

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

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять та організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

**«СУЧАСНІ МЕТОДИ СТВОРЕННЯ І РЕКОНСТРУКЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ
МЕРЕЖ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024

Методичні рекомендації до проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Сучасні методи створення і реконструкції геодезичних мереж» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад.: О. В. Доброходова, В. В. Касьянов, Р. С. В'яткін. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 36 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. О. В. Доброходова,
канд. техн. наук, доц. В. В. Касьянов,
канд. техн. наук Р. С. В'яткін

Рецензент

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

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 12 від 15 червня 2023 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ 1 МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ	6
1.1 Розгляд призначення та видів геодезичних мереж.....	6
1.2 Етапи створення і реконструкції геодезичних мереж.....	9
ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ 2 РЕКОНСТРУКЦІЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ.....	13
2.1 Реконструкція та обстеження пунктів державної геодезичної мережі.....	13
2.2 Оновлення пунктів державної геодезичної мережі.....	16
2.3 Пункти державної мережі та базові станції.....	19
ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ 3 ВРІВНОВАЖЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ.....	23
3.1 Врівноваження геодезичних мереж та обробка результатів вимірювання.....	23
3.2 Створення спостережень за пунктами планових мереж.....	27
3.3 Застосування сучасного програмного забезпечення.....	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34

ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни «Сучасні методи створення і реконструкції геодезичних мереж» є набуття знань щодо змісту теоретичних і практичних питань, пов'язаних із використанням методів і програм створення та модернізації державних геодезичних мереж, вивчення систем геодезичних координат, які поширюються на всю поверхню Землі.

Вивчення цієї дисципліни базується на відомостях із таких дисциплін, як «Геодезія», «Інженерна геодезія», «Вища геодезія», «Електронні геодезичні прилади», «Вища математика», «Супутникова геодезія».

Основою для сучасних методів створення та реконструкції геодезичних мереж є використання передових технологій і приладів.

Основні методи такі:

1. Навігаційні супутникові системи (наприклад, GPS, Galileo, BeiDou): використовується для отримання точних геодезичних координат точок. Вони використовуються для визначення позицій, висот та часу на землі. Сучасні приймачі ГНСС забезпечують високу точність та швидкість зняття даних, що спрощує створення та реконструкцію геодезичних мереж.

2. Інерціальні системи навігації (ІНС): використовуються гіроскопи та акселерометри для вимірювання зміни положення та орієнтації. Ці дані можуть бути використані для поліпшення точності та надійності геодезичних мереж.

3. Лідар (лазерне сканування): використовується для отримання високоточних вимірів відстаней до об'єктів на земній поверхні. Ці дані можуть бути використані для створення точних моделей території та визначення координат точок.

4. Цифрова фотограмметрія – зображення, отримані з повітря або з космосу: можуть бути використані для створення 3D-моделей земної поверхні. Цифрова

фотограмметрія використовується для вимірювання точок на зображеннях та їх подальшого геометричного відтворення та позначення точок геодезичної мережі.

5. Методи статистичного аналізу: можуть бути використані для визначення та корекції помилок у геодезичних даних. Вони дозволяють оцінити точність та вірогідність мережі, а також аномалії чи неточності даних.

6. Технології вимірювання дистанцій: використання електронних дистанціометрів, лазерних дальномірів або радіодистанційних вимірювачів для точного визначення відстаней між точками.

7. Інформаційні системи: використовуються комп'ютерні програми та бази даних для обробки, аналізу та візуалізації геодезичних даних.

Ці методи й технології можуть продовжувати розвиватися та змінюватися, оскільки геодезія – динамічна галузь, яка стає все більш точною та ефективною завдяки новим відкриттям і інноваціям.

ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ 1 МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ

Розглядається предмет і завдання дисципліни, призначення та види геодезичних мереж, необхідної щільності та точності побудови державної геодезичної мережі традиційними методами її побудови. Вивчаються супутникові методи побудови державних геодезичних мереж та основні принципи побудови супутникових міських геодезичних мереж, а також вимоги до закріплення пунктів міських геодезичних мереж.

1.1 Розгляд призначення та видів геодезичних мереж

Мета роботи: розглянути традиційні методи побудови державних геодезичних мереж та супутникові методи побудови державних геодезичних мереж.

Основні теоретичні положення

У традиційних методах побудови державних геодезичних мереж здебільшого використовуються класичні техніки зняття геодезичних вимірів та обробки даних [1, 2]. Ці методи доволі часово- та ресурсозатратні, але в деколи ще використовуються через їхню високу точність.

Основні кроки побудови традиційної державної геодезичної мережі включають:

1. Тригонометричні вимірювання: використовуються для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів між точками. Застосовуються теодоліти та нівеліри для зняття вимірювань.
2. Геодезичні вимірювання: використовуються для вимірювання горизонтальних і вертикальних відстаней між точками. Для цього

використовуються лінійки, мірні стрічки, тахеометри, електронні дальноміри та інші геодезичні прилади.

3. Триангуляція: метод базується на вимірюванні великої кількості трикутників і обчисленні їх сторін і кутів. Він використовується для створення мережі, у якій точки з'єднуються лініями триангуляції. Застосовувався протягом багатьох років і давав гарні результати, але потребує значних зусиль і багато часу для проведення вимірювань.

4. Трилатерація: метод полягає у вимірюванні відстаней від певної точки до інших точок мережі із використанням відстаней та кутових вимірів. За допомогою математичних обчислень визначаються координати точок. Трилатерація використовується для реконструкції та підтримки геодезичних мереж.

5. Полігонометрія: збір вимірювальних даних проводиться послідовно, від однієї точки до наступної. Вимірюються кути та відстані, на підставі цих даних обчислюються координати кожної точки полігону. Полігонометрія є важливим методом геодезії і застосовується в різних сферах, зокрема в картографії, будівництві, під час визначення меж земельних ділянок, проведення інженерних вимірів і наукових досліджень. Вона дозволяє визначити точні координати точок і створює основу для побудови геодезичних мереж та виконання різноманітних геодезичних розрахунків.

