

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять і виконання самостійної роботи
з навчальної дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЙ,
БУДІВЕЛЬ І СПОРУД»**

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти зі
спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024

Методичні рекомендації до проведення практичних занять і виконання самостійної роботи із навчальної дисципліни «Технології геодезичного моніторингу територій, будівель і споруд» (для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : С. Г. Нестеренко, О. В. Афанасьєв. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 25 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. С. Г. Нестеренко,
канд. техн. наук, доц. О. В. Афанасьєв

Рецензент

М. О. Пілічева, кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 1 від 16.08.2022

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Змістовий модуль 1 Організація проведення геодезичного моніторингу..	5
Практичне заняття № 1 Законодавче забезпечення геодезичного моніторингу	5
Практичне заняття № 2 Моніторинг деформацій будівель і споруд.....	6
Практичне заняття № 3 Технології проведення геодезичного моніторингу	9
Змістовий модуль 2 Методики виконання інструментальних вимірювань при геодезичному моніторингу.....	10
Практичне заняття № 4 Створення планово-висотної основи для геодезичного моніторингу.....	10
Практичне заняття № 5 Напрями геодезичного моніторингу екзогенних процесів, деформацій будівель і споруд	11
Практичне заняття № 6 Методика геодезичного моніторингу.....	13
Змістовий модуль 3. Методи обробки даних геодезичного моніторингу...	16
Практичне заняття № 7 Методика застосування спеціалізованого програмного забезпечення для обробки даних геодезичного моніторингу.....	16
Практичне заняття № 8 Обробка результатів застосування сучасних технологій при проведенні геодезичного моніторингу.....	18
Завдання до самостійної роботи.....	21
Список рекомендованих джерел.....	23

ВСТУП

Методичні рекомендації призначені для виконання практичних робіт та виконання самостійної роботи здобувачів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій.

Завданнями вивчення дисципліни є оволодіння теоретико-методичними основами геодезичного моніторингу територій, будівель і споруд, виявлення параметрів, необхідних для ефективного прогнозу розвитку критичних величин деформацій будівель та споруд, встановлення причин їх виникнення, розробки науково-обґрунтованих заходів з метою усунення несприятливих процесів при їх будівництві та експлуатації.

В методичних рекомендаціях представлені практичні завдання, інструменти та методи для геодезичного моніторингу деформацій будівель і споруд, екзогенних процесів, наукового обґрунтування причин їх виникнення, застосування лазерних технологій при проведенні геодезичного моніторингу.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

ЗАКОНОДАВЧЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Загальні відомості

Геодезичний моніторинг становить сукупність процесів, які спрямовані на контроль і постійне спостереження за станом конструкції, як під час будівництва, так і після введення її в експлуатацію.

Основна *мета* спостереження – це деформаційні процеси об'єкта. Ступінь деформації та інші показники досліджуються шляхом їх вимірювання. Ці вимірювання фіксуються, а потім обробляються і аналізуються.

Моніторинг виконується по відношенню до ключових елементів конструкції. Це фундамент, інженерні споруди. Також моніторити можна не тільки елементи, але і повністю всю споруду.

Що саме досліджувати і якими способами, визначається індивідуально для кожного об'єкта відповідним технічним завданням. Кожен з методів моніторингу передбачає застосування спеціального геодезичного обладнання, що відрізняється високою точністю.

Найважливіша складова геодезичного моніторингу – це геодезичні спостереження за деформаціями будівель. Вони здійснюються за допомогою використання спеціальних геодезичних приладів, які дозволяють проводити з максимальною точністю геометричне нівелювання.

Для проведення геодезичного нагляду здійснюють закладання спеціальних марок і реперів по всьому периметру досліджуваного об'єкта. При кожному циклі вимірювань віднімається різниця висотних відміток цих марок.

Практична частина

Завдання 1. Дати опис технології проведення геодезичного моніторингу будь-якого виду деформацій будівлі чи споруди.

Завдання 2. Зробити детальний опис послідовних етапів геодезичного моніторингу, враховуючі сучасні підходи.

Завдання 3. Коротко вказати основні нормативно-правові документи, які регламентують геодезичний моніторинг.

Готова оформлена робота здається у pdf-форматі прикріпленим файлом.

Для довідки. Важливу роль у процесі моніторингу відіграє опорна геодезична мережа реперів і точок. Слід враховувати дуже важливий момент: пункти мережі повинні знаходитися поза зоною впливу осідань.

