МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ

**РОБОТА З КАРТОЮ ТА ПЛАНОМ**

**Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт**

**для студентів І курсу за напрямом підготовки**

**192 « Будівництво та цивільна інженерія »**

**денної форми навчання**

**Київ 2018**

УДК 528.4

ББК 26.12

І-62

Укладачі: О.В. Адаменко, канд. техн. наук,

О.В. Циколенко, асистент

Рецензент І.В. Лапицький, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск С.П. Войтенко, д-р техн.наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри інженерної геодезії, протокол*

*№ 1 від 5 січня 2018 року.*

**Інженерна геодезія**: методичні вказівки до виконання

лабораторних робіт/ уклад.: О.В. Адаменко, О.В. Циколенко. – К.:

КНУБА, 2018. – 32с.

Розглянуто зміст топографічних карт і планів, методику

розв′язання задач на топографічних планах, які виконують в

процесі проектування, зведення та експлуатації інженерних споруд

Призначено для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 192 « Будівництво та цивільна інженерія ».

**Загальні положення**

Геодезія - наука, яка розглядає способи визначення форми та розмірів всієї земної поверхні або окремих її частин, а також способи зображення їх на папері у вигляді карт або планів. Ці основні задачі розв′язують в геодезії вимірюючи на місцевості ліній та кутів спеціальними приладами з подальшою обробкою цих геометричних елементів. Геодезія складається з двох частин - вищої геодезії та інженерної геодезії. Інженерна геодезія тісно пов′язана з топографією ( проста геодезія ). Топографія вивчає способи вимірювання різних ділянок на земній поверхні, складання планів і карт та способи користування інструментами при виконанні цих робіт.

Мета методичних вказівок – надання студентам практичної допомоги для виконання студентами індивідуальних завдань та самостійної роботи, набутті практичних навичок у процесі вивчення змісту топографічних карт і планів, у вирішенні інженерних задач, які виникають у практичній діяльності фахівців з будівельної справи.

Перед виконанням лабораторних робіт кожен студент повинен вивчити теоретичний матеріал певного розділу дисципліни

‟ Інженерна геодезія „ .

Лабораторні роботи виконуються індивідуально кожним студентом під час проведення лабораторних занять в аудиторії та в процесі самостійної роботи. Роботи оформляються належним чином і захищаються кожним студентом.

Методичні вказівки містять окремі завдання, пояснення та приклади виконання лабораторних робіт: 1) з вивчення змісту топографічних карт і планів; 2) розв′язання інженерних задач за топографічними картами і планами; 3) визначення похибок вимірювання.

Основна мета лабораторних робіт – навчитися сприймати зміст топографічних планів і карт; засвоїти правила оформлення топографічних планів і карт та застосування умовних знаків при їх складанні; навчитися читати ситуацію та рельєф на топографічних картах та планах.

Виконання лабораторних робіт потребує попереднього повторення деяких питань з розділів фізики ( сила тяжіння; прямовисна лінія; рівнева поверхня ), геометрії ( окружність, еліпс, сфера, еліпсоїд ) та географії (меридіани, паралелі, широта, довгота ).

1. **ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ**
   1. **Форма та розміри Землі.**

За першого наближення Землю вважають кулею з радіусом 6371*км.* Таку форму приймають в географії та при різних наближених обчисленнях в геодезії. Якщо точніше, Земля має форму еліпсоїда, тобто поверхню обертання еліпса навколо його малої осі. За останніми обчисленнями професора Ф. М. Красовського розміри півосей еліпсоїда такі: велика піввісь *а* = 6  378  245 *м*, мала піввісь *в* = 6 356 863 *м*. Таку форму називають референц – еліпсоїдом Красовського. В дійсності поверхня Землі значно складніша, тому що 29% планети становить суша, яка лежить вище поверхні океану. *Поверхню океану у спокійному стані, уявно продовжену під сушею,називають основною рівневою поверхнею.* Вона у всіх своїх точках перпендикулярна до прямовисних ліній. Рівнева поверхня Землі не збігається з поверхнею жодної математичної фігури і являє собою неправильну форму, яка називається *геоїдом.* *Віддаль будь - якої точки Землі по прямовисній лінії від основної рівневої поверхні називають абсолютною висотою* ( Н ), *а різницю висот двох точок називають перевищенням* ( h ) *.*

* 1. **Основні лінії, кути та площини на Землі.**

У кожній точці земної поверхні сила тяжіння спрямована до центра Землі. Цей напрямок можна уявити, підвісивши висок (грузило) до шнурка. Лінію, що її утворює висок, називають *прямовисною*. Площини, що проходять через цю лінію, вертикальні. Вертикальна лінія, уявно продовжена до перетину з небесною сферою, утворює *точку зеніту.* Площини, перпендикулярні до вертикальної лінії, називають горизонтальними площинами, або *рівневими поверхнями,* а лінії, що лежать на них, - теж горизонтальними.

Крім вертикальних і горизонтальних ліній та площин, в кожній точці земної поверхні є уявна лінія – справжній меридіан. Меридіанів на земній поверхні можна уявити безліч. За початковий меридіан, за міжнародною угодою, прийнято вважати Гринвіцький, який проходить через Гринвіцьку астрономічну обсерваторію поблизу Лондона. Від Гринвіцького меридіана відлічують довготи, тобто двогранні кути між Гринвіцьким меридіаном та меридіаном певної точки. Ці кути виміряють по паралелі, або екватору на схід від 0º до 180º - східна довгота і на захід теж від 0º до 180º - західна довгота.

Земля обертається навколо своєї осі, яка є малою віссю еліпсоїда. Вісь перетинає Землю в двох точках – полюсах : Північному ( Пн ) та Південному ( Пд ). Вісь Землі, продовжену безмежно, називають віссю світу. Полюс його в нашій півкулі знаходиться в сузір′ї Малої Ведмедиці близько до Полярної зірки. За цією зіркою визначають напрямок справжнього меридіану та широту будь-якого місця на північній кулі.

**1.3** **Системи координат.**

У геодезії застосовують чотири основні системи координат.

1. ***Географічна система координат на кулі.***

У цій системі точки визначають за широтою і довготою.

