

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/Б/ОКІ 6
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 63

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вчена Рада ГЕФ

Державного університету
«Житомирська політехніка»

протокол від 31.08.2021 р. №7

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ з навчальної дисципліни «ГЕОДЕЗІЯ»

(назва навчальної дисципліни)

для студентів освітнього рівня «бакалавр»
спеціальності 184 «Гірництво»

(шифр та назва спеціальності)

освітньо-професійна програма «Гірництво»
(назва)

факультет гірничо-екологічний
кафедра маркшейдерії

(назва кафедри)

Рекомендовано на засіданні
кафедри маркшейдерії

(назва кафедри)

протокол № 7 від
29.08.2022 р.

Розробник: к.т.н., доц. кафедри маркшейдерії Панасюк А.В.

Житомир
2022

Лекція
Загальні відомості про геодезію

1. Предмет геодезії.
2. Історія та розвиток геодезії.
3. Значення геодезичних робіт у народному, лісовому і садово-парковому господарстві.
4. Поняття про форму і розміри Землі.
5. Одиниці вимірювання, що застосовуються в геодезії.
6. Види геодезичних знімань.

Література

1. Романчук С.В. Геодезія. Навчальний посібник / С.В. Романчук, В.П. Кирилюк, М.В. Шемякін. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – С. 10-15, 19-23.
2. Порицький Г.О. Геодезія: Підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – К. : „Арістей”, 2007. – С. 8-17.
3. Нестеренок М.С. Геодезия / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Минск : Университетское, 2001. – С. 4-9.
4. Куштин И.Ф. Инженерная геодезия / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов – на Дону : ФЕНИКС, 2002. – С. 4-14, 35-36.

1. Предмет геодезії

Геодезія – наука про вимірювання, які виконують для визначення форми і розмірів Землі та зображення її поверхні на площині.

Геодезію поділяють на вищу геодезію і геодезію чи топографію. Завданням *вищої геодезії* є визначення форми і розмірів Землі у цілому і розробка методів особливо точного визначення координат точок земної поверхні. *Геодезія (топографія)* вивчає вимірювання, потрібні для зображення невеликих частин поверхні Землі на топографічних картах і планах.

Розробкою методики і технічних прийомів складання та видання графічних документів займається *картографія*. Останнім часом широко застосовується *аерофотогеодезія* – наука про методи одержання і перетворення фотознімків земної поверхні у топографічні карти і плани. Використанням радіохвиль і світлових хвиль для точних лінійних вимірювань займається *радіогеодезія*.

Предметом самої молодшої космічної (супутникової) геодезії є визначення і уточнення форми нашої та інших планет, визначення точних координат об'єктів, зйомка великих площ поверхні.

Питання застосування геодезії і топографії в різних галузях науки і техніки вивчаються *прикладною (інженерною) геодезією*.

2. Історія та розвиток геодезії

Найдавнішою картографічною пам'яткою на території сучасної України є доісторична «Межиріч-карта» – рисунок на уламку бивня мамонта. На території нашої країни перші письмові документи про застосування геодезії відносяться до часів Київської Русі. У літописі 996 року є вказівки про порядок користування землею. У 1068 році князь Гліб виміряв по льодові відстань від Тамані до Керчі. Геодезичні роботи у XIII-XV сторіччях застосовувались при переписові землі, коли лінії вимірювались мотузками, а кути описувались текстом. У 1639 році французький інженер-картограф Гійом де Боплан, який перебував на службі в польського короля, склав карту під назвою «*Tadula Geographica Ukrainica*» (Українська географічна карта). Геодезичні дисципліни

викладали у Києво-Могилянській академії, Харківському колегіумі, Львівському, а згодом і в Київському університетах. За короткий період державного відродження України в 1918-1919 роках було створено Головну геодезичну управу в складі Військового міністерства, планувалось створення Корпусу українських геодезистів. За час свого існування геодезична управа видала 54 аркуші спеціальної карти України в масштабі 1:1050000, фізичну карту України та два планшети Києва.

3. Значення геодезичних робіт у народному, лісовому і садово-парковому господарстві

Геодезія має велике значення для розвитку народного господарства країни. Особлива роль їй належить при картографуванні, вивченні природних багатств, в оборонній справі. Будь яке значне будівництво починається з укладання проекту, що неможливо без плану місцевості, де буде будова. Тому будівництво починається із геодезичних робіт. Геодезія відіграє важливу роль при проведенні землевпорядкування. Чисто геодезичною роботою є перенесення проекту у натуру. Геодезичні роботи також проводять при плануванні, озелененні і благоустрою території населених пунктів.

4. Поняття про форму і розміри Землі

За фігуру, яка визначає форму Землі прийнята поверхня води Світового океану у спокійному стані. Така поверхня називається *основною рівневою поверхнею*, а утвореному цією поверхнею тілу дано назву *геоїд* (1873 р.). *Рівневою* називають поверхню, яка перетинає прямовисні лінії під прямим кутом. Використовують математично точну фігуру, близьку за формою до геоїда – *еліпсоїд обертання*, або *сфероїд*, який утворюється обертанням еліпсоїда. Розміри еліпсоїда обчислено в кількох країнах. Через недостатню кількість і якість даних, їх використовують для топографо-геодезичних цілей тільки на обмежених просторах і називають *референт-еліпсоїдами*. Розміри земного еліпсоїда були отримані у 1940 році під керівництвом професора Ф.М.

Красовського та О.О. Ізотова. У 1946 році ці розміри були затверджені постановою уряду і зазначений еліпсоїд назвали референт-еліпсоїдом Красовського.

4. Одиниці вимірювання, що застосовуються в геодезії

В Україні з 1 січня 1963 року застосовується Міжнародна система одиниць (СІ).

Метр – одиниця довжини, встановлена у Франції 10 грудня 1799 року як 1: 40 000 000 довжини меридіана, що проходить через Париж. Подальші дослідження показали, що таке визначення метра неточне. На ХУІІ з'їзді Міжнародної генеральної конференції мір і ваги (ГКМВ) у 1983 році було прийнято новий, чинний і сьогодні еталон метра: *метр* дорівнює відстані, яку проходить у вакуумі плоска електромагнітна хвиля за $1/29\,979\,458$ частки секунди.

1 градус – $1/360$ частина кола. Градус ділиться на 60 мінут, мінута – на 60 секунд. При записах градус позначають $^{\circ}$, мінуту $'$, секунду $''$.

При вимірюванні кутів у геодезії застосовують і радіани. *Радіан* – кут між двома радіусами круга, що вирізує на його колі дугу, довжина якої дорівнює радіусу. Позначають радіан літерою ρ .

$$\rho = 57,3^{\circ}; 1^{\circ} = 1,75^{-2} \text{ рад.}$$

В десятинній системі одиницею виміру кутових величин є *град (гон)*, який складає $1/400$ частину кола, або $1/100$ прямого кутаю. 1 град містить 100 мінут, а 1 мінута – 100 секунд. Позначають гради 15^g , міноти 100^c , секунди – 100^{cc} .

6. Види геодезичних зніманих

Знімання поділяють на *наземні і надземні*. *Наземні види зніманих* поділяють на *горизонтальні*, результатом яких є визначення взаємного положення точок на плані; *вертикальні* – за якими отримують висоти точок над рівнявою поверхнею.

Під топографічним зніманням розуміють польові роботи з одночасним зніманням як ситуації, так і рельєфу. За даними топографічних знімань складають топографічні карти чи плани.

При розбивці споруд виконують *розбивочні геодезичні роботи*. Для досліджень деформацій споруд також проводять спостереження.

До *наземних знімань* відносять *аерофотознімання*, яке є основним видом знімань великих територій. До цього виду знімань відносять також *супутникові (космічні знімання)*.

Кожне із зазначених видів знімань складається з *польових вимірювань* і *камеральних обчислювальних і графічних робіт*.

Лекція
Топографічні карти і плани

1. Зображення земної поверхні на плані.
2. Карта, план, профіль.
3. Масштаби.
4. Системи координат, які застосовуються в геодезії.
5. Номенклатура карт.
6. Зображення рельєфу місцевості на планах і картах.
7. Задачі, які вирішуються на планах і картах.

Література

1. Романчук С.В. Геодезія. Навчальний посібник / С.В. Романчук, В.П. Кирилюк, М.В. Шемякін. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – С. 12–39, 46–63.
2. Порицький Г.О. Геодезія: Підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – К. : „Арістей”, 2007. – С. 61–80.
3. Куштин И.Ф. Инженерная геодезия / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов – на Дону : ФЕНИКС, 2002. – С. 36–58.
4. Нестеренок М.С. Геодезия / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Минск : Университетское, 2001. – С. 31–50.

1. Зображення земної поверхні на площині

Різниця висоти між рівневою поверхнею і горизонтальною площиною враховується при багатьох геодезичних вимірюваннях і обчислюється за виразом:

$$\Delta h = \frac{d^2}{2R}$$

Різниця $\Delta d = d - s$ між довжинами на площині і сфері обраховується за формулою:

$$\Delta d = \frac{d^3}{3R^2}$$

В топографії плоскими вважають ділянки рівневої поверхні довжиною 50–60 км і зображають їх без врахування кривизни Землі. Усі точки і лінії фізичної поверхні Землі, які знімаються, проєктують на рівневу поверхню у напрямі сили тяжіння, тобто за виском.

2. План, карта, профіль

Картою називають рисунок, на якому за певними математичними правилами, з урахуваннями кривизни загальної фігури Землі, зображено певну частинну (або всю) Землі.

Планом називають рисунок, на якому в зменшеному і подібному вигляді зображено горизонтальну проєкцію невеликої ділянки земної поверхні. Вважають, що план можна складати на територію, що не перевищує площу круга радіусом 10 км.

Профіль — рисунок, на якому зображено вертикальний розріз земної поверхні в заданому напрямі.

3. Масштаби

Масштаб карти — це відношення довжини лінії на карті до довжини відповідної лінії на місцевості. *Чисельний масштаб* — це відношення двох чисел; чисельник — одиниця, а знаменник — число, яке показує, у скільки разів зменшена кожна лінія місцевості при зображенні її на карті (підписується по південній рамці). *Величиною масштабу* називають відстань на місцевості в

метрах або кілометрах, що відповідає одному сантиметру карти і підписується на карті над лінійним масштабом.

Лінійний масштаб — графічне вираження чисельного масштабу у вигляді прямої лінії. Найменша, оцифрована в кілометрах, поділка лінійного масштабу називається *основою лінійного масштабу*.

Поперечний масштаб — спеціальний графік на металевій лінійці. Точність вимірювання відстаней на карті за допомогою циркуля-вимірника і поперечного масштабу не перевищує 0,1 мм. Ця величина називається *граничною графічною точністю вимірювань*, а відстань на місцевості, що дорівнює 0,1 мм на карті — *граничною графічною точністю карти*.