Геодезичні спостереження, як правило, виконують з використанням інноваційного обладнання – високоточних нівелірів. Вони дозволяють отримати максимально точні дані в ході проведення робіт.

Роботи виконуються наступним чином. Марки і реperi закладаються по всьому периметру досліджуваного об'єкта.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Загальні відомості

Цілі проведення інженерних вишукувань для будівництва. В ході підготовки і затвердження технічних рішень, пов'язаних з проведенням будівництва, неодмінно враховуються такі територіальні особливості:

- конфігурація рельєфу і поєднання геоморфологічних елементів;
- технічні об'єкти, що оточують і знаходяться в межах будівельного майданчика;

- фізичний стан, водонасиченої ґрунтової товщі;
- кліматичні характеристики;
- екологічний стан району.

Умови проведення інженерних вишукувань:

- реконструкція об'єктів;
- технічне переоснащення промислових підприємств;
- проведення ліквідації великих і потенційно небезпечних споруд;
- уточнення кадастрової інформації.

Завдання інженерних вишукувань

У числі головних завдань, що вирішуються при проведенні інженерних вишукувань:

- якісний і кількісний опис місцевих факторів, які підлягають обліку в ході розробки і прив'язки будівельних проєктів, складанні плану робіт;
- побудова короткострокового і довгострокового прогнозу впливу результату проведення інженерно-будівельних робіт на оточення (екологічну обстановку, поведінку ґрунтових масивів, мікроклімат);
- обґрунтування заходів (необхідності, технічних рішень, ціни), пов'язаних із забезпеченням безпеки проєктної споруди і найближчого будівельного оточення, захистом людей, флори, фауни, об'єктів культурної спадщини.

Види деформацій будівель і споруд. Прогноз величини деформацій підстав на стадії проєктування споруди дозволяє вибрати найбільш правильні конструктивні рішення фундаментів і надземних частин будівель і споруд.

Осадкою називається повільна і порівняно невелика деформація, яка відбувається в результаті ущільнення ґрунту під дією навантажень і пручається корінних змін його структури.

Прогин і вигин виникають в протяжних будівлях і спорудах, що не володіють більшою жорсткістю.

Крен (нахил) – поворот фундаменту відносно горизонтальної осі, що виявляється при несиметричній завантаженні підстави. Найбільшу небезпеку даний вид деформації представляє для високих споруд – димових труб, вузьких будівель підвищеної поверховості та ін.

Перекіс будівель і споруд характерний при різкому прояві нерівномірності осад на ділянці невеликої довжини при збереженні відносної вертикальності несучих конструкцій.

Кручення виникає при неоднаковому крен будівлі або споруди по довжині, при цьому відбувається розвиток крену в двох перетинах споруди в різні боки.

Горизонтальні переміщення фундаментів будівель або споруд виникають при дії на підстави горизонтальних навантажень.

Методи геодезичного моніторингу:

- нівелювання;
- лінійно-кутовий;
- автоматизовані геодезичні комплекси;
- лазерне сканування;
- GNSS-моніторинг;
- стереофотограмметрія;
- інклінометрія.

Практична частина

Завдання 1. Дайте класифікацію інженерних вишукувань за напрямками дослідницької роботи для будівництва.

Завдання 2. Проаналізуйте та виділіть найбільш небезпечні види деформацій будівель і споруд.

Завдання 3. Охарактеризуйте кожен з наведених методів геодезичного моніторингу у вигляді порівняльної таблиці.

Готова оформлена робота здається у pdf-форматі прикріпленим файлом.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Загальні відомості

Геодезичний моніторинг включає в себе систему вимірювань, фіксації результатів та аналітичну обробку отриманих даних.

Геодезичному моніторингу підлягають основи, фундаменти, конструкції будівель або їх частин, об'єкти нового будівництва, інженерні мережі, підземні споруди, споруди інженерного захисту територій, території та об'єкти інфраструктури, що їх оточують. Для висотних будинків, експериментальних та складних споруд моніторинг входить до робіт з науково-технічного супроводу і є складовою частиною загального моніторингу об'єкту будівництва.

Геодезичний моніторинг виконується геодезичними методами та приладами, або автоматизованими геодезичними комплексами. Проєкт та програму геодезичного моніторингу розробляють відповідно до технічного завдання.

