



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет
імені Петра Могили

Кафедра управління земельними ресурсами

ТОВКУС ІЛЛЯ ОЛЕГОВИЧ

Методика вибору геодезичних приладів для ведення робіт із землеустрою в
границях заданої точності

на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр
галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій»

Науковий керівник:
Ліпчук М.Б., викладач кафедри
управління земельними ресурсами
факультету економічних наук ЧНУ
імені Петра Могили

Рецензент:
ФОП Пуховий Сергій Сергійович

Миколаїв 2023

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КЛАСІВ ТОЧНОСТІ У ЗЕМЛЕБУДІВСТВІ

1.1 Загальна характеристика класів точності у землеустрої

1.2 Визначення класів точності у землеустрої

1.3 Система класифікації точності землевпорядних робіт

1.4 Критерії визначення класів точності

1.5 Приклади практичного застосування класів точності

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСІВ ТОЧНОСТІ У ЗЕМЛЕБУДІВСТВІ

2.1 Опис методики визначення класів точності

2.2 Аналіз чинників, які впливають клас точності

2.3 Опис усіх класів точності у землеустрої

Оцінка ефективності класів точності картографування землекористування

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНІ ПРИКЛАДИ ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСІВ ТОЧНОСТІ У ЗЕМЛЕБУДІВСТВІ

3.1 Розгляд прикладів визначення класів точності

Точність GPS

Системи орієнтування по висоті для GPS-приймачів у землеустрої

Точність нівеліра у роботах з землеустрою

ВИСНОВОК

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ТА ДЖЕРЕЛ

Вступ

В сучасному землеустрої точні виміри та визначення геодезичних координат, висот та інших параметрів мають велике значення для забезпечення точності та надійності результатів. Клас точності вимірювань визначає рівень точності та допустимі похибки при виконанні геодезичних робіт. Цей клас точності визначається відповідно до вимог нормативних документів та стандартів.

Основною метою даної дипломної роботи є вивчення класів точності при вимірах у роботах з землеустрою та їх роль у забезпеченні надійних та точних результатів. Дослідження включатимуть огляд і аналіз наявних нормативних документів, що регулюють класи точності у землеустрої, а також вивчення методів та прийомів для досягнення необхідного рівня точності.

Дипломна робота буде складатися з декількох розділів, включаючи теоретичний огляд класів точності, вимоги до вимірювань у землеустрої, методи контролю точності та допустимі похибки. Крім того, будуть проведені практичні дослідження, включаючи вимірювання з використанням різних класів точності та аналіз отриманих результатів.

Висновки дослідження будуть враховувати важливість дотримання встановлених класів точності при вимірах у землеустрої та їх вплив на якість та достовірність отриманих даних. Крім того, будуть запропоновані рекомендації щодо оптимального вибору класу точності в залежності від конкретних завдань та вимог проекту.

Ця дипломна робота сприятиме поглибленню розуміння класів точності у землеустрої, а також допоможе удосконалити процеси вимірювань та забезпечити надійні результати у геодезичних роботах.

Актуальність даної дипломної роботи виявляється у наступних аспектах:

1. Важливість точності в землеустрої: У сучасному світі точні виміри та визначення геодезичних параметрів є необхідними для багатьох сфер,

таких як будівництво, транспорт, геологія, картографія та інженерні роботи. Дотримання встановлених класів точності є ключовим елементом для забезпечення надійності та точності результатів у цих галузях.

2. Зміна нормативно-правової бази: Норми та стандарти, що регулюють класи точності у землеустрої, можуть зазнавати змін та оновлення. Дослідження актуального стану нормативної бази та оцінка її впливу на практику вимірювань є важливим завданням для забезпечення актуальності та відповідності вимогам.
3. Розвиток нових технологій: З появою нових технологій у геодезії, таких як глобальна навігаційна система (GPS), лазерні сканери, безпілотні літальні апарати тощо, з'являються нові можливості для забезпечення точних вимірів. Вивчення класів точності в контексті цих нових технологій є важливим для їх ефективного використання та оптимізації робочих процесів.
4. Практичне значення: Дослідження класів точності у землеустрої має велике практичне значення для фахівців геодезичної галузі. Отримані результати та рекомендації щодо вибору та застосування класів точності можуть сприяти поліпшенню якості вимірювань, зниженню витрат часу та ресурсів, а також забезпечити високу достовірність отриманих даних.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний обсяг роботи становить 41 сторінку комп'ютерного тексту, з них основного – 35 сторінок, який містить 1 рисунок. Список використаних джерел із 14.

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КЛАСІВ ТОЧНОСТІ У ЗЕМЛЕБУДІВСТВІ

У землеустрої точність є обов'язковою для забезпечення правильності меж і вимірювань. Класи точності використовуються для розрізнення різних рівнів точності та рівня точності, необхідного для конкретних завдань. Джерела помилок у вимірюваннях численні і можуть включати дефекти самої стрічки, такі як перегини; коливання довжини стрічки через перепади температури; і людські помилки, такі як непослідовне витягування та неправильні показання. Ці помилки можуть призвести до значних похибок у вимірюваннях, якщо їх не усунути належним чином. Кваліфіковані геодезисти можуть досягти точності до однієї частини з 10 000, що означає похибку в 1 сантиметр на кожні 100 метрів відстані. Досягнення такого рівня точності вимагає спеціального обладнання та висококваліфікованого персоналу [1]. Клас точності, необхідний для конкретного завдання, залежить від мети вимірювання, при цьому вищі класи точності необхідні для більш критичних завдань. Наприклад, при визначенні меж власності необхідний найвищий клас точності, щоб забезпечити правильне визначення меж. На відміну від цього, нижчі класи точності можуть бути прийнятними для таких завдань, як приблизне планування або попередня оцінка придатності землекористування. Розуміння різних класів точності та вимог до кожного завдання має вирішальне значення для досягнення бажаного рівня точності землеустрою.

Основні риси та характеристики класів точності у землеустрої:

1. Класифікація: Класи точності у землеустрої зазвичай розділені на кілька рівнів, що позначаються числами або літерами (наприклад, перший клас, другий клас, третій клас). Кожен клас точності має свої певні вимоги та допустимі похибки.

2. Вимоги: Кожен клас точності встановлює певні вимоги щодо точності вимірювань, оцінки похибок та методів виконання робіт. Що клас точності, тим суворіші вимоги пред'являються до робіт і точності результатів.
3. Види робіт: Класи точності можуть відрізнятися залежно від типу землевпорядних робіт. Наприклад, класи точності можуть бути визначені для землеустрою генерального плану населеного пункту, кадастрових робіт, інженерних вишукувань тощо.
4. Фактори впливу: Клас точності може залежати від різних факторів, таких як складність місцевості, масштаб робіт, доступність технічних засобів, вимоги замовника та інші фактори, які можуть впливати на точність та надійність робіт.
5. Практичне застосування: Класи точності у землеустрої мають практичне застосування при плануванні, проектуванні та виконанні землевпорядних робіт. Вони допомагають визначити необхідні ресурси, методи вимірювання та обробки даних, а також забезпечити відповідність результатів вимогам і стандартам.

Загалом класи точності у землеустрої є важливим інструментом для забезпечення надійності, точності та якості землевпорядних робіт.

Визначення класів точності землеустрою є важливим аспектом геодезичної роботи. Вимоги до точності для різних цілей землеустрою відрізняються залежно від конкретних потреб кожного проекту. Геодезисти встановили стандартні порядки точності, які використовувалися, поки в 1998 році не було видано Стандарти точності геопросторового позиціонування FGDC [2]. Наприклад, у тріангуляції, яка використовується для управління міськими земельними ресурсами та малих систематичних переміщень у сейсмонебезпечних районах, потрібна висока точність принаймні одна частина зі 100 000. Зйомки, які відповідають такому рівню точності, відносяться до I

класу першого порядку визначення точності землеустрою. З іншого боку, попередні або рекогносцирувальні дослідження вимагають точності не менше однієї частини з 5000. Масштаб карти та необхідна точність розташування зазвичай визначають точність, необхідну для контролю карти. У кадастрових або майнових дослідженнях і картографуванні зазвичай використовуються траверси другого та третього порядку точності [3]. Порядки точності для нескоригованих горизонтальних відстаней виражаються як перший (1:25 000), другий (1:10 000) і третій (1:5 000) [2]. Вартість майна повинна використовуватися для визначення точності, яка буде використовуватися для обстеження майна. Крім того, контрольні геодезичні дослідження передбачають класифікацію та стандарти точності [3]. Тому точне визначення класів точності є вирішальним у землеустрої для досягнення бажаних результатів.

