. Харків	Переробка, тимчасове зберігання та захоронення радіоактивних відходів	ДК УкрДО “Радон” Міністерства о надзвичайних ситуацій України
Національний науковий центр “Харківський фізико-технічний інститут” м. Харків	Проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень, дослідно-конструкторських та проектно-технологічних робіт в галузі атомної науки	Національна академія наук України (державна)

Серед антропогенних джерел негативного впливу на навколишнє природне середовище транспорт посідає перше місце, оскільки поставляє в довкілля величезні маси пилу, сажі, відпрацьованих газів, масел, важких металів та десятки інших речовин, значна частина яких належить до токсикантів.

Оцінка викидів забруднюючих речовин від автотранспортних засобів належить до вкрай складної проблеми через те, що залежить від численних факторів: технічного стану й режиму руху автомобіля, структури вулично-дорожньої мережі, якості автомобільного пального й дорожнього покриття, інтенсивності й потоковості руху автотранспорту, природно-кліматичних умов місцевості й, навіть, культури водіння.

Для зниження шкідливого впливу автомобільного транспорту в індустріально розвинених містах України й, зокрема в місті Харкові, нами пропонуються наступні комплексні захисні заходи, що включають: організаційні,

технологічні, технічні, санітарно-гігієнічні, економічні й соціально-правові.

До таких заходів можна віднести наступні: установка датчика показань вмісту шкідливих викидів вихлопних газів на щитках приладів кожного водія; зниження інтенсивності використання транспортних засобів в історичній частині міста; вирішення проблеми паркувань автомобілів на вулицях; будівництво підземних закритих гаражів, обладнаних витяжною вентиляцією; поліпшення складу палива, відмова від етилових бензинів, застосування добавок до палива, що зменшують виникнення токсичних компонентів; заміна громадського автомобільного транспорту електричним; обмеження ввозу й експлуатації транспортних засобів іноземного виробництва, старше п'яти років, тому що їхні двигуни вже не відповідають світовим стандартам; накладення штрафів на водіїв за перевищення нормованого викиду CO і жорсткість контролю за його вмістом у вихлопних газах.

Література

1. Некос А. Н., Кравченко О. К. Оцінка стану та динаміки забруднення атмосферного повітря малих міст Харківської області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2012. № 1-2. С. 122–127.
2. Бекетов В. Є., Євтухова Г. П., Ломакіна О.С. Аналіз та оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2016. № 3-4 (26). С. 97–103.
3. Желновач Г.М. Комплексний екологічний моніторинг автомобільних доріг України. *Вестник ХНАДУ*. 2011. Вып. 52. С.15 – 18.
4. Екологічний паспорт Харківської області : Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Харківській області. Харків, 2021. 156 с.

УДК 625.7

Колеснік С.А., Щебивок В.П., м. Харків, Україна
(науковий керівник доц. Дорожко Є.В.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

АНАЛІЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

1. Загальні положення та структура земляного полотна.

Земляне полотно є основним конструктивним елементом автомобільної дороги, який забезпечує сприйняття навантажень від транспортних засобів та передачу їх на основу. Конструкція земляного полотна включає [1, 2]:

- робочий шар;
- тіло насипу або виїмки;
- основу;
- укоси;
- водовідвідні споруди;
- захисні інженерні конструкції.

Проектування земляного полотна здійснюється з урахуванням комплексу факторів [2]:

- категорії дороги;
- геометричних параметрів (висота насипу, глибина виїмки);
- характеристик ґрунтів;
- кліматичних і гідрогеологічних умов;
- конструкції дорожнього одягу;
- досвіду будівництва в регіоні;
- екологічних вимог.

Ключовим початковим етапом є визначення геометрії земляного полотна з урахуванням рельєфу, рівня ґрунтових вод, снігового покриву та умов безпеки руху.

2. Принципи проектування та типові конструкції.

Проектування земляного полотна базується на [2]:

- інженерно-геодезичних та геологічних вишукувань;
- типових конструктивних рішень;
- нормативних документах.

Застосовуються два підходи проектування:

- типове проектування – для стандартних умов;
- індивідуальне проектування – для складних геотехнічних ситуацій.

Індивідуальні рішення необхідні у випадках:

- високих насипів (більше 12 м) або глибоких виїмок;
- наявності водоносних горизонтів;
- слабких, набухаючих або просадних ґрунтів;
- будівництва на болотах;
- складних інженерно-геологічних умов;
- зон підтоплення або складних гідрологічних умов.

Поперечний профіль земляного полотна визначається з урахуванням [2]:

- висоти конструкції;
- типу ґрунтів;
- кліматичних умов;
- категорії дороги.

3. Вимоги до ґрунтів земляного полотна.

Ґрунти класифікують за [2]:

- походженням;
- гранулометричним складом;
- пластичністю;
- вологістю;
- морозним здиманням;
- просіданням;
- засоленістю;
- набуханням.

Основні вимоги [2]:

- використання нездимальних або слабоздимальних ґрунтів;
- забезпечення оптимальної вологості при ущільненні;
- досягнення нормативного ступеня ущільнення;

– захист від зволоження.

Особливі категорії ґрунтів [2]:

- особливі (торф, лес, мул тощо);
- слабкі (низька міцність, значна деформативність);
- дренажні (висока водопроникність);
- однорідні піщані.

У разі неможливості використання якісних ґрунтів передбачаються заходи [2]:

- стабілізація ґрунту;
- армування;
- влаштування дренажів;
- регулювання водно-теплового режиму.

4. Водно-тепловий режим земляного полотна/

Водно-тепловий режим є одним із ключових факторів довговічності дороги. Основні типи режимів [2]:

– дифузійно-плівковий – при глибокому заляганні ґрунтових вод;

– капілярний – при близькому рівні ґрунтових вод;

– інфільтраційний – при проникненні атмосферних опадів.

Джерела зволоження [2]:

- атмосферні опади;
- поверхневі води;
- ґрунтові води;
- конденсаційні процеси при промерзанні.

Основні заходи регулювання водно-теплового режиму:

– влаштування дренажів;

– використання геосинтетиків;

– створення гідроізоляційних і капіляронериваючих шарів;

– забезпечення поверхневого водовідведення;

– застосування морозозахисних шарів.

Ефективне управління водно-тепловим режимом дозволяє [2]:

- підвищити міцність земляного полотна;
- зменшити деформації;

– продовжити термін служби дорожньої конструкції.

5. Вплив природно-кліматичних умов/

Територія України поділяється на чотири дорожньо-кліматичні зони [1]: північну, центральну, південну, гірську. Умови зволоження місцевості поділяються на [1, 2]: сухі, вологі, перезволожені. Ці фактори визначають:

- висоту насипу;
- необхідність дренажу;
- тип конструкції земляного полотна;
- вибір матеріалів.

Кліматичні параметри (опади, температура, сніговий покрив) безпосередньо впливають на [2]:

- глибину промерзання;
- накопичення вологи;
- сезонні деформації.

6. Забезпечення міцності та стійкості.

Стійкість земляного полотна забезпечується комплексом заходів [2]:

- підвищення щільності ґрунтів;
- заміна слабких ґрунтів;
- укріплення в'язучими матеріалами;
- влаштування дренажних систем;
- контроль водного режиму;
- оптимізація геометрії укосів.

При індивідуальному проектуванні виконуються:

- розрахунки стійкості укосів;
- аналіз напружено-деформованого стану;
- оцінка осідань;
- прогноз деформацій.

7. Армування земляного полотна геосинтетиками.

Геосинтетичні матеріали широко застосовуються для [3]:

- підвищення несучої здатності основи;
- стабілізації укосів;
- армування насипів;
- влаштування дренажів;
- протиерозійного захисту.

Основні функції армування земляного полотна геосинтетиками: армування, фільтрація, дренажування, розділення шарів, гідроізоляція.

Застосування геосинтетиків дозволяє [2, 3]:

- зменшити деформації;
- підвищити довговічність;
- оптимізувати витрати.

8. Проблеми нормативного забезпечення в Україні. Сучасна нормативна база України має ряд недоліків:

- відсутність чіткої методики розрахунку земляного полотна;
- недостатня регламентація для складних умов;
- використання застарілих методик;
- відсутність стандарту комплексного проектування.

Наявні проблеми можуть призводити до:

- неоднозначності проектних рішень;
- складності оцінки надійності;
- підвищених ризиків деформацій.

Висновки.

Земляне полотно є ключовим елементом дорожньої конструкції, що визначає її надійність і довговічність. Проектування повинно базуватися на комплексному врахуванні геологічних, кліматичних і технічних факторів. Водно-тепловий режим є визначальним для експлуатаційної стійкості земляного полотна. Важливу роль відіграє правильний вибір ґрунтів та забезпечення їх належного ущільнення. Сучасні технології (геосинтетика, дренажні системи) значно підвищують ефективність конструкцій. Існує потреба у вдосконаленні нормативної бази України та впровадженні сучасних методів розрахунку.

Література.

1. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. [Чинний від 2016-04-01]. Київ, 2015. 109 с.

2. ДСТУ 9186:2022 Настанова з проєктування земляного полотна автомобільних доріг. [Чинний від 2023–02–01]. Київ, 2023. 114 с.

3. ГБН В.2.3-37641918-544:2014 Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги. [Чинний від 2015–01–01]. Київ, 2014. 132 с.

4. АД А.2.4-37641918-006:2018 Альбом типових проєктних рішень конструкцій земляного полотна автомобільних доріг загального користування. Київ : Укравтодор, 2018. 57 с.

УДК 528.486

Шаповал А.В., Гришніна О.Ю., м. Харків, Україна
(науковий керівник доц. Дорожко Є.В.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

АНАЛІЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЩОДО ІНЖЕНЕРНО- ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

1. Роль геодезичних робіт у дорожньому будівництві.

Геодезичні роботи є базовою складовою технологічного процесу будівництва автомобільних доріг і штучних споруд. Вони забезпечують точність просторового положення елементів дорожньої інфраструктури та безпосередньо впливають на [1]:

- якість будівельно-монтажних робіт;
- відповідність геометричних параметрів проєктним рішенням;
- довговічність дорожніх конструкцій;
- техніко-економічні показники об'єкта.

Геодезичний супровід охоплює всі стадії життєвого циклу об'єкта [1, 2]:

- інженерні вишукування;
- проєктування;
- будівництво;
- експлуатацію.

Виконання геодезичних робіт повинно бути синхронізоване з загальнобудівельними процесами через єдиний календарний графік, що враховує технологію виконання робіт та строки їх реалізації. При цьому точність вимірювань повинна забезпечувати відповідність фактичних параметрів об'єкта проєктним.

2. Нормативно-правове забезпечення геодезичних робіт/

Інженерно-геодезичні роботи регламентуються системою державних будівельних норм (ДБН) та стандартів (ДСТУ), які визначають [1, 3]:

- порядок виконання вишукувань;
- вимоги до точності вимірювань;
- правила оформлення документації;
- організацію геодезичного супроводу будівництва.

Основним нормативним документом для виконання інженерно-геодезичних вишукувань є ДБН А.2.1-1 [3], який визначає склад, обсяг і методи виконання робіт.

До початку вишукувань обов'язково формується технічне завдання, яке [1–3]:

- визначає мету та обсяг робіт;
- встановлює вимоги до точності;
- узгоджується між замовником, виконавцем і проектною організацією.

Важливим елементом є стандартизація координатних систем [1–3]:

- використання державної системи координат УСК-2000;
- застосування системи висот;
- забезпечення єдності геопросторових даних.

3. Інженерно-геодезичні вишукування та топографічне забезпечення.

Інженерно-геодезичні вишукування забезпечують отримання вихідних даних для проектування. Основним результатом є створення інженерно-топографічних планів, які [1]:

- відображають ситуацію і рельєф місцевості;
- створюються у встановлених координатних системах;
- відповідають нормативним вимогам точності.

Якість топографічної основи визначає точність подальших проектних рішень, тому до неї висуваються підвищені вимоги.

4. Організація геодезичних робіт у будівництві.

Організація геодезичного забезпечення залежить від класу наслідків (відповідальності) об'єкта [1]:

– СС1, СС2 – розробляється розділ у складі проекту організації будівництва;

– СС3 – обов’язкове розроблення проекту виконання геодезичних робіт та проекту моніторингу.

Проект виконання геодезичних робіт включає [1, 2]:

- опис методів вимірювань;
- вимоги до точності;
- перелік обладнання;
- організацію контролю.

Розмічувальні роботи виконуються відповідно до нормативів і забезпечують винесення проектних осей у натуру.

5. Геодезичний контроль і моніторинг.

Геодезичний контроль є невід’ємною частиною будівництва і включає [1, 2]:

- перевірку геометричних параметрів конструкцій;
- виконавче (контрольне) знімання;
- документування результатів.

Геодезичний моніторинг виконується: під час будівництва? на етапі експлуатації. Мета геодезичного моніторингу:

- виявлення деформацій;
- контроль стабільності споруд;
- спостереження за небезпечними процесами.

Точність моніторингових вимірювань регламентується відповідними стандартами і залежить від класу об’єкта.

6. Геодезичні мережі та їх забезпечення.

Основою геодезичних робіт є створення геодезичних мереж [1–3]:

- опорна геодезична мережа;
- розмічувальна мережа.

Геодезичні мережі повинні відповідати вимогам нормативних документів для: автомобільних доріг, мостів і труб.

До складу технічної документації входять [1, 2]:

- каталоги координат і висот;

- абриси пунктів;
- журнали виносу точок;
- відомості закріплення та реєстрації реперів.

Передача геодезичної мережі здійснюється від замовника до підрядника за актом, що забезпечує безперервність робіт.

7. Засоби та методи геодезичних вимірювань.

Геодезичні роботи виконуються із застосуванням сучасного обладнання, що відповідає вимогам метрологічної повірки. Основні види вимірювань: лінійні, кутові, висотні. Лінійні: лазерні та електронні віддалеміри, тахеометри, GNSS-приймачі, традиційні вимірювальні засоби. Кутові: теодоліти, електронні тахеометри. Висотні: нівеліри (оптичні, електронні, лазерні), GNSS-методи.

Вибір обладнання залежить від:

- вимог до точності;
- умов виконання робіт;
- складності об'єкта.

8. Вимоги до точності геодезичних робіт.

Точність геодезичних вимірювань визначається [1, 2]:

- класом наслідків об'єкта;
- видом робіт;
- нормативними документами.

Основні вимоги [1–3]:

- забезпечення точного винесення осей;
- контроль відхилень від проєктних значень;
- дотримання допустимих похибок.

Точність є ключовим фактором, що впливає на якість будівництва та експлуатаційну надійність дороги.

Висновки.

Геодезичні роботи є критично важливим елементом дорожнього будівництва, що визначає якість і точність реалізації проєкту. Нормативна база України регламентує основні аспекти геодезичного забезпечення, але потребує подальшого вдосконалення. Організація геодезичних робіт повинна враховувати клас наслідків об'єкта та специфіку

будівництва. Використання сучасних геодезичних технологій і приладів є необхідною умовою забезпечення високої точності. Геодезичний контроль і моніторинг забезпечують надійність і безпеку експлуатації об'єктів. Існує потреба у створенні комплексного підходу до нормування геодезичного забезпечення дорожнього будівництва. Подальший розвиток галузі пов'язаний із впровадженням сучасних технологій, автоматизацією процесів та удосконаленням нормативної бази.

Література.

1. ДСТУ 9154:2021. Настанова з виконання геодезичних робіт у дорожньому будівництві. [Чинний від 2022–09–01]. Київ, 2022. 68 с.

2. Посібник до ДСТУ 9154:2021. Настанова з виконання геодезичних робіт у дорожньому будівництві. Київ : Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України, 2024. 142 с.

3. ДБН А.2.1-1-2008. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва [Чинний від 2008–07–01]. Київ, 2008. 72 с.

УДК 528.486

Сотник М.Р., Азаров В.С., м. Харків, Україна
(науковий керівник доц. Дорожко Є.В.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

У сучасних умовах розвитку геодезії важливу роль відіграє автоматизація обробки результатів вимірювань. Використання спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє значно підвищити точність, швидкість та ефективність виконання інженерно-геодезичних робіт. Ринок геодезичного програмного забезпечення представлений великою кількістю продуктів різного функціонального призначення, що ускладнює процес їх вибору. Вибір програмного забезпечення повинен базуватися на системі критеріїв, які враховують технічні, економічні та функціональні аспекти.

Програмне забезпечення має забезпечувати повний цикл обробки геодезичних даних: від імпорту до формування кінцевої документації. Обов'язковою є підтримка сучасних форматів даних, отриманих з електронних тахеометрів, GNSS-приймачів та лазерних сканерів. Програма повинна гарантувати високу точність обчислень відповідно до нормативних вимог.

Важливим є забезпечення сумісності з іншими програмними комплексами та геоінформаційними системами.

Інтерфейс має бути зрозумілим і зручним для користувача.

Основні критерії вибору програмного забезпечення [1]:

– функціональні можливості – є базовим критерієм, що визначає придатність програмного забезпечення до

конкретних задач (наявність інструментів для обробки польових вимірювань (тахеометрія, GNSS-спостереження), можливість створення цифрових моделей місцевості, побудова топографічних планів і профілів, виконання розрахунків (врівноваження мереж, трансформація координат), підтримка автоматизованого проектування);

– точність та надійність обчислень – визначає якість кінцевого результату геодезичних робіт (використання перевірених математичних алгоритмів, наявність засобів контролю похибок, автоматичне виявлення та усунення грубих помилок, відповідність державним стандартам і нормативам;

– сумісність та інтеграція – універсальність програмного забезпечення підвищує його ефективність у комплексних проєктах (підтримка різних форматів даних (RAW, RINEX, DXF, DWG, LandXML тощо), інтеграція з CAD та GIS-системами, можливість експорту результатів у формати, необхідні для проєктування та будівництва, сумісність з обладнанням різних виробників);

– зручність використання (інтерфейс) – ергономіка програмного забезпечення впливає на продуктивність праці та швидкість освоєння (інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, наявність довідкової системи та навчальних матеріалів, можливість налаштування робочого середовища під потреби користувача, підтримка локалізації (українська/англійська мова);

– продуктивність та швидкодія – особливо важлива при роботі з великими проєктами та хмарами точок (обробка великих обсягів даних без втрати продуктивності, оптимізація алгоритмів для швидких обчислень, підтримка багатопотокових процесів);

– вартість та економічна доцільність – економічний фактор є визначальним для організацій різного масштабу (вартість ліцензії та супроводу, наявність безкоштовних або навчальних версій, витрати на навчання персоналу, співвідношення «ціна–якість»);

– технічна підтримка та оновлення – якісна підтримка забезпечує стабільну роботу та актуальність програмного забезпечення (наявність регулярних оновлень, оперативна технічна підтримка, документація та база знань, активна спільнота користувачів);

– масштабованість та універсальність – універсальне програмне забезпечення дозволяє скоротити витрати на придбання додаткових інструментів (можливість розширення функціоналу за рахунок модулів, використання для різних типів робіт (будівництво, кадастр, дорожнє проектування), адаптація до різних рівнів складності задач.

Вибір програмного забезпечення для обробки результатів геодезичних вимірювань є складним багатокритеріальним завданням. Основними критеріями є функціональність, точність, сумісність, зручність використання та економічна доцільність. Оптимальний вибір програмного забезпечення залежить від конкретних умов застосування та вимог до результатів робіт. Використання сучасного програмного забезпечення є необхідною умовою підвищення якості геодезичних робіт та ефективності виробничих процесів. Подальший розвиток геодезії пов'язаний із впровадженням інноваційних цифрових технологій та автоматизації.

Література.

1. Посібник до ДСТУ 9154:2021. Настанова з виконання геодезичних робіт у дорожньому будівництві. Київ : Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України, 2024. 142 с.

2. Сучасні геоінформаційні та комп'ютерно-інноваційні технології геодезичного супроводу дорожньо-будівельної галузі та землевпорядкування : колективна монографія. Харків : О.А. Мірошніченко, 2023. 342 с.

3. Геоінформаційний аналіз просторових даних: монографія / В.Г. Бурачек, О.О. Железняк, В.І.

Зацерковний. Ніжин : ТОВ «Видавництво Аспект-Поліграф». 2011. 440 с.

УДК 528.486

Пономаренко А.Р., м. Харків, Україна

(науковий керівник проф. Батракова А.Г.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ

Рельєф місцевості є однією з ключових складових геопросторової інформації, що використовується у геодезії, картографії, будівництві, землеустрої та екологічному аналізі. Для ефективного використання даних про рельєф необхідне їх точне та наочне представлення у вигляді моделей. Розвиток цифрових технологій сприяв появи різноманітних методів моделювання рельєфу, кожен з яких має свої особливості, переваги та обмеження. Актуальність полягає у необхідності вибору оптимального методу представлення рельєфу залежно від задач і умов використання.

Модель рельєфу – це узагальнене відображення форми земної поверхні у вигляді графічної, математичної або цифрової структури. Основні типи [1]:

- цифрова модель рельєфу;
- цифрова модель місцевості;
- цифрова модель висот.

Основні вимоги до моделей: точність, наочність, компактність зберігання, зручність обробки. Основні методи представлення рельєфу: горизонталі, точкові моделі (набори висотних точок), регулярні сітки (GRID-моделі), триангуляційні нерегулярні мережі (TIN); хмари точок, векторні моделі.

Горизонталі (ізолінії) – один із класичних способів представлення рельєфу, реалізується лініями, що з'єднують точки з однаковими висотами. Переваги представлення рельєфу горизонталями є наочність, зрозумілість і

універсальність через те, що горизонталі займають відносно мало місця і залишається велика кількість вільного місця де можна відображати елементи ситуації. Недоліки представлення рельєфу горизонталями: складність автоматизованої обробки і обмежена точність відображення рельєфу між горизонталями.

Точкові моделі (набори висотних точок) реалізуються через представлення рельєфу у вигляді набору точок з координатами (X, Y, Z). Переваги точкових моделей: висока точність, простота отримання (GNSS, тахеометри). Недоліки точкових моделей: відсутність безперервної поверхні, необхідність інтерполяції.

У регулярних сітках (GRID-моделі) рельєф представляється у вигляді регулярної сітки з рівномірним кроком. Переваги регулярних сіток: простота обробки, ефективність для математичних моделей. Недоліки регулярних сіток: великі обсяги даних, неефективність для складного рельєфу. Застосовується для аналізу поверхонь, гідрологічного моделювання тощо.

У триангуляційних нерегулярних мережах (TIN) представлення рельєфу реалізується за допомогою трикутників, побудованих на нерегулярно розташованих точках. Переваги триангуляційних нерегулярних мереж: адаптація до складного рельєфу, економія пам'яті, висока точність. Недоліки триангуляційних нерегулярних мереж: складність побудови, потреба в спеціалізованому програмному забезпеченні. Застосовуються триангуляційні нерегулярні мережі у інженерному проектуванні, транспортному проектуванні і будівництві.

Хмари точок відображають рельєф через велику кількість точок, отриманих лазерним скануванням або фотограмметрією. Переваги хмари точок: дуже висока деталізація, точність. Недоліки хмари точок: великий обсяг даних, складність обробки.

Растрові моделі представляють рельєф у вигляді растрового зображення, де кожен піксель має значення

висоти. Переваги растрової моделі: простота аналізу, сумісність з GIS. Недоліки растрової моделі: обмежена точність, залежність від роздільної здатності.

Векторні моделі представляють рельєф у вигляді геометричних об'єктів (лінії, полігони). Переваги векторної моделі: компактність, точність. Недоліки векторної моделі: складність побудови поверхні.

Література.

1. Дорожко Є.В. Особливості побудови цифрової моделі рельєфу за результатами геодезичної зйомки місцевості / Є.В. Дорожко, А.Г. Батракова, В.А. Ємець // Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник. Сер.: Технічні науки та архітектура. 2021. Том 1. Вип. 161. С. 104–108.

2. Сучасні геоінформаційні та комп'ютерно-інноваційні технології геодезичного супроводу дорожньо-будівельної галузі та землевпорядкування : колективна монографія. Харків : О.А. Мірошніченко, 2023. 342 с.

3. Геоінформаційний аналіз просторових даних: монографія / В.Г. Бурачек, О.О. Железняк, В.І. Зацерковний. Ніжин : ТОВ «Видавництво Аспект-Поліграф». 2011. 440 с.

УДК 625.7.8

Світличний Д.С., Колісник Ю.О., м. Харків, Україна
(науковий керівник канд.техн.наук., доц. Фоменко Г.Р.)
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ У ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

Сучасні проекти для будівництва автомобільних доріг стикаються із збільшеною складністю і масштабністю, що обумовлено зростаючою інтенсивністю транспортних потоків, підвищенням вимог до безпеки, екології і економіки. Вирішувати ці задачі засновані на паперових картах стає неефективним і витратним.

У зв'язку з цим виникла потреба використання геоінформаційних систем (ГІС), які дозволяють поєднати і аналізувати просторові дані та забезпечити автоматизацію процесів і приймати обґрунтовані рішення. Саме упровадження геоінформаційних технологій сприяє підвищенню якості і ефективності дорожнього будівництва, мінімізації шкоди навколишньому середовищу та зниженню витрат. Використання геоінформаційних технологій також пов'язано із особливостями проекту і забезпеченням ресурсами.

Основні задачі виконання робіт включають:

- аналіз функціонала ведучих ГІС-платформ;
- вибір методів використання ГІС на різних етапах проектування і експлуатації доріг;
- проведення порівняння традиційного методу проектування з використанням ГІС по показникам точності, швидкості і вартості робіт;
- розробка рекомендацій по вибору ГІС-продуктів стосовно з різними задачами дорожнього проектування з врахуванням особливостей проекту і наявності ресурсів.