Точність, періодичність та детальність встановлюють за проєктами виконання геодезичних робіт (ПВГР), на основі даних вимог підбираються прилади та методика, що відповідатиме точності, інформативності та низки інших факторів та умов (доступ до об'єкта, погодні, техногенні, геологічні умови) які можуть вливати на процес моніторингу.

Геодезичний моніторинг класичними методами виконують по спеціально закладеним спостережним маркам відносно вихідних знаків, марок та реперів опорної геодезичної мережі.

Практична частина

Завдання 1. Проаналізуйте та розробіть технологію геодезичного моніторингу на прикладі нежитлової двоповерхової будівлі, розташованої на схилі з косими тріщинами по фасаді з бічних поверхонь від низової частини.

Завдання 2. Зазначте прилади для проведення геодезичного моніторингу споруд в цехових приміщеннях малих габаритів.

Готова оформлена робота здається у pdf-форматі прикріпленим файлом.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

МЕТОДИКИ ВИКОНАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ГЕОДЕЗИЧНОМУ МОНІТОРИНГУ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

СТВОРЕННЯ ПЛАНОВО-ВИСОТНОЇ ОСНОВИ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Загальні відомості

Створення планово-висотної основи для геодезичних робіт передбачає виконання декількох етапів.

Перед початком геодезичного моніторингу обов'язково встановлюються вихідні репери (пункти). Можуть використовуватись такі репери:

– глибинний – фундаментальний геодезичний знак, що закладається в практично несучі скельні шари ґрунтів (при виконанні моніторингу складних, великих об'єктів, будівництво яких розраховано на два і більше років);

– ґрунтовий – геодезичний знак, що закладається нижче глибини промерзання ґрунту (при виконанні моніторингу нескладних об'єктів, будівництво яких розраховано на менше ніж на один рік);

– стінний – геодезичний знак, закладений в стіні будівлі або споруди, осідання фундаменту яких можна вважати практично закінченим (при виконанні моніторингу будівель, що знаходяться в експлуатації).

Основні вимоги до місця розташування вихідних пунктів (реперів):

- тривале збереження нерухомості;
- надійний контроль за стабільністю;
- безперешкодний підхід до пункту (репера) протягом всього періоду моніторингу;
- поза зоною розповсюдження тиску від будівництва;
- в стороні від проїздів, підземних комунікацій, територій, де можливе пошкодження або зміна положення репера;
- поза зоною впливу осадових явищ.

Практична частина

Завдання 1. Зобразити схему глибинного репера.

Завдання 2. Визначити вимоги до розміщення стінного реперу.

Готова оформлена робота здається у pdf-форматі прикріпленим файлом.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

НАПРЯМИ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЕКЗОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ, ДЕФОРМАЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Загальні відомості

Для виконання практичної роботи необхідно використати довільну топографічну карту зсувного схилу, результати двох циклів геодинамічних

спостережень на зсувному схилі та пакет програм ArcGIS, з допомогою якого необхідно створити цифрову модель рельєфу зсувного схилу, карти крутизни схилу, ізозміщень на зсувному схилі, ізопотужностей зсувного тіла, швидкості зсуву.

Зміщення по висоті Δh_i визначають за такою формулою:

$$\Delta h_i = H_{I+i} - H_i,$$

де H_{i+1} , H_i – висоти марок у відповідних циклах спостережень.

Зміщення у плані визначають за формулами:

$$\Delta x_i = X_{I+i} - X_i,$$

$$\Delta y_i = Y_{I+i} - Y_i,$$

$$\Delta S_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2},$$

$$\alpha_i = \arctg \frac{\Delta y_i}{\Delta x_i},$$

де Δx_i , Δy_i , ΔS_i – зміщення по осях X , Y та в плані у відповідних циклах спостережень;

α_i – дирекційний кут напрямку зміщення.

При цьому оброблення отриманих результатів потрібно виконувати оперативно з використанням сучасних інформаційних технологій і засобів обчислення.

Практична частина

Завдання 1. Створити карту зсувних зміщень.

Завдання 2. Описати характер екзогенних процесів.

Готова оформлена робота здається у pdf-форматі прикріпленим файлом.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

МЕТОДИКА ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Загальні відомості

Методика проведення геодезичного моніторингу передбачає комплекс заходів для відстеження, аналізу та оцінки змін об'єкта або території з використанням регулярних геодезичних вимірювань. Завдяки систематичному підходу до збору й обробки даних, моніторинг забезпечує можливість контролю стабільності інженерних споруд, природних об'єктів та інших критично важливих територій, що піддаються впливу зовнішніх факторів.