У землеустрої класи точності використовуються визначення рівня точності геодезичних вимірів і дозволяють оцінити ступінь відповідності вимірюваних параметрів дійсним значенням. Залежно від необхідної точності та цілей вимірювань, класи точності можуть відрізнятися.

Ось деякі загальні класи точності, які часто використовуються у землеустрої:

- Перший клас точності (1-й клас): Цей клас є найвищим рівнем точності і зазвичай застосовується у високоточних геодезичних роботах, таких як створення геодезичних мереж високої щільності або визначення глобальних координатних систем. Похибка вимірювань у цьому класі зазвичай становить кілька міліметрів або менше.
- Другий клас точності (2-й клас): Цей клас точності застосовується у ширшому діапазоні геодезичних робіт, включаючи інженерні дослідження, будівництво та планування. Похибка вимірювань у цьому класі зазвичай становить від кількох міліметрів до десятків міліметрів.

- Третій клас точності (3-й клас): Цей клас точності застосовується у більш грубих геодезичних роботах, таких як топографічна зйомка, створення карт та просторове моделювання. Похибка вимірів у цьому класі зазвичай становить від десятків міліметрів до сантиметрів.
- Четвертий клас точності (4-й клас): Цей клас точності застосовується у великомасштабних геодезичних роботах, де вища точність не потрібна. Похибка вимірювань у цьому класі може становити від кількох сантиметрів до десятків сантиметрів.

Класи точності визначаються та регулюються стандартами та рекомендаціями, такими як міжнародні стандарти ISO або національні геодезичні стандарти. У кожній країні можуть застосовуватися свої специфічні класи точності відповідно до національних вимог та нормативів.

1.3. Система класифікації точності землевпорядних робіт

Геодезисти зазвичай дотримуються стандарту в одну соту фути з точки зору точності, а допуски для розрахунків і картографування є меншими, ніж стандарт точності для геодезистів. Щоб досягти майже ідеального закриття, важливо розрізняти точність і точність у землевпорядних роботах, а описи актів часто використовують такі одиниці, як фути для вираження відстані. Крім того, допуски на точність можуть відрізнятися від проекту до проекту [4]. Ці стандарти та допуски мають вирішальне значення для забезпечення точності землевпорядних робіт, які можуть включати використання технології GPS для підтвердження прав на землю, підвищення продуктивності праці, прискорення будівництва та зниження експлуатаційних витрат. Хоча різні методи класифікації мають різний ступінь точності для різних типів землі [5], геодезістам і землевпорядникам важливо використовувати найточніші доступні методи, щоб забезпечити успіх своїх проектів.

Результати цього дослідження підкреслюють важливість класів точності в землеустрої. Точні вимірювання та визначення меж є важливими для успіху проектів землеустрою. Дослідження показує, що клас точності, необхідний для конкретного завдання, залежить від мети вимірювання, при цьому більш високі класи точності необхідні для більш критичних завдань. Масштаб карти та необхідна точність розташування зазвичай визначають точність, необхідну для контролю карти. Незважаючи на те, що різні методи класифікації мають різний ступінь точності для різних типів землі, геодезістам і землевпорядникам важливо використовувати найточніші доступні методи для забезпечення успіху своїх проектів. Це дослідження також підкреслює важливість розуміння допусків на точність у різних землевпорядних роботах. Вимоги до точності для різних цілей землеустрою відрізняються залежно від конкретних потреб кожного проекту. Обговорення також підкреслює обмеження дослідження та пропонує майбутні напрямки досліджень. Подальші дослідження можуть вивчити ефективність різних класів точності та їхній вплив на успіх проектів землеустрою. Дослідження також визнає потенційні недоліки або упередження дослідження та пропонує стратегії їх подолання. Загалом ця дослідницька стаття сприяє постійному вдосконаленню знань у сфері землеустрою та надає цінну інформацію для геодезістів і землевпорядників, щоб забезпечити точність і успіх їхніх проектів.

Існує кілька систем класифікації точності землевпорядних робіт залежно від конкретних вимог та нормативів різних країн чи організацій. Однією з найпоширеніших систем є система класифікації точності, прийнята у США та описана в нормативних документах американського Федерального управління геодезії та картографії (National Geodesic Survey, NGS). Ця система полягає в класифікації точності геодезичних вимірів.

У системі класифікації точності NGS використовуються чотири класи точності:

- Перший клас точності: Цей клас є найвищим рівнем точності і застосовується у високоточних геодезичних роботах, таких як створення геодезичних мереж високої щільності або визначення глобальних координатних систем. Похибка вимірів у цьому класі становить зазвичай кілька міліметрів або менше.
- Другий клас точності: Цей клас точності застосовується у ширшому спектрі геодезичних робіт, включаючи інженерні дослідження, будівництво та планування. Похибка вимірювань у цьому класі зазвичай становить від кількох міліметрів до десятків міліметрів.
- Третій клас точності: Цей клас точності застосовується у більш грубих геодезичних роботах, таких як топографічна зйомка, створення карт та просторове моделювання. Похибка вимірів у цьому класі зазвичай становить від десятків міліметрів до сантиметрів.
- Четвертий клас точності: Цей клас точності застосовується у великомасштабних геодезичних роботах, де вища точність не потрібна. Похибка вимірювань у цьому класі може становити від кількох сантиметрів до десятків сантиметрів.

Проте слід зазначити, що системи класифікації точності можуть різнитися у різних країнах та для різних типів землепорядних робіт. Під час виконання конкретного проекту слід керуватися вимогами та нормативами, встановленими у відповідній країні чи організації.

1.4. Визначення класів точності у землеустрої ґрунтується на ряді критеріїв та параметрів, які враховуються під час проведення геодезичних вимірів. Ось деякі загальні критерії, які можна використовувати для визначення класів точності:

- Відстань: Одним із основних критеріїв є допустима відстань між вимірюваними точками. Чим менша допустима відстань, тим більший

клас точності потрібний. Наприклад, для високоточних геодезичних мереж потрібна невелика відстань між контрольними точками.

- Похибка вимірювання: Клас точності також залежить від допустимої похибки вимірювань. Високий клас точності вимагає меншої похибки вимірювань, тоді як нижчий клас допускає більшу похибку. Наприклад, у високоточних вимірах допустима похибка може бути виражена у міліметрах.
- Ціль вимірювання: Клас точності також може бути визначений залежно від цілей вимірювань. Деякі роботи, такі як створення глобальних координатних систем або визначення висотних позначок, вимагають більш високої точності, ніж інші роботи, такі як топографічна зйомка або інженерні дослідження.
- Методи вимірювання: Різні методи вимірювання можуть мати різні рівні точності. Наприклад, глобальна навігаційна супутникова система (GNSS) може забезпечувати високу точність позиціонування, тоді як традиційні методи зйомки можуть мати нижчу точність.
- Вимоги замовника: Іноді клас точності визначається вимогами замовника чи нормативними документами, що регулюють конкретну галузь чи проект. Замовник може встановити конкретні вимоги щодо точності вимірювань у специфікації проекту.

Важливо, що конкретні значення та критерії для кожного класу точності можуть різнитися залежно від стандартів та вимог, прийнятих у конкретній країні чи організації. При виконанні землепорядних робіт слід керуватися застосовними нормативними документами та вимогами проекту.