Супутникові методи побудови державних геодезичних мереж:

1. Глобальна навігаційна супутникова система (наприклад, GPS) є потужним інструментом для побудови геодезичних мереж. Використовуючи супутники, які надсилають сигнали до приймачів на землі, можна отримати точні геодезичні координати точок.

2. Супутникові геодезичні мережі (СГМ): цей підхід передбачає встановлення постійних супутникових станцій із відомими координатами і

вимірювання сигналів супутників на цих станціях. Далі для визначення координат інших точок на підставі отриманих даних застосовуються обчислювальні методи.

Задача. Побудова геодезичної мережі для вимірювання території містобудівного проєкту.

Опис задачі: необхідно побудувати геодезичну мережу на території, де планується розбудова нового житлового комплексу. Завдання полягає у створенні точної та надійної геодезичної мережі, щоб забезпечити вимірювання й картографування території для подальшого проєктування та будівництва.

Вимоги до геодезичної мережі:

1. Густота точок: геодезична мережа повинна мати достатню густоту точок, щоб забезпечити точні виміри на всій території проєкту, що включає необхідність точних вимірів на всіх межах ділянки, важливих об'єктах, напрямних лініях, земляних роботах та інших важливих елементах.

2. Точність вимірювань: вимірювання повинні здійснюватися з високою точністю, щоб забезпечити надійні результати. Вимоги до точності можуть варіюватися залежно від потреб проєкту, але загальна точність повинна бути не менше ± 5 мм для горизонтальних вимірів та ± 10 мм для вертикальних вимірів.

3. Контрольні пункти: поблизу території проєкту повинні бути встановлені контрольні пункти, які забезпечують посилення на зовнішні геодезичні мережі або базові станції. Це дозволяє отримувати точні координати та забезпечує зв'язок з іншими геодезичними проєктами.

Завдання для самостійного виконання

1. Планування геодезичної мережі: визначте оптимальне розташування контрольних пунктів на території проєкту. Розрахуйте відстані та кути між пунктами для забезпечення густоти та точності вимірювань.
2. Встановлення контрольних пунктів: виконайте встановлення контрольних пунктів, використовуючи геодезичні прилади – теодоліти та GPS-приймачі. Запишіть вимірювальні дані для подальшого обробки.

Питання для самоконтролю

1. Що таке геодезична мережа і яке її призначення в геодезії?
2. Назвіть основні класифікації геодезичних мереж за призначенням.
3. Назвіть геодезичні мережі за обсягом охоплення (території).
4. Що таке пункти геодезичних мереж і як вони класифікуються з точки зору призначення та точності?
5. Для чого створюються геодезичні мережі різних класів точності?
6. Які фактори впливають на вибір типу геодезичної мережі для конкретного завдання?
7. Перелічіть вимоги до точності геодезичних мереж вищих класів.
8. Які геодезичні мережі використовуються для картографічних робіт?
9. Як визначається ієрархія геодезичних мереж залежно від класу точності?
10. Які сучасні технології використовуються при створенні та управлінні геодезичними мережами?

1.2 Етапи створення і реконструкції геодезичних мереж

Мета роботи – вивчити технологію побудови геодезичних мереж згущення, проєктування та рекогностування геодезичних мереж згущення.

Основні теоретичні положення

Згущення геодезичних мереж є важливим процесом для побудови детальних та високоточних геодезичних мереж [3]. Воно включає проектування та реалізацію додаткових контрольних точок для забезпечення більшої точності та надійності вимірів. Геодезичні мережі згущення використовуються для отримання високоточних і деталізованих геодезичних даних в конкретній області. Ці мережі зазвичай будуються на основі вже існуючої геодезичної мережі меншої щільності або контрольних пунктів.

Основні кроки в побудові геодезичної мережі згущення:

1. Проектування мережі. Цей крок передбачає визначення потрібної щільності пунктів і розташування нових пунктів. Враховуються такі фактори, як потреби конкретного проєкту, географічні особливості території і вимоги до точності. Також визначаються параметри сполучень між пунктами, зокрема кути та відстані.

2. Рекогностування. Цей етап передбачає огляд території для визначення придатних місць для розташування пунктів. Рекогностування включає вибір пунктів, які забезпечать максимальну видимість між ними і будуть доступні для вимірювань.

3. Вимірювання – використовуються різні геодезичні прилади, зокрема теодоліти, тахеометри, GNSS-приймачі та електронні дальноміри для вимірювання кутів, відстаней і висот між пунктами. Вимірювання зазвичай здійснюються за допомогою послідовного методу (з точки на точку) або одночасного методу (вимірювання з однієї станції).

4. Обробка і аналіз даних. Після збору вимірювальних даних проводяться їх обробка та аналіз. Застосовуються математичні алгоритми та геодезичні методи для обчислення координат, атмосферних виправлень та інших величин. Отримані результати дозволяють визначити точні координати контрольних точок.

Задача. Побудова геодезичної мережі згущення для інженерно-геодезичних робіт на території будівництва нової промислової зони.

Опис задачі: необхідно побудувати геодезичну мережу згущення на території, де планується будівництво нової промислової зони. Мета – забезпечити високу точність та густоту точок для інженерно-геодезичних робіт, необхідних для проектування та будівництва інфраструктури.

Завдання для самостійного виконання

Етапи побудови геодезичної мережі згущення:

1. Планування мережі: визначте оптимальне розташування контрольних пунктів, враховуючи рельєф та особливості території. Розрахуйте густоту точок, необхідну для вимірювання різних елементів інфраструктури.