Зазначена методика складається з декількох етапів:

1. Підготовчий етап. На початковому етапі здійснюється детальний аналіз об'єкта моніторингу, включаючи його технічні характеристики, потенційні ризики та особливості навколишнього середовища, які можуть спричинити зміни у положенні об'єкта. Визначаються цілі, обсяг і частота вимірювань, а також необхідна точність для моніторингу. Наприклад, для об'єктів, схильних до вертикальних зсувів або нахилів, встановлюються специфічні допуски щодо положення, що є важливим для вчасного виявлення критичних змін. Плануються ресурси і обираються відповідні методи контролю (традиційні або сучасні), щоб забезпечити ефективність моніторингу.

2. Проєктування геодезичної мережі. Наступний етап полягає в створенні основної геодезичної мережі, яка буде використовуватись як основа для вимірювань. Від точності цієї мережі залежить надійність отриманих даних і можливість визначення змін. Встановлюються опорні точки та репери, що закладаються в зоні моніторингу для реєстрації змін із високою точністю. Репери повинні бути стійкими до зовнішніх впливів, таких як вібрації, температурні коливання та інші чинники, які можуть спотворити результати.

Крім того, розташування точок вибирається з урахуванням можливих напрямків і масштабів очікуваних деформацій.

3. Польові вимірювання. Польові роботи включають зйомку об'єкта за допомогою сучасного геодезичного обладнання, як-от GNSS-приймачі, електронні тахеометри, лазерні сканери тощо. Тип обладнання залежить від об'єкта моніторингу і необхідної точності. Для деяких об'єктів проводиться високоточне сканування за допомогою лазерів, що дозволяє отримати дані про деформації навіть у міліметрових масштабах. Для забезпечення точності даних проводяться калібрування обладнання та його періодична перевірка. Вимірювання виконуються у чітко визначені часові інтервали, щоб можна було зібрати динамічні дані та виявити тенденції в зміні положення об'єкта.

4. Камеральне опрацювання. Отримані дані проходять процес очищення від шумів і спотворень, реєструються та узгоджуються у єдиній системі координат. Камеральне опрацювання передбачає детальну обробку результатів з використанням спеціалізованого програмного забезпечення, що дозволяє точніше ідентифікувати зсуви та деформації. На цьому етапі також здійснюється сегментація об'єктів та класифікація точок для подальшого аналізу. При моніторингу масштабних об'єктів може знадобитися обробка хмар точок з використанням машинного навчання для автоматичної класифікації та визначення найменших змін. Це дозволяє швидко ідентифікувати ризиковані зони та впроваджувати превентивні заходи.

5. Аналіз і моделювання змін. Після обробки даних здійснюється порівняння нових результатів із попередніми, що дозволяє виявити деформації, зміни висотних характеристик, нахили або горизонтальні зсуви об'єкта. Для оцінки і візуалізації результатів використовуються карти зміщень, графіки та тривимірні моделі, які показують розподіл і амплітуду деформацій. Залежно від отриманих даних можуть бути проведені прогностичні розрахунки, що дозволяють передбачити подальші зміни і розробити заходи для стабілізації об'єкта або території. У випадках, коли змінені параметри перевищують допустимі норми, розробляються рекомендації для негайного втручання.

б. Оформлення звіту та прийняття рішень. Заключний етап передбачає підготовку звітної документації, яка містить дані про поточний стан об'єкта, можливі причини змін і прогнози щодо подальших змін. У звіт також входять графіки деформацій, карти, таблиці та тривимірні моделі, які детально описують кожну зміну. На основі цих результатів надаються рекомендації для подальших дій, таких як підсилення конструкцій, корекція навантажень або додатковий моніторинг окремих ділянок. У випадках, коли ризики суттєво зростають, рекомендується проведення аварійних заходів або зміна методів моніторингу.

Ця загальна методика дозволяє ефективно контролювати об'єкти та території, своєчасно виявляючи небезпечні зміни і запобігаючи потенційним небезпекам для територій та споруд. Систематичний підхід до геодезичного моніторингу дає змогу отримати детальні та точні дані, необхідні для забезпечення безпеки й довговічності інженерних об'єктів та природних територій.