4. Системи координат, які застосовуються в геодезії

Географічна система координат утворюється площиною екватора і площиною початкового меридіана. Координатами у цій системі є два показники — *довгота і широта*. У вищій геодезії широко використовується система геодезичних координат на поверхні еліпсоїда.

При складанні планів і карт невеликих ділянок можуть бути застосовані *полярні координати*. Положення точок у цій системі визначають відносно деякої початкової точки O і полярної осі OX .

Плоскі прямокутні координати. Плоскими прямокутними координатами називаються лінійні величини — абсциса і ордината, які визначають положення точки на площині. Систему цих координат представляють дві взаємно перпендикулярні лінії. Точка їх перетину O називається початком координат, а самі прямі — осями координат.

Зональна система координат. У цій системі поверхню земного шару розбивають на зони, обмежені з двох сторін меридіанами через 6^0 (ширина такої зони по екватору рівна приблизно 670 км). Розбивку зон та їх нумерацію починають від нульового Грінвічського меридіана і продовжують на схід від 1 до 60 ($360^0:6^0$). Для практичного використання зону за певними законами проєктують на бокову поверхню циліндра, а потім розвертають у площину.

Просторові системи координат. Описані системи координат — географічна, полярні, прямокутна і зональна перетворюються у просторові системи, якщо в кожній з них до двох координат додати третю координату — відмітку (висоту, позначку) — лінійну величину, яка характеризує положення точки у третьому вимірі (по висоті).

5. Номенклатура карт

Карту у масштабі 1:1 000 000 складають у багатогранній проекції за програмою Міжнародного географічного конгресу. Всю поверхню Землі розбивають на трапеції розміром 4^0 вздовж меридіанів і 6^0 вздовж паралелей.

Для одноманітності розбивки і зручні нумерації аркушів цієї карти трапеції групують по поясах і колонах. Як правило складають і видають топографічні карти і плани таких масштабів: 1:1 000 000; 1:300 000, 1:200 000, 1:50 000; 1:25 000; 1:10 000; 1:5 000; 1:2 000; 1:1 000; 1:500.

На територію яку охоплює аркуш масштабу 1:100 0000 складають 144 аркуші масштабу 1:100 000. В середині карти 1:1000 000 9 аркушів масштабу 1:3000 000 позначають температурами цифрами зліва VI-36 і 36 аркушів масштабу 1:2000 000 також позначають римськими справа M-36-XXXVI. На аркуш 1:100 000 складають 4 аркуші карти масштабу 1:50 000.

Основою для номенклатури листів карт масштабів 1:5 000; 1:2000 є лист карти масштабом 1:100 000. В одному листі карти масштабу 1:100 000 міститься 256 листів карту масштабу 1:5 000, які позначаються арабськими цифрами.

5. Зображення рельєфу місцевості на топографічних картах і планах

Під рельєфом розуміють сукупність усіх нерівностей поверхні землі. Виділяють основні форми рельєфу: гора (горб), хребет, улоговина, лоцовина, сідловина. Рельєф можна зобразити за допомогою відмивки. Рельєф на картах також передається також *способом висотних позначок*, який полягає в підписуванні абсолютних висот характерних точок місцевості: вершин гір і

горбів, вищих точок вододілів, перевалів. Зображення рельєфу *штрихами* (короткими лініями, направленими вздовж схилів) — це спосіб, в якому відтінення схилів різної крутості подається сукупністю *штрихів*. Найбільш поширений і інформативний спосіб зображення рельєфу — за допомогою горизонталей. Горизонталі — безперервні лінії, в своєму начерку позначають форми рельєфу місцевості.

6. Задачі, які вирішуються на планах і картах

1. Визначення широти та довготи точки.
2. Визначення прямокутних координат точки.
3. Визначення висоти точки.
4. Визначення довжини лінії.
5. Визначення перевищень між точками.
6. Визначення похилу лінії.
7. Визначення географічного азимуту лінії.
8. Визначення дирекційного кута лінії.

Лекція

Елементи теорії похибок вимірювань

1. Помилки вимірювань.
2. Статистичні характеристики результатів рівноточних вимірювань.
3. Статистичні характеристики результатів нерівноточних вимірювань.

Література

1. Романчук С.В. Геодезія. Навчальний посібник / С.В. Романчук, В.П. Кирилук, М.В. Шемякін. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – С. 64-77.
2. Порицький Г.О. Геодезія: Підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – К. : „Арістей”, 2007. – С. 29–30.
3. Нестеренок М.С. Геодезия / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Минск : Университетское, 2001. – С. 50–61.

1. Помилки вимірювань

Виміряти величину — означає визначити відношення даної величини до іншої однорідної величини, прийнятої за одиницю вимірювання.

Розрізняють два методи вимірювань — *безпосередній і посередній*.

Вимірювання називають рівно точними, якщо ту саму, чи однорідні величини вимірюють виконавці однакової кваліфікації, однакове число разів, однаковими інструментами, в однакових умовах і однаковими методами. Якщо ж бодай одну із зазначених вимог порушено, вимірювання *називають нерівноточними*.

При вимірюваннях результат буде завжди відмінний від справжнього розміру предмета. Відхилення виникають через грубі, систематичні і випадкові помилки.

Груба помилка — промах виконавця. До *систематичних* відносять помилки, які при вимірюваннях однорідних чи тієї самої величини виникають з однаковим знаком, з однаковою закономірністю. Систематичні помилки бувають *інструментальні, помилки середовища й особисті*. *Випадкові помилки*, іноді їх називають неминучими, виникають у результаті спільного впливу великого числа факторів, при яких вимірюють.

2. Статистичні характеристики результатів рівноточних вимірювань

Середня квадратична помилка окремого вимірювання. Середня квадратична помилка — найприйнятніша міра точності вимірювань, оскільки при її обчисленні не враховують знаки помилок, а при піднесенні у квадрат підкреслюють вплив великих помилок.

Гранична помилка. В геодезії граничну помилку обмежують величиною:

$$\Delta_{гр} = \pm 2m$$

В інтервалі від $-2m$ до $+2m$ розподіляється 95,45% загального числа випадкових помилок, тобто за нормальних умов вимірювань дійсна помилка може перевищувати $2m$ в п'ятьох результатах із ста.

Арифметична середина. Вона ближча до справжнього розміру предмета, ніж будь-який окремих результат вимірювання, і тому її називають

найімовірнішим значенням.

Середні квадратичні помилки посередньо виміряних величин.

Помилка суми виміряних величин. Якщо доданки рівноточні і їх середні квадратичні помилки рівні, то

$$m_Y^2 = m^2 n$$

$$m_Y = \pm m \sqrt{n}$$

Середня квадратична помилка арифметичної середини. $M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}}$

Вираз середньої квадратичної помилки через найімовірніші помилки.
Середні квадратичні помилки обчислюють за формулами:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}$$

$$M = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n(n-1)}}$$

Абсолютна і відносна помилки. У деяких видах робіт точність результатів вимірювань характеризують абсолютними помилками.

При вимірюванні довжин ліній помилка збільшується пропорційно довжинам вимірюваних ліній. Тому точність лінійних вимірювань характеризують відносною помилкою — відношенням абсолютної помилки до довжини вимірюваної лінії або до периметра. При цьому наперед установлюють величину граничних відносних помилок залежно від умов вимірювань.

3. Статистичні характеристики результатів нерівноточних вимірювань

Вага результату вимірювання. Результати нерівноточних вимірювань характеризують вагою — ступенем надійності, вираженим числом.

Середня квадратична помилка одиниці ваги. $\mu = \pm \sqrt{\frac{\sum (pm^2)}{n}}$.

Середня квадратична помилка одиниці ваги є мірою оцінки точності нерівноточних вимірювань, так само як середня квадратична помилка одного виміру — при рівноточних вимірюваннях.

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\sum p \sum \Delta^2}{n}} \quad \mu = \pm \sqrt{\frac{\sum (pv^2)}{n-1}}$$

Загальна арифметична середина. Найімовірніше значення величини, що його дістали з ряду нерівноточних результатів, називають *загальною арифметичною серединою*. Вона визначається за формулою

$$L_0 = \frac{\sum l_n}{\sum p}$$

Вага і середня квадратична помилка загальної арифметичної середини.

$$M_0 = \pm \frac{\mu}{\sqrt{\sum p}}$$

Лекція

Геодезичні мережі

1. Геодезичні мережі, їх призначення і класифікація.
2. Нівелірна мережа.
3. основні методи побудови державної геодезичної мережі.
4. Закріплення та позначення геодезичних пунктів на місцевості.
5. Пряма і зворотна геодезичні задачі.

Література

1. Романчук С.В. Геодезія. Навчальний посібник / С.В. Романчук, В.П. Кирилюк, М.В. Шемякін. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – С. 121–147.
2. Куштин И.Ф. Инженерная геодезия / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов – на Дону : ФЕНИКС, 2002. – С. 226–252.
3. Нестеренок М.С. Геодезия / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Минск : Университетское, 2001. – С. 21–27.

1. Геодезичні мережі, їх призначення і класифікація

Геодезичною мережею називають систему закріплених на земній поверхні, геометрично зв'язаних між собою точок, положення яких визначено у прийнятій мережі координат і висот.

Геодезичні мережі поділяють на глобальні, які покривають поверхню всієї Землі; національні (державні), які створюються на території певної країни; мережі згущення, геодезичне зйомочне обґрунтування (для топографічних зйомок), спеціальні (місцеві) геодезичні мережі. При побудові геодезичних мереж дотримуються принципу переходу від загального до часткового і здійснюють систематичний контроль усіх видів робіт.

Глобальна геодезична мережа створюється методами космічної геодезії за матеріалами спостережень штучних супутників Землі.

Національна (державна) геодезична мережа поділяється на державну планову, нівелірну (висотну) і гравіметричну мережу. *Державна нівелірна мережа* містить пункти, висоти яких відносно поверхні квазігеоїда визначають із найвищою точністю. *Державна гравіметрична мережа* містить пункти, на яких з найвищою точністю визначають прискорення сили тяжіння, планове і висотне положення цих пунктів визначають з необхідною точністю. *Спеціальні (місцеві) геодезичні мережі* створюють у тих випадках, коли для вирішення поставлених задач на даній ділянці необхідно мати пункти, взаємне розташування яких на плані і по висоті визначено із найвищою точністю. Координати усіх пунктів державної геодезичної мережі обчислені в єдиній системі координат 1942 року, ухваленій постановою Ради Міністерств СРСР від 7 квітня 1946 року. Вихідними даними є еліпсоїд Красовського і геодезичні координати (центр круглої зали Пулковської обсерваторії), для висотної мережі 0 футштока в Кронштадті.

2. Нівелірна мережа

Державна нівелірна мережа також будується за принципом від загального до часткового і поділяється на I, II, III, і IV класи, є головною висотною

основою топографічних зйомок усіх масштабів і геодезичних робіт, які виконуються для потреб народного господарства, паркобудування сільського господарства.