Геоінформаційні системи являють собою комп'ютерні технології, які призначені для збору, зберігання, аналізу і візуалізації просторово прив'язаної інформації. Основна цінність геоінформаційних систем полягає в їх здатності об'єднувати і систематизувати дані про фізичні характеристики місцевості, інфраструктурі, природоохоронних зонах і інших факторах, які впливають на проектування і будівництво доріг.

Необхідно відмітити важливість геоінформаційних систем для проектування доріг.

1. Просторовий аналіз: геоінформаційні системи дозволяють точно визначити місце розташування, відстань, напрям і форму об'єктів, що надто важливо при виборі оптимальних маршрутів, оцінці рельєфу і аналізі впливу на навколишнє середовище.

2. Цифрові моделі місцевості: можливість створення цифрових моделей рельєфу (ЦМР), які дають повне уявлення про місцевість, а саме висоти, ухили, структуру ґрунтів. Це допомагає уникнути помилки при проектуванні і будівництві особливо у складних районах.

3. Комплексний підхід: геоінформаційні системи об'єднують різні дані, такі як топографію, екологію, економіку, соціологію і дозволяють приймати рішення з врахуванням усіх значимих факторів одночасно.

4. Автоматизація: при використанні геоінформаційних систем спеціалісти можуть автоматизувати численні процедури аналізу і моделювання, що значно скорочує час на розробку проектів і знижує вірогідність помилок.

5. Візуалізація: це інструменти геоінформаційних систем, які дозволяють наочно уявити проект створюючи графічні і картографічні зображення, які зручні при обміркуванні і узгодженні із замовниками в населенням.

6. Екологія і безпека: геоінформаційні системи грають важливу роль у забезпеченні екологічної стійкості і безпеки доріг тому, що дозволяють заздалегідь врахувати можливі

негативні ефекти на навколишнє середовище і вжити заходів для їх мінімізації.

Таким чином геоінформаційні системи є ключовим елементом сучасної інженерії та містобудування, які забезпечують комплексний підхід до проектування і будівництва дорожніх об'єктів.

Популярні ГІС-платформи, такі як ArcGIS, QGIS і Auto CAD Civil 3D надають потужні інструменти для проектування і аналізу дорожніх об'єктів:

- ArcGIS-це ведуча система для просторового аналізу, яка дозволяє будувати цифрову модель рельєфу (ЦМР), моделювати транспортні потоки і інтегрувати із базами даних;

- QGIS – це продукт із підтримкою більшості форматів даних і можливістю розширення функцій;

- Auto CAD Civil 3D – це інструмент для інженерного проектування доріг, який включає створення профілів, плану і розрізів, інтегрований с ГІС-даними.

Кожна платформа має рідкісні можливості, які полегшують вибір оптимальної траси, оцінюють рельєф, ґрунти і наявність інфраструктури.

Геоінформаційні системи використовуються послідовно на всіх етапах проектування.

1. Попередній аналіз: збір геоданих про рельєф, екологію і інфраструктурах, створення цифрової моделі рельєфу (ЦМР) для оцінки можливих маршрутів.

2. Концептуальне проектування: цифрова модель місцевості і просторовий аналіз для вибору оптимального маршруту з урахуванням екологічних і економічних факторів.

3. Детальне проектування: створення креслень, профілів і планів у поєднанні із CAD-інструментами, інтеграція даних топографічного знімання і супутникових зображень.

4. Реалізація і експлуатація: моніторинг стану доріг, контроль за будівельними роботами, планування ремонтних заходів.

Використання геоінформаційних систем дозволяє збільшити точність проектування, зменшити ризики, і підвищити ефективність роботи всієї групи розробників.

Традиційні методи проектування доріг були засновані на виконанні розрахунків у ручну і паперових карт, що супроводжувалось збільшенням тимчасових витрат, а також фінансових витрат, та зростанням вірогідності помилок. Використання сучасних геоінформаційних технологій надає значну кількість суттєвих переваг. Порівняння критеріїв традиційної практики і сучасних геоінформаційних технологій наведено у табл.1.

Таблиця 1 – Порівняння традиційної практики проектування доріг і ГІС-технологій

Критерії порівняння	Традиційна практика	Геоінформаційні системи ГІС
Точність	Низька	Висока
Швидкість	Повільна	Швидка
Витрати	Високі	Середні
Якість рішень	Низька	Висока
Контроль процесів	Частковий	Повний
Аналіз даних	Обмежений	Комплексний
Екологічна оцінка	Складна	Автоматизована
Сумісність	Низька	Висока

При порівнянні різних ГІС-платформ, таких як ArcGIS, QGIS; Auto CAD Civil 3D, важливо враховувати їх функціональність на різних етапах проектування. Кожна з цих платформ має унікальні особливості, такі як підтримка імпорт-експорт даних, інструментарій аналізу рельєфу і моделювання транспортних потоків, що визначає їх позитивне значення у конкретній задачі.

Використання геоінформаційних систем покращує якість проектування, зменшує витрати і прискорює реалізацію

проектів, але потребує вкладень у обладнання і спеціалізованих кадрів.

На різних етапах проектування доріг використовуються ГІС-платформи:

1. Попереднє планування:

– ArcGIS – аналіз ЦМР, супутникових знімків і існуючих доріг для вибору оптимального варіанту;

– QGIS – продукт із підтримкою безлічі форматів даних, можливістю розширення функцій;

– Auto CAD Civil 3D – проводиться грубе трасування дороги на основі даних знімання.

2. Концептуальне проектування:

– ArcGIS – виконується просторовий аналіз рельєфу, водостоків, обмежень по землевідведенню;

– QGIS – створюються векторні шари із зображенням земель і інфраструктури;

– Auto CAD Civil 3D – виконується деталізоване трасування дороги з визначенням ухилів і ширини.

3. Детальне проектування:

– ArcGIS – здійснюється додатковий аналіз навколишнього середовища і екології;

– QGIS – застосовуються додаткові розширення для більш детального аналізу ландшафту;

– Auto CAD Civil 3D – генеруються точні поздовжні і поперечні профілі, розраховується об'єм земляних робіт.

4. Будівництво і експлуатація:

– ArcGIS – використовується для моніторингу ходу будівництва та поточного стану дороги;

– QGIS – допомагає регулярно оновлювати карти стану дороги;

– Auto CAD Civil 3D – складаються кошториси і формуються креслення для послідовних етапів реконструкції.

Порівняння ГІС-платформ по тим, чи іншим функціональним можливостям, які необхідні для проектування автомобільних доріг, допоможе визначити

яка платформа найбільш підходить для рішення конкретних задач. Вибір ГІС-платформи буде залежати від визначених задач проекту, бюджету, вимог до автоматизації. Для великих проектів із детальним проектуванням частіш за все, віддається перевага Auto CAD Civil 3D. Для попереднього аналізу і задач з обмеженим бюджетом можливо використовувати QGIS. А ArcGIS займає проміжне положення, надаючи широкий функціонал, але з високою вартістю і складністю у освоєнні. Часто доцільно використовувати комбінований підхід із поєднанням можливостей різних платформ для досягнення оптимального результату.

Сучасне дорожнє будівництво стикається з серйозними викликами, які пов'язані із зростанням масштабів проектів, підвищенням вимог до безпеки, екології і економічному обґрунтуванню. Стає очевидним, що традиційні методи проектування, що засновані на папері і ручних розрахунках, не справляються з цими задачами.

У зв'язку з цим широке впровадження геоінформаційних систем (ГІС) стає ведучим напрямком для підвищення якості і ефективності проектування доріг.

ГІС-технології пропонують виняткову можливість автоматизувати і спростити увесь процес проектування від початкової оцінки рельєфу і аналізу навколишнього середовища до фінального документування і експлуатації. Такі системи, як ArcGIS, QGIS та Auto CAD Civil 3D, дозволяють спеціалістам і проектувальникам точно аналізувати місцевість, зменшити витрати і покращити екологічну стійкість інфраструктури.

При правильному підборі геоінформаційних систем і їх рішень можливо добитися слідуючих позитивних ефектів: скорочення часу на проектування і підготовку документації; підвищення точності розрахунків і зменшення кількості помилок; можливість оперативного аналізу впливу на навколишнє середовище і грамотного врахування

екологічних вимог; ефективне керування проектом на всіх етапах, від концепції до завершення будівництва.

Таким чином, впровадження ГІС-технологій не тільки підвищує ефективність роботи спеціалістів, але і позитивно впливає на кінцевий результат – якість доріг, безпеку руху і комфорт учасників дорожнього руху. Вибір правильного рішення залежить від розміру проекту, наявного бюджету і рівня підготовки колективу персоналу. Важливо пам'ятати, що впровадження нових технологій повинного супроводжуватися удосконаленням навичок; регулярним оновленням програмних рішень.

Література.

1. Бойков В.Н., Баранник С.В., Кузов лев Е.Г. ГІС автомобільних доріг у контексті парадигми інформаційного моделювання. *Дорожники*. 2017. № 3(11). С.66-69.

2. Паздрій І.М., Белінський Ю.В. Використання геоінформаційних систем для зображення рельєфу земної поверхні. *Вісник Львівського університету*. 2016. Вип..33. С.3-1-309.

3. Балакірський В.Б., Захаров С.В., Литвиненко Ю.О., Куришко Р.В. Використання геодезичного обладнання та ГІС-технологій для формування геопросторових даних. *Вісник ХНУ ім.В.Н.Каразіна*. 2014. Вип.11 № 1140. С.9-15.

4. Pavard A., Dony A., Bordin P. Road modeling for infrastructure management – the efficient use of geographic information systems. *Journal of Information Technology in Construction*. 2023. T.28. P.438-457.

5. Jha M., Mecall C., Schonfeld P. Ahiqhway aliqment optimization model using geographic information system and genetic algorithm. *Transportation Research Part*. 2014. vol 12. № 5. P.263-280.

6. Dharals S. Application of remote sensing and GIS in road engineering. *Journal of Mining and Environment*. 2023. vol. 14(1). P.1-14.

УДК 338.2, 004.8

Литвин Б.В., Голубович П.О., м. Харків, Україна
(науковий керівник канд..техн.наук, доц.Фоменко Г.Р.)
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСТ

В останні роки штучний інтелект набуває важливого значення у різних сферах, в тому числі і управлінням міським розвитком. В умовах ускладнення міських систем, упровадження штучного інтелекту має перспективні напрямки для досягнення і стійкого розвитку міст. Сталий розвиток міст передбачає збалансований розвиток економічних, екологічних і соціальних аспектів, яка потребує комплексного підходу і сучасних технологій.

В останній час міста мають велику кількість проблем, такі як забруднення повітря, роботу транспорту, неефективне використання ресурсів. Ці проблеми потребують нових рішень і за допомогою штучного інтелекту можливий розгляд інноваційних підходів і їх рішень. Це може бути використання штучного інтелекту для управління міським трафіком, що дасть можливість суттєво зменшити затори на дорогах, також знизити шкідливі викиди транспортних засобів, а інтелектуальні системи управління енергією дадуть змогу підвищити енергоефективність міських об'єктів.

Незважаючи на значний потенціал, інтеграція штучного інтелекту у процеси міського управління стикається із рядом перепон. Це може бути нестача кваліфікованих спеціалістів, високі первонаочальні витрати на упровадження технологій, а також необхідність стандартизації методів і підходів. Вирішення цих проблем має велике значення як для науки і практики, так і воно

дозволить розкрити весь потенціал штучного інтелекту для підвищення стійкості міст.

Важливість використання штучного інтелекту в управлінні містами підтверджується і міжнародним досвідом. У розвинутих країнах вже активно використовуються технології штучного інтелекту для вирішення міських проблеми, що дозволяє суттєво покращити якість життя населення міст. Важливим є проведення комплексного аналізу впливу штучного інтелекту на стійкий розвиток міст, виявити ключові напрямки по ефективному упровадженню технологій штучного інтелекту.

Одним із найбільш перспективних напрямків використання штучного інтелекту у міському управлінні є оптимізація роботи транспортних систем. Міський транспорт грає ключову роль у житті великих, надвеликих міст забезпечуючи мобільність населення і доступність до різних ресурсів і послуг. На жаль, в умовах зростання автомобілізації у багатьох містах виникають значні проблеми, такі як затори, забруднення навколишнього середовища, а також неефективне використання інфраструктури.

Штучний інтелект пропонує ряд інноваційних рішень для покращення роботи транспортних систем. Одним із таких рішень є інтелектуальне управління світлофорними об'єктами. З використанням даних про трафік у реальному часі, штучний інтелект здатний адаптувати роботу світлофорів для мінімізації затримок і оптимізації потоку транспорту. Це дозволяє суттєво скоротити час в дорозі і знизити рівень викидів шкідливих речовин у атмосферу.

Ще один важливий напрямок – це розвиток систем розумного громадського транспорту. Штучний інтелект можливо використовувати для оптимізації маршрутів громадського транспорту, прогнозуванню попиту на поїздки і управління розкладом. Такі системи можуть не тільки покращити якість обслуговування пасажирів, але і

підвищити економічну ефективність транспортних компаній. Окрім того, штучний інтелект може сприяти розвитку каршеринга і спільного використання транспорту. Платформи, засновані на штучному інтелекті, здатні аналізувати дані про переміщення користувачів, а також пропонують найбільш зручні варіанти для сумісних поїздок. Це не тільки знижує навантаження на дороги, але і сприяє економії ресурсів та зниженню викидів вуглецю у повітря.

Важливим є використання штучного інтелекту для забезпечення безпеки на дорогах. Системи відеоспостереження, які обладнані штучним інтелектом, можуть виявляти порушення правил дорожнього руху, а також автоматично повідомляти служби про пригоди. Це дозволяє оперативно реагувати на інциденти і запобігати аваріям, що буде сприяти зниженню кількості дорожньо-транспортних пригод і підвищенню безпеки ділянок дорожнього руху.

Однак для успішного упровадження штучного інтелекту у транспортних системах міст необхідно передбачити ряд питань. В першу чергу будуть потрібні значні інвестиції в інфраструктуру і технології, а також навчання спеціалістів. Також важливо розробити нормативно-правову базу, яка буде регулювати використання штучного інтелекту у транспортній сфері і захищати інтереси населення.

Таким чином, використання штучного інтелекту в керуванні міським транспортом має значний потенціал для покращення якості життя містян і досягненні мети сталого розвитку. Питання розробок у цій області важливі і спрямовані на максимально ефективне використання можливостей штучного інтелекту для вирішення актуальних транспортних проблем.

Не менш важливим питанням у містах є екологічна стійкість, яка стикається з такими проблемами, як забруднення повітря, водоймищ, деградацією зелених зон та змінами клімату. Штучний інтелект пропонує ряд

рішень, які здатні суттєво покращити екологічну ситуацію у містах і сприяти їх стійкому розвитку. Одним із ключових напрямків у покращенні екологічної стійкості є моніторинг і управління якістю повітря. Системи, які засновані на штучному інтелекті, здатні аналізувати дані численних датчиків, що встановлюються по всій території міста, у реальному часі і виявляти джерела забруднення, а також прогнозувати зміни якості повітря. У деяких закордонних країнах використовують такі системи, що дозволяє міським владам оперативно реагувати на погіршення якості повітря і використовувати заходи по його покращенню, а саме, це обмеження руху транспорту у визначених зонах і посилення контролю за промисловими викидами.

Штучний інтелект також здатен грати важливу роль в управлінні водними ресурсами. Вода є критичним і надто важливим ресурсом, а її якість і доступність мають прямий вплив на здоров'я і добробут містян. Системи, які засновані на штучному інтелекті можуть моніторити якість води у річках, озерах і водосховищах, а також управляти процесами очищення і розподілом води. Це дозволяє своєчасно виявляти забруднення і оптимізувати використання водних ресурсів, що особливо важливо в умовах глобальних змін клімату і зростання чисельності населення.

Значна увага по використанню штучного інтелекту приділяється управлінню зеленими зонами і біорізномаїттям у містах. Розумні системи можуть аналізувати стан міських парків і лісів, відстежувати здоров'я рослин і тварин, а також прогнозувати наслідки різних урбаністичних проектів для екосистеми. Це дозволяє розробляти і упроваджувати стратегії по зберіганню і збільшенню зелених зон, що сприяє покращенню якості повітря, зниженню температури у містах літом і підвищенню загальної екологічної стійкості.

Штучний інтелект також сприяє зниженню енерговитрат і викидів парникових газів. Інтелектуальні системи

управління енергією, які оптимізують потреби енергії у будовах і на підприємствах, вже показали свою ефективність в процесі зниження енерговитрат і зниженні вуглецевого сліду. Необхідно відмітити, що у Нью-Йорку і Токіо реалізуються проекти по упровадженню розумних систем управління будинками, які допомагають значно знизити потреби енергії і покращити екологічну ситуацію у містах.

Однак, упровадження штучного інтелекту в управлінні екологічною стійкістю потребує вирішення ряду проблем. По-перше, це потребує значних інвестицій в інфраструктуру і технології, а також в навчання спеціалістів. По-друге, необхідно розробити нормативно-правову базу, яка буде регулювати використання штучного інтелекту в даній сфері і захищати інтереси населення. По-третє, важливо враховувати соціальні і етичні аспекти, такі як доступність технологій і їх вплив на різні групи населення.

Таким чином, використання штучного інтелекту для покращення екологічної стійкості міст є перспективним напрямком здатним суттєво покращити якість життя містян і сприяти досягненню мети стійкості розвитку.

Не менш важливим є вплив штучного інтелекту на міське планування і управління. Міське планування і управління стають все більш складними задачами в умовах швидкого урбанізаційного зростання, зміни клімату і технологічного процесу. Штучний інтелект пропонує ряд інструментів і рішень, які здатні суттєво покращити процеси планування і управління міськими територіями, що зрештою сприятиме досягненню мети стійкого розвитку.

Одним із ключових напрямків є аналіз і моделювання даних. Сучасні міста генерують великі обсяги даних, які пов'язані із демографією, рухом транспорту, потребами ресурсів, якістю повітря і багатьма іншими аспектами. Штучний інтелект може ефективно обробляти і аналізувати ці дані і виявляти сховані закономірності і тенденції. Так,

аналіз даних про переміщення жителів і щільність населення дозволяє оптимізувати розміщення громадських об'єктів, а саме, шкіл, лікарень і парків, що підвищує якість життя людей.

Штучний інтелект відіграє важливу роль у моделюванні і прогнозуванні різних варіантів розвитку міських територій. За допомогою алгоритмів машинного навчання можливо створювати складні моделі, які враховують багато факторів, таких як економічний розвиток, кліматичні зміни і соціальні тенденції. Це дозволяє міським планувальникам приймати більш обґрунтовані рішення і розробляти стратегії, що спрямовані на стійкий розвиток. В деяких містах уже використовують такі моделі для прогнозування наслідків різних урбаністичних проєктів і оцінки їх впливу на навколишнє середовище та економіку.

Окрім того, штучний інтелект може значно покращити процеси управління міськими службами і інфраструктурою. Інтелектуальні системи управління дозволяють автоматизувати багато різних задач, таких як контроль за станом доріг, управління вуличним освітленням і моніторинг систем водопостачання.

Також важливим напрямком є використання штучного інтелекту для підвищення прозорості і ефективності взаємодії між міською владою і населенням. Інтерактивні платформи і мобільні додатки, які засновані на штучному інтелекті, дозволять громадянам повідомляти про проблеми, такі як вибоїни на дорогах, світлофори які не працюють та інші проблеми, а також отримувати інформацію про їх рішення. Це сприяє підвищенню рівня довіри між громадянами і владою, а також стимулює активну участь населення в управлінні містом.

Безумовно, процеси впровадження штучного інтелекту у міське планування і управління потребує значних витрат на розробку і впровадження нових технологій. Але використання штучного інтелекту у міському пануванні і управлінні має великий потенціал для покращення якості

життя і досягнення мети стійкого розвитку. Продовження робіт з використанням штучного інтелекту розширить можливості створення розумних міст і стійких міст майбутнього.

Таким чином, впровадження штучного інтелекту в управлінні міським розвитком відкриває значні перспективи для вирішення глобальних проблем і досягнення стійкого розвитку. Штучний інтелект здатний суттєво покращити розвиток міст, оптимізувати транспортні системи, підвищити енергетичну ефективність і покращити стан навколишнього середовища. Використання штучного інтелекту в управлінні міськими системами створює умови для покращення якості життя громадян. Залучення інвестицій в цю область дозволить створити міста майбутнього в яких технології працюють на благо людей.

Література.

1. Маркуц В. Застосування технології Інтернету речей в автоматизованих системах управління ресурсами. Стратегія економічного розвитку України. 2023. №52. С.97-111.
2. Sarrab M., Pulparambil S., Awadalla M. Development of JoT based real-time traffic monitoring system for city govormance. Global Transitions. 2020. vol. 2. P. 230-245.
3. Хомуляк О. Функціонально-організаційна модель управління сталим розвитком територіальної громади. Проблеми і перспектива економіки та управління. 2023. №4(32). С.233-244.

УДК 351.811

Сокольник А.В., м. Харків, Україна

(науковий керівник канд.техн.наук, доц. Фоменко Г.Р.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ВПЛИВ УЧАСНИКІВ РУХУ НА БЕЗПЕКУ РУХУ НА ВУЛИЦЯХ МІСТ

Підвищення безпеки дорожнього руху стає все більш явним у зв'язку із зростанням кількості дорожньо-транспортних пригод, які впливають на життя і дозвілля людей. Проблема безпеки дорожнього руху має багатогранний характер і хоча пов'язана, в першу чергу, із життям людей здійснює суттєвий вплив і на економічний стан. Першочерговою метою є збереження життя і здоров'я населення. Ситуація яка склалася потребує комплексного підходу із врахуванням усіх учасників дорожнього руху, а також формування дорожнього середовища. З метою покращення такої ситуації по зниженню кількості дорожньо-транспортних пригод розробляються «Стратегії по безпеці дорожнього руху», а також інші документації, але на жаль зростання ДТП продовжується. Для покращення стану в системі безпеки дорожнього руху і підвищення ефективності програм необхідно звернути увагу на пошук шляхів відповідальності кожного із учасників подій. Необхідно приділяти більше уваги системі «людина-автомобіль-дорога-середовище» (ЛАДС) в якій більш детально розглядати усіх учасників дорожнього руху. Ця сукупність елементів розширює можливості впливу на різні структури, а також враховує не тільки людей, які знаходяться безпосередньо у середовищі у момент інциденту. Врахування людського впливу дозволяє оцінити дію не тільки на водія, але і на сукупність людей, які впливають на дорожні обставини і друг на друга. Дана система може демонструвати більш детально взаємодіючі

елементи. Інцидент на дорозі завжди тісно пов'язаний із людським фактором, який визначає необхідність докладного обліку учасників із різними статусами, але і більш детального аналізу у середині кожного з них. Також необхідно деталізувати взаємовідношення водій-водій, і розглядати учасників дитячого віку, які тісно взаємопов'язані із вказаними у системі статусами, і не усвідомлено підлягають соціальному наслідуванню поведінки, як водіїв так і пішоходів.

Розуміння того, що при дорожньо-транспортній пригоді присутні водій, пішохід і дитина, яка знаходиться під їхньою відповідальністю, не дуже розповсюджено, тому треба враховувати структури, які навчають формують усвідомлення наслідків порушення правил дорожнього руху. При даній взаємодії учасників можливо звернути увагу на наступне:

- державний орган передбачає державне управління, яке встановлює правила дорожнього руху, здійснює нагляд і виконує функції покарання у випадку порушень;

- організація вуличного-дорожньої мережі – сукупність систем, які створюють умови руху, а також включають проектні, будівельні і експлуатаційні служби;

- реклама – соціальний захід, який здатний психологічно впливати на відношення людей і мотивувати їх до усвідомленого добровільного дотримання правил.

Ці елементи є важливою частиною системи, яка безпосередньо впливає на можливість запобігти інциденту між водіями, пішоходами та дітьми. Безумовно, необхідно враховувати вплив державних органів, які впливають на громадян які досягли повноліття. Це використання як реклами, так і інших навчальних програм.

Вивчення людського фактору можливе із використанням соціологічного опитування представників кожного структурного елемента з метою поглиблення знань про рівень відповідальності і самоконтролю користувачів доріг, з врахуванням ступеню їх участі в процесі регулювання

дорожнього руху. Таке опитування здатне допомогти встановити відношення громадян до дотримання правил дорожнього руху і що сприяє порушенню правил пішоходами, хоча вони усвідомлюють небезпеку при дорожньо-транспортних пригодах. Виховання інтересу до дотримання норм необхідно починати на ранніх етапах життя, оскільки, саме у дитинстві формують основи поведінки. Встановлено, що у дітей спостерігається високий ступінь наслідування дорослим, це робить їх сприятливими до прикладів, які вони спостерігають у навколишньому середовищі. На основі психолого-педагогічних досліджень можливо стверджувати, що діти несвідомо засвоюють норми і поведінку коли спостерігають за батьками і іншими авторитетними дорослими. Дорослі іноді переходять дорогу з дітьми поза пішохідним переходом, а це безумовно, формує у юних пішоходів безвідповідальне відношення до свого життя і нажаль підвищує ризик дитячої смертності. Водії також наражають на ризик неповнолітніх пасажирів. Це підтверджує необхідність формування у дорослих усвідомлення їх ролі у процесі виховання безпечної поведінки на дорозі. Однак, не всі дорослі усвідомлюють наскільки значущий їх вплив, а саме нехтування правилами з боку батьків приводить до того, що діти сприймають дану поведінку як норму. Таким чином, для формування у дітей свідомого відношення до правил дорожнього руху вкрай важливий позитивний приклад дорослих. В іншому випадку існує ризик формування у підростаючого покоління неправильних людей поведінки, що у разі підвищує ризик виникнення інцидентів, які створюють загрозу життю і здоров'ю.