2. Встановлення контрольних пунктів: виконайте встановлення контрольних пунктів з високою точністю, використовуючи геодезичні прилади, такі як теодоліти та GPS-приймачі. Запишіть вимірювальні дані для подальшої обробки.

3. Вимірювання додаткових точок: за допомогою геодезичних приладів, виміряйте координати та висоти додаткових точок на території, забезпечуючи необхідну густоту точок для вимірювання інженерних об'єктів та осей комунікацій.

4. Розрахунок координат: за допомогою геодезичних алгоритмів та програмного забезпечення обчисліть координати всіх точок геодезичної мережі шляхом вимірювання контрольних пунктів та додаткових точок.

5. Перевірка та корекція: перевірте точність вимірювань шляхом порівняння зворотних вимірів, перевірки на внутрішній зв'язок та інших методів контролю. Виконайте корекцію координат та висот на основі результатів перевірки.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні етапи створення геодезичної мережі.
2. Які фази включає проєктування геодезичної мережі, що вони охоплюють?
3. Як визначається та вибирається мережева структура на етапі планування?
4. Як відбувається визначення координат пунктів геодезичної мережі на етапі спостережень?
5. Які методи та техніки використовують на етапі вимірювань для отримання геодезичних спостережень?
6. Що включає етап обробки геодезичних спостережень?
7. Як виконується реконструкція геодезичних мереж, і чому це може бути необхідно?
8. Як забезпечується точність і надійність геодезичної мережі на етапі контролю якості?
9. Як ураховуються зміни умов середовища під час експлуатації геодезичної мережі?
10. Чому важлива архівна документація на етапі документування геоде

ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ 2 РЕКОНСТРУКЦІЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ

Вивчаються загальні положення обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі, проводиться обстеження та оновлення пунктів геодезичних мереж. Розглядається загальне положення обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі та роботи з обстеження та оновлення пунктів геодезичних мереж. Вивчення технології обстеження та оновлення пунктів нівелірних мереж, а саме: розгляд робіт з обстеження та оновлення пунктів нівелірних мереж. Вивчення типів центрів і реперів пунктів геодезичних мереж. Вивчення сучасних навігаційних систем, робота від референтних базових станцій.

2.1 Реконструкція та обстеження пунктів державної геодезичної мережі

Мета роботи – вивчити технологію обстеження та оновлення пунктів державних геодезичних мереж різних класів точності.

Основні теоретичні положення

Вивчаємо технологію обстеження та оновлення пунктів державних геодезичних мереж різних класів точності.

Технологія обстеження та оновлення пунктів державних геодезичних мереж різних класів точності є важливим процесом для забезпечення актуальності та надійності геодезичних даних.

Оновлення пунктів геодезичних мереж передбачає перевірку їх стану, вимірювання нових параметрів та оновлення відповідних документів. Основні кроки в цьому процесі включають:

1. Обстеження пунктів: перший крок полягає в обстеженні існуючих пунктів геодезичних мереж. Це включає перевірку їх фізичного стану, видимості

та доступності. Перевіряються маркери, тригонометричні стовпи, крижі, анкерні пункти та інші елементи, які використовуються для позначення точок. Фіксуються будь-які пошкодження або зміни стану пунктів.

2. Вимірювання нових параметрів: після обстеження проводиться вимірювання нових параметрів на пунктах. Це може бути вимірювання координат, висот, кутів або інших характеристик залежно від потреб оновлення мережі. Для вимірювань використовуються сучасні геодезичні прилади – GPS-приймачі, теодоліти, нівеліри та лазерні дальноміри.

3. Аналіз даних: після збору вимірювальних даних проводиться їх аналіз та обробка. Застосовуються геодезичні методи та алгоритми для обчислення точних координат, висот та інших параметрів. Дані порівнюються з існуючими даними з метою виявлення будь-яких відхилень або змін.

4. Оновлення документації: на підставі отриманих результатів оновлюється відповідна документація, пов'язана з пунктами геодезичних мереж. Це може включати оновлення координатних таблиць, описів пунктів, фотографій та інших матеріалів. Оновлена документація важлива для збереження актуальності та доступності геодезичних даних.

Задача. Державна геодезична мережа виявила певні аномалії та старіння деяких своїх пунктів. Ваше завдання – розробити й реалізувати план реконструкції та обстеження, щоб забезпечити актуальність та точність цих пунктів.

Завдання для самостійного виконання

1. Аналіз даних:

– проаналізувати існуючі дані щодо стану пунктів мережі;

– визначити пункти, які потребують реконструкції на підставі їхнього віку, історії вимірювань та важливості.

2. Вибір методів реконструкції: визначити оптимальні методи реконструкції для обраних пунктів, зокрема врахувати сучасні технології та інструменти.

3. Планування вимірювань: розробити план вимірювань, включаючи використання сучасних технологій (GPS, тахеометри) та вказівки для фіксації навколишнього середовища.

4. Проведення робіт на місці:

– здійснити вимірювання та реконструкцію обраних пунктів в польових умовах;

– фіксувати будь-які зміни в середовищі, які можуть впливати на точність вимірювань.

5. Обробка та аналіз результатів:

– обробити та скоригувати отримані дані для виправлення помилок і неточностей;

– порівняти нові дані з існуючими вимірюваннями та визначити відхилення.

6. Оновлення документації: оновити геодезичну документацію для кожного пункту з урахуванням нових вимірювань та внесених змін.

Питання для самоконтролю

1. Що означає термін «реконструкція» у контексті державної геодезичної мережі?

2. Чому може бути потрібна реконструкція пунктів державної геодезичної мережі?

3. Які етапи включає процес реконструкції геодезичного пункту?

4. Як визначається точність та надійність результатів реконструкції?

5. Як впливають технологічні зміни на процес реконструкції геодезичних пунктів?

6. Що включає обстеження геодезичних пунктів?

7. Які методи та прилади використовуються для обстеження геодезичних пунктів?