1.5. Приклади практичного застосування класів точності землеустрою включають такі сценарії:

- Створення геодезичної мережі високої щільності: При розробці геодезичної мережі з високою щільністю точок, як-от геодезична мережа для великомасштабного проекту інженерного будівництва або створення точок контролю для картографії, може бути використаний 1-й клас точності. Це забезпечує високу точність позиціонування точок із похибкою вимірювань на рівні кількох міліметрів або менше.
- Інженерні дослідження та проектування: У процесі інженерних досліджень та проектування землевпорядні роботи можуть включати створення геодезичної мережі для позначення точок або контролю планового розміщення споруд. Тут може використовуватися 2 клас точності з похибкою вимірювань від декількох міліметрів до десятків міліметрів.
- Топографічна зйомка та картографія: При топографічній зйомці для створення топографічних карт або оновлення географічних інформаційних систем (ГІС) зазвичай використовується 3-й клас точності. Тут похибка вимірів може становити від десятків міліметрів до сантиметрів.
- Планування міської забудови: У процесі планування міської забудови та розробки земельних ділянок можуть використовуватись 3-й чи 4-й класи точності залежно від вимог проекту та регулюючих нормативів. Це дозволяє визначити розташування та межі ділянок з достатньою точністю для планування використання земель та інфраструктури.

Це лише кілька прикладів практичного застосування класів точності у землеустрої. Конкретні класи точності та вимоги визначаються проектними умовами, стандартами та регулюючими організаціями, які можуть змінюватись у різних країнах та регіонах[6].

Точність методів вирівнювання землеустрою є важливою проблемою в різних галузях промисловості, включаючи індустрію ресурсів. У тематичному дослідженні, проведеному в Пакистані, життєздатність супутникового

дистанційного зондування для зйомок у промисловості ресурсів була оцінена шляхом порівняння його з традиційними методами зйомок для того самого місця. За допомогою супутникового дистанційного зондування генеруються трипросторові координатні карти, точність яких визначається точністю координатного положення та оптичною роздільною здатністю платформи супутника. Необроблені результати супутникових знімків обробляються геодезистами для створення карт розташування об'єкта зйомки. Точність супутникової зйомки порівнювалася з традиційними методами зйомки шляхом аналізу похідних просторових координат від кожного. У той час як сучасні наземні методи зйомок забезпечують трипросторові координати для досліджуваних точок з високим рівнем точності, тематичне дослідження включало топографічну зйомку поля дюн для перспективної зони гірничого проекту в Пакистані. Завдяки цьому порівняльному дослідженню було виявлено, що супутникове дистанційне зондування може надати точні результати, що робить його життєздатним варіантом для зйомок у промисловості ресурсів[7].

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСІВ ТОЧНОСТІ У ЗЕМЛЕБУДІВСТВІ

2.1. Методика визначення класів точності у землеустрої включає низку кроків та процесів, які враховуються при оцінці необхідної точності вимірювань. Ось загальна методика визначення класів точності:

1. Визначення цілей вимірів: Спочатку необхідно чітко визначити цілі вимірів та вимоги проекту. Це може бути створення геодезичної мережі, топографічна зйомка, інженерні дослідження чи інші завдання у землеустрої.
2. Ідентифікація параметрів, що вимірюються: Визначте, які параметри потрібно виміряти, такі як координати точок, висоти, відстані, кути і т.д.
3. Аналіз необхідної точності: Оцініть необхідну точність вимірювань для кожного параметра, що вимірюється, ґрунтуючись на вимогах проекту, нормативних документах або стандартах, що застосовуються у вашій країні або організації.
4. Ідентифікація методів вимірювання: Визначте методи та інструменти, які будуть використовуватись для проведення вимірювань. Це може включати геодезичні прилади, GNSS (глобальна навігаційна супутникова система), лазерні далекоміри та інші технології.
5. Зіставлення з класами точності: порівняйте оцінку необхідної точності з класами точності, визначеними у відповідних стандартах чи нормативних документах. Виберіть клас точності, який найкраще відповідає вимогам проекту та забезпечить необхідну точність вимірювань.
6. Врахування факторів навколишнього середовища: Врахуйте фактори навколишнього середовища, які можуть впливати на точність вимірювань, такі як атмосферні умови, наявність перешкод або

геологічні особливості місцевості. Ці фактори можуть вимагати коригування класу точності.

7. Документування класів точності: Задokumentуйте вибрані класи точності та їх обґрунтування у технічній документації проекту або у відповідних специфікаціях.

Важливо відзначити, що методика визначення класів точності може змінюватись в залежності від конкретного проекту, країни та нормативних вимог. Під час виконання землепорядних робіт слід керуватися застосовними стандартами та рекомендаціями, а також консультуватися з професіоналами в галузі геодезії та землеустрою.

2.2. Аналіз факторів, що впливають клас точності в землеустрої, є важливою частиною процесу визначення необхідної точності вимірювань. Ось деякі основні фактори, які можуть впливати на клас точності:

1. Вимоги проекту: Необхідно врахувати вимоги та цілі проекту. Деякі проекти можуть вимагати високу точність вимірювань, наприклад, під час створення геодезичної мережі для інженерного будівництва або планування міської забудови. Інші проекти можуть допускати нижчу точність, особливо якщо це несуттєво для цілей проекту.
2. Типи вимірів: Різні типи вимірів можуть вимагати різних класів точності. Наприклад, вимірювання координат точок можуть вимагати більш високої точності, ніж вимірювання висот або відстаней. Визначте, які параметри потрібно виміряти та яка точність необхідна для кожного з них.
3. Методи вимірів: Різні методи вимірів мають різну точність. Наприклад, геодезичні прилади, такі як теодоліти та нівеліри, можуть забезпечувати високу точність вимірів. Сучасні технології, такі як GNSS (глобальна навігаційна супутникова система) або лазерні сканери також можуть

забезпечувати високу точність, але вимагають відповідних налаштувань і обробки даних.

4. Умови довкілля: Чинники довкілля, такі як атмосферні умови, наявність перешкод чи геологічні особливості місцевості, можуть проводити точність вимірів. Наприклад, при роботі в умовах сильного вітру або обмеженої видимості може знадобитися облік цих факторів та підвищення класу точності.
5. Точність суміжних вимірів: Якщо точність одного виміру залежить від інших вимірів чи даних, необхідно врахувати точність цих суміжних вимірів. Наприклад, при визначенні координат точок може бути потрібна точність пунктів контролю, на які спираються виміри.
6. Нормативні вимоги: Слід враховувати застосовні нормативні вимоги та стандарти у вашій країні чи організації. Вони можуть визначати мінімальні вимоги до класу точності різних типів землепорядних робіт.
7. Бюджет та час: Бюджет та час, виділені на землепорядні роботи, можуть обмежувати можливості досягнення вищих класів точності. Необхідно збалансувати вимоги щодо точності з доступними ресурсами.

Всі ці фактори повинні бути враховані та аналізовані щодо класу точності для конкретного проекту в землеустрої.

2.3. У цьому підрозділі я описуватиму всі класи точності та приклади їх практичного застосування. З 1 розділу ми зробили висновок, що всього існує 4 класи точності, а у цьому підрозділі я хочу детальніше їх розібрати

1. КЛАС ТОЧНОСТІ

Прикладом цього класу точності землеустрою може бути високоточна геодезична зйомка для будівництва гідротехнічної споруди, такого як гребля

або міст. В даному випадку, точність вимірювань має бути дуже високою, щоб забезпечити точне розміщення та геометричну узгодженість споруди.