Широтою точки називають дугу

Пн

Пд

М

ϕ

λλλλλ

М0

М1

З

С

    меридіана у градусному вимірі

від екватора до даної точки.

Позначають її буквою φ.

Довготою точки називають дугу

паралелі від початкового

Гринвіцького меридіана до

меридіана цієї точки. Вона

позначається буквою λ.

Ця система координат

Рис.1. Географічні координати.

застосовується переважно для

карт та глобусів.

**2. *Полярна система координат*** полягає в тому ( рис.2 ), що на будь-якій відомій лінії *PQ* полярної осі вибирають точку *Р* – полюс .

Виміряють полярні кути *β1, β2, β3*…, що утворюються напрямками на точки 1, 2, 3...і полярною віссю, та вимірюють віддаль від полюса до цих точок *r1, r2, r3* яку називають радіус-вектором. За цими даними можна побудувати точки 1, 2, 3... на плані.

ІV

*+ Х*

*- У*

І

*+Х*

*+У*

1

*Пн*

*+Х*

*-Х*

*Пд*

*З - У*

*+У С*

*- Х*

*- У*

ІІІ

*- Х*

*+У*

ІІ

Рис.3. Прямокутна система

координат.

*P*

Рис.2. Полярна система

координат.

3

*β3*

1

2

*r1*

*r2*

*β2*

*β1*

*r3*

*Q*

Полярна вісь

о

2

3. ***Прямокутна система координат*** ( рис. 3 ).

У геодезичній практиці місцезнаходження точок часто визначають за допомогою прямокутних координат. В цій системі площина координат збігається з площиною горизонта в даній точці *О,* яка є початком цих координат. Вісь *Х* завжди напрямлена на північ, а вісь *У* – на схід. Північний напрямок осі абсцис завжди вважають додатним ( + ), а південний - від′ємним ( - ); напрямок осі ординат вважають додатнім на схід і від′ємним на захід. Осі координат поділяють площину карти ( або рисунка ) на чотири координатні чверті: І – ПнСх, ІІ – ПдСх, ІІІ – ПдЗ, IV – ПнЗ.

4. *Зональна система координат.* Зона - це частина земної поверхні,

обмежена меридіанами з різницею довгот 6º. Поділ на зони та їх нумерацію починають від початкового – нульового Гринвіцького меридіана – і продовжують на схід від 1 до 60 ( 360 : 6º ). Кожну зону за певними правилами розгортають в площину без значних перекручень. Тоді середній – осьовий – меридіан та екватор в межах кожної зони зобразяться взаємно перпендикулярними прямими. Ці лінії приймають за осі координат: осьовий меридіан – за вісь Х, а екватор – за вісь У. Координати Х та У будуть такі, як у прямокутних координатах: додатня координата Х – від екватора на північ, а від′ємна – на південь; додатня координата У – на схід від осьового меридіана, а від′ємна – на захід від нього.

Треба зауважити, що ця система координат має міжнародний характер.

Рис.4. Система зональних координат.

Е к в а т о р

Х Х Х Х Х Х

●Гринвіч

60º

50º

● Париж

●Копенгаген

●Відень

●Варшава

●Мінськ

●Київ

●Одеса

0º 6º 12º 18º 24º 30º 36º

№ 1 2 3 4 5 6 зони

У

*Лабораторна робота № 1.* ***Вивчення змісту топографічних карт та планів.***

Лабораторна робота охоплює такі теми:

1. Класифікація і призначення топографічних карт та планів.

2. Масштаби.

3. Сітка географічних та прямокутних координат на топографічних картах. Визначення географічних і прямокутних координат точок на карті.

4. Міжнародне розграфлення і номенклатура листів карт масштаба 1:1 000 000, 1:500 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000.

5. Рельєф і його зображення на топографічній карті.

6. Графік закладань.

7. Умовні знаки та їх класифікація.

Перш ніж виконувати практичні завдання до лабораторної роботи, треба попередньо ознайомитись з теорією в підручнику [ 3, с.27 – 56 ], або у навчальному посібнику [ 6, с.24 – 70].

***Тема 1.2. Масштаби. Визначення довжин ліній.***

В геодезії використовують числовий, лінійний та поперечний масштаби.

Масштаб відображає відношення довжини лінії на плані (карті) до відповідної горизонтальної довжини цього відрізку на місцевості.

В геодезії використовують числовий, лінійний та поперечний масштаби.

1. **Числовий масштаб** – це дріб , в чисельнику якого стоїть одиниця, а в знаменнику число М, що вказує в скільки разів зменшені розміри предмета та контура місцевості на плані (карті). Числовий масштаб завжди вказують внизу на карті. *Наприклад* підпис внизу на карті 1 : 10000 ( 1 : М ) означає, що 1мм на карті відповідає 10000мм на місцевості.



***Приклад 1****.* Визначити довжину лінії *d* на карті, якщо її горизонтальна довжина на місцевості дорівнює Д = 275м.

*Розв′язання:*



*Приклад 2.* Визначити довжину лінії на місцевості, якщо на карті вона дорівнює *d* = 31.2мм.

*Розв′язання:*



2. **Лінійний масштаб.**

**1 : 10000**

в 1 сантиметрі 100 метрів

200 100 0 200 400

основа *а = 2см*

*320м*

Рис.5. Лінійний масштаб.

Лінійний масштаб – є графічне зображення числового масштаба. Його зображення завжди наносять внизу карти під числовим масштабом. Це свого роду лінійка, тільки нарисована на карті. На карті завжди є інформація, скільки в одному сантиметрі на карті міститься метрів на місцевості. Виходячи з цього, завжди можна обчислити відстань між точками, які нам потрібні. Якщо нам потрібно визначити довжину лінії на місцевості (відстань *АВ)*, ми в роствір циркуля – вимірювача заключаємо лінію на карті і по лінійному масштабу спочатку на цілу поділку основи ставлять ліву ножку вимірювача так, щоб права ножка вимірювача знаходилась на поділках основи зліва від нуля. Загальна довжина лінії буде дорівнювати значенню правої поділки основи плюс визначена на око довжина неповної лівої основи.

*Довжину ломаної лінії* визначають як суму довжин окремих ділянок цієї лінії.