Через 25 років, а у сейсмоактивних регіонах через 15 років, нівелюють повторно усі лінії I класу і через 35 і 25 відповідно II класу.

Нівелірна мережа I класу складається із замкнутих полігонів периметром 1200–2000 км. Ходи прокладають по залізничних, мостових і ґрунтових дорогах, а у важкодоступних районах – по берегах річок, стежках. Вони повинні бути зв'язаними з основними морськими і річними водомірними постами. Ходи нівелювання II класу спираються на пункти нівелювання I класу, утворюють полігони з периметром 400–1000 км. В районах, де нема нівелювання I класу, нівелірну мережу II класу будують самостійно з тим же периметром. Ходи нівелювання III класу прокладають всередині полігонів нівелювання I і II класів так, щоб поділити полігон II класу на 6–9 полігонів периметром менше 150 у обжитих і 300 км у малообжитих районах. Ходи нівелювання IV класу прокладають у одному напрямку всередині полігонів точніших класів з опорою на репери I–III класів чи на вузлові репери IV класу.

3. Основні методи побудови державної геодезичної мережі

Триангуляція. Це мережа по можливості рівносторонніх трикутників, вершини яких розташовані на командних висотах. Оброблюючи результати вимірювань в опорних мережах, розвинених способом триангуляції, застосовують теорему синусів.

Трилатерація також складається із ланцюжків трикутників, у яких вимірюються всі сторони. Початковими в трилатерації є координати одного чи декількох пунктів, а також дирекційні кути однієї чи декількох сторін.

Полігонометрія – мережа точок, розміщених на зломах теодолітного ходу. Тут вимірюють усі сторони і кути між сторонами – або всі ліві, або всі праві.

Полігонометрію поділяють на три види: магістральну, паралактичну і віддалемірну. Застосовуючи *магістральну полігонометрію*, сторони вимірюють мірними стрічками чи дротами з точністю 1:300 000–1:400 000. При *паралактичній полігонометрії* довжини сторін знаходять посереднім способом. *Віддалемірну полігонометрію* розвивають в районах, де лінійні вимірювання особливо утруднені. Для цього застосовують світло-і радіовіддалеміри.

Опорні мережі із астрономічних пунктів створюють при топографічних зйомках масштабу 1:100 000 і менше. Пункти такої мережі розташовують на відстані 80–100км. Для переходу широти і довготи, в астрономічні координати вводять поправки за відхилення прямовислих ліній.

Супутникові методи створення геодезичних мереж. Створені навігаційні системи (в Росії ГЛОНАСС, а у США – NAVSTAR), які складаються не менш ніж з 18 супутників, дозволяє улюбий момент улюбій частині Землі визначити геодезичні координати X, Y, Z.

4. Закріплення та позначення геодезичних пунктів на місцевості

Геодезичні знаки бувають *підземні і зовнішні*.

Підземні центри закладають у вигляді бетонних або залізобетонних монолітів на глибину нижче промерзання ґрунту. У моноліт на одній прямовислій лінії з центром зовнішнього знака закладають метелеві марки з позначеними точками, планові і висотні координати яких визначають. Верхня частина підземного знака повинна знаходитись на глибині 50 см від поверхні землі. На лініях III і IV класів верхня частина репера повинна розташовуватись на 50 см вище поверхні землі.

Стінні репери устанавлюють у цоколях будівель на висоті біля 0,5 м від землі. При нівелюванні рейку ставлять на виступ диска.

Марки відрізняються від стінних реперів тим, що у центрі диска марки є невеликий отвір, який приймається за основну точку. Закладається марки у стінку на висоті 1,5–2,0м над землею.

При технічному нівелювання встановлюють *тимчасові* дерев'яні, або металічні репери з обов'язковим закріпленням їх бетонною, або взаємно перпендикулярними дошками. Для закріплення другорядних точок застосовують кілки завдовжки до 1 м і кілочки довжиною 25–30 см.

5. Пряма і зворотна задача на координати

При геодезичних роботах часто розв'язують *пряму задачу на координати*. Заключається вона у наступному: За даними прямокутними координатами початкової точки А, дирекційним кутом α і горизонтальним прокладенням d лінії АВ необхідно вирахувати координати кінцевої точки В: $X_B = X_A + d \cdot \cos \alpha$, $Y_B = Y_A + d \cdot \sin \alpha$.

Обернена задача на координати. Заключається в обчисленні напрямку і горизонтального прокладання лінії за координатами її кінців. За значенням тригонометричної функції $\operatorname{tg} \alpha$ визначають значення румба. Назву румба – за знаками приросту координат ΔX і ΔY , які відповідають знакам ΔX і ΔY з формул $\Delta X = d \cdot \cos \alpha$ та $\Delta Y = d \cdot \sin \alpha$ одержимо $d = \frac{\Delta X}{\cos \alpha} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}$.

Лекція

Методи вимірювання довжин ліній

1. Землемірні стрічки та рулетки.
2. Компарування землемірних стрічок.
3. Провіщування ліній та техніка вимірювання їх довжини.
4. Визначення довжин ліній, недоступних для безпосереднього вимірювання.
5. Оптичні, світло- та радіовіддалеміри.

Література

1. Романчук С.В. Геодезія. Навчальний посібник / С.В. Романчук, В.П. Кирилюк, М.В. Шемякін. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – С. 78–84.
2. Порицький Г.О. Геодезія: Підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – К. : „Арістей”, 2007. – С. 22–29.
3. Куштин И.Ф. Инженерная геодезия / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов – на Дону : ФЕНИКС, 2002. – С. 130–161.
4. Нестеренок М.С. Геодезія / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Минск : Университетское, 2001. – С. 90–106.

1. Землемірні стрічки та рулетки

Для безпосереднього вимірювання ліній застосовуються сталеві *штрихові, шкалові і кінцеві стрічки*. *Штрихові стрічки* мають на кінцях прорізи. Проти центрів закруглення прорізів нанесені штрихи. Відстань між штрихами відповідає номінальній довжині стрічки, наприклад 20 м. *Шкалові стрічки* на кінцях мають шкали з міліметровими поділками. Ці поділки нанесені в межах одного дециметра. *Кінцеві стрічки* зручні для вимірювання відстаней між стінами будівель при виробництві зйомок на забудованій території, оскільки початковий і кінцевий штрихи стрічки суміщені із зовнішніми сторонами її ручок.

Рулетки сталеві і тасьмові різної довжини застосовуються для вимірювання коротких відстаней при зйомці контурів місцевості і обмірі будівель.

2. Компарування землемірних стрічок

Перед роботою стрічки і рулетки *компарують*, тобто їх довжину порівнюють з точно відомою довжиною нормальної міри (стрічки, рулетки).

Компарування сталевих штрихових стрічок може бути виконане на підлозі будівлі (або на рівній місцевості), на базисі, довжина якого заздалегідь вимірюється приладами, точнішими, ніж прилади, призначені для роботи. На кінцях базису на відстані, рівній довжині стрічки, закріплюють металеві шкали з міліметровими поділками від 0 до 150 мм.

Процес компарування складається з трьох етапів:

1. Вимірювання довжини базису компаратора нормальними стрічками (однією або двома).
2. Вимірювання довжини базису робочою стрічкою.
3. Повторне вимірювання довжини базису нормальними стрічками.

Компарування стрічок в умовах, близьких до польових, проводять на компараторах, базис яких не менше 120 м. Такий базис вибирають на рівній місцевості, позбавленій рослинності. Кінці базису закріплюють металевими

штирями, на торцях яких роблять насічки. Робота по компаруванню виконується в описаному вище порядку.

Простий спосіб компарування стрічок (рулеток) полягає у безпосередньому порівнянні нормальної і робочої міри. Для цього стрічки укладають на площині, суміщають початкові штрихи, натягують з однаковою силою і за допомогою міліметрової лінійки вимірюють відстань між кінцевими штрихами.

3. Провішування ліній та техніка вимірювання їх довжини

Вимірюючи довжини ліній мірною стрічкою, слідкують за тим, щоб вона лягала у створі лінії, тобто у вертикальній площині, що проходить через кінці лінії. Тому, перед вимірюванням ліній довжиною більше 200 м рекомендується позначати створ додатковими віхами. Ця робота називається провішуванням ліній.

Встановити віхи в створі можна "на око" (якщо лінія не дуже довга) або за допомогою зорової труби приладу. Провішування можна виконати різними способами: *способом "на себе", "від себе"*.

Вимірювання довжин ліній сталевую 20-метровою стрічкою або рулеткою відбувається при умові, що вона вкладається послідовно від початкового до кінцевого пункту. Цю роботу виконують два чоловіки. Один з них називається переднім, а другий – заднім міряльником.

Лінії мірною стрічкою вимірюються в залежності від місцевості з відносною похибкою від 1:1000 до 1:3000. Відносну похибку вираховують за формулою

$$f_{\text{від}} = \frac{1}{d_{\text{сп}}} = \frac{1}{d_{\text{сп}} / (d_n - d_{\text{об}})}$$

де d_n і $d_{\text{об}}$ - виміряні відстані відповідно прямо і обернено.

4. Визначення довжин ліній, недоступних для безпосереднього вимірювання

Якщо між точками А і В перешкода не дає можливості виміряти відстань мірною стрічкою, то її визначають посереднім способом. Визначення недоступної відстані через перешкоду можна виконати, використовуючи теорему косинусів, синусів, властивість подібності трикутників.

5. Оптичні, світло- та радіовіддалеміри

Віддалеміри — прилади, які дозволяють виміряти відстань між точками місцевості непрямым способом.

Найбільш поширеним і простим за будовою є *нитковий віддалемір*, який є у зорових трубах усіх геодезичних інструментів. Такий пристрій дозволяє вимірювати відстані з відносною помилкою $1/300$ – $1/1000$ довжиною 150–200 м. Спеціальні віддалеміри дозволяють вимірювати відстані з відносною помилкою $1/2000$ – $1/5000$. Нині лінії вимірюють електронними приладами — світло- і радіовіддалемірами. Вимірювання довжин ліній сучасними світловіддалемірами на напівпровідникових лазерах забезпечують високу точність вимірювання (~ 5 мм), ними можна вимірювати великі віддалі (5–15 км) і вони мають малу вагу (2–3 кг) та високий рівень автоматизації.

Лекція

Бусольне знімання місцевості

1. Сторони світу. Азимут і румб лінії.
2. Поняття про зближення меридіанів. Дирекційний кут лінії.
3. Зв'язок між азимутами, румбами, дирекційними кутами і кутами полігону.
4. Бусоль. Вимірювання магнітних азимутів і румбів.
5. Бусольне знімання місцевості.
6. Побудова плану за результатами бусольного знімання.