Відповідальне відношення до фізичного і психологічного стану водія під час управління транспортним засобом є критично важливим фактором для забезпечення безпеки на дорозі. Втома, як один із факторів недостатньої готовності до керування, що суттєво знижує реакцію, концентрацію, уваги і здатність до прийняття

рішень, це, в свою чергу, підвищує ризик дорожньо-транспортних пригод. Нажаль, деякі водії ігнорують сигнали свого організму про недостатній самоконтроль і продовжують здійснювати поїздки, можливо не в повній мірі усвідомлюють свій стан. Це може бути пов'язано з різними факторами, у тому числі і соціальний тиск, необхідність виконання обов'язків або не до оцінку ризиків. Окрім того, керування у стані алкогольного сп'яніння є ще одним аспектом безвідповідальної поведінки, який значно збільшує вірогідність аварій. Алкоголь знижує рівень пильності, порушує координацію і збільшує час реакції що робить управління транспортним засобом вкрай небезпечним.

Усі перелічені дані підтверджують необхідність проведення профілактичних заходів, які направлені на підвищення свідомості водіїв відносно ризику що пов'язаний із вживанням алкоголю, тому що у даний момент їх не зупиняють ні моральні цінності, ні суворий закон відносно даного питання.

Відомості про поведінку пішоходів на проїзній частині свідчать про середній ступінь передбаченості серед більшості з них тому вони оглядаються перед тим, як перейти дорогу. Однак, частина пішоходів демонструють недоліки у дотриманні запобіжних заходів що викликає значне турботу з погляду безпеки дорожнього руху, а до них ще не включені дані про неповнолітніх.

Зниження уваги є ключовим фактором який впливає на поведінку таких пішоходів. Різні фактори, а саме, використання мобільних телефонів, прослуховування музики, взаємодія з оточуючими чи рефлексія, сприяють зниження уваги, що супроводжується відсутністю своєчасної реакції на важливі сигнали з навколишнього середовища. Пішоходи не помічають потенційної небезпеки, ігнорують транспортні засоби та не здійснюють необхідних дій для забезпечення своєї безпеки. Значна кількість пішоходів не оглядається перед переходом, що

вказує на необхідність проведення додаткових освітніх програм і компаній що направлені на підвищення поінформованості населенню про ризики, які пов'язані зі зниженням концентрації в умовах вулично-дорожньої мережі.

Необхідно відвітити, що незначна ефективність існуючих заходів обґрунтовується не тільки недостатньо розвинутою оснащеністю вулично-дорожньої мережі, але і культурою поведінки учасників пішохідного руху та водіїв. Зростання кількості інцидентів пов'язано також із взаємозв'язком елементів у системі. Якщо розглянути розподіл кількості дорожньо-транспортних пригод, з врахуванням усіх учасників, то можна зробити висновок що інциденти трапляються з різною частотою, інтенсивністю і характеризуються значною різноманітністю визначальних факторів. Це підкреслює неоднорідність розподілу причин і винуватих у дорожньо-транспортних пригодах, а також вкапує на значний вплив різних факторів, а саме таких як умови дорожнього руху і поведінка учасників.

Таким чином, стає явною необхідність впливу на усіх учасників одночасно, тому що заходи які можливо прийняти тільки до частини системи, не дадуть певного результату доведенні до мінімальної кількості дорожньо-транспортних пригод.

У пошуку способів підвищення ефективності діючих та засобів, що плануються по підвищенню безпеки дорожнього руху які діють у країні необхідно звернути увагу на закордонні способи організації дорожнього руху і можливості їх використання у наших умовах. Порівняння методів і стратегій, які використовують у інших країнах, дозволить визначити успішні які можуть бути адаптовані і інтегровані в існуючу дорожню інфраструктуру. Порівняльні дані закордонних методів підвищення безпеки дорожнього руху наведені у табл.1.

Таблиця 1 – Закордонні методи підвищення безпеки дорожнього руху

Методи, які використовують		
1	2	3
Європа	Азія	Америка
Водії		
Позбавлення волі на строк до 6 міс. при нетверезому керуванні (без ДТП)	Універсальна система управління дорожнім рухом (UTNS)	«Національна стратегія безпеки дорожнього руху» (NRSS)
Втомлений водій = п'яний	Високі штрафи	Підвищення ціни страхівки за порушення ПДР
Покарання за агресивне водіння	Позбавлення посвідчення водія за несплату штрафу	Конфіскація транспортного засобу під заставу або зі сплатою за зберігання на штрафній стоянці за порушення ПДР
«Знак» +20 км/год безплатно» виключено, це дозволяє відхилитися у бік перевищення швидкості на 3-5 км/год		Червоні сигнали автобуса блимають –водії на дорозі зобов'язані зупинитися незалежно від напрямку руху
Заборонені радар детектори		Заохочення гнучкого графіка роботи

1	2	3
Пішоходи		
Разова акція суть якої полягає в тому, що пішоходів лякали, якщо вони переходили дорогу у недозволеному місці. Пізніше фото обличчя використовували у соціальній рекламі	Політика відповідального відношення	Інтерактивний навчальний пакет для дітей від початкової до старшої школи по розвитку навичок безпечного пересування по дорогам.
		Аудит безпеки дорожнього руху.
Організація вуличного-дорожньої системи		
Удосконалений лежачий поліцейський	Турнікети	Протиударні смуги
Звуження дороги		Прямокутні пробліскові маяки (RRFB)
Штучне викривлення дороги		Дорожній раціон (реконфігурація дорожнього полотна)
Викладання пішохідного переходу плиткою/бруківкою		
Заміна світлофорів коловим рухом		

Таким чином, міжнародний досвід є важливим ресурсом для можливого використання оптимізації стратегії в області безпеки дорожнього руху. Наведені методи які використовують країни Європи, Азії та Америки показують зв'язок із містобудівними характеристиками великих міст на які можливо звернути увагу і у великих містах нашої

країни з метою підвищення безпеки дорожнього руху і покращення транспортної інфраструктури України.

На жаль, збереження високого рівня дорожньо-транспортних пригод свідчить про необхідність подальшого удосконалення комплексних заходів. Ключова роль в управлінні дорожнім рухом на пригоди, що виникають розподілена між різними структурами кожна із яких має визначений обсяг відповідальності. Необхідно вирішити питання по налагодженню взаємодії між ними для підвищення ефективності забезпечення дорожньої безпеки. Особливу увагу необхідно приділяти водіям і іншим учасникам дорожнього руху з метою покращення їх самоконтролю і дотримання діючих правил дорожнього руху. Приймаючи до уваги закордонні методи, слід розглянути можливість їх застосування при розробці інноваційних підходів. Окрім того, для досягнення стійкості підвищення рівня безпеки дорожнього руху необхідно впливати не тільки на поточний стан, а також на свідомість майбутніх поколінь. Освітні програми повинні бути спрямовані на формування відповідальності юних пішоходів і водіїв, а також частиною стратегії по зниженню кількості аварій на дорогах. Це дозволить не тільки підвищити якість навчального процесу, а також сприяти розробці інноваційних рішень в області дитячої безпеки на дорогах.

Незважаючи на потенційні можливості навчання молодшого покоління, процес перевиховання дорослого населення більш складний і трудомісткий. Цей процес підкреслює необхідність і покарання може стати стимулом для усвідомлення серйозних правопорушень і їх наслідків. Також на етапі проектування нових об'єктів інфраструктури розгляну можливість запобігання конфліктних точок, а отже і дорожньо-транспортних пригод. Такі заходи допоможуть створити умови у яких учасники руху будуть повинні додержуватись правил дорожнього руху. Це також буде сприяти підвищенню

психологічного комфорту і безпеки при переміщенні по мережі доріг. Ефективна організація дорожнього руху може привести до зниження кількості правопорушень і підвищенню рівня громадської довіри до системи регулювання дорожнім рухом.

Таким чином, комплексний підхід до підвищення безпеки дорожнього руху надто важливий для досягнення мети з мінімізації травматизму та загибелі на дорогах.

Література.

1. Степанчук О.В., Рейцен Є.О., Білятинський А.О. Моделювання транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міст. Автошляховик України. 2014. 2(3). С.10-29.

2. Вдовиченко В.О., Іванов І.Є., Підлубний С.Ю., Васильєв М.К. Оцінка впливу пріоритетного руху міського громадського пасажирського транспорту на якість обслуговування пасажирів. Автомобільний транспорт. 2023. 52. С.54-63.

3. Mygal G. Problems of human factor in transport systems. Transport technologies. 2024. N 1. Vol.5.

4. Колодяжний М.Г. Стратегії безпеки дорожнього руху ЄС та зарубіжних країн. 2023. Право. Харків. 162 с.

5. Зеленчук О.В., Попович Н.І., Теплюк Є.Ф. Підвищення безпеки руху на транспортних розв'язках в одному рівні. Дороги і мости. 2023. Київ. Вип.. 28. С.234-24.

6. Вознюк А.Б. Нагрєбельна Л.П., Міненко Є.В. Недоліки в дорожніх умовах та їх вплив на виникнення дорожньо-транспортних пригод. Дороги і мости. 2019. Вип. 19-20. С.163-172.

7. Bhargavi J. Ashwin B., Tagore L. Smart City Transportation Deep Learning Ensemble Approach for Traffic Accident Detection. International Scientific journal of Engineering and Management. Vol.4. Issue 2.2025. P.1-4.

УДК: 528.48

Корзун С.М., Завгородній С.С., м. Харків, Україна
(науковий керівник канд. техн. наук, доц. Арсенєва Н.О.)
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ІННОВАЦІЇ СУЧАСНОЇ ГЕОДЕЗІЇ

Інновації сучасної геодезії зараз грають важливу роль у будівництві, наприклад, забезпечують точне визначення географічних координат об'єктів, що контролюють будівельні процеси та якість виконуваних робіт. Завдяки розвитку технологій та появі нових інструментів зараз можна більш точно, швидко та ефективно зробити геодезичні виміри.

Інновації в геодезії – це використання сучасних технологій, приладів і програмного забезпечення для більш точного, швидкого та ефективного виконання геодезичних вимірювань і обробки даних. Вони значно покращують процеси дослідження територій, створення карт і контролю будівельних робіт.

Інновації сучасної геодезії охоплюють область інструментів та програмного забезпечення безпосередньо для геодезичних вимірів. За допомогою сучасних електронних тахеометрів та технічних нівелірів можна проводити більш високоточні та швидкі вимірювання, а спеціальні програми для обробки даних можуть спростити аналізування результатів та створення геодезичних карт.

Супутникова навігація може широко застосовуватись і для геодезичних вимірювань, і для планування територій, і для контролю за будівельними роботами, та для навігації будівельних машин та автотранспорту. Тому використання глобальних систем супутникової навігації (GPS, Galileo, BeiDou) – ні що інше, як один із ключових інноваційних напрямів у сучасної геодезії. Супутникова навігація

дозволяє реально визначити координати об'єктів із високою точністю.

Важливою інновацією в геодезії є використання безпілотних літальних апаратів (дронів) для виконання аерофотозйомки та лазерного сканування місцевості. За їх допомогою можна отримувати детальні зображення території з високою роздільною здатністю та створювати точні цифрові моделі рельєфу й різних об'єктів. Це значно спрощує процес проєктування будівель і споруд, дає можливість швидко виявляти недоліки під час будівництва та ефективно контролювати виконання геодезичних робіт.

Ще одним перспективним напрямом розвитку сучасної геодезії є застосування геоінформаційних систем (ГІС) для аналізу й обробки просторових даних. Такі системи дозволяють об'єднувати інформацію про географічне розташування об'єктів, їх характеристики та взаємозв'язки в єдину цифрову базу. Завдяки цьому можна проводити складний просторовий аналіз і приймати обґрунтовані рішення у сфері будівництва.

Також активно розвиваються технології моніторингу та спостереження за об'єктами за допомогою спеціалізованих систем, до складу яких входять датчики, камери, GPS-трекери та інші пристрої. Вони дають змогу відстежувати переміщення й деформації об'єктів, підвищувати безпеку під час виконання будівельних робіт та зменшувати ризик виникнення аварійних ситуацій.

Загалом сучасні інновації в геодезії суттєво прискорюють процеси проєктування і будівництва, підвищують точність та якість геодезичних вимірювань, а також сприяють зменшенню витрат і підвищенню ефективності роботи. Завдяки впровадженню нових технологій будівництво стає більш надійним, безпечним і ефективним.

Інновації в цій галузі мають велике значення для сучасного будівництва. Вони сприяють підвищенню точності та ефективності геодезичних вимірювань,

оптимізують процеси проєктування і зведення об'єктів, а також допомагають значно зменшити витрати на реалізацію будівельних проєктів.

Важливу роль у будівельному процесі відіграють сучасні прилади та програмне забезпечення. Сучасні програми дозволяють обробляти геодезичні дані автоматично та зберігати їх у хмарних сервісах, що спрощує доступ до інформації та співпрацю між спеціалістами. Зокрема, електронні тахеометри та технічні нівеліри дають змогу виконувати вимірювання з високою точністю і швидкістю, що суттєво скорочує час і трудові витрати під час виконання геодезичних робіт.

Завдяки впровадженню таких інновацій у сучасну геодезію будівництво стає більш надійним, безпечним і ефективним. Це сприяє розвитку будівельної галузі та підвищенню якості життя людей. Використання новітніх технологій і методів відкриває перед будівельним сектором нові можливості, зокрема вдосконалення процесів проєктування, будівництва та подальшої експлуатації транспортних об'єктів.

Література

1. Дацюк Г. Безпілотні літальні апарати – це важливий інструмент для мудрого і ефективного господарювання на землі. Землевпорядний вісник. 2019. № 9. С. 26 – 34.

2. Бойко О. Л., Ляшенко Д. О., Горб О. І. Розробка концептуальної моделі збору геопросторових даних регіональних аеропортів методами лазерного сканування для створення ГІС. Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. Київ: КНУБА, 2019. Вип. 71. С. 60 – 71.

3. Можливості сучасного електронного геодезичного обладнання та тенденції його розвитку [Електрон. ресурс] / М. А. Кухар, О. В. Доброходова, А. А. Євдокімов, М. Л.

Мироненко // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. Вип. 4 (164). С. 122 –127.

УДК: 528.48

Горбенко В.С., Улановський В.В., м. Харків, Україна
(науковий керівник канд. техн. наук, доц. Арсенєва Н.О.)
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ГІС У СУЧАСНІЙ ГЕОДЕЗІЇ

Появу географічних інформаційних систем пов'язують із початком 1960-х років минулого століття. У цей період сформувалися передумови для інформатизації та комп'ютеризації різних сфер діяльності, пов'язаних із моделюванням географічного простору та розв'язанням просторових завдань. Розвиток таких систем став можливим завдяки дослідженням, які проводилися в університетах, наукових установах, оборонних організаціях і картографічних службах.

Термін «географічна інформаційна система» вперше з'явився в англomовній науковій літературі. Він використовувався у двох формах: *geographic information system* та *geographical information system*. Згодом для зручності почали застосовувати скорочення GIS. Пізніше цей термін увійшов і до наукової термінології інших мов, де закріпилися дві рівнозначні назви: «географічна інформаційна система» та «геоінформаційна система». Перша форма стала офіційною, а прагнення до стислості сприяло поширенню скорочення ГІС. У загальному розумінні ГІС визначають як інформаційні системи, що забезпечують збирання, зберігання, обробку, аналіз, відображення та поширення даних, а також отримання на їх основі нової інформації про просторово пов'язані явища.

Інформаційна система – це сукупність взаємопов'язаних засобів, методів і фахівців, які використовуються для зберігання, опрацювання та надання інформації з метою досягнення певних завдань.

Особливістю геоінформаційних систем є те, що вони працюють із просторовими або географічними даними. Просторові дані – це інформація, пов’язана з певною системою координат або розташуванням у просторі. Такою системою можуть бути декартові координати, географічні координати або впорядкована сукупність територіальних об’єктів.

Структура інформаційної системи складається з окремих взаємопов’язаних елементів, які називаються підсистемами. Геоінформаційні системи включають кілька основних підсистем.

Підсистема збору даних – відповідає за отримання інформації з різних джерел та її попередню обробку. Вона також забезпечує перетворення різних типів просторових даних, наприклад переведення ізоліній топографічної карти у цифрову модель рельєфу.

Підсистема зберігання та вибірки даних – організовує просторову інформацію таким чином, щоб її можна було легко знаходити, редагувати, оновлювати та використовувати.

Підсистема маніпулювання та аналізу даних – виконує обробку інформації, групує та класифікує дані, встановлює необхідні параметри й обмеження, а також забезпечує виконання різних аналітичних і моделюючих операцій.

Підсистема виведення інформації – відображає результати роботи системи у вигляді таблиць, графіків або картографічних матеріалів.

Перша підсистема ГІС пов’язана з початковими етапами картографування – збиранням інформації та створенням карт. Вихідні дані можуть надходити з різних джерел, таких як аерофотозйомка, дистанційне зондування Землі, геодезичні вимірювання, текстові описи, графічні замальовки або статистичні матеріали. За допомогою комп’ютерів та спеціальних пристроїв, наприклад сканерів або дигітайзерів, ці дані підготовлюються для подальшого використання шляхом кодування точок, ліній і площ.

Джерелами інформації також можуть бути вже створені цифрові карти, моделі рельєфу, ортофотознімки та інші цифрові матеріали.

Друга підсистема виконує функції зберігання та пошуку інформації. Вона дозволяє робити запити до бази даних і отримувати лише потрібну інформацію, пов'язану з певним завданням. У ГІС зберігаються координати різних геометричних об'єктів – точкових, лінійних і площинних, а також їхні характеристики (атрибути). Програмне забезпечення системи забезпечує ефективні методи пошуку та обробки таких даних.

Підсистема аналізу значно спрощує роботу з просторовими даними, дозволяючи автоматизувати складні обчислення і зменшити обсяг ручної праці. Вона є однією з найважливіших складових ГІС, оскільки забезпечує аналіз картографічної інформації, порівняння та дослідження розподілу різних природних і соціально-економічних явищ. Завдяки можливостям сучасних комп'ютерів ця підсистема забезпечує швидкий доступ до даних, їх групування, класифікацію та комбінування для проведення подальших досліджень.

Після проведення аналізу результати необхідно представити у зручній формі. У картографії основним кінцевим продуктом є карта, незалежно від того, чи створена вона у традиційному паперовому вигляді, чи у цифровому форматі. Підсистема виведення дозволяє представити результати обробки даних у різних формах – картографічній, табличній або графічній, залежно від потреб користувача.

Геоінформаційні системи (ГІС) у геодезії – це сучасні інформаційні технології, які використовуються для збору, зберігання, обробки, аналізу та відображення просторових даних. Вони допомагають працювати з інформацією про розташування об'єктів на поверхні Землі та їхні характеристики.

У геодезії ГІС застосовуються для створення та оновлення карт, аналізу територій, планування будівництва та управління земельними ресурсами. Завдяки таким системам можна об'єднувати різні види географічної інформації – результати геодезичних вимірювань, дані супутникової навігації, аерофотознімки та статистичні матеріали в єдину цифрову базу. Використання ГІС дозволяє швидко обробляти великі обсяги просторових даних, проводити їх аналіз і візуалізувати результати у вигляді карт, схем або моделей місцевості. Це значно підвищує точність досліджень і полегшує прийняття рішень у будівництві, землевпорядкуванні, екології та інших галузях.

У сучасній геодезії ГІС тісно поєднуються з такими технологіями, як супутникові навігаційні системи, дистанційне зондування Землі, лазерне сканування та безпілотні літальні апарати. Поєднання цих технологій дозволяє створювати точні цифрові моделі територій та ефективно аналізувати просторову інформацію. Таким чином, геоінформаційні системи є важливим інструментом сучасної геодезії, що значно підвищує ефективність дослідження та використання територій.

Література

1. Міхно П., Лісовенко, І., Бушуєв, Д., Риженко І. Особливості застосування сучасних геодезичних технологій у будівництві. Технічні науки та технології. Чернігів : Чернігівська політехніка, 2022. Вип. 3(29), С. 198 – 209.

2. Боровий В.О., Зарицький О.В. ГІС-технології в геодезії та землеустрою: Монографія, видання 2-й, доповнення / В.О. Боровий, О.В. Зарицький. Київ : ТОВ «ВІСТКА», 2017. 252 с.

УДК: 528.48

Чудінов А.В., м. Харків, Україна

(науковий керівник канд. техн. наук, доц. Арсенєва Н.О.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ПРОГРАМНІ КОМПЛЕКСИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ОБРОБЦІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ

Програмні комплекси, що використовуються при обробці інженерно-геодезичних вишукувань – це спеціалізоване програмне забезпечення, яке застосовується для обробки результатів геодезичних вимірювань, створення планів, карт і цифрових моделей місцевості. Такі програми дозволяють автоматизувати обчислення, підвищити точність результатів і значно прискорити виконання геодезичних робіт.

Trimble Geomatics Office – це спеціалізоване програмне забезпечення, призначене для комплексної обробки різних типів геодезичних даних. Однією з його головних переваг є можливість об'єднувати в одному проєкті інформацію, отриману з різних геодезичних приладів, зокрема електронних тахеометрів, GPS-приймачів, цифрових нівелірів та лазерних далекомірів.

До основних можливостей програмного забезпечення належать:

- зручний інтерфейс;
- обробка GPS базових ліній;
- виконання зрівнювання результатів вимірювань, у тому числі отриманих традиційними геодезичними приладами;
- контроль і перевірка якості даних (QA/QC);
- імпорт та експорт даних дорожнього проєктування;
- імпорт та експорт результатів геодезичної зйомки;
- створення цифрової моделі місцевості та ситуації;

- перетворення координат між різними системами;
- збір і передача даних для геоінформаційних систем;
- робота з кодами об'єктів;
- формування звітної документації;
- управління проєктами;
- імпорт архівних проєктів.

Завдяки впровадженню сучасних технологічних рішень Trimble Geomatics Office є простим у використанні, має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та гнучкі налаштування для вирішення різних геодезичних завдань. Широкі можливості роботи з просторовими даними значно підвищують ефективність його застосування в геодезії та будівництві. Інтерфейс програми побудований на основі стандартів операційної системи Windows і доповнений спеціальними елементами керування, такими як панель завдань (Project Bar) та панель інструментів (Tool Bar). Це робить роботу з програмою зручною та зрозумілою навіть для нових користувачів.

Високий рівень інтеграції програми дозволяє ефективно використовувати різні типи геодезичного обладнання та обробляти широкий спектр даних. Trimble Geomatics Office підтримує дані, отримані з GPS-приймачів, електронних тахеометрів, лазерних далекомірів та іншого сучасного геодезичного обладнання.

AutoCAD Civil 3D – нова версія програмного продукту лінійки, розробку якої здійснює компанія Autodesk. Цей продукт, призначений для інженерів, що працюють у галузі промислового та цивільного будівництва, а також для архітекторів, надає функціональні та інструментальні засоби, необхідні на всіх етапах виконання проєкту:

- дослідження для завдань інженерної геології;
- геодезичні та інженерно-технічні дослідження;
- виконавча зйомка та винесення проєкту в натуру;
- креслення;
- моделювання ландшафту;

- проектування об'єктів інфраструктури та їх елементів;
- моніторинг деформаційних явищ;
- розрахунок обсягів земляних робіт;
- оформлення проектної документації.

AutoCAD відповідає вимогам розробників, які забезпечують ведення широкого діапазону проектів у будівництві, включаючи розвиток сайтів та комплексних дорожніх проектів. Використовуючи перевірену часом динамічну модель, AutoCAD Civil 3D дозволяє у стислий термін розробляти проекти та формувати проектну документацію, оцінювати множинні сценарії на етапах реалізації проекту. Робота фахівців узгоджена по всіх стадіях проектування, що допомагає виконувати проект на сучасному рівні та синхронізувати дані його елементів, у тому числі готувати інформацію для складання електронних карток та використання в ГІС.

Torosad – це система автоматизованого проектування, розроблена спеціально для обробки результатів польових та лінійних геодезичних досліджень. Вона використовується для створення цифрових моделей місцевості, підготовки топографічних планів, геодезичного супроводу будівництва, маркшейдерських робіт під час розробки родовищ корисних копалин, а також для збору й оновлення даних у геоінформаційних системах.

Torosad є спеціалізованою CAD-програмою для геодезистів, яка дає можливість імпортувати дані з тахеометрів, обробляти результати вимірювань, експортувати інформацію назад у прилади, створювати топографічні плани та будувати тривимірні моделі рельєфу. Окрім цього, програма використовується і в маркшейдерській діяльності, де вона дозволяє створювати 3D-моделі виробок, виконувати розрахунок об'ємів корисних копалин та планувати виробничі роботи. Також Torosad застосовується у будівництві. За допомогою програми можна завантажувати проектні дані, готувати їх

для винесення в натуру та оформлювати результати виконавчої зйомки. Таким чином, програмний комплекс підходить для різних спеціалістів, яким необхідні інструменти для обробки геодезичних вимірювань, створення топографічних планів і роботи з просторовою інформацією.

Крім того, Торосад забезпечує повний цикл роботи з даними – від обробки результатів польових вимірювань і створення цифрової моделі місцевості до підготовки проєктних матеріалів для будівництва та їх подальшого використання під час виконання геодезичних робіт.

Використання сучасних програмних комплексів значно підвищує ефективність виконання інженерно-геодезичних вишукувань. Вони дозволяють автоматизувати обробку даних, зменшити ймовірність помилок, прискорити створення картографічних матеріалів і підготувати точну інформацію для подальшого проєктування та будівництва.

Література

1. Нестеренко С. Г. Методи і засоби автоматизації геодезичних робіт : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій / С. Г. Нестеренко, О. В. Афанасьєв; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. 131 с.

2. Артамонов Б.Б., Штангрет В.П. Комп'ютерна графіка в геодезії з основами картографії. Навчальний посібник. Львів : Новий світ, 2016. 248 с.