Вимірювання довжини *хвилястої лінії* виконують, поділяючи її на прямолінійні відрізки (рис.6). За допомогою вимірювача і лінійного масштабу визначають на карті довжину кожного відрізка. Довжину залишка ∆Д визначають окремо. Тоді загальна довжина хвилястої лінії дорівнює сумі всіх відрізків разом з додатком.

Тоді ДАВ = ΣД0 + ∆Д ∆Д

Рис.6. Вимірювання довжини хвилястої лінії.

***Завдання 1.*** На топографічній карті, яка видається викладачем, в довільному місці поставити дві точки *А* і *В.* Застосовуючи лінійний і числовий масштаби, визначити відстань між точками і обчислити відповідну їй відстань на місцевості.

***Тема 1.3. Сітка географічних і прямокутних координат на топографічних картах***

Допомогою у вивченні цієї теми є навчальна карта У– 34 – В – в – 4, яка видається викладачем.

На рис. 7 показано оформлення рамок листів топографічних карт. Як видно з рисунку, в кутах рамки карти підписані довготи меридіанів і широти паралелей. Північна і південна сторони внутрішньої рамки являються географічними паралелями, західна і східна сторони – географічні меридіани. Між внутрішньою і зовнішньою рамками карти нанесена шкала, яка поділена на мінути широти (бокові сторони рамки) і довготи (верхня і нижня сторони рамки).

Одна мінута по довготі внутрішня рамка карти

. . . . . . . .

13 43 14 18º 07′30′′

54º

42′30′′

паралель меридіан

.

6068

.

*г. Кар′єрна*

сітка прямокутних координат

(кілометрові лінії)

6067

Рис. 7. Рамка топографічної карти

Також на рисунку показано:

*а)* географічна широта північної рамки карти – 54º42′30′′;

*б)* географічна довгота східної рамки карти – 18º07º30′′;

*в)*  6068, 6067 – значення абсцис ліній сітки прямокутних координат в кілометрах;

*г)* 4313, 4314 – значення ординат ліній сітки прямокутних координат в кілометрах. На території України і деяких інших держав перша цифра завжди вказує на номер зони від Гринвіча ( 4 – четверта зона).

Треба пам′ятати, що на кожному листі топографічної карти підписані широти і довготи кутів вершин трапеції і значення прямокутних координат у ліній координатної сітки. Так, наприклад, цифри 54º 42′ 30′′ і 18º 07′ 30′′ у північно – східного кутка карти означають, що дана карта обмежена з півночі паралеллю 54º 42′ 30′′ північної широти , а зі сходу меридіаном 18º 07′ 30′′ східної довготи. На тій же карті найвища горизонтальна лінія координатної сітки має підпис 6068. Цей підпис означає, що всі точки, які лежать на цій лінії, знаходяться від екватора на відстані 6068 км і значення абсцис яких дорівнює 6068. А, наприклад, східна вертикальна лінія має підпис 4314, що означає: всі точки, які лежать на цій лінії, мають значення ординат 4314, тобто знаходяться ( як і сама карта ) в 4 – ій зоні і віддалені від осьового меридіана на 189 км ( 500 – 311 = 189 ).

Для визначення географічних координат точки, достатньо зробити таким чином: щоб визначити географічні координати, наприклад точки з відміткою 171.3 ( г. Кар′єрна, квадрат 6713 ) по карті У – 34 – 37 – В – в – 4 треба провести перпендикуляри через цю точку до градусної рамки ( до північної сторони і до східної ). Перпендикуляри є ні чим іншим, як меридіаном і паралеллю, які проходять через цю точку. Враховуючи значення широт і довгот кутів рамки карти, підраховують остаточні координати точки. Для цього користуються поділками мінут і секунд, які розташовані на градусній рамці. Значення географічних координат:

г. Кар′єрна:  *φ* = 54º 42′ 06′′

*λ* = 18º 06′ 43′′

Для визначення прямокутних координат тієї ж точки, треба провести перпендикуляри до координатних ліній з підписами 6067 і 4313 і за допомогою лінійного масштабу обчислити відстані від точки до координатних ліній. Обчислені відстані приплюсовують до значень абсцис і ординат ліній координатної сітки. У розгляданому випадку остаточне значення прямокутних координат точки є такими:

12 13 43 14

6068

*г. Кар′єрна*

67

Рис. 8. Прямокутні

координати.

66

г. Кар′єрна: Х = 6 067 940 м

У = 4 313 830 м

***Завдання 2****.*  На карті масштаба 1:10000, яка видається викладачем, поставити дві точки *А* і *В*. Визначити прямокутні і географічні координати точок *А* і *В*.

***Тема 1.4. Міжнародне розграфлення і номенклатура. Визначення******географічних координат кутів рамки карти.***

Топографічні карти великих територій складаються з великої кількості листів. Систему поділу карт на окремі аркуші називаєть розграфленням. Кожен аркуш, обмежений відрізками паралелей і меридіанів, являє собою трапецію ( оскільки меридіани сходяться до полюсів ). Розміри аркуша по широті і довготі залежать від масштабу карти.

Київ

Рига

Одеса

Рис. 9. Номенклатура карт.

К о л о н и

L

M

44º

48º

52º

18º

24º

30º

36º

42º

Р я д и

34

35

36

37

56º

N

В основу розграфки і номенклатури топографічних карт України покладені розграфка і номенклатура, застосовувані для міжнародної карти світу масштабу 1:1000 000.

Розграфка земної кулі на аркуші карт масштаба 1:1000000 здійснюється по паралелях, що знаходяться одна від одної через 4º, і по меридіанах, проведених через 6º.

Чотирьохградусні смуги, укладені між двома сусідніми паралелями, називаються рядами і позначаються заголовними буквами латинського алфавіту, починаючи від екватора до півночі і півдня. Повних рядів у кожній півкулі 22, а на земній кулі 44.

*Таблиця 1*

*Номер букви ряда в латинському алфавіті.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  букви | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| Буква | К | L | M | N | O | P | Q | R | S |

Шестиградусні смуги між двома сусідніми меридіанами, називаються колонками і нумеруються арабськими цифрами з заходу на схід починаючи від меридіана з довготою 180º.