Процес визначення класу точності 1-го класу може включати такі характеристики:

1. Вимоги проекту: Гідротехнічна споруда потребує високої точності вимірювань для забезпечення безпеки та довговічності споруди.
2. Вимірювані параметри: Координати точок (горизонтальні та вертикальні), кути, відстані, висоти та інші параметри, необхідні для точного розміщення та проектування споруди.
3. Методи вимірювань: Використання високоточних геодезичних інструментів, таких як теодоліти з електронним далекоміром (EDM), GNSS-приймачі з високою роздільною здатністю, лазерні сканери та інші сучасні технології.
4. Фактори навколишнього середовища: Врахування атмосферних умов, таких як вплив вітру та температурних змін, які можуть впливати на точність вимірювань. Застосування методів корекції та компенсації цих факторів.
5. Нормативні вимоги: Нормативні документи, що стосуються гідротехнічних споруд, можуть встановлювати вимоги до точності вимірювань та класу точності для таких проектів.
6. Бюджет та час: Проекти з 1 класом точності можуть вимагати значних ресурсів у термінах бюджету та часу на проведення високоточних вимірювань та обробку даних.

Визначення класу точності 1-го класу забезпечить максимально можливу точність вимірювань, яка потрібна для будівництва гідротехнічної споруди, де висока точність є критичною для її безпеки та надійності.

2. КЛАС ТОЧНОСТІ

Прикладами можуть бути:

1. Геодезична зйомка для планування та розміщення забудови:
 - Вимоги проекту: Підготовка території для будівництва житлових чи комерційних будівель.
 - Вимірювані параметри: Координати точок контролю, висоти, відстані.
 - Методи вимірювань: Використання геодезичних приладів (теодоліти, нівеліри) або приймачі GNSS.
 - Фактори довкілля: Атмосферні умови, видимість, перешкоди (наприклад, рослинність).
 - Нормативні вимоги: Нормативні документи встановлюють вимоги до точності координат та висот для планування та розміщення забудови.
 - Бюджет та час: Враховується доступний бюджет та час на проведення землепорядних робіт.

Даний клас може забезпечити достатню точність вимірювань для планування та розміщення забудови, де точність повинна бути вищою за середню, але може бути трохи більш гнучкою порівняно з 1 класом точності.

2. Інженерно-геодезичні дослідження для інженерних будівель:
 - Вимоги проекту: Виконує пошукові роботи для проектування інженерних будівель, таких як мости, тунелі або дорожні покриття.
 - Вимірювані параметри: горизонтальні та вертикальні координати точок, геометричні параметри існуючих структур, геологічні характеристики.
 - Методи вимірювання: Використання геодезичних інструментів, GNSS, лазерних сканерів, геофізичних методів.
 - Чинники довкілля: Вплив геологічних умов, наявність перешкод, особливості місцевості.
 - Нормативні вимоги: Нормативні документи встановлюють вимоги щодо точності вимірювань та класу точності для інженерних будов.

- Бюджет та час: Розподіл ресурсів відповідно до доступного бюджету та тимчасових обмежень.

В даному випадку, 2 клас точності може забезпечити достатню точність даних для проектування інженерних будов, де точність є важливим фактором, але можлива певна гнучкість у вимогах порівняно з вищими класами точності.

Важливо відзначити, що конкретні класи точності та вимоги можуть відрізнятися залежно від конкретних проектів та нормативних вимог, тому рекомендується звернутися до відповідних стандартів та посібників для визначення класу точності у конкретних випадках.

3. КЛАС ТОЧНОСТІ

У землеустрої є середній рівень точності вимірювань, який зазвичай застосовується для різних геодезичних і топографічних робіт. Цей клас точності може використовуватися в проектах, де потрібна досить точна інформація, але не така висока, як для більш складних інженерних або гідротехнічних робіт. Ось деякі приклади та характеристики 3 класу точності:

1. Топографічна зйомка для будівництва доріг:
 - Вимоги проекту: Отримання даних про місцевість, рельєф та особливості ділянки для проектування та будівництва доріг.
 - Вимірювані параметри: Координати точок, висоти, поперечні та поздовжні профілі, контурні лінії.
 - Методи вимірювання: Використання геодезичних інструментів, GNSS-приймачів, лазерних сканерів, методів фотограмметрії.
 - Фактори довкілля: вплив погодних умов, особливості місцевості, наявність перешкод.
 - Нормативні вимоги: Нормативні документи встановлюють вимоги щодо точності вимірювань та класу точності для будівництва доріг.

- Бюджет та час: Розподіл ресурсів відповідно до бюджету та тимчасових обмежень проекту.
2. Інженерно-геодезичні дослідження для промислових споруд:
- Вимоги проекту: дослідження для проектування та будівництва промислових споруд, таких як заводи, склади або енергетичні об'єкти.
 - Параметри, що вимірюються: Координати точок, висоти, розміри ділянки, особливості місцевості, геологічні характеристики.
 - Методи вимірювання: Використання геодезичних інструментів, GNSS-приймачів, лазерних сканерів.
 - Чинники довкілля: Наявність перешкод, особливості місцевості, вплив геологічних умов.
 - Нормативні вимоги: Нормативні документи встановлюють вимоги щодо точності вимірювань та класу точності для промислових споруд.
 - Бюджет та час: Розподіл ресурсів відповідно до бюджету та тимчасових обмежень проекту.

Клас точності 3 надає достатню точність вимірювань для різних геодезичних та топографічних робіт, де потрібен середній рівень точності, що відповідає типу проекту та його нормативним вимогам.

4. КЛАС ТОЧНОСТІ

У землевпорядкуванні зазвичай застосовується для простих геодезичних робіт, де потрібна базова точність вимірювань. Цей клас точності може використовуватися, наприклад, для виконання обмірів ділянки землі або грубих топографічних зйомок. Ось деякі приклади та характеристики 4 класу точності:

1. Виміри ділянки землі:
 - Вимоги проекту: Визначення меж та площі ділянки землі для правових чи кадастрових цілей.

- Вимірювані параметри: Координати вершин ділянки, довжини сторін, площа.
- Методи вимірювань: Використання геодезичних інструментів, вимірювальні стрічки, далекоміри.
- Фактори довкілля: вплив погодних умов, перешкод на ділянці (наприклад, рослинність).
- Нормативні вимоги: Нормативні документи встановлюють вимоги до точності вимірювання та класу точності для обмірів ділянки землі.
- Бюджет та час: Розподіл ресурсів відповідно до бюджету та тимчасових обмежень проекту.

2. Прості топографічні зйомки:

- Вимоги проекту: отримання загальної інформації про місцевість або ділянку для попереднього планування.
- Вимірювані параметри: горизонтальні координати точок, основні особливості місцевості.
- Методи вимірювання: Використання геодезичних інструментів, GNSS-приймачів, простих оптичних інструментів.
- Фактори довкілля: вплив погодних умов, перешкод на ділянці.
- Нормативні вимоги: Нормативні документи встановлюють вимоги до точності вимірювання та класу точності для даного типу топографічних зйомок.
- Бюджет та час: Розподіл ресурсів відповідно до бюджету та тимчасових обмежень проекту.

Клас точності 4 забезпечує базову точність вимірювань, достатню для простих геодезичних робіт, де вимоги до точності не настільки високі, як більш складних і точних вимірювань.

2.4 Оцінка ефективності класів точності картографування землекористування: порівняльний аналіз.

Картографування землекористування є складним процесом, який вимагає точної, детальної та актуальної інформації. Кадастрові дані є одним із таких джерел інформації, яке надає найбільш точні дані про землекористування у великомасштабному картографуванні завдяки їх детальному характеру та актуальній інформації. Однак кадастрові дані не завжди дійсні, доступні у всіх країнах або охоплюють досліджувану територію. З іншого боку, CORINE Land Cover характеризується низькою точністю та значним узагальненням і використовує мінімальну одиницю картографування 25 гектарів для повітряних явищ і мінімальну ширину 100 м для лінійних явищ. Більш детальні бази даних, такі як Польська база даних топографічних об'єктів (DBTO10k), обмежені Польщею та охоплюють різні регіони з різними інтервалами, що ускладнює надійне порівняння регіонів протягом тривалих періодів часу. Міський атлас також є цінним джерелом даних, що охоплює весь європейський континент, але він обмежений функціональними міськими районами (FUA), а дані, що стосуються малих і середніх міст за межами FUA, не завжди доступні. У 2018 році 696 FUA були охоплені Urban Atlas [8]. Оскільки кадастрові бази даних розробляються в багатьох країнах, докладаються зусилля для збільшення доступності сховищ детальних даних і в інших країнах. Тому для ефективного картографування землекористування необхідний ретельний розгляд сильних сторін і обмежень кожного джерела інформації.