Практична частина роботи

1. Оберіть методику та об'єкт дослідження (бажано, щоб методика та об'єкт дослідження співпадав або мав відношення до дисертаційного дослідження здобувача).

2. Відповідно до обраного об'єкта досліджень необхідно виконати аналіз обраної методики геодезичного моніторингу для конкретного об'єкта досліджень.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3

МЕТОДИ ОБРОБКИ ДАНИХ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Загальні відомості

Серед універсального програмного забезпечення у нашій країні доволі поширений продукт українського виробництва.

Програмний пакет *Digitals* розроблений у державному науково-виробничому підприємстві «Геосистема» (Україна), призначений для створення цифрових карт та виконання робіт із землеустрою.

Digitals Standard – початкова версія програми, що містить базові можливості: створення цифрових карт в умовних знаках, читання і запис Іп4 та інших форматів, моделювання рельєфу, розрахунок площ та обсягів, друк державних актів та інших графічних документів.

Digitals Professional – додатково дає змогу працювати з растровими зображеннями, а також зберігати карти на SQL-сервері, з можливістю одночасного багатокористувацького доступу.

Delta Digitals – програмне забезпечення цифрової фотограмметричної станції (ЦФС), що дає змогу виконувати фотограмметричну обробку результатів аерофотознімання. Ґрунтується на картографічному ядрі *Digitals* з можливістю виконання стереоскопічних вимірів.

Серед основних функцій програмного забезпечення: візуалізація та редагування даних, створення топографічних та спеціальних карт зрівноваження мереж, побудова ЦМР і моделювання горизонталей, розрахунок

площ та обсягів робіт, перегляд карти в тривимірному вигляді, використання супутникових знімків, сканованих карт, створення звітної документації.

Пакет підтримує формати DXF+DBF, MIF, Shape, TXK і ASCII. Модуль *Geodesy* дає змогу імпортувати дані з більшості файлів електронних тахеометрів або вводити журнал вимірювань вручну, будувати різні види полігонометричних ходів, проводити їх спільне зрівнювання з віщанням звітів, виконує контроль помилок у вхідних даних з можливістю редагування вимірювань.

Програмний комплекс *CREDO* (фірми «Кредо Діалог», Білорусь) розроблений для камеральної обробки геодезичних вимірювань, створення та редагування ЦМР, формування креслень, планів та карт та розв'язання багатьох задач у будівництві, землевпорядкуванні та геодезії.

Програмний комплекс *CREEK* має модульну систему (комплексні технології) взаємодоповнювальних програмних продуктів, які зібрані в автоматизовані технологічні лінії:

- інженерна геодезія;
- інженерна геологія;
- землеустрій;
- проектування генеральних планів об'єктів промислового і цивільного будівництва;
- проектування об'єктів транспорту, зокрема автомобільних доріг всіх категорій (ремонт і нове будівництво).

Програма *CREDO DAT* призначена для автоматизації камеральної обробки інженерно-геодезичних даних під час вишукувань об'єктів цивільного, промислового і транспортного будівництва, геодезичного супроводу будівництва, маркшейдерських робіт, робіт зі створення і реконструкції геодезичних опорних мереж.

Програма *CREDO DAT* імпортує дані у форматах приладів: Nikon, Trimble, Geodimeter, Sokkia, Leica, Topcon, УОМЗ (2ТА5, 3ТА5) а також із текстових файлів.

Програмне забезпечення дає змогу виконувати попереднє опрацювання та редагування вимірів, створення та використання власних систем польового кодування, зрівноваження та проєктування геодезичних мереж, виготовлення звітних документів.

Серед особливостей програми – відсутність обмежень на обсяг інформації, що опрацьовується в мережах і під час знімання, графічна ілюстрація процесів опрацювання даних а також можливості налаштування процедур введення, опрацювання і створення вихідних документів під стандарти підприємства, національні стандарти і мови.

Практична частина

Завдання 1. Скласти порівняльну таблицю спеціалізованого програмного забезпечення для обробки даних геодезичних знімачів.

Завдання 2. Визначити етапи геодезичного моніторингу на прикладі житлової багатоповерхової будівлі, яка знаходиться на деформованих ґрунтах.

Готова оформлена робота здається у pdf-форматі прикріпленим файлом.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Загальні відомості

Як і інші сфери діяльності, геодезія не стоїть на місці, а інтенсивно використовує сучасні досягнення науки і техніки.