Розграфку аркушів більших масштабів виконують так, що кожному аркушу карти масштабу 1:1000 000 відповідає ціле число аркушів карт більших масштабів. Їхнє позначення утворене номенклатурою відповідного аркуша мільйонної карти з додаванням українських букв і римських або арабських цифр. Знання номенклатури топографічних карт потрібне для розв′язання завдань переважно трьох типів:

1) визначення масштабу карти, географічних і прямокутних координат кутів рамок трапеції;

2) визначення номенклатури аркуша карти за заданими координатами точки;

3) визначення номенклатури суміжних аркушів карти.

**Приклад 1. *Визначити географічні координати кутів рамки******карти масштаба 1:10 000 з номенклатурою М-36-54-Г-а-2.***

Спочатку треба визначити географічні координати вершин кутів трапеції масштаба 1:1000 000 з номенклатурою М-36. Для цього можна використати таблицю листів карти масштаба 1:1000 000 або виконати нескладні розрахунки. Порядковий номер букви М в латинському алфавіті – 13-й. Це число треба помножити на 4º, в результаті отримуємо число 52º, що відповідає північній широті листа карти М-36, південна сторона буде мати широту на 4º менше, тобто 48º. Потім від номера колони 36 віднімаємо число 30 і отриманий

номер зони – 6 помножуємо на 6º. Отримане число 36º відповідає

довготі східної рамки карти М-36, західна сторона рамки буде мати довготу 36º - 6º = 30º.

Один аркуш карти масштаба 1:1000 000 вміщує 144 аркуша карт масштаба 1:100 000, аркуші позначаються арабськими цифрами 1, 2, 3, 4, 5,…..144 які записуються після номенклатури масштаба 1:1000 000, розміри по широті 20′, по довготі 30′.

36º00′

30º00′

М - 36

52º

00′

52º

00′

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 24 |
| 25 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 36 |
| 37 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 48 |
| 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | **54** | 55 | 56 | 57 | 58 | 58 | 60 |
| 61 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 72 |
| 73 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 84 |
| 85 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 96 |
| 97 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 108 |
| 109 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 120 |
| 121 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 132  48º  00′ |
| 133 | 134  31º | 135 | 136  32º | 137 | 138  33º | 139 | 140  34º | 141 | 142  35º | 143 | 144 |

51º

50º

49º

48º

00′

36º00′

30º00′

1 : 1000 000

Один аркуш карти масштаба 1:100 000 містить в собі 4 листа карти масштаба 1:50000, які позначаються заглавними буквами україн-

ського алфавіту: А, Б, В, Г.

Записуються після номен-клатури масштаба 1:100 000,

Розміри по широті 10′, по довготі 15′.

32º30′

33º00′

50º

20′

50º

20′

1:100 000

А

Б

В

**Г**

32º45′

50º

40′

32º30′

33º00′

50º

40′

М-36-54

50º

30′

50º

30′

48º

00′

М-36-54-Г

32º45′

50º

30′

50º

30′

33º00′

50º

20′

50º

20′

32º45′

33º00′

***а***

*б*

*в*

*г*

50º

25′

50º

25′

32º52′30′′

1:50 000

Один аркуш карти масштаба 1:50 000 містить 4 листа карти масштаба 1:25 000 які позначаються прописними буквами укра-їнського алфавіту *а,б,в,г* і записуються після номен-клатури масштаба 1:50000.

Розміри по широті 5′, по довготі 7′30′′.

1

**2**

3

4

М-36-54-Г-*а*

50º

30′

50º

30′

50º

25′

50º

25′

32º45′

32º52′30′′

32º45′

32º52′30′′

50º27′30′′

50º27′30′′

1:25 000

Один аркуш карти масштаба 1:25 000 містить 4 листа карти масштаба 1:10000 які позначають арабськими цифрами 1,2,3,4 і записують після номенкла-тури масштаба 1:10 000.

Розмірилиста по широті 2′30′′, по довготі 3′45′′.

Відповідь.

М-36-54-Г-*а*-2

1:10 000

32º48′45′′

32º48′45′′

32º52′30′′

32º52′30′′

50º

30′

50º

30′

50º

27′30′′

50º

27′30′′

Контроль: розміри аркуша карти масштаба 1:10 000 - по широті 2′30′′, по довготі – 3′45′′.

**Приклад 2***.*

М – 36 - 54

1 : 10 000

М-36-54-Г-а-2

1 : 50 000

М - 36 – 54 - Г

***Б***

***А***

1 : 25 000

М – 36 – 54 – Г - а

1

2

***б***

***а***

4

3

***Г***

***В***

***г***

***в***

Рис.10. Схема розподілу території, охоплюваної листом карти

М – 36 – 54 масштабу 1 : 100 000, на трапеції аркушів карт

крупніших масштабів.

***Завдання 3****.* *1).* Визначити географічні координати кутів рамки карти масштаба 1:10000 за виданою викладачем номенклатурою. *2).* Визначити за номенклатурою виданого топографічного плану його масштаб та графічно зобразити його положення на листі топографічного плану масштабу 1 : 100 000.

***Тема 1.5. Рельєф і його зображення на топографічній карті.***

Основні форми рельєфу докладно описані у підручнику [3] c. 44-44 та в навчальному посібнику [ 6 ] c. 24 – 34.

Вид, взаємне положення і зв′язок між собою нерівностей рельєфу легко розпізнаються на карті за рисунком горизонталей. Однак зображення хребтів і улоговин дуже схожі між собою і розрізнити їх можна за напрямом схилів. Тому основна суть читання рельєфа за картою полягає в тому, щоб швидко зорієнтуватись в напрямах нерівностей різноманітних схилів. Цьому суттєво допомагають рисунок горизонталей, берг-штрихи і позначки висот які на карті доповнюють горизонталі.