8. Чому важлива архівна інформація під час проведення реконструкції та обстеження геодезичних пунктів?

9. Як враховуються зміни в природних умовах під час реконструкції та обстеження?

10. Чому важливо співпрацювати з органами, які відповідають за геодезію, на етапі реконструкції пунктів державної мережі?

2.2 Оновлення пунктів державної геодезичної мережі

Мета роботи – розглянути застосування сучасних навігаційних систем, робіт з обстеження та оновлення пунктів нівелірних мереж.

Основні теоретичні положення

Застосування сучасних навігаційних систем. Розгляд робіт з обстеження та оновлення пунктів нівелірних мереж [4]:

1. Використання сучасних навігаційних систем: одним з основних сучасних інструментів для обстеження та оновлення пунктів нівелірних мереж є супутникові навігаційні системи. Вони надають точні географічні координати та висоти пунктів із високою точністю.

2. Збір даних: за допомогою навігаційних систем здійснюється збір географічних координат та висот пунктів нівелірних мереж. Ці дані записуються за допомогою спеціалізованого геодезичного обладнання, яке підтримує збір даних із супутникових навігаційних систем.

3. Обробка даних: після збору даних проводиться їх обробка за допомогою використання спеціалізованого геодезичного програмного

забезпечення. Дані з навігаційних систем об'єднуються з іншими вимірювальними даними – виміряні нівеліром або геодезичним теодолітом. Як підсумок, проводиться точне визначення координат та висот пунктів нівелірних мереж.

4. Оновлення пунктів нівелірних мереж: після обробки даних здійснюється оновлення пунктів нівелірних мереж з урахуванням нових географічних координат та висот. Оновлені дані використовуються для коригування розрахунків нівелювання та побудови нових рівнів нівелірних мереж.

5. Перевірка точності: після оновлення пунктів проводиться перевірка точності оновлених пунктів нівелірних мереж, що може включати порівняння зворотних вимірів, перевірку на внутрішню згоду та контрольні вимірювання. Якщо виявляються неточності, проводяться коригування та повторні вимірювання для досягнення високої точності результатів.

6. Ця задача дозволяє використати сучасні навігаційні системи для обстеження та оновлення пунктів нівелірних мереж. Завдяки цьому забезпечується висока точність та актуальність даних, необхідних для виконання інженерних та будівельних проєктів, а також картографічних та геодезичних досліджень.

Задача. Обстеження та оновлення пунктів нівелірних мереж для будівництва нової автомагістралі.

Опис задачі. Ви є геодезистом, призначеним для обстеження та оновлення пунктів нівелірних мереж на території, де планується будівництво нової автомагістралі. Ваша мета – забезпечити точність та актуальність даних пунктів нівелірних мереж для подальшого використання в інженерних розрахунках та будівельних роботах.

Завдання для самостійного виконання

Етапи обстеження та оновлення пунктів нівелірних мереж:

1. Планування обстеження: визначте оптимальні маршрути обстеження, що охоплюють усю територію, де будується автомагістраль. Розрахуйте необхідну густоту точок та маркерів, які будуть обстежуватись.

2. Вимірювання контрольних пунктів: за допомогою нівеліра та геодезичних приладів виміряйте висоти контрольних пунктів на території будівництва автомагістралі. Запишіть вимірювальні дані для подальшої обробки.

3. Обстеження проміжних пунктів: виміряйте висоти проміжних пунктів на маршрутах обстеження, забезпечуючи необхідну густоту точок для точних розрахунків нівелювання. Використовуйте нівелір та геодезичні прилади для вимірювань.

4. Розрахування різниць висот: за допомогою геодезичних алгоритмів та програмного забезпечення обчисліть різниці висот між контрольними та проміжними пунктами. Отримані дані використовуйте для встановлення актуальних висот пунктів нівелірних мереж.

5. Перевірка та корекція: перевірте точність вимірів шляхом порівняння зворотних вимірів та перевірки на внутрішню згоду. Виконайте корекцію розрахунків (якщо це необхідно) для досягнення високої точності результатів.

6. Оновлення даних пунктів нівелірних мереж: за допомогою отриманих даних висот та точності вимірів оновіть дані пунктів нівелірних мереж. Запишіть нові висоти та відповідні дані до бази даних або геодезичних карт.

7. Документування та звітність: після завершення обстеження та оновлення пунктів нівелірних мереж підготуйте відповідні документи та звіти. Вони містять інформацію про оновлені висоти пунктів, точність вимірів, опис проведених робіт та використані методи.

Питання для самоконтролю

1. Чому може знадобитися оновлення пунктів державної геодезичної мережі?

2. Які фактори можуть впливати на стан та точність геодезичних пунктів із часом?
3. Як визначається потреба щодо оновлення конкретного геодезичного пункту?
4. Які технології та методи використовуються для оновлення координат геодезичних пунктів?
5. Як враховуються зміни в природних умовах та середовищі під час оновлення геодезичних пунктів?
6. Як вирішуються питання точності та надійності результатів оновлення?
7. Яку роль відіграють сучасні технології, зокрема GPS, в оновленні геодезичних мереж?
8. Як забезпечується синхронізація та узгодженість оновлених даних із загальною геодезичною мережею?
9. Як впливає оновлення геодезичних пунктів на забезпечення точності геодезичних робіт?
10. Чому важливе архівне інформування та документування при оновленні геодезичних пунктів?

2.3 Пункти державної мережі та базові станції

Мета роботи – дізнатися, які існують різновиди центрів і реперів пунктів геодезичних мереж; розгляд застосування системи референтних базових станцій в Україні.

Основні теоретичні положення

Різновиди центрів і реперів пунктів геодезичних мереж [5]:

1. Геодезичні центри – це основні пункти, які використовуються для створення і розрахунку геодезичної мережі. Геодезичні центри зазвичай мають високу точність вимірювань та є посиланням для інших пунктів мережі.