РОЗДІЛ 3.

ПРАКТИЧНІ ПРИКЛАДИ ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСІВ ТОЧНОСТІ У ЗЕМЛЕБУДІВСТВІ

3.1 Розгляд прикладів визначення класів точності

У даному розділі я буду розглядати тахеометр та GPS як приклади визначення точності у роботах з землеустрою.

Тахеометр є одним з ключових інструментів у землеустрої, який використовується для вимірювання відстаней, кутів та висот. Точність тахеометра є критичним фактором для отримання точних та надійних даних під час робіт з землеустрою. Ось деякі важливі аспекти, пов'язані з точністю тахеометра:

- Точність вимірювання відстаней: Тахеометри вимірюють відстані за допомогою інфрачервоних лазерних променів або радіохвиль. Точність вимірювання відстаней залежить від типу тахеометра і може бути вказана в його технічних характеристиках. Зазвичай точність вимірювання відстаней може бути в діапазоні від кількох міліметрів до кількох сантиметрів.
- Точність вимірювання кутів: Тахеометри також вимірюють кути між точками. Точність вимірювання кутів залежить від роздільної здатності тахеометра. Зазвичай точність вимірювання кутів може бути в діапазоні від декількох секунд до кількох десятків секунд.
- Компенсація похибок: Тахеометри можуть мати функції компенсації похибок, які дозволяють автоматично коригувати і усувати систематичні похибки, такі як похибки нелінійності, температурні похибки та похибки рівняння редукції. Це сприяє поліпшенню точності вимірювань.
- Умови використання: Точність тахеометра також може залежати від умов використання, таких як освітленість, вітер, температура і наявність

перешкод. Непридатні умови можуть впливати на якість вимірювань та точність результатів.

Для досягнення оптимальної точності вимірювань з тахеометром важливо дотримуватися правильних технік використання, калібрування та налагодження приладу. Також слід враховувати специфічні вимоги проекту та нормативні вимоги щодо точності землеустрою, які можуть варіюватися залежно від типу робіт і їх цілей.

Точність на тахеометрі в роботах з землеустрою визначається шляхом виконання кількох контрольних вимірювань та порівняння отриманих результатів з відомими координатами або вимірюваннями контрольних точок. Основні кроки для визначення точності на тахеометрі включають наступне:

- Вимірювання контрольних точок: Спочатку вимірюються контрольні точки з відомими координатами або вимірюваннями. Ці контрольні точки можуть бути встановлені за допомогою високоточних геодезичних методів або за допомогою інших точних інструментів, які забезпечують точні референсійні значення.
- Вимірювання тахеометром: За допомогою тахеометра вимірюються цільові точки, які входять у мережу землеустрою або проектні елементи. Зазначені вимірювання проводяться з використанням різних методів, таких як вимірювання відстаней та кутів.
- Обробка даних та порівняння: Отримані вимірювання з тахеометра обробляються та аналізуються. Координати і/або висоти виміряних точок розраховуються з використанням математичних алгоритмів та геодезичних формул. Порівняння цих результатів з відомими контрольними значеннями дозволяє оцінити точність вимірювань на тахеометрі.
- Визначення точності: Основуючись на порівнянні вимірювань тахеометра з контрольними значеннями, визначається точність на тахеометрі. Це може бути виражено у вигляді різниці координат, висот

або вимірювань кутів між вимірюваннями тахеометра та контрольними значеннями. Зазвичай точність вимірювань на тахеометрі вказується у вигляді стандартного відхилення або максимальної похибки.

Важливо враховувати, що точність на тахеометрі залежить від різних факторів, такими як погодні умови, стан обладнання, навички оператора та умови виконання вимірювань. Дотримання правильних технік вимірювання, калібрування та перевірки обладнання може сприяти досягненню більш точних результатів на тахеометрі в роботах з землеустроєм.

Точність GPS (глобальної системи позиціонування) у роботах з землеустроєм визначається шляхом оцінки похибок та недоліків, які впливають на точність вимірювань GPS. Основні фактори, які впливають на точність GPS, включають наступні:

- Доступність супутників: Кількість та розташування видимих супутників GPS можуть впливати на точність вимірювань. Чим більше супутників видно для отримання сигналу, тим більша ймовірність отримання точних результатів. Наявність перешкод, таких як високі будівлі або густий ліс, можуть обмежувати видимість супутників і знижувати точність.
- Геометрія супутників: Геометрія супутників визначається їх розташуванням і взаємним розташуванням на небосхилі. Оптимальна геометрія, коли супутники розташовані рівномірно та розподілені в різних напрямках, сприяє отриманню точних вимірювань. Незважаючи на це, неідеальна геометрія супутників може призводити до збільшення похибок позиціонування.
- Похибки сигналу: Похибки сигналу GPS можуть виникати через різні фактори, такі як затримка сигналу в атмосфері, множинний розсіяний сигнал, вплив множинних відбиттів сигналу та інтерференція

радіосигналів. Ці похибки можуть впливати на точність вимірювань GPS.

- Тип приймача GPS: Точність GPS також може варіюватися в залежності від типу приймача GPS, його характеристик і функціональності. Високоточні приймачі з більшою чутливістю можуть забезпечувати більш точні результати, ніж менш точні приймачі.

Оцінка точності GPS в роботах з землеустрою може бути проведена шляхом порівняння вимірювань GPS з референсними пунктами або контрольними вимірюваннями, проведеними за допомогою високоточних методів. Зазначені порівняння дозволяють визначити похибку позиціонування GPS та оцінити його точність.

У землеустрої використовуються різні типи приймачів GPS залежно від конкретних потреб і завдань. Основні типи приймачів GPS, що використовуються у землеустрої, включають:

- Одночастотні приймачі (Single-Frequency GPS Receivers): Ці приймачі працюють з однією частотою GPS-сигналу, зазвичай L1-частотою (1575,42 МГц). Вони здатні визначати географічні координати (широту, довготу, висоту) зі зазначеною точністю. Одночастотні приймачі зазвичай є менш складними та більш доступними з точки зору ціни.
- Двохчастотні приймачі (Dual-Frequency GPS Receivers): Ці приймачі працюють з двома частотами GPS-сигналу - L1 і L2 (1227,60 МГц). Використання двох частот дозволяє компенсувати ефекти атмосферного затримання сигналу, що поліпшує точність вимірювань. Двохчастотні приймачі зазвичай мають вищу точність, але вони можуть бути дорожчими та вимагати більшої складності обробки сигналів.
- Референсні станції (Reference Stations): Референсні станції є спеціальними приймачами GPS, які розташовані на точно відомих географічних позиціях. Вони використовуються для створення базових даних та надання референсних сигналів для інших приймачів GPS.

Референсні станції зазвичай мають високу точність і використовуються для коригування похибок інших приймачів.

- RTK (Real-Time Kinematic) приймачі: RTK-приймачі використовуються для отримання високоточних результатів в реальному часі. Вони працюють в парі з референсною станцією, що надає корекційні сигнали. RTK-технологія дозволяє досягнути міліметрової точності вимірювань і використовується в складних задачах землеустрою, таких як контроль будівельних робіт або вимірювання профілю земельного рельєфу.

Це лише деякі з типів приймачів GPS, які використовуються у землеустрої. Конкретний тип приймача вибирається в залежності від вимог до точності, складності проекту та бюджетних обмежень.

Точність GPS

Як було зазначено вище ви могли зрозуміти, що GPS мають декілька типів приймачів, які використовуються у різних приладах.