УДК 528:48

Мотенко В.Ю., Толубенко А.С., Десятов М.О., м. Харків,
Україна

(науковий керівник канд. техн. наук, доц. Казаченко Л.М.)
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ЛІНІЙНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

Проведення геодезичних вишукувань при будівництві або реконструкції лінійних інженерних споруд виконують сучасними геодезичними приладами і програмним забезпеченням для комп'ютерної обробки. Такими приладами є наступні групи цифрових електронних приладів, що забезпечені комп'ютерним програмним забезпеченням:

- електронні тахеометри;
- цифрові нівеліри;
- цифрові теодоліти;
- лазерні сканери;
- GPS-обладнання.



Рисунок 1.1 – Геодезичні прилади для проведення знімання автодороги

Сучасні геодезичні електронні прилади та ГІС-технології при виконанні геодезичних вимірювальних робіт дозволяють:

- збільшити можливість виконуваних завдань з геодезії;
- виготовити картографічну продукцію в цифровому вигляді;
- пришвидшити виконання геодезичних робіт;
- збільшити точність виконання завдань;
- розроблення геоінформаційних систем;
- підвищити доступність топографо-геодезичних матеріалів під час вирішення різних задач будівництва та експлуатації доріг.

Наявність професійного обладнання дозволяє зробити найточніші розрахунки в максимально стислі терміни. В останнє десятиліття темпи модернізації приладів, які використовують під час геодезичних робіт, значно зросли, були розроблені зовсім нові технології, які дозволили поліпшити їх функціональні особливості і технічні характеристики.

Електронні сучасні геодезичні прилади мають суттєві переваги, свої недоліки та сферу застосування. З переваг можна відмітити: швидкість виконання знімань, точність геодезичних вимірів, програмне забезпечення для збереження, обробки та накопичення інформації.

Під час будівництва та реконструкції автомобільної дороги виконують операційний контроль якості робіт і виконавчий контроль по закінченні всього будівництва або окремої ділянки. Порядок проведення геодезичних вимірювальних робіт при проектуванні будівництва інженерних споруд визначений в законодавстві України - зокрема в Законі України «Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність», «Інструкції з геодезичного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500», Наказу Міністерства АПУ Про затвердження «Порядку топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500» від 17.04.2025 № 1675 2025року.

Сучасні прилади є універсальними, вони дозволяють провести геодезичні вимірювання в найкоротші терміни і з максимально точними результатами, а наявність

відповідного програмного забезпечення дає можливість використовувати їх у спеціальних програмах для проектування автомобільних доріг. Застосування сучасного геодезичного професійного обладнання дозволяє виконувати геодезичні виміри швидко і з високою точністю. Розроблені новітні інженерні технології покращили функціональні особливості та технічні характеристики сучасних геодезичних приладів.

Виконання геодезичного знімання території здійснюють сучасними геодезичними вимірними системами, які можна розділити на:

- супутникову систему навігації – GPS-приймачі;
- електронні тахеометри – для виконання геодезичного знімання об'єктів;
- цифрові нівеліри – для нівелювання поверхні на будівельних майданчиках;
- лазерні сканери – для сканування земної поверхні у важкодоступних місцях, де використання інших приладів ускладнює задачу.

Нівелювання траси проводиться для вивчення рельєфних умов – визначення висот і перевищень автомобільної дороги для спостереження за дорожніми спорудами в період експлуатації дороги. Нівелювання траси в сучасних умовах виробництва проводять лазерними нівелірами, у яких є можливість побудови робочої площини за принципом подвійного зображення.

Цифрові нівеліри застосуються:

- проведення моніторингу деформації споруд;
- визначення висот та перевищень проїзної частини дороги;
- визначення ухилів для розрахунку профілів;
- проведення геодезичного знімання русла;
- нівелювання зон осідання і майданчиків.

Цифрові нівеліри полегшують роботу фахівця, з забезпеченням високої точності вимірів. В останній час широко використовують лазери, які виконують сканування

земної поверхні. Лазерне сканування роботом-сканером дозволяє проводити вимірювальні роботи у важкодоступних місцях.

Метод лазерного сканування використовують при побудові або реконструкції мостових споруд.

Датчики реєструють сигнали лазера, відбиті від різних поверхонь; кожен відбитий сигнал фіксується в пам'яті системи як точка 3D простору.

У процесі лазерного сканування визначається хмара точок в межах радіусу своєї дії завдяки встановленій системі датчиків та іншої апаратури.

Рухаючись на автомобілі, на якому встановлені система датчиків, яка безперервно сканує місцевість на -360° .

Частота сканування – до мільйона імпульсів в секунду.

Результатом лазерного сканування є сформовані хмари точок, які відображають всю місцевість.

Щільність зйомки може бути різною в залежності від поставленого завдання, аж до декількох тисяч пікетів на 1 м^2 . Після закінчення сканування проводять комп'ютерну обробку результатів.

Під час контролю перевіряється відповідність геометричних параметрів їх проектним значенням (рисунком 2). Геометричні параметри автомобільної дороги, які можна контролювати з використанням тахеометрів, можна розділити на такі 3 групи:

- I – параметри земляного полотна;
- II – параметри дорожнього одягу;
- III – загальні параметри дороги.



Рисунок 2 – Реконструкція дорожнього полотна

До параметрів земляного полотна, відносяться наступні:

- довжина прямих ділянок;
- кути повороту траси;
- радіуси кривих в плані;
- радіуси вертикальних кривих;
- ухили і позначки поздовжнього профілю;
- товщина шарів земляного полотна;
- відстань між віссю і брівкою;
- поперечний ухил;
- крутизна схилів;
- поперечні розміри канав по низу;
- поперечні розміри дренажу;
- поздовжні ухили дренажу;
- ширина насипних бERM.

Параметри дорожніх одягів. До параметрів дорожнього одягу відносять:

- висотні позначки по осі дороги;
- ширина шарів дорожнього одягу;
- ширина шарів земляного полотна;
- товщина шарів дорожнього одягу;
- поперечні ухили.

Загальні параметри дороги включають:

- видимість на перехрестях в одному рівні;
- видимість на горизонтальних кривих;
- видимість на вертикальних кривих

Висновки

1. Проведення будівельних робіт інженерних лінійних об'єктів – автомобільних доріг, залізниць, трубопроводів, газопроводів потребує геодезичних вишукувань та проектування.

2. В наш час геодезичні вимірювальні роботи при прокладанні автомобільних доріг та будівництві будинків і споруд проводять найновітніми високоточними геодезичними приладами, які випускають вже з комп'ютерним програмним забезпеченням. Це дозволяє за лічені секунди перекачати результати геодезичних вимірів до комп'ютерної програми для обробки.

3. Проектування будь якої автомобільної дороги або інженерної споруди ведуть за допомогою комп'ютерних програм та з використанням геоінформаційних систем, що дозволяє здійснювати ці роботи на досить високому рівні.

4. Використання геоінформаційних систем в проектуванні автомобільної дороги дозволяє проводити проектні роботи швидко, якісно і з високою точністю. Під час проектування реконструкції дороги ми використовували надсучасні геодезичні вимірні системи і програмні засоби

УДК 528:48

Шостак С.О., м. Харків, Україна

(науковий керівник канд. техн. наук, доц. Казаченко Л.М.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ОБРОБКИ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФУВАННЯ

Геодезичну інформацію, отриману в результаті проведення геодезичних вимірів на місцевості потрібно занести до комп'ютерної програми. Це робиться за допомогою перекачувального пристрою від електронного тахеометру – до комп'ютерної програми, від GPS-приймача - до комп'ютерної програми. Початкові точки – базові, отримані під час прив'язки на пунктах Державної геодезичної мережі.

Програмні засоби обробки геодезичної інформації

- AutoCad;
- AutoCad – DXF;
- AutoCad – DWG;
- GIS-2;
- GIS-6;
- ArcGIS;
- ArcGIS Shape;
- MapInfo - MID;
- MapInfo - MIF,
- Microstation DGN,
- GeoJSON;

Для обробки результатів геодезичного знімання для розробки «Проекту із землеустрою щодо встановлення меж об'єкту природно-заповідного фонду «Бурбулатівський» було застосовано програмне забезпечення Digital. Під час геодезичного знімання було визначено геопросторові дані

об'єкту природно-заповідного фонду, тобто кожен поворотну точку.

Програмне забезпечення українських розробників програми Digitals було розроблено на базі програми AutoCad та пристосовано до геодезичних робіт і картографічної побудови.

Програма Digitals має дуже широкий спектр можливостей:

- працює в автоматизованому режимі;
- містить растрові карти;
- містить умовні знаки для побудови картографічних матеріалів у відповідних масштабах
- здійснює обробку польових геодезичних вимірів;
- перераховує геодезичні координати з однієї системи в іншу;
- допомагає проводити геодезичні зйомочні і розбивочні роботи, оскільки має широкий спектр інформації;
- має інформаційні шари цифрової картографічної продукції;
- здійснює побудову картографічних матеріалів;
- має шаблони для застосування для текстових та графічних матеріалів;
- має шаблони для заповнення обмінних файлів XML/GeoJSON;
- має можливості для відкриття та запису створених картографічних даних у форматах - AutoCad DXF/DWG, ArcGIS Shape, MapInfo MID/MIF, Microstation DGN, In4, XML, GeoJSON;
- має можливості для відкриття растрових даних, що мають координатну прив'язку у форматах GeoTIF, ArcInfo World File та MapInfo TAB;
- має потужні картографічні можливості;
- має шаблони для побудови топографічних планів;
- має потужні можливості накопичення інформації для створення та наповнення баз даних (як приклад база даних Держгеокадастру»;

- можливості для відображення рельєфних умов і побудова горизонталей;
- побудова цифрових моделей місцевості в форматах 2D, 3D;
- можливості розрахунку площ земельної ділянки;
- можливості розрахунків об'ємів земляних робіт;
- має можливості відкриття та підгрузки космічних знімків;
- має можливості відкриття та опрацювання ортофотоплани;
- має можливості опрацювання сканованих цифрових карт;
- має потужне картографічне ядро, для застосування на цифрових фотограмметричних станціях Delta;
- має можливості поєднання векторних цифрових карт і растрового зображення рельєфу;
- має можливості обробки результатів аерокосмічної зйомки;
- має можливості створення ортофотопланів завдяки обробці і сканування результатів аерофотознімання;
- має можливості накопичення та цифрової обробки інформаційних шарів на одній підложці;
- має можливості завантаження космічних знімків з Google Maps, Bing Maps та Публічної кадастрової карти України;
- має можливості автоматичного завантаження растрових карт та космічних знімків та використовувати їх у побудові планів;
- має можливості трансформації растрових карт у певну проекцію геодезичних координат у відповідні системи - СК63, УСК2000, МСК-ХХ;
- має можливості завантаження з Публічної кадастрової карти інформації про межі зареєстрованих земельних ділянок;
- має можливості завантаження космічних знімків та одночасно інформації кадастрового поділу з Публічної

кадастрової карти для побудови планово-картографічного матеріалу;

- має можливості здійснення контролю вже прийнятих кадастрових обмінних файлів XML на земельні ділянки, для уникнення помилок при побудові картографічної продукції;

- має можливості вставки на план різної кількості інформаційних растрів;

- має можливості пошуку земельної ділянки за кадастровим номером;

- має режим трансформації растрових карт;

- має можливості зшивання окремих картографічних планшетів в суцільне картографічне зображення та файл;

- має можливості створення растрових файлів і зчитування зображень з різних файлів;

- має можливості додавання великої кількості ортофотопланів до побудованого картографічного зображення або сканованих растрових карт.

- має можливості збереження картографічної продукції в режимі SQL, СУБД -PostgreSQL, MS SQL;

- має можливості одночасного доступу великої кількості користувачів програми, що зручно у праці на фірмах;

- має можливості редагування та корекції картографічних матеріалів.

Комп'ютерна обробка геодезичних даних в програмі Digitalis

Результати геодезичного знімання було занесено відразу після приїзду з відрядження на зйомку. В процесі виконання геодезичного знімання завжди ведуть абрис, на якому відображають:

- точки знімання,

- ситуацію місцевості,

- прив'язку,

- сусідніх землевласників –землекористувачів

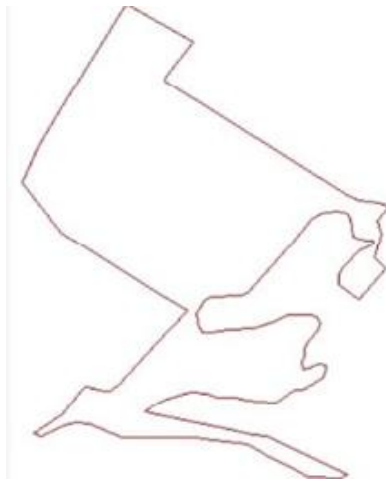
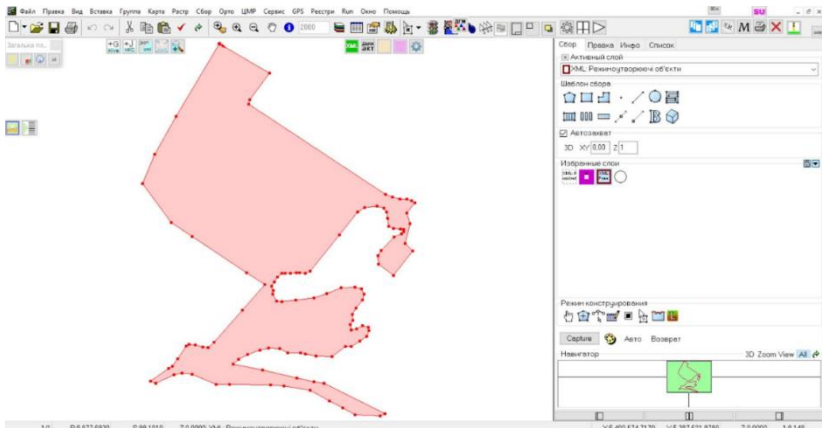


Рисунок 1 – Абрис геодезичного знімання

Згідно абрису, який побудований під час геодезичного знімання і містить інформацію про об'єкт, дані геодезичної зйомки – отримані координати поворотних точок було занесено до комп'ютерної програми відобразились на екрані монітора (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Побудована межа об'єкту ПЗФ
«Бурбулатівський»**

Точки з'єднано в комп'ютерній програмі і отримано лінією замкненого полігону об'єкту природно-заповідного фонду. Далі використано інформаційні шари, які є в програмі Digitals для:

- картографічного відображення об'єкту;
- перевірки місця розташування на цифрових картографічних даних за внесеними геодезичними координатами;
- знаходження правового статусу об'єкту ПЗФ;
- знаходження умовних знаків для побудови картографічного зображення;
- перевірки місця розташування об'єкту картографічної побудови за ортофотопланом;
- суміщення з інформаційним шаром космічний знімок та ін.

Наступним кроком після отримання замкненого полігону об'єкту природно-заповідного фонду було перевірка в програмі його місця розташування на цифровій карті. Для цього було відкрито в програмі інформаційний шар цифрова карта. Відкрилося вікно програми і об'єкт ПЗФ «Бурбулатівський» відобразився на екрані монітору (рисунк 3).

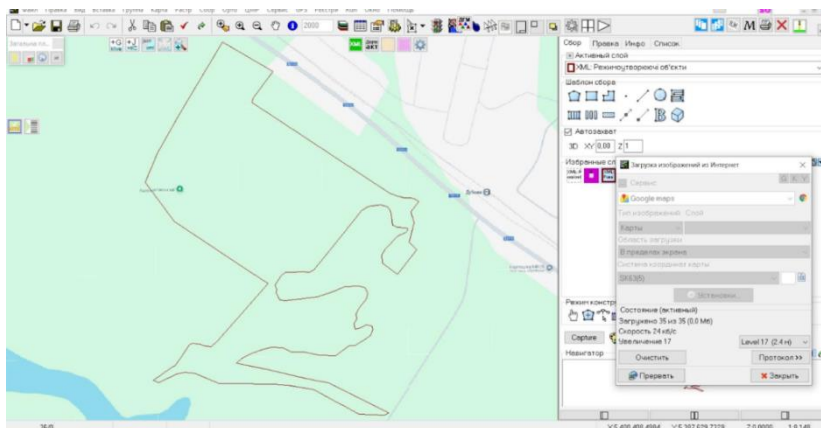


Рисунок 3 – Загрузка місця розташування на цифровій карті

Побудований земельний масив в програмі потрібно було звірити з космічною інформацією, яка є в програмі у вигляді космічних знімків – ортофотоплан. Для цього було відкрито функцію програми ортофотоплани і побудований об'єкт відобразився на екрані монітору програми Digitals.

При суміщенні цифрової картографічної інформації з космічним знімком було отримано зображення земельного масиву і перевірено його дійсне місце розташування (рисунок 4).

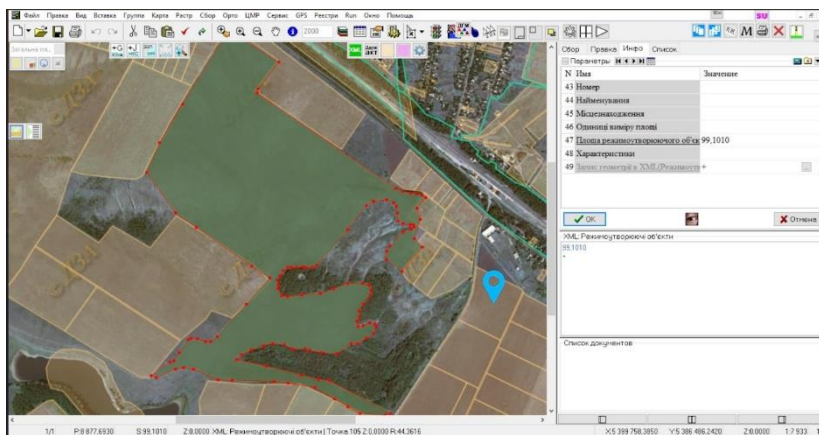


Рисунок 4 – Суміщення земельного масиву з космічним знімком в програмі

Висновки.

1. Програмні засоби обробки геодезичного знімання дають можливість цифрової картографічної побудови.
2. Функції програмного забезпечення Digitals дають можливість комп'ютерній обробці результатів геодезичного знімання, правильної картографічної побудови земельних масивів.
3. Різні інформаційні шари, що містять програмні засоби обробки геодезичної інформації і використання космічних знімків, переведених в суцільну космічну інформацію цифрових карт дають можливість побудови об'єктів та перевірки їх дійсного місця розташування.

УДК 528:48

Шевченко В.В., Войтович В.В., Журавльов Г.В., м. Харків,
Україна

(науковий керівник канд. техн. наук, доц. Казаченко Л.М.)
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС РОЗРОБКИ ПРОЕКТІВ ІЗ ЗЕМЛЕУСТРОЮ

Проведення землевпорядних робіт регульовано законодавством України. Згідно Закону України «Про землеустрій» визначено, що землевпорядні роботи мають право виконувати юридичні особи - організації, підприємства, товариства та фізичні особи – підприємці у складі яких на постійній основі працюють кваліфіковані інженери-землевпорядники та інженери-геодезисти. Землевпорядні організації повинні мати технічне та технологічне забезпечення для здійснення своїх завдань.

Застосування геоінформаційних систем та геодезичних програмних засобів обробки результатів геодезичного знімання забезпечує розробку землевпорядної документації та у її складі побудову відповідних креслень в цифровому вигляді. застосування геоінформаційних систем у сфері геодезії, картографії та землеустрою являється ключовим питанням на сучасному етапі. Цифрові картографічні матеріали, інформація про пункти Державної геодезичної мережі, інформація про місце розташування об'єктів землеустрою все це є у вільному доступі Internet. Фахівці, що розробляють відповідну документацію із землеустрою користуються такою інформацією, що містять геоінфоомаційні системи під час проведення землевпорядних робіт.

Розробка проекту із землеустрою виконується у декілька етапів.

– Першим етапом є укладання договору та технічного завдання на розроблення проекту із землеустрою між замовником та виконавцем.

– Другим етапом є збір та аналіз вихідних даних на об'єкт проектування.

– Третім етапом є виконання геодезичного знімання об'єкту проектування х виїздом на місце його розташування разом з прив'язкою до пунктів Державної геодезичної мережі.

– Четвертим етапом є визначення сторонніх землевласників та землекористувачів, категорії земель, видів земельних угідь.

– П'ятим етапом є комп'ютерна обробка результатів геодезичних вимірів, побудова відповідних креслень та складання документації із землеустрою у паперовому та електронному вигляді.

– Шостим етапом є складання обмінного файлу XML та відправлення документації із землеустрою на державну реєстрацію до Державного земельного кадастру.

– Сьомим етапом є здійснення державної реєстрації земельної ділянки- об'єкту проектування державним реєстратором та складання Витягу з Держгеокадастру.

Для визначення межі земельного масиву проведено геодезичне знімання території

Геодезичне знімання проводилось високоточним геодезичними приладами електронним тахеометром та GPS-приймачем фірми виготовлювача геодезичного обладнання – Trimble.

В результаті знімання було визначено координати всіх поворотних точок об'єкту ПЗФ. Також було здійснено прив'язку до трьох пунктів Державної геодезичної мережі.

В якості прив'язки до пунктів ДГМ були використані пункти III класу 2 розряду триангуляційної мережі. В результаті отримали замкнений полігон з великої кількості точок

Основним завданням геодезичного знімання території є визначення геодезичних даних земельної ділянки, тобто поворотних точок. Для цього фахівець геодезичної справи виїжджає на місце розташування земельної ділянки і здійснює геодезичне знімання території геодезичними приладами.

В наш час від застосування геодезичних приладів залежить якість виконуваних робіт. Таким чином використовуючи електронні високоточні геодезичні прилади для виконання геодезичних знімків території фахівці мають можливість виконання якісного знімання і комп'ютерної обробки результатів геодезичних вимірів.

Геодезичні знімання з використанням електронного тахеометру «Leica FlexLine TS-03» шведського виробника серії «Flex-Line» – високоточний та простий електронний прилад зі зручним інтерфейсом, великим терміном служби. Тахеометр TS03 призначений для виконання високоточних вимірів в інженерній геодезії і будівництві, з оптимальною дальністю, точністю, надійністю. .

Карта пам'яті геодезичного приладу забезпечує максимальну продуктивність обміну інформацією пристрій - RS232

Вбудоване програмне забезпечення у прилад електронний тахеометр Leica FlexField дозволяє виконувати наведення і знімання. Навідні гвинти Leica FlexLine TS03 дозволяють здійснювати високоточні наведення при будь-якому положенні вертикального круга. Комп'ютеризована вбудована новітня система запису атрибутивної інформації та кодування дозволяє не вести абрис і польовий журнал.

Літеро-цифрова клавіатура і великий чорно-білий дисплей з високою роздільною здатністю забезпечують зручність в роботі.

– Власна пам'ять приладу дозволяє зберігати до 2 Гб даних результатів вимірювань.

- Вимірювальна інструментальна точність 1 мм + 1.5 ppm на відбивач; 2 мм + 2 ppm на будь-яку поверхню;
- Швидкість вимірювання кутів досягає - 2.4'';
- Відстань для вимірів у безвідбивному режимі - 500 м;
- Захист від пилі і вологості IP66;
- Програмне забезпечення Leica FlexField

Технічні характеристики електронного тахеометру серії Leica FlexLine TS03 відповідають сучасному веденню геодезичної та картографічної діяльності і слугують для комп'ютерної обробки результатів геодезичних вимірів і побудови картографічних матеріалів.

Використання геоінформаційних систем для розробки проектів із землеустрою в сучасних умовах є необхідним. Комп'ютерна обробка результатів геодезичних вимірів дозволяє швидко, з максимальною точністю побудову креслень за допомогою програмних засобів. Для цього фахівці через перекачувальний пристрій перекачують всю отриману в процесі проведення геодезичних знімальних робіт повну геодезичну інформацію про об'єкт проектування.

Далі здійснюється обробка результатів геодезичних вимірів:

- вибирається програмне забезпечення;
- вибирається задача проектування;
- вибирається масштаб побудови;
- вибирається вид документації із землеустрою (рисунок 1);

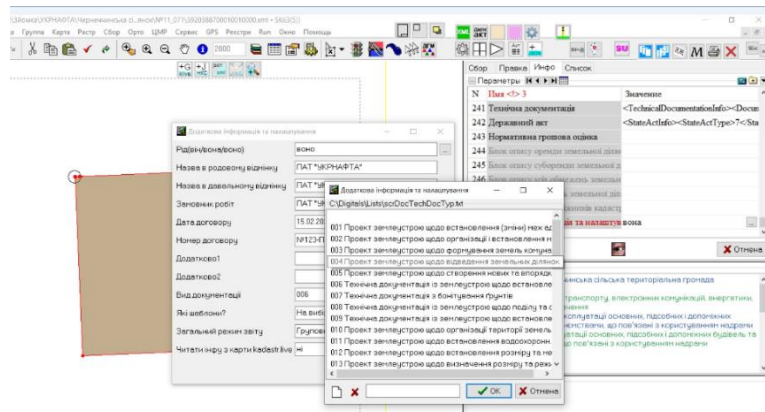


Рисунок 1 – Вибір в програмі виду документації із землеустрою

– вибирається категорія земель в програмі (рисунок 2);

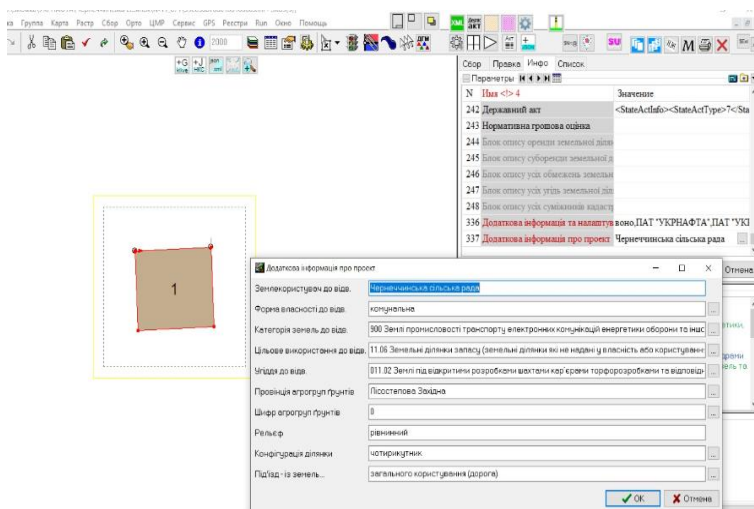


Рисунок 2 – Вибір в програмі категорії земель

- вибираються умовні знаки для певного масштабу;
- вибираються елементи картографічної побудови;
- вибирається вид документації із землеустрою (рисунок 3);

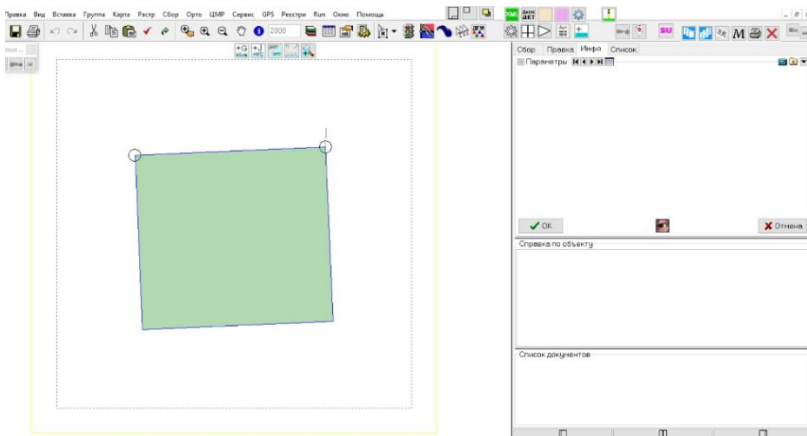


Рисунок 3 – Побудова земельної ділянки

- вибирається категорія земель;
- вибирається вид угідь;
- вибирається вид запису обмінного файлу.