2. Репери – це пункти з відомими координатами, які встановлюються на місцевості та слугують для вимірювань та встановлення зв'язку з геодезичною мережею. Як репери, можуть застосовуватися бетонні стовпи, металеві чи бетонні плити або інші видимі та стійкі маркери.

Україна використовує систему референтних базових станцій (СРБС) для забезпечення точних геодезичних вимірювань та позиційної інформації. СРБС в Україні базується на супутниковій навігаційній системі.

Основні засоби застосування СРБС в Україні включають:

1. Геодезичні роботи. СРБС забезпечує точні геодезичні вимірювання та розрахунки на великій території. Це дозволяє виконувати геодезичні роботи з високою точністю та надійністю.

2. Картографія та геодезичні дослідження. СРБС надає точні координати та позиційну інформацію, яка використовується для створення картографічних матеріалів, вимірювання змін рельєфу, моніторингу зсувів та інших геодезичних досліджень.

3. Навігація та позиційний сервіс. СРБС дозволяє користувачам визначати місце свого розташування з високою точністю та надійністю. Це має важливе значення для навігації, автомобільної індустрії, геолокаційних послуг та інших додатків, які потребують точних геопросторових даних.

4. Визначення руху земної кори. Завдяки СРБС можна вимірювати зміщення та рухи земної кори внаслідок геологічних процесів, зокрема тектонічні рухи або зсуви. Це допомагає вивчати та прогнозувати природні ризики, наприклад землетруси, та сприяє розвитку геодинаміки.

5. Синхронізація часу. СРБС також використовується для забезпечення точності синхронізації часу між різними пристроями та системами, що має важливе значення для телекомунікацій, фінансових установ, транспортних систем та інших галузей, де точність синхронізації є важливою. Застосування СРБС дозволяє отримувати точні геодезичні та позиційні дані в реальному часі, що важливо для багатьох галузей інженерії, картографії, навігації та досліджень. Вона забезпечує точність та надійність вимірів та позиційної інформації, що сприяє виконанню різноманітних завдань і проєктів.

Задача. Застосування системи референтних базових станцій в Україні для точного визначення координат та позиції об'єктів у містобудівних роботах.

Опис задачі: необхідно використати систему референтних базових станцій (СРБС) в Україні для визначення точних координат та позицій об'єктів у містобудівних роботах. Мета – використовуючи СРБС, забезпечити високу точність та надійність геодезичних вимірювань, що вимагаються для проєктування та будівництва нового житлового комплексу.

Завдання для самостійного виконання

Етапи застосування системи референтних базових станцій в Україні:

1. Планування вимірювань: визначте об'єкти, для яких потрібні точні геодезичні вимірювання. Розрахуйте необхідну густоту точок та область покриття системи референтних базових станцій.

2. Вибір референтних базових станцій: оберіть референтні базові станції системи, які найбільше відповідають вашим потребам щодо точності та покриття. Врахуйте їх географічне розташування та доступність для вашого проєкту.

3. Встановлення контрольних пунктів: за допомогою геодезичних приладів встановіть контрольні пункти на об'єкті та підімкніть їх до системи

референтних базових станцій. Запишіть вимірювальні дані для подальшої обробки.

4. Збір даних: використовуючи геодезичні прилади, зберіть вимірювання на об'єкті, підімкненому до системи референтних базових станцій. Отримані дані будуть мати точні координати та позицію відносно СРБС.

5. Визначення координат та позицій об'єктів. За допомогою оброблених даних визначте точні координати та позицію об'єктів у містобудівному проєкті. Це може включати вимірювання горизонтальних і вертикальних координат, висот, азимутів тощо.

Питання для самоконтролю

1. Що таке система референтних базових станцій?
2. Яким чином забезпечується точне визначення координат та позиції об'єктів у містобудівних роботах?
3. Завдяки чому забезпечується висока точність та надійність геодезичних вимірювань?
4. Що є критично важливим для успішного виконання проєкту та забезпечення точності будівельних робіт?
5. Чому базові станції є важливою складовою сучасних геодезичних систем?
6. Як пункти державної мережі і базові станції співпрацюють для надання геодезичних послуг?
7. Як взаємодіють базові станції і референтні базові станції в системах глобальної навігації?
8. Як базові станції використовуються в сучасних геодезичних додатках, зокрема RTK (Real-Time Kinematic)?
9. Чому важливо забезпечити стійкість та безпеку базових станцій?
10. Як використовуються пункти державної мережі та базові станції в геодезичних дослідженнях і проєктах?

ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ 3 ВРІВНОВАЖЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ

Розглядаються та вивчаються загальні відомості щодо зрівнювання геодезичних мереж; параметричний і корелатний способи зрівнювання, спрощене зрівнювання ходів та систем ходів планових і висотних знімальних мереж. Вивчаються способи спрощеного зрівнювання ходів та систем ходів планових і висотних знімальних мереж за допомогою сучасного програмного забезпечення. Розглядається технологія камеральної обробки результатів вимірювання та зрівнювання міських геодезичних мереж зі складанням каталогів координат, вивчення особливостей складання каталогів координат, прив'язка до місцевих систем координат.

3.1 Врівноваження геодезичних мереж та обробка результатів вимірювання

Мета роботи – вивчення способів спрощеного зрівнювання ходів та систем ходів планових і висотних знімальних мереж.

Основні теоретичні положення

Спрощене зрівнювання ходів та систем ходів планових і висотних знімальних мереж використовується для збільшення ефективності геодезичних вимірювань і зменшення часу робіт без значного втручання у точність результатів [6]. Основною ідеєю є обмеження взаємних залежностей між ходами та створення планових і висотних мереж із меншою кількістю ходів, але з достатньою точністю для вимог проєкту.