1. Одночастотні приймачі GPS

Одночастотні приймачі GPS у землеустрої використовуються для вимірювання географічних координат (широти, довготи, висоти) з прийнятною точністю. Вони працюють з однією частотою GPS-сигналу, зазвичай L1-частотою додатка, таких як:

- Загальне картографування: Одночастотні приймачі GPS використовуються для визначення точних географічних координат об'єктів та створення детальних карт.
- Вимірювання контрольних пунктів: Одночастотні приймачі GPS використовуються для встановлення контрольних пунктів на території,

які потім використовуються для орієнтації та вимірювання інших об'єктів.

- Топографічні вимірювання: Одночастотні приймачі GPS використовуються для вимірювання топографічних характеристик, таких як висоти, нахил терену та інші важливі параметри.
- Розташування геодезичних мереж: Одночастотні приймачі GPS використовуються для встановлення точок в геодезичних мережах та їх подальшої обробки.
- Навігація та маркшейдерія: Одночастотні приймачі GPS використовуються для навігації та орієнтування під час маркшейдерських робіт, таких як вимірювання відстаней, кутів та висот.

Одночастотні приймачі GPS є менш складними та більш доступними з точки зору ціни, що робить їх популярними серед фахівців для багатьох робіт, де вимагається задовільна точність.

2. Двохчастотні приймачі GPS

Двохчастотні приймачі GPS у землеустрої працюють з двома частотами GPS-сигналу - L1 і L2. Використання двох частот дозволяє компенсувати ефекти атмосферного затримання сигналу і поліпшує точність вимірювань. Двохчастотні приймачі зазвичай мають вищу точність порівняно з одночастотними приймачами.

Двохчастотні приймачі GPS знаходять широке застосування в землеустрої для різних завдань. Деякі приклади включають:

- Геодезичні вимірювання: Двохчастотні приймачі використовуються для точних геодезичних вимірювань, таких як визначення координат контрольних пунктів, меж земельних ділянок, рельєфу місцевості тощо.

- Інженерні роботи: У інженерних роботах, таких як проектування та будівництво, двохчастотні приймачі використовуються для збирання точних даних про місцезнаходження та координати об'єктів.
- Картографування та навігація: Двохчастотні приймачі GPS допомагають вирішувати завдання з картографування та навігації, забезпечуючи точні дані про географічне положення.
- Гідрографічні роботи: В гідрографічних роботах, таких як вимірювання річкових потоків, багаторазових вимірювань та мапування рельєфу дна водоймищ, двохчастотні приймачі використовуються для збору точних даних.
- Вимірювання зсувів та деформацій: У вимірюваннях зсувів та деформацій у гірських районах або на будівельних об'єктах використовуються двохчастотні приймачі для точного визначення змін у географічному положенні.

Двохчастотні приймачі GPS забезпечують вищу точність і здатність компенсувати атмосферні впливи, що робить їх важливими інструментами для точності у роботах з землеустрою.

3. Референсні станції

У землеустрої референсні станції використовуються для надання корекційних сигналів при вимірюваннях за допомогою GPS або інших глобальних навігаційних супутникових систем. Ці станції мають точно відомі географічні координати і вимірюють сигнали від супутників з високою точністю.

Референсні станції зазвичай розташовуються на відомих точках із високою стійкістю та доступністю. Вони обладнані спеціальними GPS-приймачами, які реєструють сигнали від супутників і вимірюють їхню точну часову і просторову інформацію. За допомогою цих даних референсні станції

обчислюють корекційні параметри, такі як затримка сигналу або відхилення від орбітальних параметрів супутників.

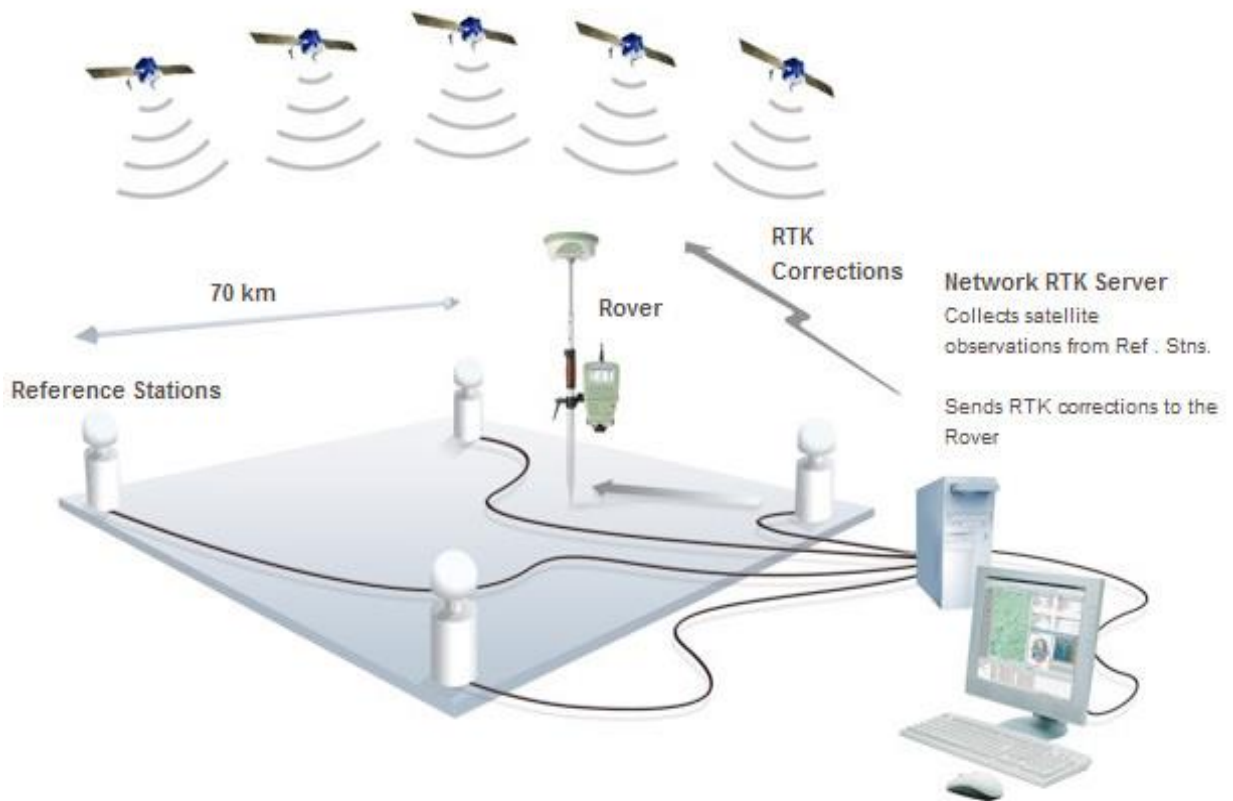
Коли користувач проводить вимірювання з використанням GPS або іншої системи навігації, його приймач отримує сигнали від супутників, а також отримує корекційні сигнали від референсної станції. Ці корекційні сигнали дозволяють скоригувати неточності, спричинені атмосферними умовами та іншими факторами, і отримати більш точні результати вимірювань.

Референсні станції є важливими компонентами вимірювальних мереж у землеустрої. Вони забезпечують точні корекційні дані, що дозволяють збільшити точність і надійність вимірювань на великих відстанях та в умовах зі значними атмосферними спотвореннями.