Література:

1. Романчук С.В. Геодезія. Навчальний посібник / С.В. Романчук, В.П. Кирилюк, М.В. Шемякін. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – С. 40–45.
2. Порицький Г.О. Геодезія: Підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – К. : „Арістей”, 2007. – С. 40–42, 54–59, 74–75.
3. Нестеренок М.С. Геодезія / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Минск : Университетское, 2001. – С.15–19, 46.
4. Куштин И.Ф. Инженерная геодезия / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов – на Дону : ФЕНИКС, 2002. – С. 24–26, 51–52.

1. Сторони світу. Азимут і румб лінії

Орієнтуванням лінії називають визначення її положення на місцевості чи папері відносно напрямку, який прийнято за початковий. Мірою орієнтування лінії є кути: азимути і румби.

Азимутом називають кут, який відраховується від північного напрямку меридіана за ходом годинникової стрілки до напрямку на дану точку. Азимут змінюється від 0 до 360° . Розрізняють азимути *справжні (географічні)*, що визначаються формою Землі і проходять через її географічні полюси і *магнітні*, що визначаються фізичними властивостями Землі та позаземного простору і проходять через магнітні полюси Землі.

Румбом називають кут, відлічуваний від напрямку на предмет до найближчого напрямку меридіана, що проходить через дану точку. Величина румба змінюється від 0 до 90° . Румб позначають напрямком і величиною кута: ПнС $40^{\circ}32'$; ПдЗ $17^{\circ}05'$.

У зв'язку з тим, що географічний та магнітний меридіани не співпадають кут між ними називають *схиленням магнітної стрілки* (δ). Якщо північний кінець магнітної стрілки відхилений від північного напрямку справжнього меридіана до сходу, то схилення вважають *східним (+)*, якщо до заходу – *західним (-)*. Тому $A = A_m + \delta$.

2. Поняття про зближення меридіанів. Дирекційний кут.

Кут, який відраховують від північного напрямку осьового меридіана, або лінії йому паралельній, за ходом годинникової стрілки, до напрямку на дану точку називають *дирекційним кутом* (осьовим азимутом – α).

Азимут будь-якої лінії відрізняється від її дирекційного кута на величину *зближення меридіанів*, яке є кутом між осьовим меридіаном зони і справжнім меридіаном, проведеним у даній точці. Для східної половини зони зближення рахується додатнім, а для західної від'ємним.

3. З'вязок між азимутами, румбами, дирекційними і кутами полігону

Зв'язок між азимутами і румбами

Чверть	Назва румба	Визначення румба за азимутом	Визначення азимута за румбом
I	ПнС	$r = A$	$A = r$
II	ПдС	$r = 180^0 - A$	$A = 180^0 - r$
III	ПдЗ	$r = A - 180^0$	$A = 180^0 + r$
IV	ПнЗ	$r = 360^0 - A$	$A = 360^0 - r$

Дирекційний кут послідууючої лінії рівний дирекційному куту попередньої лінії $+ 180^0$ і мінус кут, який лежить між цими двома лініями праворуч за ходом.

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^0 - \beta_n$$

Між істинним і магнітним азимутами та дирекційними кутами при відомих схиленнях магнітної стрілки і зближеннях меридіанів існує наступна математична залежність

$$A = A_M + \delta;$$

$$A = \alpha + \gamma.$$

4. Бусоль. Вимірювання магнітних азимутів і румбів

Бусоль — прилад, який використовують для вимірювання азимутів, румбів і горизонтальних кутів. Найпоширенішою є бусоль Стефана.

Для *вимірювання азимутів* бусоль встановлюють у початковій точці полігону і "на око" приводять її у горизонтальне положення. Після цього поворотом кришки бусольної коробки опускають аретир (важіль, що притискає стрілку до скла) й алідадну лінійку наводять на віху, встановлену в наступній точці. Відлік проти північного кінця магнітної стрілки є азимутом лінії.

5. Бусольне знімання місцевості

Бусольне знімання, при якому використовуються, як основні інструменти, бусоль, стрічка, а іноді і екер, є горизонтальним зніманням малої точності.

Проведення бусольного знімання, як і всякого іншого, починається з *рекогностування* — попереднього огляду в натурі місцевості, що знімається. При цьому вибираються *поворотні точки* (вершини) полігону.

Під час рекогностування визначається також, який з вживаних чотирьох способів бусольного знімання — обходу, полярний, засічок або прямокутних координат (перпендикулярів) — найбільш прийнятний для знімання межі і внутрішньої ситуації даної ділянки. Вимірюють праві за ходом кути вершин ділянки. Одночасно між вершинами вимірюють стрічкою довжини сторін у прямому і зворотному напрямках (відносна помилка вимірювання кожної лінії не повинна перевищувати 1/500). Кути нахилу сторін, якщо вони більше 4°, вимірюють екліметром. Попутно проводиться знімання ситуації, прилеглої до найближчих ліній бусольного ходу. Всі результати вимірювань заносяться простим чорним олівцем в польовий журнал і на абрис.

6. Побудова плану за результатами бусольного знімання

Положення першої точки на аркуші паперу вибирають з таким розрахунком, щоб ділянка розмістилась приблизно посередині. Через точку проводять вертикальну лінію, яка позначає напрям магнітного меридіану. За допомогою транспортира відкладають кут, який відповідає напрямку та величині румба початкової лінії. За означеним напрямом від першої точки проводять пряму, на якій відкладають довжину лінії 1–2. Через отриману точку 2 проводять меридіан, від якого відкладають румб лінії 2–3 та її довжину. У цій же послідовності будують решту точок полігону. Після закінчення побудови кінцева точка має збігтися з початковою. Відносна нев'язка не повинна перевищувати 1/200 периметра: $f_{відн} = f_{абс} / P \leq 1/200$. За допустимої нев'язки проводять ув'язку полігону графічним способом. Ситуацію всередині полігону наносять способами, якими її знімали, керуючись даними польових вимірювань та абрисами знімання.

Лекція

Теодоліти, їх основні частини та призначення

1. Вимірювання горизонтальних кутів. Будова теодоліта.
2. Зорові труби.
3. Рівні.
4. Верньєри, мікроскопи.
5. Способи вимірювання горизонтальних кутів.
6. Вимірювання кутів нахилу.

Література

1. Романчук С.В. Геодезія. Навчальний посібник / С.В. Романчук, В.П. Кирилюк, М.В. Шемякін. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – С. 85–110.
2. Порицький Г.О. Геодезія: Підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – К. : „Арістей”, 2007. – С. 82–98.
3. Куштин И.Ф. Инженерная геодезия / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов – на Дону : ФЕНИКС, 2002. – С. 88–130.
4. Нестеренок М.С. Геодезия / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Минск : Университетское, 2001. – С. 61–90.

1. Принцип вимірювання горизонтальних кутів

Виміряти горизонтальний кут — означає виміряти проекцію кута місцевості на горизонтальну площину. Горизонтальні проекції кута β вимірюють теодолітом — універсальним інструментом, що застосовується для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, відстаней і перевищень.

За точністю теодоліти поділяють на високоточні, точні і технічні.

До *високоточних* належать теодоліти, одне вимірювання кута якими в лабораторних умовах може містити середню помилку, що не перевищує $\pm 1,0''$. Середні помилки одного вимірювання кута в лабораторних умовах *точними теодолітами*, залежно від конструкції теодолітів, коливаються від ± 4 до $\pm 10''$. Середня помилка одного вимірювання кута за тих самих умов *теодолітами технічними* не повинна перевищувати $\pm 30''$.

2. Зорові труби

Зорові труби застосовують для збільшення зображення віддаленого предмета, збільшення кута, під яким предмет видно неозброєним оком, і забезпечення вищої точності наведення візирного приладу на предмет. Труба складається з об'єктивного й окулярного коліна. Перед окуляром міститься сітка ниток з центром у точці С. Сітки гравірують на склі. Щоб мати чітке зображення сітки, спостерігач переміщує окулярну трубку вздовж осі труби — встановлює трубу на око.

Збільшення труби дорівнює відношенню зображення предмета на сітчатці ока при спостереженні у трубу до зображення того самого предмета при спостереженні неозброєним оком; воно дорівнює також відношенню кутів, під якими предмет видно у трубу і без труби. *Поле зору труби* — простір, видний у трубу при нерухомому її положенні і визначається кутом ε між променями, що йдуть від центра об'єктива до країв оправы сітки ниток.

3. Рівні

Рівні бувають *циліндричні і сферичні (круглі)*.

Циліндричний рівень виготовляють з циліндричної скляної трубки. У

трубку наливають розігрітий сірчаний ефір і кінці її запаюють. Після охолодження ефіру в трубці утворюється безповітряний простір, заповнений розрідженими парами ефіру.

Уявну пряму hh , дотичну до внутрішньої поверхні циліндричного рівня у верхній його точці — нуль-пункті, називають *віссю рівня*. Центральний кут τ , що вирізує на поверхні рівня одну поділку, називають *ціною поділки рівня*. На теодоліти ставлять рівні, у яких τ коливається від 30" до 2'.

Круглий рівень — скляна посудина, верхня частина якої — сфера. Віссю сферичного рівня є радіус сфери, що проходить через нуль-пункт рівня. Круглий рівень менш точний, ніж циліндричний, тому його застосовують для другорядних цілей.

4. Верньєри, мікрометри

Верньєри ставлять на алідади теодолітів з металевими кругами. *Шкалові мікроскопи*. мікрометри, мікроскопи-оцінники ставлять на оптичні теодоліти. Точність відліку по шкалових мікроскопах залежить від величини поділки основної шкали і від найменшої поділки додаткової шкали. Видний розмір найменшої поділки в мікроскопі повинен бути близько 1,5 мм, видна товщина штрихів має бути менша від 0,1 мм. У цьому випадку середня помилка відліку не перевищить 0,1 поділки.

5. Способи вимірювання горизонтальних кутів

Спосіб прийомів. Для вимірювання кута ACB (рис. 1) теодоліт встановлюють у вершині кута C і, закріпивши лімб, наводять на задню точку —

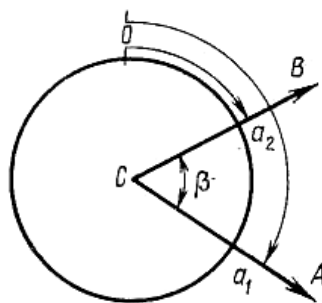


Рис. 1. Вимірювання горизонтальних кутів.

А. Закріпивши алидаду, проводять відлік a_1 по горизонтальному колу. Далі відкріплюють алидаду, візують на передню точку В і роблять відлік a_2 . Величина вимірюваного кута $\beta = a_1 - a_2$.

Таке вимірювання кута називається *напівприйомом*. Для контролю і ослаблення впливу інструментальних погрешностей кут вимірюють при другому положенні вертикального колу, змістивши лімб на кут, близький до 90° . Два таких вимірювання складають *прийом*.

З результатів вимірювань у напівприйомах обчислюють середнє значення вимірюваного кута.