***Горизонталь*** *– замкнена крива лінія, яка з′єднує точки земної поверхні, які розміщені на однаковій рівневій поверхні від прийнятого референц – еліпсоїда.*

**Горизонталі мають такі властивості:**

1) усі їх точки мають однакову абсолютну висоту, яка відрізняється від висоти точок сусідньої горизонталі на висоту перерізу рельєфа. Відстань по прямовисній лінії між сусідніми горизонталями називають ***висотою перерізу рельєфу h***;

2) за кількістю горизонталей можна визначити перевищення одних точок місцевості над іншими;

3) найкоротша відстань між двома горизонталями – перпендикуляр до них, що відповідає напряму найбільшої крутості;

4) вододільні лінії та осі лощовин перетинаються горизонталями під прямим кутом;

5) горизонталі на карті не перетинаються і зберігають подібність відповідних ім ліній на місцевості, утворених у результаті уявного перерізу рельєфу площинами. Отже, горизонталі на карті точно передають форми рельєфу та їх розміщення і поєднання.

***Берг-штрих*** – це короткі штрихи на горизонталях (перпендикулярні до них ) напрямлені у бік падіння схилу ( пониження місцевості )

|  |  |
| --- | --- |
| хребет  гора | Берг-штрихи розміщують на вигинах горизонталей в найбільш характерних місцях, переважно у вершин, сідловин або на дні котловин а також на схилах .  На підвищеннях ( гора, хребет ) горизонталі витягуються і заокруг-люються в бік пониження схилу. |
| ·135.6  · 134.9  · 132.8 | За позначками на карті завжди можна визначити напрямок пониження місцевості. |
| 180  котловина | Позначки горизонталей (підписи горизонталей ) – цифрові підписи на горизонталях, які означають висоту горизонталі над рівнем моря. Верх цих цифр завжди дивиться в сторону підвищення схилу. Підписи горизонталей завжди виконують коричневим кольором.  На пониженнях ( котловина, улоговина ) горизонталі заокруглюються у бік підвищення схилу. |

|  |  |
| --- | --- |
| улоговина  115.8  118.1  *г.Михайлинська*  **212.8** | Відмітки (позначки) висот окремих точок показують висоту над рівнем моря найбільш характерних точок місцевості – вершини гір, хребтів, найвищих точок вододілу, найнижчих точок улоговин, котловин та інших точок, які можуть бути орієнтирами на місцевості. Відмітки пунктів державної мережі виділяють на картах більшими цифрами і доповнюють умовними знаками. |
| озеро | Пониження рельєфу завжди іде в сторону водоймищ ( річок, озер ). |

Рис.11 (продовження ). Визначення по горизонталям форм рельєфу.

***Завдання 4.*** За картою, яка видається викладачем, визначити форми рельєфу.

***Тема 1.6. Графік закладень.***

Шкалою закладень називають спеціальний графік, який друкується на всіх топографічних картах поряд із лінійним масштабом.

Стрімкість місцевості на карті між горизонталями можна визначити за допомогою графіка закладень. Для цього в роствір циркуля-вимірювача вводять величину закладення і суміщають його з лініями по горизонталі та кривої графіка. По шкалі графіка беруть значення кута нахилу *νº* ( рис.8, а). Нехай розтвір циркуля займе положення mn, тоді в цьому випадку стрімкість схилу *v* = 2º26′.

Графік закладень по нахилам використовують так, як і графік по кутам нахилу. Так, наприклад, для лінії *ab* нахил *і* = 0.0027

Рис. 12. Графік закладень: а) по кутам нахилу; в) по нахилам.

d

0

0

d

1 2 3 4 5 6  *i*

n

*a*

*b*

1 2 3 4 5 6

m

а)

в)

*vº*

***Завдання 5.*** Використовуючи графік закладень на навчальній карті У-34-37-В-в-4 визначити кути нахилу ***ν*** від горизонталі до горизонталі вздовж польової дороги, яка іде по схилу від г. Михайлинська до горизонталі з позначкою 200м.

***Тема 1.7. Умовні знаки та їх класифікація.***

Вивчаючи умовні знаки місцевих предметів треба не просто формально запам′ятовувати той чи інший умовний знак, а чітко уявляти той місцевий предмет, який зображують даним умовним знаком. Для цього треба прочитати посібник [ 2 ], де даються пояснення до умовних знаків. Мінімальна кількість умовних знаків, які студент повинен запам′ятати на залік, це знаки, розміщені на сторінках 42 – 43 підручника [ 3 ] і на полях карти У-34-37-В-в-4.

Контрольні питання та завдання .

1. За допомогою навчальної карти У-34-37-В-в-4 намалюйте в зошиті для лабораторних робіт умовні знаки таких предметів і об′єктів на місцевості:

а) промислове підприємство без труби; б) шахти; в) буровини без вишок; г) водяні млини; д) пам′ятники; є) радіощогли; ж) окремий камінь-орієнтир; з) кладовище з густою деревною рослинністю.

2. Охарактеризуйте ліс, зображений в квадраті 6713.

3. Дайте повну характеристики залізниці на карті.

4. Які дороги розходяться з населеного пункту Снов (квадрат 6413).

*Лабораторна робота №2.* ***Розв′язання інженерних задач за топографічними картами і планами.***

Ця лабораторна робота охоплює такі теми:

1. Розв′язання задач на орієнтування.

2. Розв′язання прямої та оберненої геодезичних задач.

3. Визначення висот точок та стрімкості схилу.

4. Визначення ухилу лінії на карті.

5. Побудова на карті ліній із заданим нахилом.

6. Побудова профілю місцевості.

7. Визначення площ аналітичним методом.

***Тема 2.1. Рішення задач на орієнтування.***

Орієнтування ліній на місцевості полягає у визначенні їх напрямку щодо іншого напрямку, взятого за початковий. Необхідність в орієнтуванні виникає при зображенні ліній на планах і картах, а також при перенесенні проектів споруд на натуру.

За початкові напрямки в геодезії приймають: істинний меридіан (географічний ), магнітний меридіан, осьовий меридіан зони ( або лінія йому паралельна ). В залежності від прийнятого початкового напрямку, положення лінії визначають відповідно до градусних значень кутів, які називають азимутом ( *А* ), магнітним азимутом ( *Ам* ), дирекційним кутом (*α*). Кут між північним напрямком істинного меридіана в певній точці і вертикальною лінією координатної сітки (паралельна осьовому меридіану) називають зближенням меридіанів і позначають грецькою буквою *γ* (гама). Якщо лінія сітки відхиляється північним кінцем на схід від істинного меридіана , то зближення меридіанів східне ( зі знаком + ), при відхиленні в протилежний бік – західне ( зі знаком - ). Кут між північним напрямком істинного і магнітного меридіанів називають магнітним схиленням і позначають грецькою буквою *δ* (дельта). Схилення є східним (зі знаком + ), якщо північний кінець магнітного меридіана відхиляється на схід, і західним ( зі знаком - ) при відхиленні на захід.