4. RTK

Кінематика реального часу (RTK) як точна та ефективна технологія позиціонування для додатків точного землеробства. Кінематика реального часу (RTK) з'явилася як точна та ефективна технологія позиціонування в системах точного землеробства. Технологія RTK обчислює положення приймача з високою точністю в кілька сантиметрів або менше, що досягається за допомогою мережі опорних станцій для передачі коригувальних даних на приймач, забезпечуючи високоточні дані позиціонування для різних застосувань, включаючи сільське господарство[9]. Використання технології RTK у сільському господарстві зросло в останні роки, оскільки вона допомагає фермерам ефективніше висаджувати зернові культури та отримувати кращі врожаї. Технологія RTK дозволяє фермерам і агробізнесам складати карту своїх плантацій і використовувати цю інформацію, щоб керувати своїми тракторів та іншого сільськогосподарського обладнання, дозволяючи їм відстежувати свої посіви під час вирощування та розміщувати насіння та добрива в певних місцях на своїх полях, підвищуючи ефективність

землеробства [10]. Технологія RTK використовує GPS або інші супутникові навігаційні системи та може досягти точність на сантиметровому рівні, що робить його ідеальним для таких застосувань, як точне землеробство, геодезія та картографування. Однією з переваг використання технології RTK у точному землеробстві є те, що вона допомагає зменшити кількість відходів, які утворюються внаслідок сільськогосподарських операцій, таким чином підвищуючи ефективність використання ресурсів. RTK дозволяє визначати точні позиції в режимі реального часу та використовується для підвищення точності розміщення хімікатів у вузьких смугах або для культивування поблизу лінії рослин [11]. Крім того, на RTK не впливає погане освітлення, листя, що здувається вітром, тиск бур'янів, відсутні сільськогосподарські рослини або інші умови, які погіршують продуктивність систем наведення машинного зору. Незважаючи на свої переваги, технологія RTK має деякі недоліки, які необхідно враховувати, перш ніж застосовувати її для точного землеробства. Наприклад, рішення RTK-GPS вимагають постійного розташування базової станції в межах 10 км, що вимагає великих капітальних витрат. Проте компанії, що надають послуги GPS, і державні установи працюють над пом'якшенням цієї проблеми, розробляючи мережу базових станцій, які забезпечують доступ до сигналу корекції RTK у широкому географічному регіоні через стільниковий зв'язок або радіомодем [12].



(Рис.1 Принцип роботи RTK)

RTK забезпечує дуже високу точність вимірювань, зазвичай на рівні декількох сантиметрів або менше. Це робить його корисним для вимогливих додатків у землеустрої, де необхідна висока точність, наприклад:

- Вимірювання геодезичних мереж: RTK використовується для встановлення точок у геодезичних мережах з високою точністю та ефективністю.
- Точне позиціонування об'єктів: RTK дозволяє точно визначити географічні координати будівель, споруд, доріг та інших об'єктів у землеустрої.
- Контрольні вимірювання: RTK використовується для вимірювання контрольних пунктів, меж земельних ділянок, рельєфу місцевості та інших параметрів з високою точністю.

- Моніторинг зсувів та деформацій: RTK може застосовуватися для постійного моніторингу зсувів та деформацій на будівельних об'єктах або в гірських районах.

Використання RTK у землеустрої дозволяє значно збільшити продуктивність та точність вимірювань, зменшити час, необхідний для виконання завдань, і забезпечити високу якість даних.

Системи орієнтування по висоті для GPS-приймачів у землеустрої

Системи орієнтування по висоті для GPS-приймачів у землеустрої в основному використовуються для вимірювання висотних координат точок на земній поверхні або в структурах. Основні системи орієнтування по висоті, які можуть бути використані, включають:

- GPS (Глобальна система позиціонування): GPS-приймачі здатні визначати географічні координати точок на землі, включаючи висоту над рівнем моря (або альтитуду). GPS-приймачі отримують сигнали від супутників GPS і використовують їх для визначення положення та висоти.
- GNSS (Глобальна навігаційна супутникова система): GNSS є загальною назвою для систем позиціонування, таких як GPS, ГЛОНАСС (російська система позиціонування) та Galileo (європейська система позиціонування). Вони надають сигнали для вимірювання географічних координат, включаючи висоту.
- Інерційні системи вимірювання (ІСВ): ІСВ використовуються для вимірювання прискорення та кутових швидкостей. За допомогою обробки даних про прискорення, ІСВ можуть визначити зміну положення та швидкості об'єкта. Ці дані можуть використовуватися для визначення висоти, особливо у випадках, коли супутниковий сигнал GPS недоступний (наприклад, в глибоких ущелинах або під землею).

- Аерофотограмметрія: Аерофотограмметрія використовує висотні фотографії, зняті з повітря, для вимірювання висотних координат. Зображення, зняті з літака або дрона, обробляються спеціальними програмами, які дозволяють визначити висоту точок на земній поверхні.
- Лазерне сканування: Лазерне сканування (LiDAR) використовує лазер для вимірювання відстаней до об'єктів. За допомогою високоточних лазерних вимірювань можна визначити висоту точок на землі або в будівлях.

Ці системи можуть використовуватися окремо або поєднано для визначення висотних координат у землеустрої. Вибір певної системи залежить від конкретних потреб, обмежень та умов роботи на місці.

У землеустрої в різних країнах та регіонах світу використовуються різні системи виміру висоти. Найпоширенішими системами є:

- Нормальна висотна система (NGVD): Використовується в Сполучених Штатах Америки і встановлює нульовий рівень висоти на основі середнього рівня моря.
- Всесвітня висотна система (WGS): WGS використовується у всьому світі і базується на геоцентричній моделі Землі. Один з його компонентів - WGS84 - є основою для глобальної навігаційної системи GPS.
- Європейська висотна система (EVRS): EVRS є спільною системою для країн Європейського Союзу і використовується для вимірювання висот у Європі.
- Австралійська висотна система (AHD): AHD використовується в Австралії для визначення висоти, з базовим референсним рівнем, що встановлюється на основі морського рівня.
- Навігаційна висотна система (NAVD): Ця система використовується в США для навігаційних цілей та включає в себе різні рівні висот, такі як NAVD88.

Крім цих систем, в окремих країнах можуть бути використані національні або регіональні системи виміру висоти, які встановлюють свої власні референсні рівні висоти на основі геодезичних даних та місцевих умов.

У землеустрої система висот, що використовується, може мати значні наслідки для різних країн. Одним з важливих факторів, який слід враховувати в цьому відношенні, є локальні вертикальні дати, які зазвичай базуються на вимірюваннях середнього рівня моря на довільних мареографах. Точне нівелювання з посиланням на ці місцеві вертикальні бази даних було використано для встановлення існуючих фізичних опорних систем висоти. Проте порівняльний аналіз висотних систем має вирішальне значення для землеустрою в різних країнах. Цей аналіз може допомогти виявити відмінності та подібності в системах висот і те, як вони впливають на управління землею. Це також може допомогти визначити сильні та слабкі сторони кожної системи та дати зрозуміти, як їх покращити. Тому для країн важливо брати участь у порівняльному аналізі своїх висотних систем, щоб забезпечити ефективні та ефективні практики землеустрою [13].

Важливо враховувати, що системи виміру висоти можуть мати свої особливості та різницю відносно нульового рівня висоти, тому при вимірах та аналізі даних необхідно використовувати відповідну систему, визначену для конкретного регіону.

Можу зазначити, що у Європі існує ще декілька систем вимірювання висоти, такі як:

1. Нормалізована система висот (NHN) - Нідерланди: Використовується в Нідерландах для вимірювання висот, встановлюючи референсний рівень висоти на основі середнього морського рівня. Є міжнародно визнаною системою вимірювання висот, яка використовується у геодезії та геоінформатиці. Її ціль полягає у створенні єдиної основи для вимірювання висот на всій планеті, щоб забезпечити зв'язок між різними

геодезичними системами та джерелами даних. Нормалізована система висот базується на геоцентричній гравітаційній моделі Землі та математичних моделях геоїду. Вона використовується для визначення висот точок відносно середньої поверхні моря, яка вважається референцним рівнем висот. Одним з ключових компонентів нормалізованої системи висот є Геоцентрична система висот (Geocentric Height System). Ця система вимірює висоти відносно центра мас Землі і забезпечує їх універсальність та стабільність.