Вибираємо вікно програми, до якої заносимо замовника, розробника (рисунок 4)

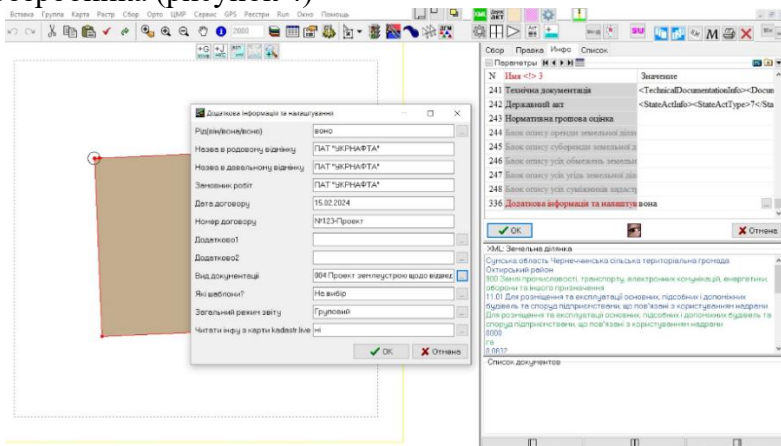


Рисунок 4 – Вибір в програмі замовника , розробника

Висновки

1. Застосування геоінформаційних систем та геодезичних програмних засобів обробки результатів геодезичного знімання забезпечило побудову відповідних креслень в цифровому вигляді.

2. Встановлення меж земельних ділянок на території населених пунктів для житлової забудови – будівництва і обслуговування житлових будівель і споруд здійснюється шляхом розробки проектів із землеустрою.

3. Застосування геоінформаційних систем і геодезичної складової розроблення проектів із землеустрою щодо відведення земельної ділянки з метою її формування в Державному земельному кадастрі та надання у власність або користування є основою створення таких проектів.

УДК: 528.4

Малєєва О.В., Рідін М.А., Усачов В.С., м. Харків, Україна
(науковий керівник к.т.н., доц. Саркісян Г. С.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО 3D-СКАНУВАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВИСОКОТОЧНОЇ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ АРХІТЕКТУРНОГО ОБ'ЄКТА

У сучасних умовах розвитку будівництва, реставрації та цифрового моделювання зростає потреба у створенні точних тривимірних моделей архітектурних об'єктів. Такі моделі використовуються для проектування, реконструкції, моніторингу технічного стану будівель, а також для збереження об'єктів культурної спадщини. Традиційні геодезичні методи не завжди дозволяють оперативно отримати достатньо детальну інформацію про складну геометрію споруд. У зв'язку з цим все більшого поширення набуває лазерне 3D-сканування, яке забезпечує високу щільність і точність просторових даних.

Метою роботи є дослідження можливостей застосування лазерного 3D-сканування для створення високоточної тривимірної моделі архітектурного об'єкта та оцінка ефективності даного методу. Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати технологію лазерного 3D-сканування; дослідити етапи обробки хмари точок; визначити фактори, що впливають на точність моделі; оцінити переваги та обмеження методу; розглянути практичний приклад створення тривимірної моделі.

Лазерне 3D-сканування базується на визначенні відстані до об'єкта за допомогою лазерного імпульсу. У результаті формується хмара точок, що містить просторові координати з високою щільністю. Сучасні наземні лазерні сканери забезпечують точність вимірювання відстані на рівні від 1 мм до 3 мм на відстані до 100 м, що дозволяє отримувати

детальні моделі навіть складних архітектурних форм.

Сканування об'єкта виконується з декількох станцій із метою повного покриття поверхні. При цьому щільність точок може досягати 1 мм між сусідніми точками на поверхні об'єкта залежно від налаштувань сканера та відстані до нього. Отримані скани об'єднуються шляхом реєстрації з використанням маркерів або методів автоматичного суміщення.

Після польового етапу виконується камеральна обробка даних. Вона включає очищення хмари точок від шумів, видалення зайвих об'єктів, а також оптимізацію структури даних. Далі формується тривимірна модель у вигляді полігональної сітки. Об'єктом дослідження було обрано пам'ятник «Вчителю, Педагогу, Вченому» (рис. 1), який розташовано у внутрішньому дворі Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.



Рисунок 1 – Фото пам'ятника «Вчителю, Педагогу, Вченому»

Підготовка до виконання польових робіт почалася з визначення геометричних особливостей об'єкта та аналізу умов доступу. Особливу увагу було приділено розташуванню рослинності, яка частково затінює пам'ятник, особливо з боку задньої частини. Крім того, через обмежений простір внутрішнього двору було

потрібно ретельно спланувати розміщення сканувальних станцій таким чином, щоб мінімізувати кількість «мертвих зон» – ділянок, що не потрапляють у поле зору сканера. Розміщення станцій сканування виконувалося за схемою, наближеною до кола, з кроком приблизно 3,5 метри між точками. Завдяки широкому полю зору Trimble TX6 (360° по горизонталі та 317° по вертикалі) більшість поверхонь скульптури потрапляли до поля зору приладу без потреби у складному розміщенні. У деяких випадках сканер встановлювався з легким зміщенням вгору або вниз, що дозволяло покращити охоплення деталей постаменту або верхньої частини фігури.

У результаті сканування було отримано хмару точок обсягом кілька мільйонів точок. Після обробки даних було побудовано тривимірну модель пам'ятника з детальним відображенням архітектурних елементів. У програмному середовищі Trimble Business Center було створено окремий регіон, що містить лише геометрію пам'ятника без сторонніх об'єктів. Отримана модель відображає ключові елементи скульптури з високою деталізацією, зберігає масштаб, пропорції та структуру об'єкта.

Отримані результати (рис. 2) свідчать, що лазерне 3D-сканування забезпечує високу точність і деталізацію просторових даних. Основною перевагою методу є можливість швидкого отримання великої кількості вимірювань без контакту з об'єктом. Це особливо важливо при роботі зі складними або важкодоступними архітектурними формами.

Водночас точність кінцевої моделі залежить від декількох факторів: кількості станцій сканування, якості їх взаємної прив'язки, налаштувань обладнання та умов зйомки. Значний обсяг даних потребує ефективної обробки та оптимізації. У порівнянні з фотограмметрією лазерне сканування забезпечує більш стабільну точність геометричних параметрів, тоді як фотограмметричні методи можуть залежати від текстури та освітлення об'єкта.



Рисунок 2 – Результат очищення хмари точок

Лазерне 3D-сканування є високоефективним методом створення тривимірних моделей архітектурних об'єктів із точністю на рівні кількох міліметрів. Це дозволяє використовувати отримані моделі для інженерного аналізу, проектування та реставрації. Застосування даної технології забезпечує значне скорочення часу польових робіт і підвищення інформативності результатів. Разом з тим важливим є правильне виконання етапів обробки даних, що безпосередньо впливає на якість кінцевої моделі. Таким чином, лазерне 3D-сканування є перспективним інструментом сучасної інженерної геодезії, який доцільно застосовувати для задач, що потребують високої точності та деталізації.

УДК: 528.4

Піднебенна С.О., Подолянчук Д.С., м. Харків, Україна
(науковий керівник к.т.н., доц. Саркісян Г. С.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ ЗА ДАНИМИ НІВЕЛЮВАННЯ ТА ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ

У сучасних умовах розвитку будівельної галузі, транспортної інфраструктури та землеустрою особливого значення набуває створення точних і детальних цифрових моделей рельєфу. Цифрова модель рельєфу є основою для проєктування автомобільних доріг, інженерних споруд, аналізу територій та прийняття управлінських рішень. Водночас існує значна кількість методів отримання вихідних даних для побудови таких моделей, серед яких одними з найбільш поширених є геометричне нівелювання та лазерне 3D-сканування. Кожен із цих методів має свої переваги та обмеження, що ускладнює вибір оптимальної технології для конкретних умов. У зв'язку з цим актуальним є порівняння зазначених методів з точки зору точності, продуктивності та придатності до створення цифрових моделей рельєфу.

Метою роботи є порівняльний аналіз методів побудови цифрової моделі рельєфу за даними геометричного нівелювання та лазерного 3D-сканування з визначенням їх ефективності та доцільності застосування в інженерно-геодезичній практиці.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі: проаналізувати особливості отримання даних методом геометричного нівелювання; дослідити технологію лазерного 3D-сканування та обробки хмар точок; визначити основні критерії порівняння методів (точність, щільність даних, продуктивність); виконати

порівняльний аналіз результатів; обґрунтувати доцільність використання кожного з методів або їх поєднання.

Геометричне нівелювання є одним із найточніших методів визначення висотних відміток точок місцевості. Його суть полягає у визначенні перевищень між точками за допомогою нівеліра та рейок. Метод широко застосовується при створенні висотних мереж, виконанні інженерних вишукувань і контролі будівельних робіт. Основною перевагою нівелювання є висока точність результатів, яка може досягати міліметрового рівня. Разом з тим цей метод характеризується значною трудомісткістю та обмеженою кількістю точок, що визначаються у процесі вимірювань. Це призводить до того, що цифрова модель рельєфу, побудована на основі нівелювання, має меншу деталізацію і потребує інтерполяції між точками.

Лазерне 3D-сканування є сучасним методом збору просторових даних, який дозволяє отримувати велику кількість точок за короткий час. Принцип роботи полягає у вимірюванні відстаней до поверхні за допомогою лазерного променя з подальшим формуванням хмари точок. У результаті формується детальне цифрове представлення об'єкта або території. Щільність таких даних може досягати сотень тисяч і навіть мільйонів точок, що забезпечує високу деталізацію моделі рельєфу. Це особливо важливо при дослідженні складних поверхонь або об'єктів із нерівномірним рельєфом.

Разом із перевагами лазерного сканування слід враховувати і його особливості. Значний обсяг даних потребує спеціалізованого програмного забезпечення для обробки, такого як Trimble RealWorks або інші аналогічні комплекси. Обробка включає фільтрацію шумів, видалення сторонніх об'єктів, класифікацію точок та побудову поверхні. Крім того, точність отриманих результатів залежить від параметрів сканера, умов зйомки та правильності геодезичної прив'язки.

При побудові цифрової моделі рельєфу за даними

нівелювання, як правило, використовується регулярна або нерегулярна мережа точок, на основі якої створюється триангуляційна модель або сітка висот. У випадку лазерного сканування модель формується безпосередньо з хмари точок, що дозволяє більш точно відобразити мікрорельєф території. Однак надлишкова деталізація іноді потребує узагальнення даних для подальшого використання у проєктуванні.

Об'єктом дослідження була обрана ділянка місцевості на території Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, яка розташована у внутрішньому дворі. Польові роботи з нівелювання виконувалися методом нівелювання по квадратах за допомогою цифрового нівеліра Sprinter 100M від компанії Leica (рис. 1). По результатам зйомки був створений каталог координат з визначенням висот у вершинах.



Рисунок 1 – Цифровий нівелір Leica Sprinter 100M

Для лазерного сканування було використано наземний лазерний 3D-сканер Trimble TX6 (рис. 2). Перед початком сканування було оглянуто місцевість та визначено 5 оптимальних місць для розташування станцій сканування.



Рисунок 2 – Наземний лазерний 3D-сканер Trimble TX6

Порівняння методів показало, що геометричне нівелювання забезпечує найвищу точність визначення висот окремих точок, проте не дозволяє отримати достатню щільність даних для детального моделювання рельєфу. У свою чергу, лазерне 3D-сканування забезпечує високу щільність і повноту даних, що дозволяє створювати детальні цифрові моделі, але точність окремих точок може бути нижчою порівняно з нівелюванням.

За критерієм продуктивності лазерне сканування значно перевершує традиційні методи, оскільки дозволяє виконувати зйомку великих територій за короткий час. Водночас камеральна обробка даних є більш складною і потребує додаткових ресурсів. Нівелювання, навпаки, потребує значних затрат часу у польових умовах, але є відносно простим у подальшій обробці.

З точки зору практичного застосування доцільним є комбінований підхід. Використання нівелювання для створення опорної висотної основи та лазерного сканування для деталізації рельєфу дозволяє отримати оптимальний результат. Такий підхід забезпечує як високу точність, так і достатню інформативність цифрової моделі.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що кожен із розглянутих методів має свої переваги та обмеження. Геометричне нівелювання забезпечує високу точність, але є менш ефективним при створенні детальних моделей рельєфу. Лазерне 3D-сканування дозволяє отримати високодеталізовані дані, проте потребує складної обробки та контролю точності.

Найбільш ефективним підходом у сучасній інженерно-геодезичній практиці є поєднання цих методів. Це дозволяє підвищити якість цифрових моделей рельєфу, зменшити похибки та оптимізувати процес отримання і обробки даних. Таким чином, вибір технології має здійснюватися з урахуванням вимог до точності, умов виконання робіт та наявних технічних ресурсів.

УДК: 528.7

Добрострой А.О., Білецька Є.М., м. Харків, Україна
(науковий керівник к.т.н., доц. Саркісян Г. С.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ФОТОГРАММЕТРИЧНОЇ ОБРОБКИ АЕРОФОТОЗНІМКІВ

У сучасних умовах розвитку геодезії та дистанційного зондування Землі значного поширення набули фотограмметричні методи отримання просторових даних. Особливо актуальним є використання аерофотознімання з безпілотних літальних апаратів для створення цифрових моделей рельєфу. Такі моделі широко застосовуються у проєктуванні автомобільних доріг, землеустрої, будівництві та моніторингу територій. Водночас процес побудови цифрової моделі рельєфу за фотограмметричними даними має ряд особливостей, пов'язаних із точністю орієнтування знімків, якістю вихідних даних та алгоритмами обробки. Це зумовлює необхідність дослідження технологічних аспектів формування цифрової моделі рельєфу (ЦМР) на основі аерофотознімків.

Метою роботи є дослідження особливостей побудови цифрових моделей рельєфу за результатами фотограмметричної обробки аерофотознімків та оцінка їх придатності для вирішення інженерно-геодезичних задач.

Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати етапи фотограмметричної обробки аерофотознімків; дослідити процес формування хмари точок і цифрової моделі рельєфу; визначити фактори, що впливають на точність моделі; оцінити переваги та обмеження методу; обґрунтувати можливості його застосування у практиці.

Фотограмметрична обробка аерофотознімків базується на визначенні просторового положення точок місцевості за їх зображеннями на перекривних знімках. Основними етапами є орієнтування знімків, побудова щільної хмари точок, створення цифрової моделі поверхні та подальше отримання цифрової моделі рельєфу.

Першим етапом є внутрішнє та зовнішнє орієнтування знімків. Внутрішнє орієнтування враховує параметри камери, тоді як зовнішнє визначає положення та орієнтацію знімків у просторі. Для підвищення точності використовуються наземні опорні точки, координати яких визначаються GNSS-методами або тахеометрією. Якість цього етапу безпосередньо впливає на геометричну точність усієї моделі. Наступним етапом є побудова щільної хмари точок. У результаті автоматизованої обробки формується велика кількість просторових точок, що відображають поверхню місцевості. Далі створюється цифрова модель поверхні, яка включає всі об'єкти, розташовані на території. Для отримання цифрової моделі рельєфу необхідно виконати фільтрацію даних, тобто видалити точки, що відповідають будівлям, рослинності та іншим об'єктам. Цей етап є критичним, оскільки саме він визначає точність відображення рельєфу. Після цього формується модель у вигляді регулярної сітки або триангуляційної нерегулярної мережі.

У якості прикладу було розглянуто створення цифрової моделі рельєфу ділянки с. Максимівка, що розташовано в межах Паланської об'єднаної територіальної громади Уманського району Черкаської області, за даними аерофотознімання з безпілотного літального апарата. Зйомка виконувалася на висоті близько 270 м із поздовжнім перекриттям знімків 80 % та поперечним – 70 %. На території було закладено 11 опорних точок, координати яких визначені GNSS-приймачами. В результаті підготовчих робіт було визначено координати 11 точок планово-висотної прив'язки (табл. 1).

Таблиця 1 – Каталог координат точок планово-висотної прив'язки

№	СК63(3)			УСК2000 (МСК-71)		
	X, м	Y, м	Z, м	X, м	Y, м	Z, м
maks16	5379422,42	3339747,74	222,05	5389526,62	192320,61	222,05
maks17	5380466,21	3339356,22	215,60	5390580,43	191956,53	215,60
maks18	5379651,22	3339171,81	213,84	5389770,46	191750,80	213,84
maks19	5378794,36	3339231,28	216,35	5388912,24	191787,82	216,35
maks20	5377612,16	3339944,95	203,16	5387711,61	192470,36	203,16
maks21	5377708,36	3339459,68	213,52	5387820,50	191987,72	213,52
maks22	5378479,39	3339652,99	214,38	5388586,29	192201,18	214,38
maks23	5379847,21	3338477,61	225,80	5389984,60	191061,90	225,80
makscont1	5379340,13	3339220,53	214,86	5389458,16	191791,37	214,86
makscont2	5380175,88	3339325,69	210,73	5390290,97	191918,40	210,73
makscont3	5379076,16	3339576,85	220,49	5389184,92	192140,69	220,49

Після фотограмметричної обробки було отримано щільну хмару точок, на основі якої сформовано цифрову модель поверхні. Далі виконано класифікацію точок із виділенням рельєфу. У результаті отримано цифрову модель рельєфу з достатньою деталізацією для вирішення задач проєктування та аналізу території (рисунк 1). Порівняння з контрольними висотами, отриманими геодезичними методами, показало, що середня похибка визначення висот знаходиться в межах кількох сантиметрів, що є прийнятним для більшості інженерних задач.

Фотограмметричний метод дозволяє оперативно отримувати великі обсяги просторових даних із високою деталізацією. Його основними перевагами є висока продуктивність, економічність при роботі на великих територіях та можливість автоматизації обробки.

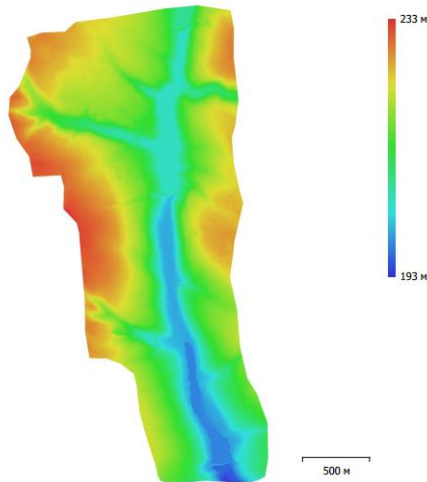


Рисунок 1 – Вирахувана цифрова модель місцевості с. Максимівка

Водночас точність результатів залежить від умов зйомки, якості вихідних знімків та правильності обробки. Найбільш складним етапом є виділення рельєфу, особливо на ділянках із густою рослинністю. У таких випадках можливі спотворення моделі. Порівняно з лазерним скануванням фотограмметрія є менш ефективною для визначення рельєфу під рослинним покривом, але значно виграє у вартості та доступності. У порівнянні з традиційними методами вона забезпечує значно більшу щільність даних.

Фотограмметрична обробка аерофотознімків є ефективним методом створення цифрових моделей рельєфу, що поєднує високу продуктивність і достатню точність для більшості інженерних задач.

УДК: 528.48

Сілаков Н.М., Крот Д.А., Ворона О.С., м. Харків, Україна
(науковий керівник к.т.н., доц. Мусієнко І.В.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ВИКОРИСТАННЯ МІРНИХ СТРІЧОК У СУЧАСНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАННЯХ

Вступ

Стрімкий розвиток електронних тахеометрів та ГНСС-технологій звузив сферу застосування мірних стрічок. Проте мірні стрічки залишаються незамінним інструментом у низці геодезичних задач і продовжують активно випускатися провідними світовими виробниками [1, 2]. За даними EN 13225 [3], щорічно в Європі сертифікується понад 200 моделей вимірювальних стрічок та рулеток різних класів точності.

Метою даної статті є систематизація сучасних мірних стрічок та рулеток за класами точності (ЕС) та типами конструкції, визначення сфер їх оптимального застосування в геодезії, а також огляд основних виробників, представлених на ринку станом на 2026 рік.

1. Сфери застосування мірних стрічок у сучасній геодезії

Незважаючи на повсюдне впровадження електронних засобів вимірювання, існує низка ситуацій, де мірні стрічки залишаються або єдиною можливим, або найбільш доцільним інструментом [1, 4].

Калібрування базисів електронних далекомірів (EDM). Інварні стрічки з коефіцієнтом лінійного розширення $\alpha \approx 1,2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ є еталонним засобом для створення та перевірки калібрувальних базисів. При вимірюванні базису довжиною 24 м відхилення температури на 10°C дає похибку лише 0,29 мм (проти 2,76

мм для сталевий стрічки), що забезпечує точність 1:200 000 і вище [5, 6].

Прецизійні вимірювання при зведенні складних будівельних споруд. При виносі в натуру колон, опор, елементів каркасів та інших конструктивних елементів з точністю до 1 мм і вище можливості електронних віддалемірів (EDM) часто виявляються недостатніми. Типова точність EDM складає $\pm(1-2 \text{ мм} + 1-2 \text{ ppm})$, що при коротких відстанях (до 5-10 м) поступається каліброваній сталевій стрічці ЕС класу I з допуском $\pm 0,3-0,5$ мм. У промисловому та цивільному будівництві, при монтажі технологічного обладнання, зведенні мостових конструкцій та висотних будівель мірні стрічки залишаються основним засобом лінійних вимірювань на коротких відстанях, де потрібна субміліметрова точність [4, 7].

Створення базисів при моніторингу деформацій та осідань. При організації геодезичного моніторингу осідань фундаментів, деформацій гідротехнічних споруд (дамб, гребель), зсувних процесів та промислових об'єктів необхідне створення стабільних еталонних базисів для контролю лінійних розмірів. Інварні та високоточні сталеві стрічки ЕС класу I дозволяють закладати контрольні бази з відомою довжиною та відносною похибкою не гірше 1:100 000, що є необхідною умовою виявлення малих деформацій на рівні десятих часток міліметра [5, 6].

Підземні виміри без доступу ГНСС. У тунелях, шахтах, метрополітенах та інших підземних спорудах, де супутникові сигнали недоступні, основним інструментом лінійних вимірювань є електронні тахеометри з віддалемірами, які забезпечують достатню точність для більшості підземних задач. Проте у випадках, коли потрібна найвища точність (прокладання підхідних ходів до зустрічної збіжки, контроль осей тунелів, монтаж обладнання з субміліметровими допусками), сталеві стрічки ЕС класу I та інварні стрічки використовуються як засіб

незалежного контролю або як основний вимірювальний інструмент [4, 7].

Вимірювання поблизу ліній електропередач (ЛЕП). Фіброволоконні рулетки є єдиним безпечним типом мірних стрічок для робіт поблизу високовольтних ліній, оскільки вони не проводять електричний струм. Це регламентується правилами техніки безпеки при роботі поблизу електроустановок [1, 8].

Розмічувальні роботи та знімання деталей ситуації. При тахеометричному знімання масштабу 1:500 та крупніше для вимірювання відстаней від знімальних основ до контурів ситуації широко застосовуються сталеві рулетки (3–20 м) класу ЕС I-II. Їх перевагами є простота, надійність, відсутність потреби у живленні та швидкість роботи при коротких відстанях [4, 9].

Навчальні та польові практики. У геодезичній освіті мірні стрічки є базовим інструментом для формування у студентів розуміння методології лінійних вимірювань, джерел похибок та методів їх компенсації. Фіброволоконні та тасьмові стрічки широко застосовуються у навчальних практиках завдяки низькій вартості та безпечності [4, 10].

2. Класифікація за точністю (ЕС класи)

Європейський стандарт EN 13225 (ISO 9073) [3] визначає три класи точності вимірювальних стрічок та рулеток, кожен з яких характеризується формулою допустимого відхилення, де L – номінальна довжина стрічки в метрах (табл. 1).