Коли зближення меридіанів і магнітне схилення відомі, то виникає зв′язок:

*А = α +γ*  ( 2 )

*АМ = А – δ*  ( 3 )

*АМ = α – ( δ – γ )*  ( 4 )

*α = А – γ* ( 5 )

*α = АМ + δ – γ*  ( 6 )

Розв′язувати задачі на залежність між орієнтирними кутами краще графічно. Таке рішення не потребує запам′ятовування формул. Для графічного вирішення задачі треба зробити рисунок, на якому схематично показати напрямки істинного меридіана, магнітного меридіана, осьового меридіана (вертикальна лінія координатної сітки) і напрямок лінії, положення якої визначають. При цьому істинний меридіан на рисунку завжди показують прямою вертикальною лінією, а магнітний меридіан і осьовий ( лінія координатної сітки ) показують прямими, які відхиляються від істинного меридіана на схід або захід, в залежності від знаків зближення меридіанів і схилення магнітної стрілки.

А

В

γ

δ

*α*

*А*

*АМ*

***Приклад 1.***

Відомо: *ААВ* = 160º00′

*δ* = + 6º30′, *γ* = – 1º30′

Обчислити: *αАВ*,  *АМ* лінії *АВ*.

З рисунка видно, що *АМ* буде менше

істинного азимута *А*  лінії *АВ* на

величину кута схилення, тобто

*АМ* = 160º00′ – 6º30′ =153º30′,

Дирекцій ний кут ***α*** буде більший *А* (азимута) на величину *γ*, тобто

*α* = 160º00′ + 1º30′ = 161º30′.

Якщо вирішувати задачу за формулами, то рішення буде мати такий вигляд:

*АМ = А – δ* = 160º00′ – ( + 6º30′ ) = 153º30′ ,

*α = А – γ* = 160º00′ – ( – 1º30′ ) = 161º30′.

***Завдання 6.*** Вирішити задачу на орієнтування використовуючи схему і формули з *прикладу 1* за такими даними:

*ААВ =* 160º - №, = 6º - (30′ + № ), γ = - 1º + (30′ + №), де № - номер студента за списком групи

Δ

*А*

*В*

*АМ*

*α*

*А*



***Приклад 2.***

Відомо: *α =* 225º00′, γ

*γ = –* 2º10′,  *δ* = – 10º30′.  *δ*

Обчислити:  *А, АМ* лінії *АВ*

З рисунка видно, що *А* менше *α*

на кут  *γ* (зближення меридіанів ),

тобто *А* =225º00′ – 2º10′ = 222º50′,

*АМ* більше *α* на різницю кутів

*δ* і  *γ*, тобто на величину середнього відхилення магнітної стрілки Δ.

Кут Δ ще називають поправкою в дирекційний кут.

АМ = 225º00′ + ( 10º30′ – 2º10′ ) = 233º20′.

При використанні формул рішення буде мати такий вигляд:

*А* = *α+ γ* = 225º00′ + ( – 2º10′ ) = 222º50′,

*АМ* = *α* – ( *δ – γ* ) =225º00′ – ( – 10º30′ – ( – 2º10′ ) ) = 233º20′.

***Завдання 7.*** Вирішити задачу на орієнтування використовуючи схему і формули з *приклада 2* за такими даними: *α* = 225º00′ + №, γ = - 2º + (10′ + № ), = - 10º + (30º + №), де № \_ номер студента за списком групи.



*Питання для самоперевірки.*

1. Що називається орієнтуванням ліній ?

2. Що називається істинним ( або магнітним ) азимутом ?

3. Що називається дирекційним кутом ?

4. Що називається схиленням магнітної стрілки ?

5. Що називається зближенням меридіанів ?

***Тема 2.2. Розв′язання прямої та оберненої геодезичних задач.***

***Пряма геодезична задача****.* Нехай *АВ* ( рис.10 ) – лінія на місцевості, щодо якої відомі її горизонтальне прокладання *d* ( проекція лінії на горизонтальну площину ), дирекцій ний кут *αАВ* і координати вихідної точки *А (ХА ; YА ).* Необхідно визначити координати точки *В* ( *ХВ, YВ* ).

*С*

*αАВ*

*А*

*В*

*ΔY*

*YА*

*YВ*

*ΔХ*

**Х**

**Y**

*ХВ*

*ХА*

Рис.13. Пряма і обернена геодезичні

задачі на площині.

Різницю *ΔХ* і  *ΔY* координат

точок *А* і *В* називають *приростами*

*координат.* Згідно рис. 10:

*ΔХ = ХВ – ХА,  ΔY = YB – YA*.

З прямокутного трикутника *АВС dАВ*

маємо:

ΔХ = *dАВ cos α, ΔY = dАВ sin α.* ( 7 )

Знаки *ΔX* і *ΔY* залежать від знаків

*сos α* і  *sin α* ( табл. 2.1 ).

Обчислюємо координати точки *В* :

*ХВ = ХА + ΔХ , YB = YA + ΔY.*

*Таблиця 2.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Чверть  прирости | І – ПнСх  0 – 90º | ІІ – ПдСх  90º – 180º | ІІІ – ПдЗх  180º – 270º | ІV – ПнЗх  270º – 360º |
| ΔX  ΔY  *cos α*  *sin α* | +  +  +  + | –  +  –  + | –  –  –  – | +  –    +  – |

***Обернена геодезична задача****.* Відомі координати точок *А* і *В*. Обчислити горизонтальне прокладання *dАВ* і дирекцій ний кут *αАВ*.