2. Топографічна висотна система (ТОВ) - Франція: Використовується в Франції для вимірювання висот, зокрема для картографічних та топографічних робіт. Ця система використовується для представлення висотної інформації про поверхню землі на топографічних картах та планах. У топографічній висотній системі висоти вимірюються відносно деякого горизонтального референсного рівня, який може бути заданий у метрах або футах. Цей референсний рівень може бути встановлений на основі локальних особливостей місцевості або національних норм та стандартів.
3. Тринівелірна система (TEN) - Італія: Використовується в Італії для вимірювання висот з використанням спеціальних тринівелірних мереж. Тринівелірна система (також відома як трівелірна система) є однією з методів вимірювання висот у геодезії і землеустрої. Вона використовується для вимірювання різниці висот між двома або більше точками на території. Тринівелірна система базується на використанні трьох нівелірів, які зазвичай розташовуються на відстані один від одного утворюючи трикутник. Основна ідея тринівелірної системи полягає в тому, що вимірюються висоти відносно першої точки, потім вимірюється різниця висот між першою і другою точками, а нарешті

вимірюється різниця висот між першою і третьою точками. З цими даними можна визначити висоти всіх трьох точок відносно однієї початкової точки. Тринівелірна система дозволяє забезпечити високу точність вимірювань висот, оскільки вона усуває систематичні помилки, пов'язані з нелінійністю і погрішностями нівелірів. Цей метод використовується в геодезичних роботах, особливо коли потрібно виміряти висоти на великій відстані або у складних умовах. Важливо відзначити, що тринівелірна система вимагає досвідчених операторів та точного позиціонування нівелірів для досягнення найкращих результатів.

4. Геодезична висотна система (GHS) - Німеччина: Використовується в Німеччині для вимірювання висот у геодезичних роботах та картографії.
5. Система висот (ÖH) - Австрія: Використовується в Австрії для вимірювання висот, зокрема для орієнтації будівель та інженерних споруд.
6. Балтійська система висот (BHS) - є специфічною системою виміру висот, яка використовується в країнах Балтійського регіону, зокрема Естонії, Латвії і Литви, а також частково використовується в Польщі, Росії та інших сусідніх країнах. Ця система була створена для встановлення єдиної системи виміру висот у цьому регіоні та забезпечення сумісності даних між країнами. BHS базується на референсному рівні, встановленому у Балтійському морі, і називається Балтійським нулем. Цей референсний рівень використовується для вимірювання висот усіх точок на території, пов'язаної з Балтійським морем. Основною ціллю Балтійської системи висот є забезпечення єдності та узгодженості вимірювань висот у Балтійському регіоні. Вона забезпечує стандартизований підхід до вимірювання висот, що дозволяє точно порівнювати дані між різними країнами та регіонами.

Це лише кілька прикладів систем вимірювань висот, які використовуються в різних країнах Європи. Кожна країна може мати свою власну систему або використовувати міжнародні стандарти, залежно від своїх потреб та нормативних вимог.

3.4 Нівелір є важливим інструментом в роботах з землеустрою. Вимірювання висоти є необхідним етапом у багатьох геодезичних і землепорядних роботах, таких як:

- Побудова профілів території: Нівелір використовується для вимірювання висоти точок вздовж ліній або профілів, що дозволяє побудувати детальні профілі рельєфу території. Це корисно для проектування доріг, каналів, ліній електропередачі та інфраструктурних систем.
- Встановлення геодезичних мереж: Нівелір використовується для вимірювання висот геодезичних пунктів, які утворюють геодезичні мережі. Це дозволяє встановити точний геодезичний референсний рівень на певній території.
- Визначення розрахункових площ та об'ємів: Вимірювання висоти з використанням нівеліра дозволяє визначити висоти початку і кінця певних ділянок, що потрібні для розрахунку площ і об'ємів земельних ділянок.
- Контроль якості будівельних робіт: Нівелір використовується для контролю якості будівельних робіт, зокрема для перевірки горизонтальності та вертикальності будівельних елементів, таких як стіни, стовпи, фундаменти тощо.

Це лише кілька прикладів, де нівелір використовується в роботах з землеустрою. Його точність і надійність допомагають отримати точні вимірювання висот і забезпечити якість та точність геодезичних даних.

Точність нівеліра в землеустрої може варіюватися в залежності від типу та якості самого нівеліра, умов вимірювання та кваліфікації оператора. Основні фактори, які впливають на точність вимірювань нівеліром, включають:

- Клас точності нівеліра: Виробники нівелірів зазвичай класифікують їх за точністю, вказуючи максимальну похибку на одиницю довжини (наприклад, мм на км). Висококласні нівеліри зазвичай мають більшу точність, але можуть бути й дорожчими.
- Умови вимірювання: Точність вимірювань може бути погіршеною у складних умовах, таких як погана погода (вітер, дощ, туман), великі температурні коливання або вібрації на місці вимірювання.
- Інструментальні помилки: До інструментальних помилок відносяться випадкові помилки, зумовлені самим нівеліром, такі як погрішності вимірювальної шкали, неправильне позиціонування на штативі або деформація оптичних елементів.
- Людські помилки: Невірне оцінювання візирної мішені, неправильна рівність нівелірної лінії, неточне фіксування та читання відліків можуть призводити до помилок в вимірюваннях.

У професійних досвідчених руках та за сприятливих умовах точність нівеліра може досягати декількох міліметрів на кілометр. Однак, варто зазначити, що точність нівеліра може бути значно нижчою, якщо вимірювання проводяться некваліфікованим персоналом або в умовах з великими перешкодами.

Для отримання точних результатів важливо виконувати вимоги виробника щодо належного користування та калібрування нівеліра, а також дотримуватися рекомендацій щодо проведення вимірювань у відповідній літературі та настановах.

Висновок

У даній дипломній роботі було проведено дослідження класів точності при вимірах у роботах з землеустроєм і їх впливу на надійність та точність результатів. Огляд нормативних документів, що регулюють класи точності у землеустрої, показав їх важливість і необхідність для забезпечення високоякісних вимірювань.

У розділі теоретичного огляду було розглянуто основні класи точності, такі як перший, другий, третій та четвертий класи, а також їх вимоги та допустимі похибки. Було розглянуто різні методи контролю точності, включаючи повторні виміри, спостереження контрольних пунктів та перевірку на перекриття.

Практичні дослідження були проведені з використанням різних класів точності, і їх результати були проаналізовані. Виявлено, що вибір оптимального класу точності залежить від конкретних завдань та вимог проекту. При цьому, дотримання встановлених класів точності впливає на надійність та точність отриманих даних.

Загалом, проведені дослідження підтверджують важливість дотримання класів точності при вимірах у роботах з землеустроєм. Застосування відповідного класу точності дозволяє забезпечити високу якість вимірювань, знизити ризик похибок та забезпечити достовірні результати.

Отже, рекомендації даної дипломної роботи можуть бути використані фахівцями геодезичної галузі для вибору оптимального класу точності при вимірах у роботах з землеустроєм. Крім того, висновки та результати дослідження можуть бути використані для покращення процесів вимірювань та забезпечення високої достовірності та точності в геодезичних роботах.

JITEPATYPA

1. Chapter 5: Land Surveying and GPS. www.e-education.psu.edu
2. Orders of Accuracy Definition for Land Surveyors. <https://learnst.com/orders-of-accuracy-definition/>
3. Chapter 16.16 TECHNICAL STANDARDS FOR. www.codepublishing.com
4. Surveying. <https://en.wikipedia.org/wiki/Surveying>
5. Analysis of Surveying and Mapping Method of Landownership and Environmental Resources Confirmation Based on GPS Technology. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9451973/>
6. Levelling & Surveying. <https://whycos.org/levelling-surveying/>
7. Integrating Geospatial Techniques <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/>
8. Methodology for Precision Land Use Mapping towards Sustainable Urbanized Land Development. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8950876/>
9. Real-time kinematics for timeless farming blog.agribazaar.com
10. What is Real Time Kinematic in agriculture <https://www.avirtech.co/what-is-real-time-kinematic-in-agriculture>
11. What is Real-Time Kinematic (RTK) Positioning <https://learn.rockrobotic.com/>
12. Research Paper Tractor-based Real-time Kinematic-Global Positioning System (RTK-GPS) guidance system for geospatial mapping of row crop transplant <https://www.sciencedirect.com/>
13. Strategy for the realization of the International Height Reference System (IHRs). <https://link.springer.com/>
14. Everything You Need to Know about Leveling in Construction. <https://earthtechsolutions.com.au/>