Стрічки ЕС класу I забезпечують найвищу точність і підлягають обов'язковій щорічній повірці. До цього класу належать сталеві стрічки Fisco Surveyor (Великобританія), Stanley FatMax (США), Stabila BM 100 G (Німеччина) [1, 2].

Стрічки ЕС класу II є стандартом для більшості геодезичних робіт. Повірка проводиться раз на два роки.

Таблиця 1 – Класифікація точності за EN 13225 [3]

Клас	Формула допуску	Допуск для 30 м	Застосування
ЕС I	$\pm(0,1 + 0,1 \cdot L)$ мм	$\pm 3,1$ мм	Геод. виміри 1-2 кл, базииси
ЕС II	$\pm(0,3 + 0,2 \cdot L)$ мм	$\pm 6,3$ мм	Теодолітні ходи, зйомка
ЕС III	$\pm(1,5 + 0,5 \cdot L)$ мм	$\pm 16,5$ мм	Допоміжні виміри
Геод. I клас	$\pm 0,1-0,3$ мм / 50 м	$\pm 0,1$ мм / 24 м	Базииси ГМГ I кл

Сюди належать моделі Lufkin Y1276DN, Stabila LBM 1000/2000, ВМІ Talmeter, а також фіброволоконні рулетки [1, 2]. Стрічки ЕС класу III (тасьмові, тканинні) мають найменшу точність і не підходять для самостійних геодезичних вимірювань [3, 4].

Окремо слід виділити інварні стрічки геодезичного I класу з точністю $\pm 0,1-0,3$ мм на 50 м та відносною похибкою 1:200 000 і вище. Вимірювання з ними потребують спеціальних умов: розміщення на штативах (підставках), стандартизований натяг 8–15 кг, контроль температури стрічки (не повітря), врахування нахилу ділянки [5, 6].

3. Класифікація за типом конструкції

За типом конструкції та матеріалом полотна мірні стрічки поділяються на п'ять основних груп (табл. 2) [1, 2, 4] (табл. 2).

Сталеві геодезичні стрічки (20–100 м) є основним інструментом для лінійних вимірювань у теодолітних ходах 4 класу та розмічувальних роботах. При їх використанні обов'язковим є введення поправок за температуру ($\Delta T = \alpha \cdot l \cdot (t - t_0)$, де $\alpha \approx 11,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ для сталі), за нахил ($\Delta h = -h^2/(2 \cdot l)$) та за довжину стрічки за свідоцтвом повірки [4, 7].

Таблиця 2 – Класифікація мірних стрічок за типом конструкції [1, 2]

Тип стрічки	Матеріал	ЕС клас	Довжини	Ціна, \$	Безпека ЛЕП
Сталеві геодезичні (20–100 м)	Сталь 0,2–0,3 мм	I–II	20-100 м	15-120	✗
Інварні (базисні)	Інвар Ni36+Fe64	Геод. I кл	24, 50 м	300-5000	✗
Сталеві рулетки (до 20 м)	Сталь / нерж.	I–II	3-20 м	5-60	✗
Фіброволоконні	Фібро + вініл	II–III	10-100 м	8-60	✓
Тасьмові (тканинні)	Ляне / PVC	III	10-30 м	3-25	✓

Інварні стрічки виготовлені зі сплаву 64 % заліза та 36 % нікелю, що забезпечує коефіцієнт температурного розширення у 10 разів менший, ніж у сталі. Базисні виміри з інварною стрічкою досягають відносної похибки 1:300 000 – 1:1000000. На сьогодні інварні стрічки майже повністю замінені електронними тахеометрами та ГНСС для рядових вимірювань, проте для калібрування базисів EDM та вимірювань I класу в умовах недоступності ГНСС (тунелі, шахти) вони залишаються еталонним інструментом [5, 6].

Фіброволоконні рулетки не проводять електрику, що робить їх єдиним безпечним типом стрічки для зйомок поблизу ЛЕП та контактних мереж залізниць. Головним недоліком є підвищене розтягування (~0,5-1,5 мм/10 м при натязі), що обмежує їх застосування допоміжними вимірами та зніманням ситуації [1, 8].

Тасьмові (тканинні) стрічки мають найнижчу точність (ЕС III: ±1,5-3,0 мм/10 м) і призначені виключно для допоміжних вимірів: пікетажу, знімання ситуації методом перпендикулярів з невисокими вимогами, промислових

обмірів. Лляна тасьма вбирає вологу і може розтягуватися до 0,5–1 % від довжини при намоканні [4].

4. Основні виробники

Сучасний ринок мірних стрічок для геодезії представлений шістьма основними виробничими групами, що охоплюють понад 35 моделей [1, 2] (табл. 3).

Таблиця 3 – Основні виробники мірних стрічок для геодезії [1, 2]

Виробник	Країна	Ключові серії	ЕС клас	Особливості
Fisco	Великобританія	Surveyor, Futura, Satellite	I–II	ЕС I (Surveyor); Tough Coat нейлон; фібро-серія
Lufkin / Crescent	США	Y1276DN, FT30CME, 32-100MA	II	Геодезичні стрічки 15–100 м; шкала температ. поправок
Stanley	США	FatMax 5/8/10 m	I	IP54; Blade Armor; standout 3 м при 32 мм полотні
Stabila	Німеччина	LBM 1000/2000, BM 100 G	I–II	IP65 метал. корпус (BM 100 G); нержавіюча сталь
BMI	Німеччина	Talimeter, VARIO S	II–III	Подвійне оцифрування; лляні тасьмові стрічки
Komelon	Корея / США	4912, KF4930, Cloth	II–III	Фібро та тасьмові; доступна ціна; поширені в Україні
ADA / KBT	Україна	Long Tape, Fibertape, MT	II–III	Бюджетні; відповідність нормативам; масове застосув. у ВНЗ

Серед усіх представлених виробників особливу увагу заслугоує британська компанія Fisco, яка випускає серію

Surveyor – єдину на ринку сталеву стрічку з класом точності EC I довжиною 30 та 50 м. Покриття Tough Coat (нейлон) захищає полотно від корозії та механічних пошкоджень [1, 2]. Німецька Stabila вирізняється моделлю VM 100 G з унікальним металевим корпусом класу захисту IP65, що робить її єдиною рулеткою, придатною для роботи в умовах підвищеної вологості та запиленості [2].

На вітчизняному ринку широко представлені стрічки ADA Instruments та KBT, які відповідають вимогам ДБН і є основним інструментом для навчальних практик у закладах вищої освіти геодезичного профілю завдяки доступній ціні (\$4–25) [1].

Висновки

1. Мірні стрічки та рулетки залишаються актуальним інструментом у сучасній геодезії, маючи чітко визначені сфери застосування, де вони або єдино можливі (калібрування базисів EDM, прецизійні вимірювання при зведенні складних будівельних споруд, створення базисів моніторингу деформацій, роботи поблизу ЛЕП), або є найбільш доцільними (розмічувальні роботи, знімання деталей ситуації, навчальні практики).

2. Європейська класифікація EN 13225 (ЕС класи I, II, III) забезпечує уніфіковану систему оцінки точності стрічок. Для геодезичних вимірювань мінімально прийнятним є ЕС клас II; для відповідальних робіт – ЕС клас I. Інварні стрічки геодезичного I класу забезпечують найвищу точність (1:200 000 і вище) за рахунок мінімального температурного розширення.

3. П'ять типів стрічок (сталеві довгі, інварні, сталеві рулетки, фіброволоконні, тасьмові) мають чітке розмежування за сферами застосування. Правильний вибір типу стрічки та відповідного класу точності є необхідною умовою забезпечення якості геодезичних вимірювань.

4. Ринок мірних стрічок представлений широким спектром виробників від преміальних (Fisco, Stabila) до

бюджетних (ADA, КВТ), що дозволяє підібрати інструмент для будь-яких задач та бюджетів.

Література

1. Електронний каталог мірних стрічок та рулеток для геодезії: сталеві, інварні, фіброволоконні, тасьмові. Лютий 2026 р. (укладач – Мусієнко І. В.).

2. The Tape Store : Surveying Tapes and Measuring Equipment. URL: <https://thetapestore.co.uk> (дата звернення: 01.02.2026).

3. EN 13225:2003. Measuring instruments – Measuring tapes. European Committee for Standardization (CEN), 2003.

4. Геодезія : підручник / за ред. С. Г. Могильного і С. П. Войтенка. Київ : Знання, 2003. 654 с.

5. Савчук С. Г. Вища геодезія : підручник. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2005. 312 с.

6. Островський А. Л. Геодезія. Частина друга : підручник. Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2008. 508 с.

7. 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: 09.03.2026).

8. Правила охорони праці під час виконання топографо-геодезичних робіт. Наказ Держгірпромнагляду від 05.06.2009 № 98.

9. Engineer Supply : Surveying and Mapping Equipment. URL: <https://engineersupply.com> (дата звернення: 01.02.2026).

10. Трегуб М. В. Інженерна геодезія : підручник. Київ : Ліра-К, 2020. 540 с.

УДК: 528.44:621.375.826

Рибачук М.О., Тюпа І.В., м. Харків, Україна

(науковий керівник к.т.н., доц. Мусієнко І.В.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

СУЧАСНЕ ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ У ГЕОДЕЗІЇ: ВИДИ, ТОЧНІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЇ

Вступ

Лазерне сканування (Light Detection And Ranging, LiDAR) за останні два десятиліття перетворилося з вузькоспеціалізованої технології на один із базових інструментів геодезичного виробництва. Здатність отримувати тривимірні хмари точок з мільйонами координат за лічені хвилини принципово змінила підходи до виконання топографічних зйомок, моніторингу деформацій, BIM-моделювання та картографування території [1, 2].

Станом на 2026 рік ринок пропонує три принципово різні види лазерного сканування для геодезичних задач: наземне (TLS – Terrestrial Laser Scanning), мобільне (MLS – Mobile Laser Scanning на транспортних засобах) та повітряне (UAV LiDAR – Unmanned Aerial Vehicle лазерний локаатор (лідар) для безпілотного літального апарата). Кожен вид має власний діапазон точностей, продуктивності та вартості, що визначає його оптимальну нішу [3, 4, 5].

Метою даної статті є порівняльний аналіз трьох видів лазерного сканування за точністю, продуктивністю та економічною ефективністю з прив'язкою до конкретних типів геодезичних робіт, а також огляд сучасних моделей та виробників на основі систематизованих каталогів обладнання.

1. Види лазерного сканування та принципи вимірювання

За способом розміщення сканера відносно об'єкта та характером руху під час зйомки лазерне сканування поділяється на три основні види [1, 2, 3]:

Наземне лазерне сканування (TLS). Сканер встановлюється на штативі в стаціонарному положенні. Виконує панорамне сканування (поле зору до $360^\circ \times 320^\circ$) з однієї точки. Для покриття об'єкта необхідні кілька станцій з подальшою реєстрацією (зшивкою) хмар точок. Швидкість – до 2 млн точок/с (Leica RTC360). За принципом вимірювання TLS поділяються на імпульсні (ToF), фазові (Phase-shift), WFD/WFP (аналіз повної форми сигналу) та SLAM-сканери [3, 6].

Мобільне лазерне сканування (MLS). Система LiDAR, GNSS-приймач, інерціальний блок (IMU) та камери встановлюються на транспортному засобі (автомобіль, потяг, катер). Знімання виконується в русі на швидкості до 130 км/год без зупинок. Продуктивність – десятки кілометрів коридорів за годину. Ключовим фактором точності є клас IMU: tactical grade (Applanix AP60) забезпечує ~10-15 мм, survey grade ~15-20 мм, MEMS ~30-50 мм [4, 7].

Повітряне лазерне сканування (UAV LiDAR). Сенсор LiDAR встановлюється на БПЛА (мультикоптер або літакоподібний). Знімання з висоти 50-300 м AGL. Покриття – до 50-100 га за один політ (залежно від висоти та швидкості). Системна точність: 3-5 см для масових систем (DJI Zenmuse L2), 15-25 мм для професійних WFP-систем (Riegl VUX-1UAV). Технологія WFP забезпечує проникнення лазера крізь листяний покрив для отримання DTM під кронами дерев [5, 8] (рис. 1).

2. Точність сканування та відповідність типам геодезичних робіт

Точність лазерного сканування визначається комбінацією трьох компонент: внутрішньою точністю

1 НАЗЕМНЕ ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ (TLS)

Штатив · Стационарне · 360°×320° · 1–5 хв/станція · Точність 0.3–12 мм · Дальність до 2500 м

ПІДТИПИ ЗА ПРИНЦИПОМ ВИМІРЮВАННЯ:

<p>Імпульсний (ToF)</p> <p>Точність: 2–6 мм · Дальність: до 340 м</p> <p>Leica P40, RTC360; Trimble TX8, X7/X9/X12</p> <p>Topcon GLS-2200; Riegl miniVZ-400</p> <p>Геодезія, моніторинг, інфраструктура</p>	<p>Фазовий (Phase-shift)</p> <p>Точність: 0.3–3 мм · Дальність: до 360 м</p> <p>Faro Focus S/M70; Z+F IMAGER 5016</p> <p>Leica BLK360 G2</p> <p>Indoor BIM, архітектура, промисловість</p>	
<p>Далекодючий (>500 м)</p> <p>Дальність: 500–2500 м</p> <p>Leica P50; Riegl VZ-2000i</p> <p>Trimble X12; Topcon GLS-2200L</p> <p>Кар'єри, дамби, хмарочоси</p>	<p>SLAM мобільний</p> <p>Точність: 5–20 мм indoor</p> <p>Leica BLK2GO; Faro Orbis</p> <p>NavVis VLX3 (300 м)</p> <p>Цифровий двійник, BIM facilities</p>	<p>Гібрид TS + Сканер</p> <p>TS: 1", 5000 м; Scan: 600 м</p> <p>Trimble SX10 / SX12</p> <p>Один прилад = два режими</p> <p>Будівництво, моніторинг</p>

2 МОБІЛЬНЕ ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ (MLS)

Авто/потяг/катер · В русі 80–130 км/год · Точність 10–30 мм · До 4 млн т/с · IMU = ключ до точності

ОСНОВНІ СИСТЕМИ:

<p>Leica Pegasus TRK Neo</p> <p>11 мм PPK · до 4.4 млн т/с</p> <p>SLAM-aided GNSS для тунелів</p> <p>GPR інтеграція</p> <p>\$50k–450k</p> <p>Дороги, залізниця, міста</p>	<p>Trimble MX50 / MX90</p> <p>~10 мм · ProPoint® GNSS</p> <p>Anti-multipath для міст</p> <p>Tartarus INS (tactical)</p> <p>\$50k–350k</p> <p>Інфраструктура, кадастр</p>	<p>Riegl VMX-2HA</p> <p>5 мм LIDAR · 3.6 млн т/с</p> <p>WFP waveform · multiple targets</p> <p>Рекорд швидкості MLS</p> <p>\$300k–500k</p> <p>Залізниця, точні профілі</p>
--	---	---

3 ПОВІТРЯНЕ ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ (UAV LiDAR)

БПЛА · Висота 50–300 м · Точність 3–5 см (масовий) / 15–25 мм (WFP) · До 50 га/год

КЛАСИ UAV LiDAR:

<p>Масовий (Entry-level)</p> <p>Точність: 3–5 см · \$8–22k</p> <p>DJI Zenmuse L1/L2/L3</p> <p>GVI LiAir X3-H, V70, H600</p> <p>M1:500–M1:2000, будмайданчики</p> <p>кадастр, дороги</p>	<p>Професійний (WFP)</p> <p>Точність: 15–25 мм · \$25–80k</p> <p>Riegl miniVUX/VUX-1UAV</p> <p>GVI LiAir 250 Pro (Riegl OEM)</p> <p>DTM під лісом, ЛЕП-інспекція</p> <p>наукові проекти</p>	<p>OEM модулі</p> <p>Точність: залежить від INS</p> <p>Ouster OS1-128 (\$4–7k)</p> <p>Livox Mid-360 (\$700)</p> <p>Hesai XT32 (\$2–4k)</p> <p>R&D, роботи, custom БПЛА</p>
--	--	---

ПОРІВНЯННЯ КЛЮЧОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК			
Параметр	TLS (наземне)	MLS (мобільне)	UAV LiDAR
Точність	0.3–12 мм	10–30 мм	15 мм – 5 см
Швидкість	до 2 млн т/с	до 4 млн т/с	до 1.2 млн т/с
Продуктивність	1–5 хв/станція	10 км за 15–30 хв	50 га за 1–2 год
Ціна системи	\$12k–260k	\$50k–500k	\$8k–140k
Оптимальне застосування	Об'єкти, деталі, моніторинг, indoor	Лінійні коридори, дороги, залізниця	Площадні об'єкти, топоїюмка, ліс

Рисунок 1 – Класифікація видів лазерного сканування

сенсора (LiDAR), якістю геопозиціонування (GNSS/IMU) та точністю реєстрації сканів між собою. У таблиці 1 наведено порівняння точностей для трьох видів сканування та їх відповідність типам геодезичних робіт [1, 3, 4, 5].

Таблиця 1 – Точність видів сканування та геодезичні роботи

Вид сканування	Точність LiDAR	Систем-на 3D	Даль-ність	Швид-кість	Геодезичні роботи
TLS статичний (ToF)	1–6 мм	2–6 мм	до 340 м	до 2 млн т/с	Моніторинг деформацій, інж. обмір, тунелі, мости, BIM
TLS фазовий	0.3–3 мм	1–3 мм	до 360 м	до 1.28 млн т/с	Архітектурний обмір, indoor BIM, промислові об'єкти
TLS далекодіючий	3–12 мм	5–12 мм	500–2500 м	до 1 млн т/с	Кар'єри, дамби, хмарочоси, недоступні об'єкти
MLS (автомоб.)	5 мм	10–30 мм	до 420 м	до 4 млн т/с	Дорожня інфраструктура, залізниця, комунальні мережі
UAV LiDAR (масовий)	~2 см	3–5 см	до 450 м	до 1.2 млн т/с	Топозйомка М1:500–М1:2000, будмайданчики, кадастр
UAV LiDAR (WFP)	15–25 мм	15–25 мм	до 920 м	до 500 тис. т/с	DTM під лісом, ЛЕП-інспекція, наукові проекти

Наземне сканування забезпечує найвищу точність: фазові сканери Z+F IMAGER 5016 досягають $\sigma = \pm 0,3$ мм, а імпульсні Trimble TX8 у режимі High Precision – менше 1 мм [3]. Це відповідає вимогам моніторингу деформацій споруд та прецизійних інженерних вимірювань. MLS з tactical-grade IMU (Leica TRK Neo, Riegl VMX-2HA) забезпечує 10-15 мм – достатньо для дорожньої інвентаризації та залізничного картографування [4, 7]. UAV LiDAR з точністю 3-5 см відповідає масштабам М1:500-

M1:2000 і є оптимальним для площадних зйомок великих територій [5, 8] (рис. 2).

<p>±0.3–3 мм Фазовий TLS Z+F, Faro, BLK</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Моніторинг деформацій конструкцій • Архітектурний BIM-обмір приміщень • 3D-модельювання, forensics, реверс-інженерія
<p>±2–6 мм TLS імпульсний Leica, Trimble, Riegl</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Інженерні обміри мостів, тунелів, гідроспоруд • Топозйомка M1:200–M1:500 (деталі) • Контроль геометрії доріг, рейкових колій
<p>±5–12 мм TLS далекодійний Riegl VZ, Leica P50</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Кар'єри, дамби, недоступні об'єкти (до 2500 м) • Маркшейдерська зйомка, моніторинг зсувів
<p>±10–30 мм MLS (мобільне) Leica, Trimble, Riegl</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Дорожня інвентаризація (IRI, профілі) • Залізничне картування (рейки, габарити) • Цифровий двійник міста, комунальні мережі
<p>±15–25 мм UAV LiDAR WFP Riegl VUX/miniVUX</p>	<ul style="list-style-type: none"> • DTM під кронами дерев (лісівництво, гідрологія) • Інспекція ЛЕП, інфраструктурні коридори
<p>±3–5 см UAV LiDAR масовий DJI L2, GVI LiAir</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Топозйомка M1:500–M1:2000 (площадна) • Будмайданчики, кадастрова зйомка, обсяги • Реконструкція доріг, оцінка рельєфу

Рисунок 2 – Точність сканування та відповідність типам геодезичних робіт

3. Оцінка часу сканування

Час виконання лазерного сканування суттєво залежить від виду сканування, площі/протяжності об'єкта, необхідної щільності хмари точок та часу на підготовчі операції. У таблиці 2 наведено орієнтовну оцінку часу для типових об'єктів [1, 3, 4, 5].

MLS є безконкурентним для лінійних об'єктів (дороги, залізниці): 10 км за 15-30 хвилин проти 2-3 днів TLS. UAV LiDAR оптимальний для площадних об'єктів: 50 га за 1-2 години проти тижня TLS. Проте TLS залишається незамінним для об'єктів, що потребують найвищої точності (моніторинг деформацій, прецизійні обміри) та для приміщень, де MLS та UAV не застосовні [1, 3, 4, 5].

Таблиця 2 – Орієнтовний час сканування для типових об'єктів

Об'єкт	TLS (польове)	MLS (польове)	UAV LiDAR (польове)	Камеральне (усі)
Будівля (фасади, 4 поверхи)	2-4 год (8–15 станцій)	–	20-40 хв (1 політ)	4-8 год
Дорога 10 км (коридор)	2-3 дні (80+ станцій)	15-30 хв (1 проїзд)	30-60 хв (2 польоти)	1-3 дні
Територія 50 га (топозйомка)	5-10 днів	–	1-2 год (3-4 польоти)	2-5 днів
Тунель 500 м	4-8 год (25-40 станцій)	5-10 хв (1 проїзд)	–	1-2 дні
Мостова споруда	3-6 год (15-25 станцій)	5-10 хв (1–2 проїзди)	15–30 хв	1-3 дні
Приміщення (1000 м ²)	1-2 год (10-20 станцій)	–	–	2-4 год

4. Основні виробники та моделі

Сучасний ринок лазерних сканерів для геодезії представлений значною кількістю виробників, серед яких можна виділити шість основних (табл. 3) [3, 4, 5].

Trimble SX10/SX12 представляють унікальну концепцію гібридного приладу: роботизований тахеометр (кутова точність 1", дальність 5000 м) та лазерний сканер (500 тис. т/с, 600 м) в одному корпусі, що дозволяє виконувати і класичні геодезичні вимірювання, і тривимірне сканування без зміни обладнання [3]. Riegl VZ-2000i утримує рекорд дальності серед TLS – 2500 м, а VMX-2HA – рекорд швидкості MLS з 3,6 млн т/с [3, 4]. DJI Zenmuse L2 здійснив революцію у масовому UAV LiDAR: повна система (пейлоад + БПЛА M350 RTK) коштує ~\$23 000 – порівнянно з одним TLS-сканером середнього класу [5, 8] (рис. 3).

ЦІНА:	\$4k–22k Entry	\$25k–90k Середній	\$90k–200k Професійн.	\$200k–500k+ Флагман
LEICA Hexagon AB Швейцарія TLS+MLS +UAV	\$15–22k	BLK360 G2 (850 г, 20 сек)		
	\$45–90k	RTC360 (2 млн т/с); P40		
	\$90–130k	P50 (далекод., > 1 км)		
	\$180–450k	Pegasus TRK Neo (MLS)		
	\$50–80k	BLK2FLY (авт. дрон)		
FARO США Фазовий TLS +SLAM	\$12–20k	Focus M70 (±3 мм, BIM)		
	\$22–55k	Focus S70/S150 (±1 мм)		
	\$60–85k	S350 / Premium (350 м)		
	\$30–45k	Orbis (SLAM, 5 мм indoor)		
TRIMBLE США TLS+Гібрид +MLS	\$35–90k	X7 (IP55); TX8 (<1 мм)		
	\$40–90k	SX10/SX12 (TS+сканер!)		
	\$80–120k	X12 (600 м, 1 млн т/с)		
	\$220–350k	MX90 (MLS, ProPoint)		
RIEGL Австрія WFP waveform TLS+MLS +UAV	\$25–80k	miniVUX (UAV, 1.55 кг)		
	\$45–80k	VUX-1UAV; miniVZ-400		
	\$100–200k	VZ-400i/600i (800 м, IP64)		
	\$180–260k	VZ-2000i (рекорд 2500 м)		
	\$300–500k	VMX-2HA (MLS, 3.6 млн)		
DJI Китай UAV LiDAR	\$8–10k	Zenmuse L1 (3 returns, 10 см)		
	\$13–15k	Zenmuse L2 (5 ret., 4 см!)		
	\$18–22k	Zenmuse L3 (100 Мп, 2025)		
ІНШІ Topcon (Японія) Z+F (Німеч.) NavVis (Німеч.) STONEX (Ір./Кит.) GVI (США/Кит.)	\$4–18k	STONEX X100/X300 (IP65)		
	\$20–70k	Topcon GLS-2200; GVI LiAir		
	\$50–75k	Z+F 5016 ($\sigma = 0.3$ мм!)		
	\$28–55k	NavVis VLX3 (SLAM, 300 м)		
	\$80–200k	Topcon LYNX; GVI LiMobile		
КЛЮЧОВІ РЕКОРДИ (2026)				
🏆 Дальність TLS: Riegl VZ-2000i — 2500 м	🏆 Швидкість TLS: Leica RTC360 — 2 млн т/с			
🏆 Точність фаз.: Z+F 5016 — $\sigma = 0.3$ мм	🏆 Швидкість MLS: Riegl VMX — 3.6 млн т/с			
🏆 Найлегший: Leica BLK360 G2 — 850 г	🏆 Гібрид TS+скан: Trimble SX12			

Рисунок 3 – Виробники та цінові сегменти

Таблиця 3 – Основні виробники лазерних сканерів [3, 4, 5]

Виробник	Країна	Ключові серії	Точність	Ціна, \$k	Спеціалізація
Leica (Hexagon)	Швейцарія	P40/P50, RTC360, BLK, Pegasus TRK Neo	3-6 мм (TLS) 11 мм (MLS)	15-380	TLS + MLS + UAV; VIS авт. реєстрація; SLAM
FARO	США	Focus S/M70, Premium, Orbis	±1 мм (фаз.)	12-85	Фазові TLS; indoor BIM; SCENE ПЗ
Trimble	США	TX8, X7/X9/X12, SX10/12, MX90	<2 мм (TLS) ~10 мм (MLS)	35-350	TLS + гібрид TS+скан; Lightning™; MLS ProPoint
Riegl	Австрія	VZ-400i/2000i, VMX-2HA, VUX-1UAV	5 мм (TLS) 15 мм (UAV)	25-500	WFP waveform; далек. TLS; MLS+UAV; multiple targets
DJI	Китай	Zenmuse L1/L2/L3	3-5 см (сист.)	8-22	Масовий UAV LiDAR; найнижча ціна; DJI Terra
Topcon, Z+F, NavVis, STONEX, GVI	Різні	GLS-2200, IMAGER 5016, VLX3, X300, LiAir	0.3-50 мм	4-75	Ніші: геод. TLS, фазова точність, SLAM, бюджетні, OEM

5. Порівняльна оцінка економічної ефективності

Для порівняння економічної ефективності трьох видів сканування необхідно враховувати як капітальні

витрати (придбання обладнання), так і поточні витрати на виконання зйомки, що залежать від тривалості польових та камеральних робіт. У таблиці 4 наведено усереднену оцінку для типового геодезичного підприємства [3, 4, 5].