З прямокутного трикутника *АВС* маємо :

*αAB* *= arctg = ΔY / ΔX* ( 8 )

*d = ΔX / cos α = ΔY / sin α* ( 9 )

або за теоремою Піфагора:

( 10 )



***Приклад****.* Відомо :  *XA* = 68 450 м, *YA* = 311 537, *XB* = 67 635 м, *YB* = 310 955 м. Визначити : дирекційний кут *αАВ* та довжину лінії *dАВ*.

За формулами ( 8 ) – ( 10 ) отримаємо:



*rAB* = 35º53′ – IIІ чверть, *αАВ* = 180º + 35º53′ = 215º53′.

*dAB =* = 1001.47 м



***Завдання 8****. Визначити за картою, яка видається викладачем, прямокутні координати точок А і В, виміряти транспортиром дирекційний кут лінії АВ, горизонтальне прокладання dАВ і вирішити пряму та обернену геодезичні задачі.*

***Тема 2.3. Визначення висот точок.***

Коли шукана точка *А* лежить на горизонталі, то її позначка *НА*

дорівнює висоті горизонталі. Висоти непідписаних горизонталей визначають від підписаної горизонталі за кількістю перерізів горизонталей *п*. Висоту перерізу горизонталей *h* підписують під лінійним масштабом біля південної сторони рамки карти. Якщо такої інформації немає, то переріз визначають за формулою :

( 11 )



де *Hmax* i *Hmin* – висоти підписаних горизонталей,

*п –* кількість перерізів ( закладень ) між підписаними горизонталями.

Точка *А* лежить між горизонталями

з висотами *Н1* і *Н2*, *Н1 < Н2*.

Провівши через точку *А*

*Н1*

*Н2*

*А*

*d*

Рис.14. Визначення висоти точки.

найкоротшу лінію між

горизонталями і помірявши *b*

відстань *d, а* і *b* в масштабі

карти отримаємо: *a*

*НA =H1 + ha / d = H2 – hb / d,*

де *h* – висота перерізу.

***Завдання 9.*** Визначити на учбовій карті переріз горизонталей за формулою (11). Поставити на карті, виданій викладачем, дві точки А іВ між горизонталями в будь-якому місці. Визначити їх відмітки*.*

***Тема 2.4. Визначення нахилу лінії на карті.***

Нахилом лінії ***і***  називають відношення перевищення ***h*** лінії до її закладення ***d***. Перевищенням лінії АВ називають різницю позначок точок А і В. Наприклад: НА = 120м, НВ = 150м, тоді *h*АВ =150 – 120 = 30м. Закладення *d* (горизонтальне прокладання лінії АВ ) вимірюють по карті за допомогою лінійного масштабу.

*ν*

А

В

А′

*h*

Рис.15. Нахил лінії.

Нехай лінія місцевості АВ

*і*

нахилена під кутом *ν* до горизонту

АА′. Тоді

*i = h / d =tgν* ( 12 )

*d*

Отже ухил лінії є тангенс кута

*Наприклад*, при *h* = 15 м і *d* = 200м за формулою ( 1 ) маємо:

*і* = 15 : 200 = 0.075 або 75‰. Ухил виражають у тисячних частках або проміллє, а стрімкість ухилу при цьому дорівнює: *ν* = 4º17′.

***Завдання 10.*** *Поставити на карті в різних місцях точки А і В. Знайти їх позначки і обчислити ухил лінії АВ і стрімкість ухилу* ***ν.***

***Тема 2.5. Побудова на карті лінії заданого нахилу.***

У камеральних вишукуваннях і проектуванні споруд лінійного типу ( автомобільних та залізничних шляхів, каналів, трубопроводів, тощо ) на топографічній карті або плані визначають положення лінії (вісь споруди) так, щоб її нахил не перевищував граничного ухилу ***ігр***.

Величина граничного нахилу завжди задається і пишеться в нормативних документах при проектуванні споруди.

50

40

30

*А*

*В*

*С*

*Д*

Рис.16. Побудова лінії із

заданим нахилом

Наприклад, треба через точки *А* і *В*

Провести найкоротшу лінію так,

Щоб окремі її ділянки не переви-

щували граничний нахил ***ігр.***

Обчислюють найкоротшу відстань

між сусідніми горизонталями, яка

буде відповідати нахилу ***ігр.***

за формулою



де *h* – переріз рельєфу для даної

карти.

Взявши в розхил циркуля-

вимірника в масштабі карти (плана)

відстань *dгр.*, засікають цим радіусом з точки *А* сусідню горизонталь в точках *С* і *Д.* З цих точок тим же радіусом засікають наступну горизонталь і т.д. Таким чином отримують два варіанти рішення задачі. Напрямок *АДВ*, як найбільш коротший, приймають за шуканий.

***Завдання 11.*** *На навчальній карті на будь-якій відстані поставити точки А і В. Провести лінію із заданим нахилом.*

***Тема 2.7.*  *Визначення площ аналітичним способом.***

Під визначенням площі будь-якої ділянки за топографічною картою розумієть сукупність вимірювальних і обчислювальних робіт, у результаті яких обчислюється площа ділянки в земельній мірі ( квадратних метрах, гектарах тощо ). Причому визначається площа не фізичної поверхні ділянки місцевості, а її проекція на горизонтальну площину. Залежно від необхідної точності результатів застосовують різні способи визначення площі: за допомогою палетки, графічний, аналітичний, механічний, фотоелектронний. Кожний зі способів може застосовуватися самостійно або в комбінації з іншим.

Точність визначення площі аналітичним способом залежить від точності визначення координат точок.

*Х*

*У*

*О*

*А*

*В*

*С*

*Д*

х*А*

уА

хВ

уВ

хС

уС

хД

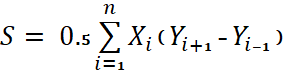
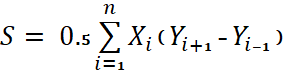
уД

Рис.17. Визначення площі ділянки.

2*S* = ХА·(УВ – УД) + ХВ·(УС – УА) + ХС·(УД – УВ) + ХД·(УА – УС)

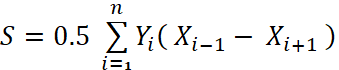
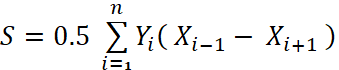
Формулу обчислення площі *n* – кутника в загальному виглядi

можна записати таким чином:



або

(13)



де *n* – кількість вершин полігона;

*і* – номер вершини;

*і –* 1 та *і +* 1 – попередня вершина та наступна вершина по ходу стрілки годинника для вершини полігона.