Безумовно, одним із інноваційних рішень для геодезичних вишукувань стало лазерне 3D-сканування. Цей метод топографічної зйомки дозволяє

отримати зображення складних архітектурних і промислових об'єктів, гірничих виробок, кар'єрів тощо.

Лазерне сканування – це інноваційна технологія збору просторових даних для різних об'єктів за допомогою 3D-сканерів. Завдяки цьому ми отримуємо можливість перенести фізичні об'єкти в цифрову модель найвищої точності. Його використовують в таких сферах як архітектура, будівництво, медицина, гірничо-видобувна промисловість, під час будівництва дорожньої інфраструктури та лінійних об'єктів, і, звичайно ж, в геодезії.

Принцип технології лазерного сканування. Для виконання лазерного сканування використовуються спеціальні 3D-сканери. Вони дозволяють здійснити до мільйона вимірювань в секунду, завдяки чому ми отримуємо хмару точок з просторовими координатами, які є базою отримання дво- і тривимірних моделей об'єкта.

Отримані дані використовуються для різноманітних вимірювань, аналізів і розрахунків. Наразі існує три основних види лазерних сканерів:

- імпульсні (TOF) сканери – розраховують відстань, як функцію часу проходження лазерного променя до досліджуваного об'єкта і в зворотному напрямку;

- фазові сканери – метод отримання даних, який ґрунтується на визначенні різниці фаз між вихідним і прийнятим сигналами;

- триангуляційні 3D-сканери – принцип роботи яких полягає в розв'язанні трикутника, де роль просторових точок виконують випромінювач, об'єкт і приймач сигналу.

Методи лазерного сканування. Залежно від характеру польових робіт і досліджуваного об'єкта можна виділити три основних методи:

- наземне лазерне сканування – проводиться стаціонарно для зйомки складних промислових об'єктів, відкритих гірничих виробок, а також архітектурних споруд, що являють історичну і культурну цінність;

- мобільне лазерне сканування – застосовується для зйомки залізниць і автошляхів, мостів і тунелів, а також лінійних об'єктів (трубопроводів, ЛЕП

тощо). Суть методу полягає в тому, що сканер встановлюють на автомобіль, а це дозволяє виконувати сканування в неперервному русі;

- повітряне лазерне сканування – один із різновидів аерофотозйомки.

Сканер встановлюють на літальний апарат, що дозволяє виконати зйомку землі під кронами дерев і в місцях щільної забудови.

Застосування лазерного сканування в геодезії. Останніми роками лазерне сканування в геодезичних вишукуваннях і маркшейдерії набуло великої популярності. Адже основна ціль інженерно-геодезичних вишукувань – отримання максимально точного і швидкого результату з максимальним рівнем деталізації.

Основні переваги лазерного сканування:

- тривимірну модель об'єкта отримуємо миттєво;

- точність вимірювань дуже висока;

- збір даних здійснюється дуже швидко, а це оптимізація виконання польових робіт;

- дефекти і відхилення виявити просто – необхідно лише порівняти отриману конструкцію з проектною тривимірною моделлю;

- безпека зйомки небезпечних і важкодоступних об'єктів;

- топографічні плани отримують з допомогою віртуальної зйомки;

- безконтактний метод сканування (дистанційне зондування) дозволяє без зайвих зусиль працювати з пам'ятниками архітектури.

Для проведення геодезичного моніторингу в складі робіт також виконують:

- проведення геодезичних вишукувань;

- складання топографічних планів;

- проведення виконавчої зйомки – контролю виконання будівельно-монтажних робіт, виявлення відхилень у відповідності до проектної документації;

- підрахунку об'ємів складування сипучих матеріалів, земляних робіт;

- контролю якості бортів кар'єру, моніторингу зсувних процесів.

В сучасній геодезії лазерне сканування є технологією, що швидко розвивається.

Воно дозволяє автоматизувати робочі процеси, а також забезпечити максимально точні результати вишукувань.

Практична частина

Завдання 1. Опишіть послідовність виконання геодезичних робіт з використанням сканеру при проведенні моніторингу цокольної частини будівлі.

Завдання 2. Визначте послідовність процесу моделювання територій, будівель і споруд при проведенні геодезичного моніторингу.

Готова оформлена робота здається у pdf-форматі прикріпленим файлом.

ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. В рамках виконання самостійної роботи необхідно розкрити наступні питання:

- геодезичний моніторинг, міжнародні підходи та практика;
- новітні методи моніторингу;
- технології геодезичного моніторингу в умовах щільної забудови.

2. Розширити знання щодо представлених на курсі програмних засобів.

Особливу увагу приділити:

- геоінформаційним додаткам на базі AutoCAD;
- додаткам на базі платформи Robur.

3. Розширити знання щодо наступних питань:

- визначення вимог до створення планово-висотної основи;
- геодезичного моніторингу при відхиленні від вертикалі будівель і споруд;

- особливостей реалізації геодезичного моніторингу різного виду екзогенних процесів;
- побудови тривимірних моделей за результатами геодезичного моніторингу;
- способи обробки даних наземного лазерного сканування.

4. Розглянути наукові підходи та запропонувати і обґрунтувати метод геодезичного моніторингу будь-якого екзогенного процесу.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН А.2.1-1-2008. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. – Чинний від 2008–07–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 76 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016. Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд. – Чинний від 2017–04–01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 47 с.
3. Войтенко С. Визначення кренів інженерних споруд методом наземного лазерного сканування / С. Войтенко, Р. Шульц, М. Білоус // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва : зб. наук. пр. – Київ, 2009. – Вип. I (17). – С. 144–150.
4. Нестеренко С. Г. Системи мобільного лазерного сканування в геоінформаційних технологіях [Електрон. ресурс] / К. А. Мамонов, К. І. Вяткін, С. Г. Нестеренко // Комунальне господарство міст. Серія : Технічні науки та архітектура. – 2016. – Вип. 132. – С. 121–126. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2016_132_22, вільний (дата звернення: 01.11.2024). – Назва з екрана.
5. Esri [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : <https://resources.arcgis.com/>, вільний (дата звернення: 19.10.2024). – Назва з екрана.
6. Афанасьєв О. В. Теоретичні аспекти створення цифрового топографічного плану [Електрон. ресурс] / О. В. Афанасьєв, І. Ю. Завада // Комунальне господарство міст. Сер. «Технічні науки та архітектура». – Електрон. текст. дані. – Харків. – 2021. – Вип. 163. – С. 30–34. – Режим доступу: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5778/5697>, вільний (дата звернення: 21.10.2024). – Назва з екрана.
7. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність [Електрон. ресурс] : Закон України від 27.07.2013 № 353-XIV. – Електрон. текст. дані. – Режим

доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/353-14>, вільний (дата звернення: 21.10.2024). – Назва з екрана.

8. Іщук О. О. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС : навч. посіб. / О. О. Іщук, М. М. Корнєв, О. Є. Кошляков. – Київ : ВПЦ «Київський університет», 2003. – 200 с.

9. Касьянов В. В. Застосування даних лазерного сканування при вирішенні завдань територіального планування / В. В. Касьянов, С. Г. Нестеренко, Є. О. Нелін // Комунал. госп-во міст : наук.-техн. зб. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – Вип. 3(184). – С. 147–151. – (Серія: Технічні науки та архітектура).

10. Четверіков Б. В. Методика застосування даних дистанційного зондування землі в оцінці наслідків надзвичайних ситуацій [Електрон. ресурс] / Б. В. Четверіков, І. В. Калинич. – Електрон. текст. дані. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2022. – 120 с. – Режим доступу: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/45671>, вільний (дата звернення: 12.12.2024). – Назва з екрана.

11. Geospatial analysis of the territory for solving urban planning problems / K. Mamonov, S. Nesterenko, M. Pilicheva, A. Afanasiev, Tsyhenko A. – *E3S Web of Conferences*. – 2024. – 508. – 08021. (Scopus). – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450808021>.

12. Monitoring Surface Displacement of a Deep-Seated Landslide by a Low-Cost and near Real-Time GNSS System / E. Segina, T. Peternel, T. Urbancic, E. Realini. – *Remote Sensing*. – 2020. № 12. – P. 3375–3377. – DOI: <https://doi.org/10.3390/RS12203375>.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до проведення практичних занять і виконання самостійної роботи
з навчальної дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЙ,
БУДІВЕЛЬ І СПОРУД»**

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Укладачі: **НЕСТЕРЕНКО** Сергій Григорович,
АФАНАСЬЄВ Олександр Валерійович

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *О. В. Афанасьєв*

План 2024, поз. 453М

Підп. до друку 08.11.2024. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 1,4.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Черноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.