Спосіб кругових прийомів. Встановивши теодоліт над точкою, візують послідовно на всі напрями за ходом годинникової стрілки і проводять відліки. Останнє наведення роблять на початковий напрям, щоб переконатися у нерухомості лімба. Ці дії складають *перший напівприйом*.

У *другому напівприйомі* лімб зміщують на кут, близький до 90° , переводять трубу через зеніт і послідовно візують на всі напрями проти ходу годинникової стрілки.

Спосіб повторень. Суть способу повторень полягає у послідовному відкладанні на лімбі величини вимірюваного кута; при цьому відліки роблять тільки двічі — на початку і у кінці вимірювань, що ослаблює вплив помилок відліків. Тому спосіб застосовується при вимірюванні теодолітами з відліковими пристосуваннями малої точності.

6. Вимірювання кутів нахилу

Місце нуля – це відлік на вертикальному крузі коли вісь зорової труби знаходиться в горизонтальному положенні. Місце нуля у будь-якому теодоліті може мати будь-яке значення. Якщо місце нуля визначене декілька разів, то розходження між ними не повинні перевищувати граничного значення подвійної точності відлічування за мікроскопом вертикального колу.

Важливо знати значення MO , тому що кути ухилу обчислюють за відповідними формулами. Якщо спостереження виконують теодолітом $T5$ і $T30$, то $MO = [(KL + KP) \pm 180^0] / 2$.

Якщо спостерігають теодолітом $2T30$, то

$$MO = (KL + KP) / 2.$$

Кути нахилу для теодоліта $T5$ вираховують за формулами

$$v = ((KP - KL) \pm 180^0) / 2 \text{ або } v = KP - MO, \text{ чи } v = MO - KL.$$

$$\text{для теодоліта } T30 \text{ } v = ((KL - KP) \pm 180^0) / 2 \text{ або } v = MO - KP - 180^0, \text{ чи } v = KL - MO.$$

$$\text{для теодоліта } 2T30 \text{ } v = (KL - KP) / 2 \text{ або } v = KL - MO, \text{ чи } v = MO - KP.$$

Лекція

Теодолітне знімання місцевості

1. Суть теодолітного знімання.
2. Польові роботи при прокладанні теодолітних ходів.
3. Обчислювальна обробка результатів теодолітного знімання.
4. Побудова плану за результатами теодолітного знімання.
5. Способи визначення площ.

Література

1. Романчук С.В. Геодезія. Навчальний посібник / С.В. Романчук, В.П. Кирилюк, М.В. Шемякін. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – С. 121–135, 155–165.
2. Порицький Г.О. Геодезія: Підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – К. : „Арістей”, 2007. – С. 81–135.
3. Куштин И.Ф. Инженерная геодезия / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов – на Дону : ФЕНИКС, 2002. – С. 262–272.
4. Нестеренок М.С. Геодезия / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Минск : Университетское, 2001. – С. 143–146, 163–169.

1. Суть теодолітного знімання.

Теодолітна зйомка — горизонтальна. За її результатами складають контурний план місцевості. При теодолітному зніманні границі будівель, доріг, контурів угідь, тощо вимірюють способами обходу, полярним, перпендикулярів, засічок. Для цього на місцевості треба мати базисні — опорні точки і лінії, від яких і виконують детальні вимірювання. Мережу таких опорних точок називають *зйомочним обґрунтуванням*. Теодолітне знімання складається з таких етапів:

1. Камеральна підготовка матеріалів.
2. Рекогносцировка місцевості і закріплення опорних точок.
3. Польові вимірювальні роботи.
4. Камеральна обробка результатів вимірювань.

2. Польові роботи при прокладанні теодолітних ходів

При теодолітному зніманні зйомочне обґрунтування складається з теодолітних ходів — багатокутників, у яких вимірюють довжини сторін d_1, d_2, \dots і кути $\beta_1, \beta_2 \dots$ між сторонами.

Точки теодолітного ходу закріплюють дерев'яними кілками завтовшки близько 6 см, стовпами або залізними трубами на бетоні. При вимірюванні кута між сторонами ходу теодоліт центрують над вершиною кута. Точність центрування має бути тим вища, чим коротші сторони, що утворюють кут. Вимірюють усі кути ходу. Сторони в теодолітних ходах вимірюють стальними стрічками і віддалемірами з точністю 1:1000—1:3000.

3. Обчислювальна обробка результатів теодолітного знімання

Обчислення координат точок у розімкненому ході. В зв'язку з тим, що при будь-яких вимірюваннях виникають випадкові похибки, то в цьому випадку буде розходження, яке називається кутовою нев'язкою ходу. Допустиму нев'язку вираховують за формулою

$$\text{доп } f_{\beta} = l' \times \sqrt{n} ,$$

де n – кількість кутів в теодолітному ході.

До кожного виміряного кута додають поправку. За допомогою виправлених кутів повороту обчислюють дирекційні кути сторін теодолітного ходу. За обчисленими дирекційними кутами і вимірними сторонами (горизонтальні прокладення) в теодолітному ході обчислюють прирости прямокутних координат Δx і Δy . У зв'язку з неминучими похибками лінійних вимірів, в цих рівняннях будуть розходження, які називаються нев'язками в приростах координат теодолітного ходу f_x і f_y . Лінійну абсолютну похибку в кінці ходу обчислюють за формулою: $f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$. Відносну нев'язку вираховують за формулою: $f_{від} = 1/(\Sigma d / f_{abc})$. Обчислюють виправлені прирости координат. Контролем обчислення координат є те, що координати кінцевої точки C повинні співпадати з обчисленими.

Обчислення координат точок у замкнутому теодолітному ході. Так як в замкнутому ході повертаються завжди до початкової точки, то нев'язка приростів прямокутних координат обчислюється за формулою $f_x = \Sigma \Delta X$, $f_y = \Sigma \Delta Y$. Допустима нев'язка приростів координат, а також поправки в прирости координат обчислюються так, як наведено для розімкнутих теодолітних ходів.

4. Побудова плану за результатами теодолітного знімання

План теодолітного знімання будують на основі складеного абрису під час виконання польових робіт. На креслярському аркуші паперу певного розміру, або планшеті на алюмінієвій основі будують сітку прямокутних координат. Координатну сітку підписують з чотирьох сторін, згідно вибраного масштабу плану. Для планів масштабів 1:500, 1:1000, 1:2000 і 1:5000 координатну сітку підписують кратно числам в метрах відповідно 50, 100, 200 і 500 м. Координатну сітку підписують в метрах для масштабів 1:500 і 1:1000, і в кілометрах для масштабів 1:2000 і 1:5000.

Розміри планшетів залежать від масштабу плану. Кожен планшет відповідного масштабу має свої розміри рамки і на ньому зображується певна площа земельної ділянки.

5. Способи визначення площ

Аналітичний спосіб обчислення площ ділянок місцевості базується на використанні результатів вимірів довжин сторін полігона та кутів, які вони утворюють, або ж за функціями цих вимірів. Якщо ділянка має форму простої геометричної фігури, то площу її легко обчислити за відомими математичними формулами. Часом для спрощення обчислення площі на місцевості виконують додаткові вимірювання довжин чи кутів. Найчастіше, коли відомі координати вершин полігона, його площу обчислюють за координатами. У загальному вигляді це рівняння можна виразити формулою:

$$2S = \sum X_n(Y_{n+1} - Y_{n-1}).$$

Тобто, подвійна площа полігона дорівнює сумі послідовних добутків абсцис (іксів) на різницю ординат (ігреків) наступної та попередньої по відношенню до абсциси точок.

Якщо праву частину рівняння згрупувати по у (ігреках), то формула для обчислення площі набере вигляду:

$$2S = \sum Y_n(X_{n-1} - X_{n+1}).$$

Графічний спосіб. Спосіб обчислення площі полягає в поділі зображеної на плані (карті) ділянки місцевості на прості геометричні фігури (трикутники, прямокутники, трапеції тощо), площі яких визначають за формулами, відомими з геометрії. Для усунення грубих помилок і підвищення точності, площу кожної фігури визначають двічі, використовуючи різні лінійні величини, або розбивають ділянку на інші геометричні фігури. Допустима відносна похибка визначення площі – 1/200.

До графічного способу відносять також визначення площ палетками. *Палетка* – це накреслена на прозорому матеріалі сітка квадратів із стороною 2,

4, 5 або 10 мм (квадратна палетка), або паралельних рівновіддалених ліній (паралельна палетка). Палетки використовують для визначення площ ділянок, які мають криволінійні контури. Квадратну палетку накладають на контур ділянки й підраховують кількість повних квадратів, що вміщуються в ньому. Частки неповних квадратів по периферії ділянки підраховують "на око", доповнюючи їх до цілих квадратів. Визначивши за масштабом плану площу одного квадрата у квадратних метрах або гектарах, перемножують її на кількість квадратів у даному контурі й отримують площу даної ділянки.

Механічний спосіб визначення площ на планах та картах базується на використанні спеціального приладу – планіметра, який дає можливість шляхом обводу контуру фігури будь-якої форми визначити її площу. У наш час найбільш поширеними є полярні планіметри. Полярний планіметр складається з двох важелів – полюсного і обвідного та однієї або двох кареток з лічильними механізмами. Для визначення площі ділянки полюс планіметра закріплюють на плані поблизу неї. Центр обвідного скельця встановлюють на будь-яку позначену олівцем точку контуру й на відліковому механізмі читають відлік до обводу n_1 . Обвівши ділянку обвідним скельцем по контуру за годинниковою стрілкою до позначеної точки, беруть другий відлік n_2 . Різниця відліків $n_2 - n_1$ дасть площу обведеної фігури у поділках планіметра. Для визначення площі ділянки потрібно знати, скільки квадратних метрів чи гектарів міститься в одній поділці планіметра, тобто ціну C поділки.

Лекція

Вертикальне знімання місцевості

1. Рівнева поверхня, абсолютні та відносні позначки.
2. Суть і методи нівелювання.
3. Способи геометричного нівелювання.
4. Прилади для проведення нівелювання.
5. Дослідження та перевірка нівелірів.

Література:

1. Романчук С.В. Геодезія. Навчальний посібник / С.В. Романчук, В.П. Кирилюк, М.В. Шемякін. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – С. 112-122, 220-256.
2. Порицький Г.О. Геодезія: Підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – К. : „Арістей”, 2007. – С. 136-160.
3. Ващенко В. Геодезичні прилади та приладдя. Навчальний посібник / В. Ващенко, В. Літинський, С. Перій. – Львів : Євросвіт, 2006. – С. 79 – 104.

1. Рівнева поверхня, абсолютні та відносні позначки.

Загальну фігуру Землі утворює основна рівнева поверхня. *Рівневою називають* поверхню, яка перетинає прямовислі лінії під прямим кутом. спокійну поверхню морів разом з її уявним продовженням під материками взяли за *основну рівневу поверхню*.