Для спрощеного зрівнювання ходів та систем ходів планових і висотних знімальних мереж використовують такі методи:

1. Замикання контуру: ходи закривають контур, утворюючи замкнену фігуру. Замикання контуру дозволяє забезпечити самостійність та автономність ходів, що дозволяє уникнути взаємного впливу на точність результатів.

2. Трьохсторонній метод: використовуються три ходи для взаємного зв'язку між пунктами мережі. Такий метод вигідний, оскільки дозволяє зрівняти ходи без створення замкнених контурів.

3. Перехідний метод: використовує ходи для забезпечення переходу між різними ділянками мережі. Він дозволяє зрівняти ходи, створюючи плавний перехід між різними частинами мережі.

4. Зондажний метод: використовує ходи для перевірки стану та точності існуючих ходів мережі. Він дозволяє виявляти можливі неточності та забезпечує корекцію результатів.

Обробка результатів вимірювання полягає в аналізі, обробці та опрацюванні отриманих вимірювальних даних для отримання точних та надійних результатів.

Вона включає такі кроки:

1. Видалення помилок та некоректних даних. Перед обробкою результатів необхідно перевірити вимірювальні дані на наявність помилок, артефактів або некоректних значень. Виключіть такі дані з подальшої обробки.

2. Коригування вимірювань. Якщо виявлені помилки або неточності, виконайте коригування вимірювань. Це може включати виправлення систематичних помилок, компенсацію впливу зовнішніх факторів або коригування за допомогою додаткових джерел інформації.

3. Зрівнювання ходів. Застосовуються методи зрівнювання ходів для отримання точних координат та висот пунктів мережі, що включає розрахування поправок, виправлення зсувів та зрівнювання ходів з урахуванням математичних моделей і геодезичних алгоритмів.

4. Оцінка точності. Оцініть точність отриманих результатів. Використовуйте статистичні методи для розрахунку показників точності, зокрема середнє

квадратичне відхилення, стандартну помилку чи довірчий інтервал.

5. Документування та звітність. Після обробки результатів підготуйте відповідну документацію та звіти. Вони містять опис проведених обчислень, отримані координати та висоти пунктів, а також інформацію про точність та надійність результатів. Ця задача дозволяє вивчити способи спрощеного зрівнювання ходів та систем ходів планових і висотних знімальних мереж, а також процес обробки результатів вимірювання. Завдання може включати практичне застосування цих методів у реальному проєкті щодо вимірювання геодезичних мереж.

Задача. Спрощене зрівнювання ходів та систем ходів планових і висотних знімальних мереж.

Опис задачі: необхідно зробити спрощене зрівнювання ходів та систем ходів планових і висотних знімальних мереж для проєктування нового промислового комплексу. Мета – забезпечити точність результатів вимірювань, використовуючи спрощені методи зрівнювання ходів та систем ходів.

Завдання для самостійного виконання

Етапи задачі:

1. Планування геодезичних вимірювань: визначте об'єкти та зони, для яких необхідні геодезичні вимірювання. Розрахуйте необхідну густоту точок та визначте методи спрощеного зрівнювання, які будуть використовуватися.

2. Вимірювання планових ходів: виконайте вимірювання планових ходів, використовуючи обрані методи спрощеного зрівнювання. Забезпечте достатню кількість контрольних пунктів та замикання контурів для перевірки точності результатів.

3. Вимірювання висотних ходів: виконайте вимірювання висотних ходів, використовуючи методи спрощеного зрівнювання. Дотримуйтесь замикання контурів та перехідних зон для забезпечення точності висотних вимірювань.

4. Обробка результатів: проведіть обробку результатів вимірювань, використовуючи обрані методи спрощеного зрівнювання. Порівняйте ходи, виправте можливі помилки та забезпечте точність результатів.

5. Оцінка точності: оцініть точність отриманих результатів, використовуючи статистичні методи та показники точності, зокрема середнє квадратичне відхилення, стандартну помилку або довірчий інтервал. Порівняйте отримані результати з вимогами проєкту та встановленою точністю.

6. Документування та звітність: підготуйте відповідну документацію та звіти, які містять опис проведених робіт, методи спрощеного зрівнювання, отримані координати та висоти пунктів, а також інформацію про точність та надійність результатів.

Питання для самоконтролю

1. Що означає термін «врівноваження геодезичних мереж»?

2. Які вимоги ставляться до точності та стійкості мережі під час врівноваження?

3. Як враховуються помилки в геодезичних вимірюваннях при врівноваженні мережі?

4. Які методи використовуються для обробки результатів вимірювань при врівноваженні геодезичних мереж?

5. Чому важливо аналізувати невизначеності при врівноваженні геодезичних мереж?

6. Як використовуються математичні моделі для врівноваження геодезичних мереж?

7. Як враховується змінювання умов вимірювань (температура, атмосферний тиск) під час врівноваження мережі?

8. Які кроки варто виконати для визначення коригувальних значень при врівноваженні геодезичної мережі?

9. Як використовуються сучасні програмні засоби для автоматизації процесу врівноваження геодезичних мереж?

10. За рахунок чого забезпечується точність та надійність геодезичних вимірювань, що заощаджує час та ресурси, необхідні для повного зрівнювання всіх ходів мережі?

3.2 Створення спостережень за пунктами планових мереж

Мета роботи – вивчити способи розрахування пунктів мережі згущення, розрахування за системами координат, прив'язки до місцевих систем координат.

Основні теоретичні положення

Способи розрахунків пунктів мережі згущення, розрахунки за системами координат та прив'язка до місцевих систем координат є важливими аспектами геодезичних робіт. Вивчення цих способів дозволяє точно визначити координати пунктів мережі, здійснити розрахунки та забезпечити прив'язку до потрібних систем координат [7].