UAV LiDAR має найнижчий поріг входу (~\$23-45k) та найшвидшу окупність за рахунок низьких поточних витрат і високої продуктивності на площадних об'єктах. MLS є найдорожчим у капітальних витратах (\$185-350k), проте для лінійних об'єктів (дороги, залізниці) забезпечує

найнижчу вартість за кілометр при великих обсягах робіт. TLS займає проміжну позицію за ціною, але залишається безальтернативним для задач з вимогами до точності краще 10 мм [3, 4, 5].

Таблиця 4 – Порівняльна оцінка економічної ефективності (орієнтовно, 2026 р.)

Параметр	TLS (середній клас)	MLS (середній клас)	UAV LiDAR (масовий)
Сканер/система	\$40 000-80000	\$150000-280000	\$13000-22000 (пейлоад)
Носій / платформа	Штатив (\$500-2000)	Автомобіль (\$25 000-40 000) кріплення (\$3000-8000)	БПЛА (\$8000-15000)
ПЗ обробки	\$3000-15000/рік	\$5000-20000/рік	\$2000-8000/рік
Разом капітальні витрати	\$45000-100 000	\$185000-350000	\$23000-45000
Поточні витр. (1 зм., бригада)	\$200-300/день (1-2 особи)	\$300-600/день (2 особи + авто)	\$100-200/день (1 особа)
Дорога 10 км (польове)	2-3 дні = \$600-1500	0.5 дня = \$250-400	0.5 дня = \$100-200
Територія 50 га (польове)	5-10 днів = \$1500-5000	–	0.5-1 день = \$100-400
Точність об'єкту	2-6 мм	10-30 мм	3-5 см
Окупність (при 20 об'єктах/рік)	1-2 роки	2-4 роки	0.5-1 рік

6. Програмне забезпечення

Повний цикл лазерного сканування потребує спеціалізованого ПЗ для збору, реєстрації, обробки та публікації хмар точок. Leica пропонує Cyclone (Field 360, REGISTER 360, 3DR) та хмарну платформу HxDR; FARO – SCENE з інтеграцією в Autodesk ReCap/Revit; Trimble – RealWorks та Business Center; Riegl – RiSCAN PRO та RiPROCESS з унікальною обробкою WFP. Для UAV LiDAR провідними є DJI Terra та GVI LiDAR360, який забезпечує єдиний workflow для TLS, MLS та UAV [3, 4, 5, 8]. Усі згадані платформи підтримують стандартні формати

обміну: LAS/LAZ, E57, PCD з інтеграцією в САПР (AutoCAD, Civil 3D, Revit) та ГІС (ArcGIS, QGIS) [6, 9, 10].

Висновки

1. Три види лазерного сканування (наземне TLS, мобільне MLS, повітряне UAV LiDAR) утворюють завершену систему для виконання всього спектру геодезичних задач – від субміліметрового моніторингу деформацій до топографічних зйомок масштабу М1:500 на площах у десятки гектарів.

2. Наземне сканування (TLS) забезпечує найвищу точність (0,3-6 мм) і є безальтернативним для моніторингу деформацій, прецизійних інженерних обмірів та indoor-сканування. Фазові сканери (Faro, Z+F) оптимальні для приміщень; імпульсні (Leica P40, Trimble TX8) – для середніх дистанцій; далекодючі (Riegl VZ-2000i) – для великих об'єктів.

3. Мобільне сканування (MLS) є найбільш ефективним для лінійних об'єктів: 10 км дороги за 15-30 хвилин з точністю 10-15 мм. Вирішальним фактором точності є клас ІМУ, а не характеристики LiDAR-модуля. Технологія SLAM-aided GNSS (Leica TRK Neo) забезпечує збереження точності в умовах затінення супутникового сигналу.

4. Повітряне сканування (UAV LiDAR) революціонізувало масову геодезичну зйомку: системна вартість від \$23 000 (DJI L2 + M350 RTK), точність 3-5 см, продуктивність до 50 га/год. Технологія WFP (Riegl) забезпечує проникнення лазера крізь рослинність для отримання DTM.

5. Вибір виду сканування визначається трьома критеріями: необхідною точністю, характером об'єкта (площадний/лінійний/локальний) та бюджетом. Комбінування видів сканування (наприклад, UAV для загального покриття + TLS для деталей) є оптимальною стратегією для комплексних геодезичних проєктів.

Література

1. Vosselman G., Maas H.-G. Airborne and Terrestrial Laser Scanning. Boca Raton : CRC Press, 2010. 336 p.
2. Shan J., Toth C. K. Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, 2018. 638 p.
3. Електронний каталог наземних лазерних сканерів: Leica, Faro, Trimble, Riegl, Topcon, Z+F, NavVis, STONEX. Лютий 2026 р. (укладач – Мусієнко І. В.)
4. Електронний каталог мобільних лазерних систем (MLS): Leica Pegasus, Trimble MX, Riegl VMX, Topcon, GVI. Лютий 2026 р. (укладач – Мусієнко І. В.)
5. Електронний каталог UAV LiDAR: DJI Zenmuse, Leica BLK2FLY, Riegl VUX/miniVUX, GVI LiAir, OEM-модулі. Лютий 2026 р. (укладач – Мусієнко І. В.)
6. EN 17123:2020. Surveying and mapping instruments – Terrestrial laser scanners – Field test procedure. CEN, 2020.
7. Puente I. et al. Review of mobile mapping and surveying technologies. Measurement. 2013. Vol. 46. P. 2127–2145.
8. Mandlbürger G. et al. Bathymetric LiDAR – state of technology and latest results. International Archives of Photogrammetry. 2022. Vol. XLIII-B1. P. 293–300.
9. 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: 09.03.2026).
10. Геодезія : підручник / за ред. С. Г. Могильного і С. П. Войтенка. Київ : Знання, 2003. 654 с.

УДК: 528.28:621.396.98

Голубович П.О., Дзябура М.С., м. Харків, Україна
(науковий керівник к.т.н., доц. Мусянко І.В.)
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

СУЧАСНЕ ГЕОДЕЗИЧНЕ GNSS-ЗНІМАННЯ: КЛАСИ ОБЛАДНАННЯ, РЕЖИМИ РОБОТИ, ТОЧНІСТЬ, ВИРОБНИКИ

Вступ

Глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS) стали основою координатного забезпечення геодезичних робіт у XXI столітті. Сучасний геодезичний GNSS-приймач забезпечує визначення просторових координат з точністю 7-15 мм у горизонтальному та 14-30 мм у вертикальному положеннях у режимі реального часу (RTK), що відповідає вимогам більшості видів топографічних зйомок, кадастрових робіт та будівельного розміщення [1, 2].

Станом на 2026 рік ринок геодезичних GNSS-приймачів представлений більш ніж 10 виробниками, що пропонують понад 50 поточних моделей у чотирьох основних класах: RTK з радіоканалом, мережевий RTK (NTRIP/VRS), статичний/PPK та GIS/Mapping. Ціновий діапазон – від \$300 (GIS-антена з підпискою) до \$45000 (флагманські RTK-системи з камерою та Visual Positioning) [3].

Метою даної статті є систематизація класів GNSS-обладнання за режимами роботи та точністю, аналіз ключових технологій (IMU-tilt, ProPoint, AIM+, PPP/RTX), огляд виробників та формулювання рекомендацій щодо вибору обладнання для різних типів геодезичних робіт.

1. Режими роботи та точність GNSS-приймачів

Відповідно до ISO 17123-8 та практики геодезичного виробництва, GNSS-приймачі працюють у шести основних

режимах, кожен з яких має характерну точність та область застосування [1, 2, 4] (табл. 1).

Таблиця 1 – Режими роботи GNSS-приймачів та точність [1, 2, 4]

Режим	H, мм	V, мм	Застосування	Ініціалізація	Інтернет
RTK (UHF/LoRa)	8-20	15-30	Топозйомка, розмічення, кадастр	< 30 сек	Ні (автономна)
Network RTK (NTRIP)	8-20	15-30	Топозйомка, кадастр, дороги	< 10 сек	Так (LTE)
PPK (постобробка)	5-15	10-20	БПЛА зйомка, морська, полярна	– (офіс)	Ні (RINEX)
PPP (L-band)	< 50	< 100	Глобальна геодезія без бази	20-40 хв	Опційно
Static (сесія)	3-5	5-10	Геодезична основа I–III кл.	30-120 хв	Ні (RINEX)
GIS/Mapping	100-3000	300-5000	ГІС, агрономія, інвентаризація	< 1 хв	Опційно

Режим RTK (Real-Time Kinematic) з радіоканалом UHF або LoRa є найбільш поширеним у геодезичному виробництві. Базова станція передає корекції роверу через радіоканал на відстань до 10-30 км. Перевагою є повна автономність від інтернету, що критично при роботі у віддалених районах та зонах без мобільного покриття [1, 2]. Мережевий RTK (Network RTK) через протокол NTRIP отримує корекції від мережі постійно діючих станцій (CORS) через мобільний інтернет (LTE/4G), що усуває потребу у власній базовій станції та забезпечує швидшу ініціалізацію (< 10 сек) [2].

Режим PPP (Precise Point Positioning) використовує точні ефемериди та поправки годинників з L-band супутників або інтернету для визначення координат без базової станції з точністю до 5 см після конвергенції 20-40 хвилин. Технології Trimble CenterPoint RTX та Topcon Starpoint забезпечують PPP у режимі підписки [2, 5]. Статичний режим з тривалістю сесії 30-120 хвилин та подальшою

постобробкою забезпечує найвищу точність (3-5 мм Н, 5-10 мм V) і застосовується для створення геодезичної основи I-III класу [1, 4].

2. Класи обладнання та ключові технології

За функціональним призначенням та ціновим сегментом геодезичні GNSS-приймачі поділяються на чотири основні класи [3]:

RTK-приймачі з радіоканалом (база + ровер) – основний клас для геодезичного виробництва. Комплект складається з базової станції та ровера, з'єднаних радіоканалом UHF (400/900 МГц) або LoRa. Ключові технології: IMU-tilt (компенсація нахилу жердини до 30-60° без горизонтування), ProPoint/RTK Plus (адаптивна обробка сигналів для роботи біля будівель та дерев), xFill (продовження RTK при втраті зв'язку з базою). Ціна комплекту: \$3000-45000 [3].

Мережеві RTK-ровери (NTRIP/VRS) – працюють тільки з мережею CORS-станцій через інтернет. Не потребують власної бази. Компактніші та дешевші за повний RTK-комплект. Оптимальні при стабільному LTE-покритті. Ціна: \$999-18000 [3].

Статичні/РРК приймачі та CORS-базові станції – для створення геодезичної основи, CORS-мереж та РРК-обробки даних БПЛА. Забезпечують найвищу точність через тривалі сесії спостережень. Ключова вимога – запис сирих RINEX-даних. Ціна: \$2 700–25 000 [3, 4].

GIS/Mapping та OEM-модулі – субметрову точність (0,1-3 м) для ГІС-картографування, агрономії, інвентаризації. Також OEM-модулі для інтеграції в БПЛА, будівельну техніку, автономні транспортні засоби. Ціна: \$300-8 000 [3].

Серед ключових технологій 2024–2026 рр. слід виділити IMU-tilt (компенсація нахилу): Leica GS18 T забезпечує IMU 30° імунний до магнетизму, Emlid RS3/RS4 та Hi-Target V200 – до 60°, що дозволяє виконувати вимірювання без горизонтування жердини. Leica GS18 I та CHC i93

оснащені камерами для Visual Positioning – вимірювання координат точок з фотографій, що є принципово новою технологією [3, 5]. Septentrio AIM+ забезпечує найкращий у галузі захист від навмисних та ненавмисних радіоперешкод (anti-jamming/spoofing), що є критично важливим для роботи в Україні та прикордонних зонах [6].

3. Основні виробники

Сучасний ринок геодезичних GNSS-приймачів представлений десятьма основними виробниками з чотирьох цінних сегментів (табл. 2) [3].

Преміальний сегмент (\$14 000–45 000) представлений Leica GS18 I/T та Trimble R12i/R980, які забезпечують найкращі характеристики IMU-tilt, алгоритми обробки (RTK Plus, ProPoint) та інтеграцію з мережами CORS (SmartNet, VRS Now). Середній сегмент (\$5 000–14 000) охоплює Topcon HiPer VR/HR, GeoMax Zenith60, Sokkia GRX3 – приймачі з перевіреними технологіями та гарним співвідношенням ціна/якість [3].

Бюджетний сегмент (\$1 200–7 000) за останні 5 років зазнав революційних змін. Китайські виробники Hi-Target (V200: 800 каналів, IMU 60°, \$3–7k) та South Survey (Galaxy G7: 800 каналів, IMU 60°, \$2,5–6k) пропонують характеристики, порівнянні з преміальними моделями п'ятирічної давнини. Угорська Emlid з RS4 Pro (\$3 800–5 000, AR-камера, 1408 каналів) є прямим конкурентом Leica GS18 I (\$28000+) за функціоналом Visual Positioning [3].

4. Рекомендації щодо вибору обладнання

Вибір GNSS-приймача визначається трьома основними критеріями: типом геодезичних робіт (і відповідною потребою у точності), умовами роботи (наявність інтернету, радіоперешкоди, складна забудова) та бюджетом [3, 4, 7-8].

Таблиця 2 – Основні виробники геодезичних GNSS-приймачів [3]

Виробник	Країна	Флагман	Канал	IMU	Ціна, \$к	Унікальна технологія
Leica (Hexagon)	Швейцарія	GS18 I	555	30°	4.5–45	Visual Positioning камера; RTK Plus; SmartNet VRS
Trimble	США	R980	672	30°	4–40	ProPoint; TIP IMU; xFill; CenterPoint RTX PPP
Topcon	Японія	HiPer HR	226	15°	5–20	T.I.L.T. IMU; Hybrid Positioning GNSS+TS
GeoMax (Hexagon)	Швейцарія	Zenith60	555	30°	3–16	ZenithTilt; Hexagon QC; SmartNet сумісність
Hi-Target	Китай	V200	800	60°	1.2–7	800 кан.; IMU 60°; Android; найдоступніший флагман
South Survey	Китай	Galaxy G7	800	60°	0.6–6	800 кан.; IMU 60°; SurvStar; популярний в Україні
Emlid	Угорщина	RS4 Pro	1408	60°	0.4–5	1408 кан.; AR-камера; LoRa+UHF TrimTalk; відкрита
СНС Navigation	Китай	i93 / X16 Pro	1408	60°	1.5–8	Dual-camera; iStar RTK; кол. підрозділ Trimble
Septentrio (Hexagon)	Бельгія	AsteRx SBi3	All	INS	0.8–30	AIM+ anti-jamming; GNSS+INS; OEM; робастність
Sokkia (Topcon)	Японія	GRX3	226	T.I.L.T.	5–14	T.I.L.T.; MAGNET; сумісність із Topcon ecosystem

Для роботи в умовах складної електромагнітної обстановки (радіоперешкоди, глушіння) єдиним обґрунтованим вибором є приймачі Septentrio з технологією AIM+ (Advanced Interference Mitigation), яка забезпечує патентований захист від навмисного та ненавмисного подавлення сигналів. Для роботи у щільній забудові з вираженим мультипасом рекомендуються Trimble ProPoint або Leica RTK Plus [3, 7] (табл. 3).

Таблиця 3 – Рекомендації щодо вибору GNSS-обладнання [3]

Тип робіт	Рекомендований режим	Необхідна точність	Бюджетний варіант	Преміальний варіант
Топозйомка М1:500, розмічення	RTK / Network RTK	8-15 мм Н	Emlid RS3 \$3k, Hi-Target V200 \$3-7k	Leica GS18 T \$18–32k, Trimble R12i \$18-35k
Кадастрова зйомка	Network RTK	10-20 мм Н	Emlid RS2+ \$2.7k, GeoMax Zenith35 \$3-6k	Leica GS07 \$7-13k, Trimble R580 \$4-9k
Геод. основа I-III кл.	Static (сесії)	3-5 мм Н	Emlid RS2+ \$2.7k (RINEX+Emlid Studio)	Trimble R750 \$8-18k, Septentrio AsteRx-U3 \$10-25k
БПЛА аерозйомка РРК	РРК (RINEX)	5-15 мм Н	Emlid M2 \$399-799 (модуль)	Trimble R серія + TBC
Робота без інтернету	RTK UHF/LoRa	8-15 мм Н	Emlid RS3 \$3k (LoRa+UHF), South G7 \$2.5-6k	Leica GS18 T, Trimble R980 (повний комплект)
Зони радіоперешкод	RTK + AIM+	8-15 мм Н	–	Septentrio AsteRx SB3 Pro+ \$8-20k (AIM+)
ГІС-картографування	GIS/NTRIP	0.1-1 м	South G1 Plus \$600, Emlid RX2 \$999	Trimble Catalyst DA2 \$299+підписка

Висновки

1. Сучасні геодезичні GNSS-приймачі працюють у шести основних режимах (RTK, Network RTK, РРК, PPP, Static, GIS), що покривають весь спектр геодезичних задач: від створення основи I класу (3-5 мм) до ГІС-картографування (0,1-3 м). Вибір режиму визначається вимогами до точності, наявністю інтернету та типом об'єкта.

2. Технологія IMU-tilt (компенсація нахилу 30–60°) стала стандартом для всіх цінкових сегментів, усунувши потребу у горизонтуванні жердини та суттєво підвищивши продуктивність польових робіт. Visual Positioning (Leica

GS18 I, Emlid RS4 Pro, СНС і93) є наступним етапом еволюції – вимірювання координат з фотографій.

3. Бюджетний сегмент (\$1200-7000) за п'ять років скоротив розрив з преміальним: Hi-Target V200 та South Galaxu G7 (800 каналів, IMU 60°) пропонують характеристики, порівнянні з флагманами Leica та Trimble попереднього покоління, за ціною у 3-10 разів нижчою. Emlid RS4 Pro (\$3 800) з AR-камерою конкурує з Leica GS18 I (\$28 000+).

4. Для роботи в умовах радіоперешкод (критично для України) технологія Septentrio AIM+ забезпечує найкращий у галузі захист від навмисного та ненавмисного подавлення GNSS-сигналів.

5. Десять виробників з чотирьох країн (Швейцарія/Hexagon, США, Японія, Китай + Угорщина, Бельгія) забезпечують повне покриття ринку від GIS-антен за \$300 до професійних CORS-систем за \$25 000, що дозволяє підібрати обладнання для будь-яких задач та бюджетів.

Література

1. Геодезія : підручник / за ред. С. Г. Могильного і С. П. Войтенка. Київ : Знання, 2003. 654 с.

2. Савчук С. Г. Вища геодезія : підручник. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2005. 312 с.

3. Електронний каталог геодезичних GNSS-приймачів: Leica, Trimble, Topcon, Sokkia, GeoMax, Hi-Target, South, Emlid, Septentrio, СНС Navigation. Лютий 2026 р. (укладач – Мусієнко І. В.)

4. ISO 17123-8:2015. Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 8: GNSS field measurement systems in real-time kinematic (RTK). ISO, 2015.

5. Leica Geosystems. GS18 I Technical Data Sheet. URL: <https://leica-geosystems.com> (дата звернення: 01.02.2026).

6. Septentrio. AIM+ Anti-Interference Technology. URL: <https://septentrio.com/en/aim-plus> (дата звернення: 01.02.2026).

7. Trimble. ProPoint GNSS Technology White Paper. URL: <https://geospatial.trimble.com> (дата звернення: 01.02.2026).

8. 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: 09.03.2026).

УДК: 625.7/.8

Кононенко М.С., м. Харків, Україна

(науковий керівник асист. Шелкова І.С.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОРАДАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ВНУТРІШНЬОЇ СТРУКТУРИ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Надійність автомобільних доріг значною мірою визначається технічним станом дорожнього одягу. Більшість руйнувань починається у прихованих шарах конструкції задовго до появи видимих дефектів, тому своєчасне їх виявлення є необхідною умовою ефективного планування ремонтних заходів. Традиційні методи контролю передбачають руйнування покриття для відбору кернів, що є витратним і пошкоджує конструкцію. Натомість технології підповерхневої георадіолокації дозволяють отримувати достовірну інформацію про пошарову будову дорожнього одягу без порушення його цілісності [1].

Метою дослідження є оцінювання можливостей георадарного комплексу ОДЯГ-1 (рис. 1) для діагностики внутрішньої структури дорожнього одягу на ділянці поточного ремонту вулиці Чернишевської у місті Харків. Обстеження проводилося з антеною центральної частоти 1,2 ГГц за схемою з контрольними точками через кожні 3 м. Обробка даних базувалась на методі декомпозиції сигналу, відповідно до якого відбиття від поверхні конструкції S представляється як сума відбитків від окремих шарів: $S = s_1 + s_2 + s_3$. Перед вимірюваннями виконувалось триетапне калібрування приладу, що дозволило підвищити точність визначення товщин шарів та стабілізувати значення діелектричної проникності матеріалів [2].



Рисунок 1 – Георадарний комплект ОДЯГ-1 [2]

За результатами обстеження встановлено такі особливості:

- характеристики незміненої ділянки – товщина першого шару становила 10,0-11,0 см (діелектрична проникність 4,64-5,5), другого – 8,0-9,0 см (проникність 3,06-3,7); структура відбиттів однорідна, стан конструкції стабільний;

- характеристики зони поточного ремонту – на радарограмі (рис. 2) зафіксовано аномальне відбиття на глибині 4,2 нс, що свідчить про можливі порожнини, недостатнє ущільнення або зміну щільності матеріалу; виявлено також відбиття від підземної комунікації під проїзною частиною;

- динаміка просідання – моніторинг протягом червня-серпня 2025 р. зафіксував прогресуюче просідання з максимальним значенням до 2,0 см, що підтверджує неякісне ущільнення ремонтного матеріалу або відновлення підземної порожнини після аварійного прориву труби.

Мітки: 290 — 3м, 510 — 6м, 720 — 9м; 960 — шов латки; 1030 — 1м; 1140 — 2м; 1270 — 3м; 1360 — 4м; 1450 — 5м; 1540 — шов; 1790 — 3м; 2000 — 6м; 2240 — 9м; 2520 — 12м.

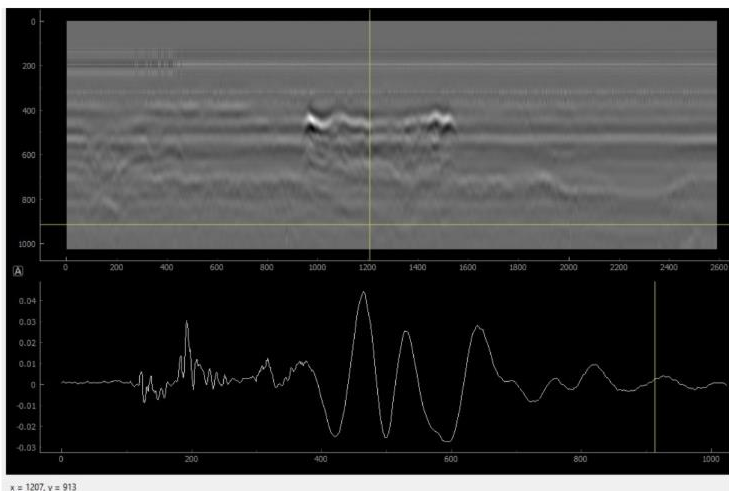


Рисунок 2 – Радарограма ділянки поточного ремонту [2]

Отримані результати підтверджують високу діагностичну цінність комплексу ОДЯГ-1 для виявлення прихованих структурних дефектів. Запропонована методологія може бути рекомендована для систематичного контролю якості ремонтних робіт на вулично-дорожній мережі міст

Література

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

2. Батракова А. Г., Шелкова І. С., Дорошко Є. В., Урдзік С. М., Назаренко І. В. Застосування георадарних технологій для контролю якості дорожнього покриття // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2025. Вип. 110. С. 153–161. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2025.110.0.153.