Для повного визначення положення точки на фізичній поверхні Землі окрім координат необхідно мати ще і *_висоту точки* – відстань від неї до рівневої поверхні по прямовислій лінії.

Висоти бувають *абсолютні і відносні*, або *умовні*. Рахунок *абсолютних висот* ведуть від основної рівневої поверхні. В бувшому ССРСР і в Україні за початок відліку абсолютних висот приймається рівень балтійського моря. Якщо висоти рахуються від якої-небудь другої поверхні, паралельній основній, то вони називаються *умовними*.

2. Суть і методи нівелювання

Нівелюванням називають визначення перевищень між окремими точками земної поверхні з наступним обчисленням їх висот.

Розрізняють такі методи нівелювання: геометричний, тригонометричний, фізичний, механічний, фотограмметричний.

Геометричне нівелювання виконують горизонтальним променем візування.

При цьому використовують нівелір і рейки.

Тригонометричне нівелювання виконують похилим променем виміривши кути нахилу і відстань між точками перевищення обчислюють за тригонометричними формулами.

Фізичне нівелювання, при цьому використовують певні закономірності природних явищ. Сюди належить барометричне, гідростатичне, радіо і звукове нівелювання.

Фотограмметричне нівелювання застосовують при наземному і аерофотозніманні.

3. Способи геометричного нівелювання

Геометричне нівелювання здійснюють двома способами: вперед і з середини.

При нівелюванні вперед для визначення перевищення h точки B над точкою A , вимірюють над нею висоту визначеної осі i . На точку B ставлять рейку, направляють трубу нівеліра і привівши візирну вісь у горизонтальне положення, визначають на рейці довжину відрізка між точкою B і візирним променем труби.

$$h=i-b; H_B=H_A+h$$

При нівелюванні із середини на точки A і B ставлять рейки, а в середині між ними – нівелір. Після встановлення нівеліра в робоче положення трубу направляють на рейку що стоїть в заданій точці A . Візирну вісь проводять у горизонтальне положення і роблять відлік a , повертають трубу на точку B , приводять візирну вісь у горизонтальне положення і роблять відлік b .

$$h=a-b; H_B=H_A+h$$

На точність визначення перевищень геометричним нівелюванням впливають кривизна Землі і рефракція.

Загальна поправка на кривизну Землі і рефракцію f дорівнює:

$$f=K-r=0,43 d^2 /R$$

При нівелюванні точно з середини валив кривизни Землі і рефракції виключається. Це одна з переваг нівелювання з середини перед нівелюванням вперед.

4. Прилади для проведення нівелювання

Нівеліри позначають буквою H і цифрою поряд яка вказує на відповідний клас нівелювання даним нівеліром.

H-3 – точний нівелір з циліндричним рівнем і елеваційним гвинтом. Середня квадратична похибка визначення висоти точки на 1 км ходу складає не більше 4 мм;

НС-3 – точний нівелір з самовстановлюючою лінією візування. Середня квадратична похибка визначення висоти точки на 1 км ходу становить не більше 4 мм.

Нівелір Н-3 складається із двох основних частин: підставки (тригера), в якій повертається циліндрична вісь, і горизонтальної опорної площадки із зоровою трубою з внутрішнім фокусуванням і збільшенням $30\times$. Фокусування труби виконується при допомозі кремальєри. До труби прикріплений контактний циліндричний рівень і закритий металевою кришкою. Елеваційний гвинт служить для приведення кінців бульбашки циліндричного рівня в контакт.

Нівелір Н-3К має пристрій для автоматичного приведення візирної осі в горизонтальне положення при нахиленому приладі в границях $15'$.

Нівелір Н-10КЛ має оптико-механічний компенсатор. Зорова труба показує пряме зображення. Навідний гвинт труби відсутній. В нижній частині нівеліра розташований лімб із нанесеною шкалою і оцифрованою через 1° , що збільшує можливості застосування нівеліра при рішенні різноманітних інженерних задач на будівництві.

5. Дослідження та перевірка нівелірів

Для того, щоб виміри отримати з відповідною точністю даного приладу, необхідно перевірити умови закладені конструкторами при розробці цього приладу. Перевірка цих умов називається перевітками нівеліра.

Перевірки нівелірів.

Перевірка круглого рівня. *Вісь круглого рівня повинна бути паралельною осі обертання нівеліра.*

Перевірка головної геометричної умови. *Вісь циліндричного рівня повинна бути паралельною візирній осі зорової труби.*

Перевірка правильності установки сітки ниток. *Вертикальна нитка сітки повинна бути паралельною осі обертання нівеліра.*

Перевірки нівелірних рейок.

Перевірка круглого рівня рейки. Вісь круглого рівня повинна бути паралельною осі рейки.

Перевірка поділок рейки. Похибки в дециметрових поділках не повинні перевищувати для рейок третього класу $\pm 0,5$ мм, четвертого класу $\pm 0,7$ мм і технічних робіт 1,0 мм.

Визначення стрілки прогину рейки. Стрілка прогину на всю довжину рейки не повинна перевищувати для рейок РН-0,5 – 3 мм, РН-3 – 6 мм і РН-10 – 10 мм.

Перевірка перпендикулярності п'ятки рейки до її осі. Неперпендикулярність п'ятки рейки до осі шкали не повинна змінювати положення рейки по висоті відносно центра п'ятки більше ніж на 0,08 мм для рейок РН-05, 0,3 мм – для рейок РН-3 і 0,5 мм – для рейок РН-10.

Визначення різниці висот нулів рейок.

Лекція

Проведення повздовжнього нівелювання

1. Задачі та етапи технічного нівелювання.
2. Нівелювання трас.
3. Закріплення основних точок кругової кривої за її віссю.
4. Детальне розмічування на місцевості кругової кривої.
5. Камеральна обробка результатів технічного нівелювання.

Література

1. Романчук С.В. Геодезія. Навчальний посібник / С.В. Романчук, В.П. Кирилюк, М.В. Шемякін. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – С. 147–154, 220-246.
2. Порицький Г.О. Геодезія: Підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – К. : „Арістей”, 2007. – С. 151-168.
3. Нестеренок М.С. Геодезия / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Минск : Университетское, 2001. – С. 106–112, 135-139, 171-178
4. Куштин И.Ф. Инженерная геодезия / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов – на Дону : ФЕНИКС, 2002. – С. 246-261.

1. Задачі та етапи технічного нівелювання

Технічне нівелювання проводять з метою вирішення різних інженерних задач, зокрема:

- створення висотної основи топографічних зніманих;
- геодезичне трасування лінійних споруд.

Нівелювання траси включає такі етапи робіт.

1. Одержання завдання.
2. Камеральна підготовка приладів та матеріалів.
3. Рекогносцировка траси.
4. Розбивання пікетажу.
5. Нівелювання траси.
6. Ув'язування перевищень і обчислення позначок точок.
7. Складання профілю траси.

2. Нівелювання трас

Початок траси ПК0 прив'язують до репера або марки, що є поблизу, для чого стають між репером та ПК0 і визначають перевищення невідомої по висоті точки — ПК0 над точкою з певною висотою — репером (станція 1). Потім нівелір установлюють між ПК0 і ПК1 (станція 2) і визначають перевищення переднього пікету ПК1 над заднім ПК0 і т.д.

Оскільки при нівелюванні визначають перевищення кожної наступної пікетної точки над попередньою, тобто всі точки зв'язують по висоті між собою, пікетні точки називають *зв'язуючими*. На кожній станції спочатку нівелюють зв'язуючі точки, для чого беруть відлік *a* на задній пікет і потім *b* на передній. Результати спостережень на кожній станції записують в журнал технічного нівелювання.

При нівелюванні крутих схилів, коли візирний промінь нівеліра в один бік «б'є в землю», а в другий іде вище рейки, роблять зайву станцію: між ПК2 і ПК3 вибирають точку, відстань до неї не вимірюють, але через те що вона має бути зв'язуючою, її закріплюють. Такі точки називають «іксовими».

Залежно від потрібної точності й характеру виконуваних робіт нев'язку допускають в межах від $f_h = 10\text{мм}\sqrt{L}$ до $f_h = 50\text{мм}\sqrt{L}$, де L — довжина ходу, км.

3. Закріплення основних точок кругової кривої за її віссю

Найпростішим варіантом створення повороту траси є кругова крива, яка сполучає прямі відрізки осі споруди. Тому на місцевості закріплюють основні точки кривої: початок кривої (*ПК*), середину кривої (*СК*) і кінець кривої (*КК*). Для того щоб закріпити ці точки на місцевості, необхідно визначити елементи кривої. Основними елементами кривої є: кут повороту осі споруди θ_l , радіус R , тангенс T , крива K , бісектриса B і домір D .

На практиці кут повороту осі споруди θ_l завжди визначають за формулами, а радіус R приймають для кожної кривої свій, згідно існуючих нормативних документів.

$$T = R \times \text{tg}(\theta/2)$$

$$K = (\pi R \theta) / 180^\circ$$

$$A = R \langle (1 / \cos \theta / 2) - 1 \rangle$$

$$D = 2T - K.$$

Визначені основні елементи кривої θ , R , T , K , B , і D записують в пікетажний журнал.

4. Детальне розмічування на місцевості кругової кривої

При будівництві лінійної споруди вісь кривої на місцевості закріплюють дерев'яними кілочками, на віддалі один від одного 5-20 м.

Спосіб прямокутних координат. Спосіб прямокутних координат використовують, як один із самих точних способів детального розмічування кривої.

Для розрахунків за вісь абсцис x приймають тангенс T , а вісь ординат – радіус R з початком координат в точці початок кривої (*ПК*). Призначають довжину частини кривої k на яку опирається величина кута φ і розраховують його за формулою

$$\varphi = \frac{180^\circ \times k}{\pi R}$$

Прямокутні координати точок обчислюють за формулами

$$\begin{aligned} X_1 &= R \sin \varphi; & Y_1 &= 2R \sin^2 \varphi / 2; \\ X_2 &= R \sin 2\varphi; & Y_2 &= 2R \sin^2 \varphi; \\ X_3 &= R \sin 3\varphi; & Y_3 &= 2R \sin^2 3\varphi / 2; \\ & \dots\dots\dots & & \dots\dots\dots \end{aligned}$$

Спосіб продовження хорд. Цей спосіб використовують на виробництві в тих випадках, коли не вимагається висока точність позначення осі кривої лінійної споруди на місцевості. Методика використання даного способу наступна: приймають довжину хорди ℓ та обчислюють центральний кут φ при відомому радіусу R .