Способи розрахування пунктів мережі згущення включають:

1. Геометричний розрахунок. Використовується геометрична методика для розрахування координат пунктів мережі згущення. Вимірювання виконуються з використанням відстаней, кутів та висот, а потім виконується геометричний розрахунок для визначення координат.

2. Тригонометричний розрахунок. Застосовується тригонометрія для

розрахунку координат пунктів мережі згущення. Вимірювання виконуються з використанням кутів та відстаней, а потім застосовується тригонометрія для визначення координат.

3. Сполучення геометричного та тригонометричного розрахунків. Метод комбінує геометричний і тригонометричний розрахунки для визначення координат пунктів мережі згущення. Використовуються як геометричні, так і тригонометричні вимірювання для отримання точних результатів.

Розрахунки за системами координат та прив'язка до місцевих систем координат включають:

1. Географічні системи координат. Використовуються географічні системи координат, зокрема широта і довгота, для визначення географічного положення пунктів мережі. Розрахунки проводяться за допомогою математичних формул, що враховують сферичну форму Землі.

2. Проекційні системи координат. Використовуються проекційні системи координат для визначення плоских координат пунктів мережі. Розрахунки проводяться з використанням проекційних формул, що зводяться до прямолінійних перетворень.

3. Локальні системи координат. У деяких випадках використовуються локальні системи координат, які базуються на певному місцевому відліку та прив'язці. Розрахунки проводяться з урахуванням місцевих факторів, таких як існуючі пункти прив'язки та референційні системи.

4. Прив'язка до місцевих систем координат. Після розрахування координат пунктів мережі проводиться прив'язка до місцевих систем координат, що включає встановлення взаємного зв'язку між геодезичними пунктами та пунктами прив'язки в місцевій системі координат.

Задача. Розрахування пунктів мережі згущення та прив'язка до місцевої системи координат.

Опис задачі: розрахування пунктів мережі згущення та прив'язка до місцевої системи координат для будівництва нової дороги. Завдання – виконати необхідні розрахунки та прив'язку для досягнення точних і надійних результатів.

Завдання для самостійного виконання

Етапи задачі:

1. Встановлення контрольних пунктів: встановіть контрольні пункти на території будівництва дороги. Вони повинні бути розташовані на відповідних ділянках та забезпечувати необхідну прив'язку до географічної системи координат.

2. Вимірювання пунктів мережі згущення: здійсніть вимірювання пунктів мережі згущення за допомогою відстаней, кутів та висот. Запишіть отримані вимірювальні дані.

3. Розрахування координат: застосуйте вивчені способи розрахунків для визначення координат пунктів мережі згущення. Використовуйте геометричний, тригонометричний або комбінований розрахунок із вимірюванням даних та математичних моделей.

4. Вибір місцевої системи координат: визначте місцеву систему координат, до якої будуть прив'язані пункти мережі згущення для будівництва дороги. Розгляньте існуючі системи координат і оберіть найбільш оптимальну для вашого проєкту.

5. Прив'язка до місцевої системи координат: здійсніть прив'язку розрахованих координат пунктів мережі згущення до місцевої системи координат. Встановіть взаємозв'язок між геодезичними пунктами та пунктами прив'язки в місцевій системі координат.

6. Перевірка та оцінка точності: перевірте отримані результати розрахунків та прив'язки шляхом порівняння з іншими джерелами даних або

контрольними вимірюваннями. Оцініть точність результатів та зробіть необхідні коригування.

Питання для самоконтролю

1. Що таке пункти планових мереж у геодезії?
2. Які основні характеристики пунктів планових мереж важливі для їх створення та спостереження?
3. Які прилади та техніки використовуються для створення спостережень за пунктами планових мереж?
4. Як визначаються геодезичні параметри пунктів планових мереж?
5. Які можуть бути джерела помилок при створенні спостережень за пунктами планових мереж, як їх уникнути?
6. Які вимоги висувають до точності спостережень за пунктами планових мереж в різних класах точності?
7. Що таке тригонометричні та тахеометричні спостереження, як вони використовуються у створенні планових мереж?
8. Як здійснюється перевірка та коригування отриманих спостережень за пунктами планових мереж?
9. Які фактори необхідно враховувати при виборі розташування пунктів планових мереж?
10. Які переваги та застереження пов'язані з використанням сучасних технологій, зокрема GPS, у створенні планових мереж?

3.3 Застосування сучасного програмного забезпечення

Мета роботи – розгляд та виконання камеральної обробки результатів вимірювання для зрівняння геодезичних мереж за допомогою сучасного програмного забезпечення.

Основні теоретичні положення

Розгляд та виконання камеральної обробки результатів вимірювання за допомогою сучасного програмного забезпечення є важливим етапом в процесі зрівняння геодезичних мереж. Використання спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє ефективно та точно обробляти вимірювальні дані, виконувати розрахунки та аналізувати результати.

Застосування сучасного програмного забезпечення в геодезії базується на кількох основних теоретичних положеннях:

1. Інтеграція даних. Сучасне програмне забезпечення дозволяє інтегрувати дані з різних джерел – супутникова навігація, лазерне сканування, аерофотозйомка тощо. Це дозволяє отримувати повніші та точніші геодезичні дані.

2. Автоматизація обчислень. Програмне забезпечення дозволяє автоматизувати складні геодезичні обчислення, зокрема вирішення сфероїдальних трикутників, обчислення висот, побудова геодезичних мереж, врівноваження точок тощо. Це полегшує роботу геодезистів та зменшує ймовірність помилок.

3. Візуалізація даних. Сучасне програмне забезпечення надає зручні інтерфейси для візуалізації та аналізу геодезичних даних. Графічне представлення результатів дозволяє геодезистам краще розуміти геометричні властивості та точність вимірювань.

4. Обробка великих обсягів даних. Сучасні геодезичні завдання можуть включати великі обсяги даних, зокрема точки хмар, знімки високої роздільної здатності тощо. Програмне забезпечення повинно бути ефективним у роботі з такими обсягами даних та надавати швидкі й точні результати.