УДК: 625.7/.8

Сидоренко А.В., Сидоренко М.В., Якушева А.М.,
м. Харків, Україна

(науковий керівник асист. Шелкова І.С.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

НАЗЕМНЕ ЛАЗЕРНЕ 3D-СКАНУВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОЦІНЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ДЕФОРМАЦІЙ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИВУ

Поверхневі деформації дорожнього покриття – просідання, колійність, вибоїни – формуються під впливом транспортного навантаження та кліматичних факторів і безпосередньо впливають на безпеку руху. Традиційні методи обстеження, зокрема візуальний огляд та точкові інструментальні вимірювання, характеризуються суб'єктивністю та обмеженою просторовою репрезентативністю. Вони не дають повної тривимірної картини деформованої поверхні, що ускладнює кількісну оцінку дефектів. Технологія наземного лазерного 3D-сканування усуває ці недоліки, забезпечуючи автоматизований збір просторових даних з міліметровою точністю без фізичного контакту з поверхнею [1].

Метою дослідження є апробація сканера Trimble TX6 (рис. 1) для фіксації та кількісного оцінювання геометричних параметрів деформацій на ділянці поточного ремонту вулиці Чернишевської у місті Харків. Прилад встановлювався на тринозі висотою не менше 1,5 м; виконувалося горизонтування та введення поправок на атмосферні умови. Отримана хмара точок (рис. 2) пройшла камеральне опрацювання: фільтрацію шумів, реєстрацію суміжних сканів та побудову цифрової моделі поверхні [2].

За результатами опрацювання просторових даних встановлено:

- визначено межі зони просідання та побудовано поперечні перерізи;
- виявлено нерівномірне осідання крайової зони латки та порушення геометрії шву між ремонтним матеріалом та основним покриттям, що є передвісником розвитку тріщин;
- на відміну від точкових вимірювань лінійкою, сканування охоплює всю поверхню ділянки за одне польове завдання, підвищуючи повноту й об'єктивність інформації про характер і поширеність дефектів.



Рисунок 1 – Лазерний сканер Trimble TX6 [2]

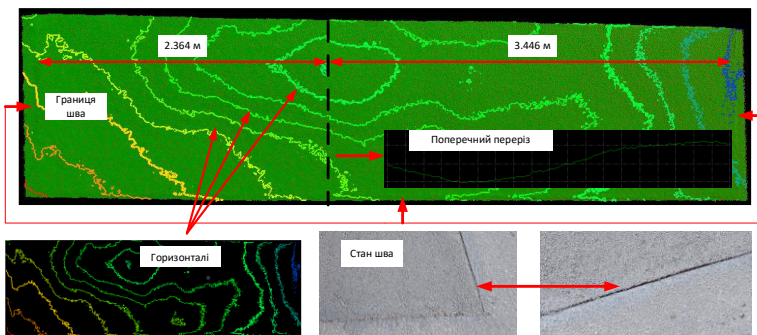


Рисунок 2 – Триангуляційна модель для проведення оцінки стану дорожнього одягу [2]

Проведені дослідження підтверджують ефективність наземного лазерного 3D-сканування для об'єктивного оцінювання поверхневих деформацій дорожнього покриття. Поєднання цієї технології з георадарними методами формує комплексний підхід до неруйнівної діагностики, що є перспективним напрямом розвитку системи технічного нагляду за станом вулично-дорожньої мережі.

Література

1. Батракова А. Г., Шелкова І. С., Дорожко Є. В. та ін. Особливості технології наземного лазерного 3D-сканування для аналізу стану дорожнього покриття // Вісник ХНАДУ. 2024. Вип. 107. С. 124–129.

2. Батракова А. Г., Шелкова І. С., Дорожко Є. В., Урдзік С. М., Назаренко І. В. Застосування георадарних технологій для контролю якості дорожнього покриття // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2025. Вип. 110. С. 153–161. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2025.110.0.153.

УДК: 528.01/.06

Халіна Є.Є., Малявіна А.Р., м. Харків, Україна
(науковий керівник асист. Шелкова І.С.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

ЗАСТОСУВАННЯ ХМАР ТОЧОК У СВІТОВІЙ ПРАКТИЦІ: ОЦІНКА ПОШКОДЖЕНЬ ТА ДІАГНОСТИКА ОБ'ЄКТІВ

Технологія наземного лазерного 3D-сканування та формування хмар точок набуває дедалі ширшого застосування у різних галузях – від аварійного реагування та охорони культурної спадщини до діагностики транспортної інфраструктури. Ключова перевага методу полягає у можливості отримання мільйонів просторових координат поверхні об'єкта за короткий час без фізичного контакту з ним, що особливо цінно при обстеженні пошкоджених або важкодоступних конструкцій. Аналіз зарубіжних та вітчизняних досліджень дозволяє виділити три характерні напрями практичного використання хмар точок:

– виявлення зруйнованих будівель після стихійних лих – дослідження, присвячені автоматичному дистанційному виявленню обвалених будівель з використанням LiDAR-даних після землетрусів, демонструють здатність методу обробляти щільну міську забудову зі складним рельєфом та будівлями різної висоти й форми. Алгоритми автоматичного аналізу хмари точок дозволяють оперативно виявляти зони руйнувань без ручного дешифрування, що суттєво скорочує час реагування рятувальних служб та підвищує точність оцінки збитків, рисунок 1 [1];

– оцінка пошкоджень об'єктів культурної спадщини – апробація методу на прикладі Palazzo Vecchio у Флоренції (1299 р.) продемонструвала можливість виявлення поверхневих тріщин і дефектів з точністю близько 1 мм.

Для сканування приміщення використовувався сканер Faro Focus 3D X120; було виконано 15 сканувань із загальним масивом близько 740 млн. точок. Метод дозволяє проводити неруйнівне та безконтактне обстеження унікальних пам'яток без ризику їх пошкодження і забезпечує можливість багаторазового повернення до архівних даних для порівняльного аналізу у часі, рисунок 2 [2];

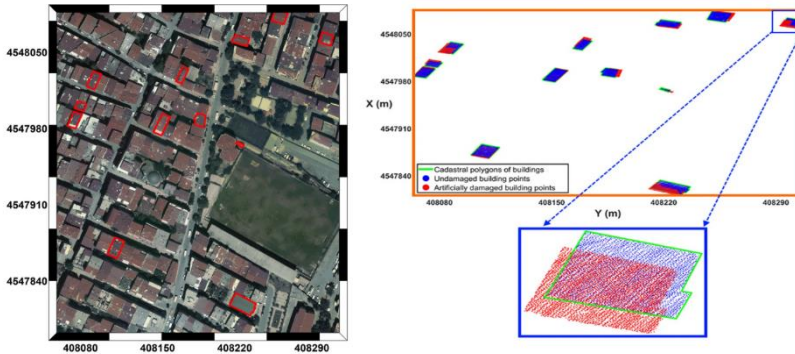


Рисунок 1 – Алгоритми автоматичного аналізу хмари точок [1]

– діагностика стану дорожнього покриття – вітчизняний досвід застосування наземного лазерного 3D-сканування для аналізу стану дорожнього покриття засвідчив низку практичних переваг: безконтактна зйомка без перекриття дорожнього руху, отримання об'єктивних даних для розрахунку обсягів ремонтних робіт, а також формування цифрового архіву стану покриття для моніторингу в динаміці. Хмара точок дозволяє кількісно оцінювати параметри поверхневих деформацій – глибину просідань, площу ураження, просторовий розподіл дефектів – у значно більшому обсязі порівняно з традиційними точковими вимірюваннями, рисунок 3 [3].

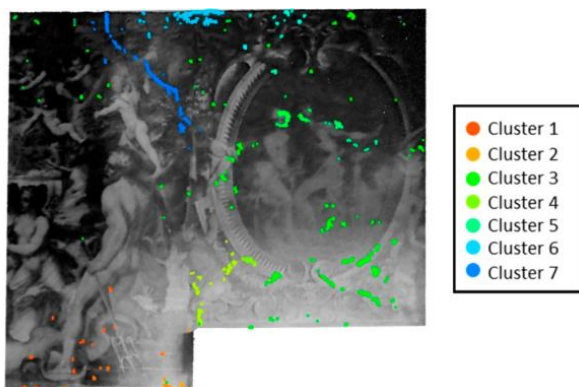


Рисунок 2 – Результати кластеризації пошкоджень поверхні [2]

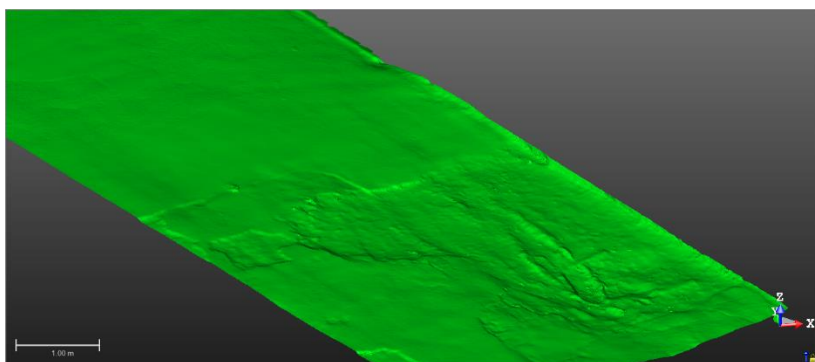


Рисунок 3 – Триангуляційна модель для проведення оцінку стану дорожнього покриття [3]

Наведені приклади свідчать про широкий міждисциплінарний потенціал технології хмар точок. Спільною рисою всіх розглянутих випадків є можливість отримання повної просторової інформації про стан об'єкта в найкоротші терміни, що є критично важливим як у надзвичайних ситуаціях, так і при плановому технічному нагляді за інфраструктурою. Подальший розвиток методу пов'язаний з автоматизацією аналізу хмар точок із застосуванням алгоритмів машинного навчання.

Література

1. Canözü Ö., Acar H. Rapid automatic detection of collapsed buildings with single period LiDAR data after an earthquake // Earth Science Informatics. 2025. Vol. 18. Article 151. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12145-024-01234-0>.
2. Wood R. L., Mohammadi M. E. Feature-Based Point Cloud-Based Assessment of Heritage Structures for Nondestructive and Noncontact Surface Damage Detection // Heritage. 2021. Vol. 4, No. 2. DOI: 10.3390/heritage4020043.
3. Батракова А. Г., Шелкова І. С., Дорожко Є. В. та ін. Особливості технології наземного лазерного 3D-сканування для аналізу стану дорожнього покриття // Вісник ХНАДУ. 2024. Вип. 107. С. 124–129.

УДК: 624.04

Бессарабова І.О., Шангіна О.Т., Колісник Ю.О. м. Харків,
Україна

(науковий керівник канд. техн. наук Толмачов Д.С.)

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

НЕВІДПОВІДНОСТІ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДЕРЖАВНИХ БУДІВЕЛЬНИХ НОРМ УКРАЇНИ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ДОСТУПНОЇ ПІШОХІДНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ

Створення безбар'єрного міського середовища є одним із важливих напрямів сучасного містобудування та транспортного планування. Забезпечення доступності об'єктів інфраструктури для осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення є необхідною умовою формування безпечного та комфортного публічного простору. У процесі проєктування вулиць, тротуарів, пішохідних зон та інших елементів міської інфраструктури необхідно враховувати вимоги державних будівельних норм, які регламентують параметри доступності та безпечності пересування.

Основними нормативними документами, що визначають вимоги до формування доступного середовища, є ДБН В.2.2-40:2018, ДБН В.2.3-5:2018 та ДБН В.2.3-15:2007. Ці нормативні документи встановлюють вимоги до геометричних параметрів пішохідних шляхів, тротуарів, пандусів, тактильних елементів навігації та паркувальних місць для осіб з інвалідністю. Разом з тим у процесі проєктування пішохідної інфраструктури виникають ситуації, коли вимоги різних нормативних документів не повністю узгоджуються між собою, що може ускладнювати прийняття проєктних рішень.

Однією з основних невідповідностей є різниця у нормативних вимогах до мінімальної ширини пішохідних шляхів.

Згідно з пунктом 5.1.4 ДБН В.2.2-40:2018 [1] ширина пішохідних шляхів повинна становити не менше 1,8 м, що забезпечує можливість безпечного та комфортного пересування осіб, які користуються кріслами колісними, а також можливість розминання двох пішоходів. Водночас пункт 5.3.1 ДБН В.2.3-5:2018 [2] визначає, що мінімальна ширина тротуару становить 1,5 м, а ширина смуги пішохідного руху повинна бути кратною 0,75 м. Наявність таких відмінностей у нормативних параметрах може призводити до різного трактування вимог під час проектування пішохідних просторів та вулично-дорожньої мережі.

Іншою проблемою є невідповідності у вимогах до допустимих похилів пішохідних доріжок та пандусів. Так, відповідно до пункту 5.3.6 ДБН В.2.3-5:2018 тротуари виконують з поперечним похилом 20–25%, а пандуси тротуарів до пішохідних переходів або посадкових майданчиків повинні мати поздовжній похил не більше 50%, у стислих умовах допускається до 100%. У той же час пункт 5.3.1 ДБН В.2.2-40:2018 визначає, що похил відкритих пандусів не повинен перевищувати 8 % (1:12). Крім того, згідно з пунктом 5.1.5 цього ж документа поздовжній похил пішохідних доріжок не повинен перевищувати 1:20 (5 %). Така різниця у нормативних параметрах може ускладнювати прийняття оптимальних проектних рішень та впливати на рівень доступності пішохідної інфраструктури.

Проблемним питанням у проектуванні також є врахування тактильних елементів навігації. Відповідно до пункту 5.1.2 ДБН В.2.2-40:2018 між велосипедною та пішохідною доріжками рекомендується передбачати тактильну смугу шириною не менше 0,3 м. Разом з тим у нормативному документі відсутні чіткі пояснення щодо

того, чи входить така смуга до габариту пішохідної частини тротуару, чи повинна розглядатися як окремий елемент між різними функціональними зонами. Це може призводити до різних підходів під час проєктування та до порушення необхідних габаритів пішохідних зон.

Окрему групу невідповідностей становлять вимоги до організації паркувальних місць для осіб з інвалідністю. Згідно з пунктом 5.4.1 ДБН В.2.2-40:2018 розміри паркувальних місць повинні забезпечувати можливість використання пандусів або підйомних пристроїв для доступу до автомобіля. У той же час пункт 5.2 ДБН В.2.3-15:2007 [3] встановлює стандартні розміри машино-місця $2,5 \times 5,3$ м, а пункт 9.11 цього ж документа визначає, що ширина місця для автомобілів осіб з інвалідністю повинна становити 3,5 м. При проєктуванні автостоянок необхідно враховувати додатковий простір для маневрування користувачів крісел колісних, що не завжди прямо враховано у всіх нормативних положеннях.

Таким чином, проведений розгляд показує, що при проєктуванні доступної пішохідної інфраструктури можуть виникати труднощі, пов'язані з невідповідностями між окремими положеннями чинних державних будівельних норм. Узгодження нормативних вимог та їх відповідність один до одного дозволять підвищити ефективність застосування нормативної бази у проєктній практиці та сприятимуть формуванню більш доступного та безпечного міського середовища для всіх категорій населення.

Література

1. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Зміною № 1, № 2. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 64 с.
2. ДБН В.2.3-5:2018. Зі Зміною № 1. Вулиці та дороги населених пунктів. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 61 с.

3. ДБН В.2.3-15:2007. Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів. Зі Зміною № 1, № 2, № 3 – Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. – 47 с.

УДК 528.24

Назаренко Н.Ю.

(науковий керівник доц. Міхно П.Б.)

м. Кременчук, Україна

Кременчуцький національний університет імені Михайла
Остроградського

ДО ПИТАННЯ ПЕРЕХОДУ ВІД СК–63 ДО УСК–2000

Проблеми та перспективи геодезичного забезпечення території України власною системою координат пов'язані зі станом геодезичної мережі України, частковою невідповідністю застосовуваних систем координат вимогам законодавства,

Пункти Державної геодезичної мережі України (ДГМ) свого часу визначалися у системі координат СК–63, яка використовує еліпсоїд Красовського і має зональну структуру. Станом на сьогодні ця система є морально та технічно застарілою: вона не інтегрується із сучасними супутниковими технологіями, не відповідає міжнародним стандартам і ускладнює перерахунок координат [1].

Державна нормативно-правова база (наприклад, Постанова Кабінету Міністрів України № 646 від 7 серпня 2013 р. [2]) спрямована на модернізацію системи та впровадження супутникових вимірювань. Водночас, ключовою прогалиною залишається відсутність єдиного механізму перетворення координат із застарілої СК–63 до сучасної Української системи координат 2000 року (УСК–2000). Хоча Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України «Про затвердження Порядку виконання топографо-геодезичних робіт з використанням УСК–2000» регламентує виконання робіт в УСК–2000, на практиці в окремих регіонах досі використовуються локальні системи на основі СК–63. Це створює певні технічні та юридичні ускладнення [3].

Відсутність єдиних алгоритмів перерахунку координат між СК–63 та УСК–2000 ускладнює роботу землевпорядників та кадастрових інженерів [4].

У практиці землеустрою часто виникають випадки, коли координати меж ділянки, визначені у СК–63, не збігаються з координатами тієї ж ділянки в УСК–2000. Це призводить до розбіжностей у кадастрових планах, спірних ситуацій у судах та

складнощів під час реєстрації прав власності [5].

Модернізація ДГМ в Україні уповільнюється низкою організаційних чинників. Фінансування робіт із реконструкції та перевірки стану пунктів ДГМ обмежене. Більшість пунктів, закладених ще у радянський період, потребують оновлення. Частина таких даних може зберігатися у Держгеокадастрі, частина – у матеріалах організацій, які виконували геодезичні роботи в різні роки, а інша – у приватних компаній або в локальних базах. Ці організаційні складнощі уповільнюють процес повного переходу на УСК–2000, що передбачено і на рівні геодезичних мереж спеціального призначення [6].

Українська геодезична основа фактично розколота між двома епохами: радянською і цифровою. Відновлення ДГМ необхідне для реалізації сучасних методів геодезичного забезпечення землевпорядних робіт та повноцінної інтеграції країни у міжнародний геопросторовий простір.

Література.

1. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність: Закон України від 23.12.1998 № 353-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text>.
2. Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність»: Постанова Кабінету Міністрів України від 7.08.2013 № 646. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/646-2013-%D0%BF#Text>.
3. Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 02.12.2016 № 509. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16#Text>.
4. Заяць І. Основні засади використання геодезичної референцної системи координат УСК-2000 для забезпечення ведення державного земельного кадастру. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2014. Вип. 1 (27). С. 9–11.
5. Леонідова І.В. Вплив переходу між системами координат СК₆₃ та УСК₂₀₀₀ на площі земельних ділянок. *Міжнародна науково-практична конференція (м. Одеса, 15-16 червня 2022 р.)*. 2022. С. 23-25.
6. Порядок топографічної зйомки у масштабах 1:5000,

1:2000, 1:1000 та 1:500: затв. Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України 17 квітня 2025 року № 1675.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0868-25#Text>.

УДК 528.4

Якимець Т. А.

(науковий керівник доц. Клюка О. М.)

м. Кременчук, Україна

Кременчуцький національний університет імені Михайла
Остроградського

ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ В ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЇ: ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Сучасний етап розвитку геодезії та землеустрою характеризується активною цифровізацією процесів збору й аналізу просторових даних. Зі зростанням вимог до кількості даних, їх точності та оперативності отримання традиційні методи доповнюються інноваційними технологіями, зокрема технологією лазерного сканування (LiDAR), яке забезпечує високоточне 3D-моделювання об'єктів і територій та відкриває нові можливості для розвитку геодезії і землеустрою.

Технологія LiDAR ґрунтується на принципі дистанційного зондування, при якому спеціальний прилад, лазерний сканер – випромінює імпульси світла, що відбиваються від поверхні об'єктів і повертаються до приймача. Вимірюючи час проходження імпульсу, система визначає відстань до об'єкта з високою точністю. Результатом є формування масиву даних у вигляді «хмари точок», кожна з яких має просторові координати, а іноді й додаткові характеристики (інтенсивність відбитого сигналу, колір тощо) [1]. Такий підхід дозволяє отримати детальне уявлення про геометрію об'єктів і рельєф місцевості.

У сучасній практиці виділяють кілька основних видів лазерного сканування: наземне (Terrestrial Laser Scanning, TLS), повітряне (Airborne Laser Scanning, ALS) та мобільне (Mobile Laser Scanning, MLS). Наземне сканування використовується для детального дослідження окремих

об'єктів або невеликих територій і характеризується високою точністю вимірювань. Повітряне лазерне сканування, що здійснюється з літаків або безпілотних літальних апаратів, дозволяє охоплювати великі площі та отримувати дані про рельєф і рослинний покрив. Мобільне сканування, у свою чергу, забезпечує швидке збирання даних у динамічних умовах, наприклад, під час руху транспортного засобу [2]. Кожен із цих методів має свої переваги та сфери застосування, що робить технологію універсальною.

Застосування лазерного сканування у геодезії є дуже широким. Його використовують для створення топографічних планів, цифрових моделей рельєфу, інженерно-геодезичних вишукувань, контролю параметрів будівель і моніторингу їх деформацій. Висока щільність точок дозволяє точно відтворювати складні форми, що важливо для містобудування, реконструкції та інформаційних моделей будівель (BIM).

У сфері землеустрою лазерне сканування відіграє важливу роль у процесах інвентаризації земель, визначення меж земельних ділянок та формування кадастрових даних. Завдяки високій точності та деталізації отриманої інформації зменшується ймовірність виникнення кадастрових помилок і земельних спорів. Крім того, технологія сприяє підвищенню ефективності управління земельними ресурсами, оскільки дозволяє оперативно отримувати актуальні дані про стан земель та зміни їх використання [3].

Особливо актуальним є використання лазерного сканування для моніторингу природних і антропогенних процесів. З його допомогою можна відстежувати ерозійні процеси, зсуви, просідання ґрунтів, зміни берегових ліній, військові дії та інші явища, що впливають на стан земельних ресурсів. У поєднанні з геоінформаційними системами це створює потужний інструмент для аналізу динаміки змін та прогнозування їх наслідків.

Важливим напрямом розвитку технології є інтеграція лазерного сканування з іншими сучасними методами збору геоданих. Зокрема, поєднання з глобальними навігаційними супутниковими системами (GNSS) дозволяє забезпечити високу точність геоприв'язки даних і підвищити їх достовірність. Використання безпілотних літальних апаратів значно розширює можливості застосування лазерного сканування, оскільки дозволяє проводити зйомку у важкодоступних або небезпечних районах, зокрема в умовах воєнного стану або після надзвичайних ситуацій [4].

Суттєвим аспектом є також обробка та аналіз отриманих даних. «Хмари точок» можуть містити мільйони або навіть мільярди точок, що потребує застосування спеціалізованого програмного забезпечення та алгоритмів. У сучасних умовах все більшого значення набувають методи автоматизованої обробки даних, зокрема із застосуванням штучного інтелекту та машинного навчання. Це дозволяє значно скоротити час обробки інформації, підвищити точність класифікації об'єктів і автоматизувати процес створення цифрових моделей [5].

Разом із тим, незважаючи на значні переваги, лазерне сканування має певні обмеження. До них належать висока вартість обладнання та програмного забезпечення, складність обробки великих обсягів даних, а також залежність результатів від зовнішніх умов, таких як погодні фактори або характеристики поверхні об'єктів [5]. Крім того, існує потреба у стандартизації форматів даних і методів їх обробки для забезпечення сумісності між системами та підвищення ефективності їх використання.

Наразі, зокрема у контексті відновлення інфраструктури після бойових дій, лазерне сканування набуває особливого значення. Воно дозволяє швидко оцінювати пошкодження, створювати точні цифрові моделі та планувати відновлювальні роботи. У землеустрої використовується для оцінки збитків, відновлення меж ділянок і оновлення кадастрових даних.

Перспективи розвитку лазерного сканування пов'язані з удосконаленням обладнання, зниженням його вартості, підвищенням мобільності та інтеграцією з іншими цифровими технологіями. Очікується поширення комплексних систем, що поєднують лазерне сканування, фотограмметрію, GNSS і штучний інтелект, що підвищить ефективність управління територіями та якість кадастрових даних.

Таким чином, лазерне сканування є ключовою технологією сучасної геодезії та землеустрою, яка забезпечує точне й оперативне отримання геопросторової інформації. Його розвиток сприятиме ефективнішому управлінню земельними ресурсами, зменшенню помилок у кадастрових даних і стане важливою складовою цифрової трансформації галузі.

Перелік посилань.

1. Dassot, M., Constant, T. & Fournier, M. The use of terrestrial LiDAR technology in forest science: application fields, benefits and challenges. *Annals of Forest Science* 68, 959–974 (2011). <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0102-2> (дата звернення: 05.04.2026).

2. J. Telling. Review of Earth science research using terrestrial laser scanning. *Earth-Science Reviews*. 2017. Т. 169. С. 35–68. URL: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.04.007> (дата звернення: 05.04.2026).

3. 3D Terrestrial Laser Scanning, LIDAR. "GEO ZEMIA" Ltd. URL: <https://www.geodesy.xyz/english/3D-Terrestrial-Laser-Scanning-LIDAR-geodesy-xyz.html> (дата звернення: 05.04.2026).

4. Олійник Г., Василенко К. Інтеграція фотограмметрії і технологій LIDAR у систему архітектурної освіти України: виклики та перспективи. *Українська академія мистецтва*. 2025. № 37. С. 63–73. URL: <https://doi.org/10.32782/2411-3034-2025-37-8> (дата звернення: 05.04.2026).

5. Mobile LiDAR, geoinformation technologies and crowdsourcing for the documentation and preservation of cultural heritage objects in territorial communities / A. Koshel та ін. *Zemleustriy kadastr i monitoring zemel'*. 2025. URL: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.04.010> (дата звернення: 05.04.2026).

Наукове видання

**ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ПРОЕКТНИХ ТА
ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ**

Матеріали 87-ї міжнародної студентської наукової конференції

квітень 2025

Відповідальний за випуск Дорожко Є.В.

*Матеріали конференції опубліковані в авторській
редакції мовою оригіналу*

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 _____