Кут φ обчислюють за формулою $\varphi = \arccos[(2R^2 - \ell^2)/2R^2]$. За величинами φ і R розраховують прямокутні координати першої точки. Для закріплення точки 2 на кривій, спочатку обчислюють довжину відрізка d за формулою $d = \ell^2/R$. В подальшому встановлюють теодоліт в точці *ПК* і візують зорову трубу на точку 1 та відкладають від точки 1 за напрямком труби віддаль ℓ і закріплюють точку 2'. Точка 2 буде знаходитися на перетині дуг проведених при допомозі радіуса ℓ від точки 1 і радіуса d від точки 2' на поверхні землі. Після цього переносять теодоліт в точку 1, а зорову трубу наводять на точку 2 і за напрямком труби відкладають віддаль ℓ та фіксують точку 3'. Шляхом застосування способу лінійної засічки знаходять точку 3 і т. д.

Спосіб кутів. Спосіб кутів відносять до неточних способів, але на виробництві його використовують досить часто. Приймають величину хорди ℓ частини кривої та обчислюють величину кута φ за формулою

$$\sin \varphi / 2 = \ell / 2R.$$

Встановлюють теодоліт в точці початок кривої (*ПК*) і від напрямку на *BK* відкладають кут $\varphi/2$ та за напрямком труби відкладають віддаль ℓ і фіксують точку 1. Після цього від напрямку на *BK* відкладають кут φ і від точки 1

відкладають віддаль ℓ так, щоб кінець її перетнувся з візирною віссю труби і фіксують точку 2 і т. д.

5. Камеральна обробка результатів технічного нівелювання

Урівнювання нівелірного ходу виконують в такій послідовності.

1) Знаходять суму вимірних перевищень за формулою

$$\Sigma h_B = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n$$

де $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ – перевищення між зв'язуючими точками.

2) Обчислюють суму теоретичних перевищень:

а) розімкнутого нівелірного ходу за формулою

$$\Sigma h_T = H_k - H_n,$$

де H_k і H_n – відомі висоти кінцевої та початкової точок нівелірного ходу;

б) замкнутого нівелірного ходу за формулою

$$\Sigma h_T = 0.$$

3) Нев'язку в нівелірному ході обчислюють за формулою

$$f_h = \Sigma h_B - \Sigma h_T.$$

4) Допустиму невязку в ході вираховують за формулою

$$\partial_{\text{доп}} f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{L},$$

де L - довжина нівелірного ходу в кілометрах.

Якщо $f_h \leq \partial_{\text{доп}} f_h$, то невязку f_h розподіляють порівно на всі перевищення станцій з оберненим знаком.

Висоти точок обчислюють послідовно, тобто $H_1 = H_n + h_1$; $H_2 = H_1 + h_2$; $H_3 = H_2 + h_3$; ... $H_k = H_n + h_n$.

Лекція

Нівелювання поверхні

1. Нівелювання поверхні за квадратами.
2. Нівелювання поверхні за паралельними лініями.
3. Нівелювання поверхні за полігонами і створами.
4. Побудова топографічного плану за результатами нівелювання поверхні.

Література

1. Романчук С.В. Геодезія. Навчальний посібник / С.В. Романчук, В.П. Кирилук, М.В. Шемякін. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – С. 170-175.
2. Порицький Г.О. Геодезія: Підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – К. : „Арістей”, 2007. – С. 168-172.

1. Нівелювання поверхні за квадратами

Для складання топографічного плану малих і рівнинних ділянок використовують метод нівелювання поверхні. Це один із видів топографічного знімання місцевості, яке часто застосовують при будівництві, коли необхідно отримати топографічний план ділянки з високою точністю.

На стороні AB за допомогою теодоліта і мірної стрічки розмічають сітку квадратів з довжиною сторони, визначеної технічним завданням. Загально прийнято призначати сторони квадратів довжиною 5, 10, 20 і 50 м. Вершини квадратів на місцевості фіксують за допомогою дерев'яних кілочків. Нівелір встановлюють приблизно посередині земельної ділянки з таким розрахунком, щоб було видно всі вершини квадратів. На станції визначають горизонт приладу. Після цього рейку по черзі встановлюють на землю в кожній вершині квадратів і знімають відліки по чорній стороні. Висоти вершин квадратів обчислюються за формулою

$$H_i = ГП - C_i,$$

де C_i – відлік по чорній стороні рейки, встановленій у відповідній вершині квадратів.

2. Нівелювання поверхні за паралельними лініями

Спосіб паралельних ліній застосовують на відкритій і закритій місцевості при рівнинному рельєфі. Основою для знімання є магістраль, яка закріплена на території ділянки з метою забезпечення найкращих умов виконання за паралельними лініями.

Перпендикулярно до магістралі, а в необхідних місцях і під кутом, розмічають поперечники. Інколи будують поперечники другого порядку. Віддаль між поперечниками залежить від характеру місцевості, масштабу і характеру знімання. При зніманні в масштабі 1:2000, поперечники будують через 30-40 м. На кожному поперечнику розмічають пікетаж, починаючи від магістралі. З поперечників виконують знімання контурів і предметів місцевості.

Результати знімання записують в пікетажний журнал. Магістраль нівелюють в прямому і зворотному напрямках, а поперечники лише в прямому.

3. Нівелювання поверхні за полігонами і створами

Спосіб полігонів застосовують на відкритій місцевості з добре вираженим рельєфом. Основою для знімання в цьому випадку служить мережа замкнених магістралей. Полігони намагаються прокладати в характерних місцях рельєфу, за лініями вододілів та водозливів. Для детального знімання ситуації і рельєфу на магістралях полігону будують поперечники. Пікетні і плюсові точки магістралей і точки на поперечниках розташовують рівномірно по всій території. Після камеральної обробки польових матеріалів складають топографічний план ділянки.

4. Побудова топографічного плану за результатами нівелювання поверхні

На аркуші креслярського паперу будують координатну сітку та підписують її згідно координат точок планової основи. На план наносять точки планової основи за їх прямокутними координатами. В масштабі будують сітку квадратів з відомою стороною, або поперечники. Підписують висоти всіх вершин квадратів та додаткових точок в характерних місцях і наносять ситуацію згідно пікетажного журналу. За відомим перерізом рельєфу виконують інтерполювання та проводять горизонталі. Коли переріз рельєфу прийнятий 0,25 м, то кожна п'ята горизонталь проводиться потовщеною (0,2 мм).

Горизонталі проводять шляхом інтерполювання, тобто пропорційно поділу віддалі між точками. Помітки поділу з однаковими висотами з'єднують плавною кривою. Виконавець з досвідом інтерполювання виконує на око, а менш досвідчені виконавці користуються палеткою.

Лекція

Тахеометричне знімання місцевості

1. Загальні відомості про тахеометричне знімання.
2. Основні формули тахеометрії.
3. Польові роботи при тахеометричному зніманні місцевості.
4. Особливості знімання забудованих територій.

Література

1. Романчук С.В. Геодезія. Навчальний посібник / С.В. Романчук, В.П. Кирилук, М.В. Шемякін. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – С. 176-180.
2. Порицький Г.О. Геодезія: Підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – К. : „Арістей”, 2007. – С. 208-230.

1. Загальні відомості про тахеометричне знімання

Під назвою “Тахеометрія” (“швидке вимірювання”) розуміють одночасне визначення планового і висотного положення рейкових точок на місцевості. З одної точки стояння, просторові координати якої відомі, визначають положення рейкових (пікетних) точок способом полярних координат (кута β між орієнтирним напрямком і вибраною точкою та віддаллю d від станції до цієї точки). Перевищення визначають за вимірюною віддаллю d та вимірним вертикальним кутом v .

Велика перевага тахеометричного методу полягає в тому, що необхідно затратити мало часу на вимірювання і визначити положення пікетних точок, як в плані, так і по висоті.

Тахеометричне знімання використовується в основному при складанні планів з горизонталями, на яких розробляють проекти будівництва житлових приміщень, автодоріг, залізних доріг, гідротехнічних і промислових об’єктів тощо.

2. Основні формули тахеометрії

Похила віддаль між станцією A і вибраною точкою B обчислюється за формулою

$$D' = (\hat{a} - i)k,$$

де v і n – відліки з рейки, встановленій в точці B , відповідно по верхній і нижній нитках сітки ниток зорової труби (рис. 1); k - коефіцієнт віддалеміра, який дорівнює майже 100.

Горизонтальне прокладання обчислюють за формулою

$$d = D' \times \cos^2 v.$$

Перевищення h_1 обчислюють за формулою

$$h_1 = \frac{1}{2} d \times \sin 2v.$$

Кінцеве перевищення обчислюють за відповідними формулами.

Висоту вибраної точки B обчислюють за формулою $I'_B = I'_A + h$.

3. Польові роботи при тахеометричному зніманні місцевості

В будь-якому випадку для виконання тахеометричного знімання місцевості спочатку необхідно побудувати планову і висотну основу. В деяких випадках її будують шляхом згущення державної мережі. Часто таку основу будують в умовній системі координат і висот.

Встановлюють теодоліт над точкою, виводять його у робоче положення. Проводять вимірювання, необхідні для опорної мережі. Орієнтують прилад за кінцевою точкою лінії. Визначають висоту інструменту і проводять вимірювання, необхідні для рейкових точок. Щоб не помилитися в номерах рейкових точок з різних станцій, слід для номера пікетів приймати числа які складаються із номера станції і порядкового номера рейкової точки на даній станції. Наприклад, на станції 8 точка за номером 12, в журналі нумерується 812.

4. Особливості знімання забудованих територій

Знімання забудованих територій в масштабі 1:5000, а з рідкою забудовою - і в більших масштабах (1:2000, 1:1000, 1:500) виконують, як правило, за допомогою мензули. Горизонтальне знімання забудованих територій в масштабах 1:2000, 1:1000 і 1:500 виконують способами перпендикулярів, створів, засічок, полярним і графоаналітичним, тобто за допомогою мензули та рулетки або електронним тахеометром.

У плановому відношенні геодезичною основою для знімання забудованих територій є пункти геодезичних мереж і знімальної основи, а у висотному відношенні - репери й марки державної нівелірної мереж 1, 2, 3 і 4 класів та всі точки, висоти яких визначені з точністю технічного нівелювання. Для знімань з висотою перерізу рельєфу 2 і 5 м висотною основою можуть слугувати пункти, висоти яких визначено тригонометричним нівелюванням.

В окремих випадках до початку знімання таких територій розробляють робочий проект побудови знімальної основи з врахуванням характеру та щільності забудови. За інструкцією кількість пунктів знімальної основи на 1 кв. км. при

зніманні в масштабі 1:2000 не повинна бути меншою 8, 1:1000 -16, 1:500 - 32.

Висотне знімання забудованих територій у рівнинних районах виконують нівелірами або горизонтальним променем теодоліта чи кіпрегеля з рівнем на трубі, а в горбистій місцевості - похилим променем. При висотному зніманні вся ділянка повинна бути покрита пікетами, відстані між якими не повинні перевищувати: для масштабу 1:5000 - 100 м; 1:2000 - 40 м; 1:1000 - 30м; 1:500 - 20 м.