5. Стандартизація даних. Сучасні програми використовують стандарти для обміну та збереження геодезичних даних. Це дозволяє забезпечити сумісність та обмін інформацією між різними платформами та програмами.

6. Застосування в реальному часі. Деякі програмні забезпечення можуть працювати в режимі реального часу, особливо ті, що використовують дані із супутникових систем навігації. Це дозволяє виконувати геодезичні вимірювання та коригувати їх результати навіть під час виконання робіт.

Задача. Камеральна обробка результатів вимірювання для порівняння геодезичних мереж за допомогою сучасного програмного забезпечення.

Опис задачі: потрібно порівняти геодезичні мережі, використовуючи результати вимірювань, отримані на місці робіт. Завдання – вивчити сучасне програмне забезпечення, придатне для камеральної обробки, та виконати необхідні розрахунки й аналіз результатів для зрівнювання мережі.

Завдання для самостійного виконання

Етапи задачі:

1. Вивчення програмного забезпечення: вивчіть сучасне програмне забезпечення, яке використовується для камеральної обробки геодезичних вимірювань. Ознайомтесь із його функціональними можливостями, інтерфейсом та основними принципами роботи.

2. Підготовка даних: переведіть вимірювальні дані у формат, зрозумілий для програмного забезпечення. Виконайте необхідну підготовку даних, зокрема перевірку на наявність помилок, коригування вимірювань та форматування.

3. Завантаження даних до програмного забезпечення: завантажте підготовлені дані до програмного забезпечення. Виконайте імпорт та перевірку коректності завантажених даних.

4. Виконання розрахунків: запустіть необхідні розрахунки в програмному забезпеченні для зрівнювання геодезичної мережі. Це може включати розрахунок координат, висот, азимутів, дистанцій, коригування

вимірювань тощо. Виконайте необхідні розрахунки згідно з методикою, яку ви використовуєте.

Питання для самоконтролю

1. Які завдання можна вирішити за допомогою сучасного геодезичного програмного забезпечення (ГПЗ)?
2. Які функції зазвичай надаються ГПЗ для обробки геодезичних даних?
3. Чому важлива інтеграція ГПЗ із сучасними технологіями, зокрема супутникова навігація та додатки для мобільних пристроїв?
4. Які можливості надає аналіз геодезичних даних за допомогою сучасного програмного забезпечення?
5. Як відбувається взаємодія між ГПЗ та сучасними геодезичними приладами, такими як приймачі GNSS (глобальна навігаційна супутникова система)?
6. Як ГПЗ допомагає вирішувати завдання з побудови та врівноваження геодезичних мереж?
7. Чому важливо використовувати програмне забезпечення для архівування та зберігання геодезичних даних?
8. Які переваги надає використання візуалізації та графічного представлення результатів геодезичних вимірювань у програмному забезпеченні?
9. Які сучасні методи та алгоритми використовуються в програмах для автоматизації геодезичних обчислень?
10. Як використовуються відкриті дані та стандарти в геодезичному програмному забезпеченні?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Літнарівч Р. М. Геодезія. Планові державні геодезичні мережі : конспект лекцій / Р. М. Літнарівч ; Чернігів. держ. ін-т ек-ки і управ-ня. – Чернігів : ЧДІЕіУ, 2002. – 71 с.

2. Методичні вказівки та завдання до самостійної роботи з дисципліни «Геодезія». Модуль 3 Геодезичні мережі (для студентів 2 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій») / Харків. нац. акад. міськ. госп-ва ; [уклад.: І. С. Глушенкова]. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 22 с.

3. Методичні вказівки до виконання курсових робіт з навчальних дисциплін: «Вища геодезія – Основні геодезичні роботи», та «Проектування і побудова опорних геодезичних мереж» (для студентів освітнього рівня «Магістр» за навчальною програмою спеціальності 193 «Геодезія і землеустрій») / Одеська держ. акад. буд. і арх-ри ; [уклад. : Третенков В. М.]. – Одеса : ОДАБА, 2018. – 119 с.

4. Методичні вказівки для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Маркшейдерські опорні мережі» (для здобувачів вищої освіти освітнього рівня «бакалавр» денної та заочної форм навчання спеціальності 184 «Гірництво», освітньо-професійна програма «Гірництво» / Житомирська політехніка ; [уклад. : Котенко В. В., Іськов С. С., Куницька М. С., Ковалевич Л. А.]. – Житомир : Житомирська політехніка, 2023. – 34 с.

5. Про впровадження на території України Світової геодезичної системи координат WGS-84 [Електрон. ресурс] : Постанова Каб. Міністрів України від 22 груд. 1999 р. № 2359. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2359-99-%D0%BF#Text>, вільний (дата звернення: 09.01.2024). – Назва з екрана.

6. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність [Електрон. ресурс] : Закон України від 08 черв. 2023 р. № 353–XIV. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text>, вільний (дата звернення: 09.01.2024). – Назва з екрана.

7. Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» [Електрон. ресурс] : Постанова Каб. Міністрів України від 7 серп. 2013 р. № 646. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/646-2013-%D0%BF#Text>, вільний (дата звернення: 09.01.2024). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до виконання практичних завдань та організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

**«СУЧАСНІ МЕТОДИ СТВОРЕННЯ І РЕКОНСТРУКЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ
МЕРЕЖ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Укладачі: **ДОБРОХОДОВА** Ольга Валеріївна,
КАСЬЯНОВ Володимир Володимирович,
В'ЯТКІН Роман Сергійович

Відповідальний за випуск *С. Г. Нестеренко*
Редактор *О. А. Норик*
Комп'ютерне верстання *О. В. Доброходова*

План 2022, поз. 477М

Підп. до друку 15.01.2024. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 2,2.

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