Складання плану починають з нанесення ліній і всіх точок ходів, які є основами перпендикулярів або з яких робились засічки. Від них наносять точки контурів та об'єктів місцевості. Спочатку на план наносять усі головні будівлі й об'єкти, які мають значення орієнтирів. Внутрішньоквартальну забудову показують на плані після нанесення проїздів. В останню чергу наносять контури, які знімали з висячих ходів.

Точки контурів наносять на план, користуючись транспортиром або тахеографом. Якщо відстані до твердих контурів перевищують 6 см у масштабі плану, то їх накладають за координатами. Одночасно з нанесенням ситуації на планах вказують висоти точок.

Складений план перевіряють на місцевості, порівнюючи його з натурою та проводячи контрольні виміри. Розходження між відстанями на плані з місцевістю не повинні перевищувати 0,4 мм у масштабі плану.

Лекція

Мензульне знімання

1. Суть мензульного знімання. Інструменти для її проведення.
2. Підготовка мензульного комплекту до роботи.
3. Польові вимірювальні роботи.
4. Способи мензульного знімання.

Література

1. Порицький Г.О. Геодезія: Підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – К. : „Арістей”, 2007. – С. 173–207.

1. Суть мензульного знімання. Інструменти для її проведення

На даний час застосовується в парках, лісах, забудовах при крупномасштабних зйомках.

При мензульному зніманні план накреслюють олівцем безпосередньо в процесі вимірювань. Камеральні умови полягають лише у оформленні плану, складеного у полі. Виконуючи мензульне знімання, горизонтальні кути не вимірюють, а будують графічно на плані під час польових робіт. Тому на відміну від теодолітного знімання, яке називають кутомірним, мензульне знімання називають кутонарисним.

Мензульне знімання широко використовувалась до введення в практику топографічних робіт аерофотознімання в тридцятих роках цього (XX) століття.

Мензульне знімання як правило топографічне. Виконують його за допомогою мензули, кіпрегеля і рейки. *Мензула* складається з трьох основних частин: штатива, підставки і планшета (винайдена на початку XVII ст.). *Кіпрегель* (від німецького слова “*kippen*” – перевертати і французького “*regne*” - лінійка) – це візирний пристрій, за допомогою якого на планшеті мензури здійснюють графічну побудову, вимірювання вертикальних кутів, відстаней і перевищень при виконанні топографічних знімань.

Кіпрегель автомат КА-2. приклад складається з лінійки, колонки, зорової труби і вертикального круга.

2. Підготовка мензульного комплекту до роботи

Камеральна підготовка матеріалів. На планшет наклеюють папір. Після просушування планшета на ньому за допомогою лінійки Дробишева будується координатна сітка (40×40 см для масштабу 1:5000 і 50×50 см для масштабу 1:2000 і крупніше) зі сторонами квадрату 10 см. Побудована і перевірена мережа оцифровується, після чого на планшет наносяться пункти геодезичної основи. Біля кожного з них у вигляді дробу показується: у чисельнику – номер перетину, у знаменнику – його позначка. Після нанесення на планшет кутів геодезичної основи на нього накладаються послідовно два листа восківки

(кальки) і на кожному з них показуються нанесені перетини, а також рамка координатної сітки. Одна з кальок у послідуєчому буде калькою висот, а інша – калькою контурів.

На кальку висот у процесі зйомки поступово копіюють з планшета характерні точки рельєфу, їх позначки та інші точки, які використовують при рисуванні рельєфу. *На кальку контурів* поміщують границі контурів.

3. Польові вимірювальні роботи

При мензульному, як і при будь-якому іншому зніманні, спочатку створюють геодезичне обґрунтування. Воно може складатись з точок, координати яких знаходять аналітичним способом, із точок, положення яких на планшеті визначають графічно.

Коли на ділянці немає пунктів геодезичного обґрунтування, від яких можна було б створювати геодезичну мережу, то будують власну. Щоб мати вихідні пункти для побудови геометричної мережі, приблизно посередині ділянки на рівному місці вибирають базис, з кінцевих точок якого має бути добре видно точки геометричної мережі. Довжина базису залежить від масштабу зйомки і повинна бути на плані в межах 6-10 см. Кінці базису позначають кілками і обкопують канавами. Лінію провішують і вимірюють стрічкою з відносною помилкою вимірювання 1:2000.

Мензульні ходи. Для створення опорної мережі, коли геометричну мережу побудувати важко, що буває в закритій місцевості, створюють геодезичне обґрунтування, прокладаючи мензульні ходи. Як і при побудові геометричної мережі, спочатку проводять рекогносцирування місцевості, щоб вибрати точки геодезичного обґрунтування, з яких найкраще зробити зйомку. Вибрані точки мензульного ходу закріплюють кілками і обкопують.

4. Способи мензульного знімання

Полярний спосіб. Для знімання невеликої відкритої ділянки мензулу встановлюють приблизно в її центрі, в деякій точці А і орієнтують по лінії

опорної мережі чи на деяку іншу точку. Можна орієнтувати по бусолі. Закріпивши планшет, візують послідовно на вибрані точки контура і відкладають на планшеті відстані до них у заданому масштабі. Таким чином окреслюють загальний малюнок, а потім уточнюють деталі. Якщо на рейкові точки вимірювались вертикальні кути, то за відповідними формулами вираховують перевищення рейкових точок над точкою А (станцією), потім їх позначки і проводять горизонталі. Результати вимірювань і обмежень заносять у польовий журнал.

Спосіб засічок. Засічки у всіх різновидах (крива, бокова, зворотна) при мензульному зніманні застосовують, як правило, для згущення мережі перетинів геодезичного обґрунтування, якщо щільність її недостатня для зйомки ситуації і рельєфу.

Спосіб обходу. Використовують, коли необхідно зняти прямолінійні контури ділянки. Для цього мензулу встановлюють у першій точці ходу, орієнтують, наносять на планшет другу точку. Потім переходять на другу точку і т.д.

Лекція

Аерофотознімання

1. Основні відомості про аерофотознімання.
2. Аерофотознімання місцевості.
3. Визначення масштабу аерофотознімку.
4. Поняття про дешифрування.
5. Трансформування аерофотознімків.
6. Складання фотопланів.

Література

1. Романчук С.В. Геодезія. Навчальний посібник / С.В. Романчук, В.П. Кирилюк, М.В. Шемякін. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – С. 189-204.

1. Основні відомості про аерофотознімання

Аерофотозніманням називається сукупність робіт, в результаті яких отримують аеронегативи і аерознімки місцевості. При аерофотозніманні виконують наступні роботи: літальні, аерофотознімальні, польові фотолабораторні і польові фотограмметричні.

Літальні роботи полягають в тому, що виконують підготовчі і літальні роботи на літаку над територією, яку необхідно фотографувати згідно заданих технічних умов.

Аерофотознімальні роботи складаються із розробки технічних умов літання і фотографування, аеронавігаційного керівництва літальними апаратами і аерофотографування згідно технічного проекту. *Польові фотолабораторні роботи* складаються із обробки експонірованих фільмів, друкування аерознімків і виготовлення репродукцій накідного монтажу. *Польові фотограмметричні роботи* складаються із реєстрації матеріалів аерофотознімання і накідного монтажу з оцінкою якості аерофотознімання.

2. Аерофотознімання місцевості

Аерофотознімання виконується спеціальними аерофотоапаратами, які скорочено називають АФА. За призначенням знімання аерофотоапарати поділяють на топографічні, конструкція і точність яких забезпечують створення точних топографічних планів і карт, і рекогностуючі, які дозволяють отримати матеріали аерофотознімання пониженої точності.

Первинним робочим документом аерофотознімання є контактний відбиток, який являє собою позитивне зображення відзнятої місцевості.

Маршрутне аерофотознімання – це знімання довгої смуги (річка, канал, залізниця, дорога і таке інше) місцевості, ширина якої зображується на одному знімку. Коли територія, яку знімають, не може розміститися на одному маршруті, то виконують суцільне аерофотознімання декількома паралельними маршрутами. Ці маршрути прокладаються так, щоб аерознімки сусідніх

маршрутів взаємно перекривалися. Таке перекриття *називається поперечним*. Поздовжнє перекриття складає 60%, а поперечне – 25 ÷ 40%.

Метод обробки аерознімків, при якому отримують тільки контурну частину карти, а рельєф зображується на основі результатів вимірювань наземними способами топографо-геодезичних робіт називається *контурно-комбінованим аерофотозніманням*.

3. Визначення масштабу аерофотознімку

Відношення довжини відрізка ab на знімку до довжини відповідної лінії AB на місцевості є *числовим масштабом аерофотознімка*, тобто

$$\frac{ab}{AB} = \frac{1}{M},$$

так що

$$\frac{1}{M} = \frac{f_k}{H},$$

де M – знаменник масштабу; f_k – фокусна віддаль аерофотоапарату; H – висота фотографування.

У зв'язку з тим, що висота фотографування рельєфу змінюється із-за пересіченості рельєфу і утримання літака на постійній висоті, то більш надійні результати будуть для обчислення масштабу довжина відрізка $d = ab$ виміряна безпосередньо на аерофотознімку і $D = AB$ на місцевості.

Тоді

$$\frac{1}{M} = \frac{d}{D}.$$

Розходження ΔM між результатами двох визначень знаменника числового масштабу аерофотознімку не повинно бути більше отриманого за формулою

$$\Delta M = \frac{2M}{d},$$

де M – знаменник обчисленого масштабу; d – довжина в метрах відрізка на аерофотознімку.

4. Поняття про дешифрування

Дешифруванням називають процес з'ясування і фіксація умовними знаками на аерофотознімках, фотосхемах або фотопланах змісту і положення елементів місцевості, відомості яких необхідні для складання плану або вивчення їх для спеціальних потреб. Розпізнавання на аерофотознімках ситуації, предметів і споруд та рельєфу місцевості називається топографічним дешифруванням, коли розпізнають спеціальні об'єкти називають - технічним дешифруванням.

Основними ознаками дешифрування є: форма, розмір, колір, тон, тінь фотозображення об'єкту.

Під час дешифрування використовують прямі і посередні демаскуючі ознаки.

5. Трансформування аерофотознімків

Коли контактні відбитки, які перекриваються обрізати на середині перекриття, а потім їх прикласти обрізаними краями один до одного, то буде отримана фотосхема. Різниця її від карти або плану місцевості полягає в тому, що контактні відбитки мають різні масштаби. Для того, щоб отримати фотоплан місцевості необхідно аерофотознімки трансформувати, тобто, виправити за нахил оптичної осі фотокамери і за рельєф місцевості, а також привести до заданого масштабу.

6. Складання фотопланів

При контурно-комбінованому аерофотозніманні виготовляють репродукцію з фотоплану і на ній виконують дешифрування ситуації і знімання рельєфу місцевості. При стереофотограмметричному зніманні зображення контурів і рельєфу зразу переносять з аерознімка на карту за допомогою спеціальних стереоскопічних приладів та отримують топографічну карту.