Наприклад для точки *В* попередня вершина буде точка *А* а наступною буде точка *С.*

***Приклад****.* Обчислити площу земельної ділянки, якщо відомі координати її вершин. ( дивитись рис. 9 )

*Таблиця 3.*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  вершин | Х і | Уі | Уі + 1 – Уі - 1 | Х і – 1 – Х і - 1 | Х і ·( Уі + 1 – Уі – 1 ) | Уі·( Х і -1 –  Х і + 1 ) |
| А | 68750 | 311025 | 510 | – 680 | 35062500 | –211497000 |
| В | 68630 | 311910 | – 805 | – 1230 | – 54699750 | – 383022000 |
| С | 67520 | 311830 | 805 | 1230 | 55247150 | 383649300 |
| Д | 67950 | 311400 | – 510 | 680 | – 34435200 | 21204440 |
|  |  |  | 0 | 0 | 1174700 | 1174700 |

*S =* 0.5 · 1174700 = 587350 м2 = 58.73 га

***Завдання 12****.* Поставити на карті чотири точки *А, В, С, Д,* з′єднати їх лініями, щоб утворився чотирикутник. Зняти з карти прямокутні координати цих точок ї обчислити площу ділянки.

*Лабораторна робота №3.* ***Похибки вимірів.***

Для більш докладного вивчення теми прочитати підручник [ 3 ] сторінки 95 – 110, та посібник [ 7 ].

Будь-які вимірювання проводять при наявності слідуючих факторів: 1) об′єкт вимірювання; 2) суб′єкт вимірювання – спостерігач; 3) вимірювальний прилад; 4) метод вимірювання – сукупність правил і дій при вимірюванні; 5) зовнішнє середовище. В залежності від умов роботи вимірювання можуть бути *рівноточними* і  *нерівноточними.* Якщо в процесі вимірювань зберігаються всі п′ять факторів, то такі вимірювання називають рівноточними. Розрізняють три основних вида похибок: *грубі похибки, систематичні похибки, випадкові похибки.*

*Випадковою похибкою* Δ називають різницю між виміряним значенням *l* і її істинним значенням *Х*, тобто

Δ = *l – X* ( 14 )

Причому сума випадкових похибок, розділена на їх число, за необмеженої кількості вимірів наближається до нуля:

( 15 )



Ця властивість випадкових помилок називається *властивістю компенсації* і дає змогу визначити за низкою вимірів однієї і тієї самої величини результат, найбільш близький до істинного.

***Принцип арифметичної середини.***

Розглянемо тільки рівноточні виміри. Нехай деяка величина, істинне значення якої дорівнює *Х,* виміряна *n* разів. При цьому отримані значення *l1, l2,….,ln* . На основі формули (12) маємо:

Δ1 = *l1 – Х ,*

Δ2 = *l2 – Х ,*

*…………….*

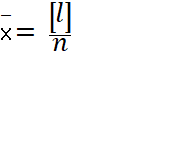
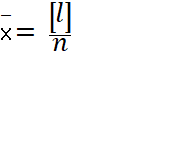
Δn = *ln – Х*

Враховуючи формулу (13) запишемо:

Позначимо і отримаємо , коли *n.*



Остаточно отримаємо: (16)



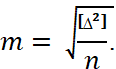
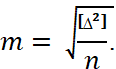
Таким чином, за вірогідніше значення виміряної величини при рівно- точних спостереженнях треба приймати середню арифметичну величину із ряда результатів вимірювань. Її називають *арифметичною серединою*

***Середня квадратична похибка.***

На практиці результат рахується однаково помилковим, буде він більше істинного значення або менше. Тому намагаються встановити такий критерій оцінки точності спостережень, який не залежав би від знаків окремих похибок і відображав би найбільші з них. Таким вимогам задовольняє *середня квадратична похибка*:

1) кожного окремого виміру

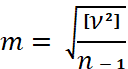
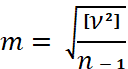
– за формулою Гауcса, коли відомо істинне значення шуканої величини (17)



– за формулою Бесселя, коли не відоме *Х*, а обчислене



(18)



2) середнього арифметичного

(19)



***Приклад.*** В результаті шести вимірювань довжини лінії на місцевості отримані данні, приведені в таблиці 4,

*Таблиця 4.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Виміряне значення  лінії *l*, м | *v*, см | *v*2, см2 | Обчислення |
| 56.25 | +1 | 1 |  |
| 56.23 | -1 | 1 |  |
| 56.24 | 0 | 1 | ΔГР = ± 2 · 1.26 = ± 2.52 *см* |
| 56.26 | +2 | 4 |  |
| 56.23 | -1 | 1 |  |
| 56.23 | -1 | 1 |  |
| = 56.24 | Σ =0 | Σ = 8 |  |

де ΔГР  – гранична похибка, яка обчислюється за формулою :

ΔГР  = ± *t · m*,

де *t =* 2 – при вимірюваннях технічної точності;

*t* = 3 – при високоточних вимірюваннях.

Для лінійних вимірювань визначають відносну похибку, яка теж є мірою їх точності за формулою:

(20)

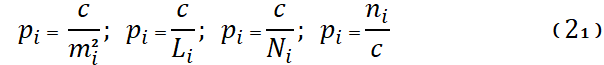


***Завдання 13****.* Виконати математичну обробку виміряної рулеткою лінії місцевості при сталому комплексі умов. Результати вимірів взяти з таблиці 4, збільшивши дві останні цифри після коми в кожному вимірі на номер студента за списком групи. Наприклад: номер студента за списком групи № =12, тоді *l1* = 56,25 + 0,12 = 56,37м, *l2* = 56.23 + 0.12 = 56.35…і так далі. Номер студента за списком групи № = 3, тоді *l1* = 56,25 + 0,03 = 56, 28м, *l4* = 56.26 + 0.03 = 56.29…і так далі.

***Вага. Загальне середнє арифметичне.***

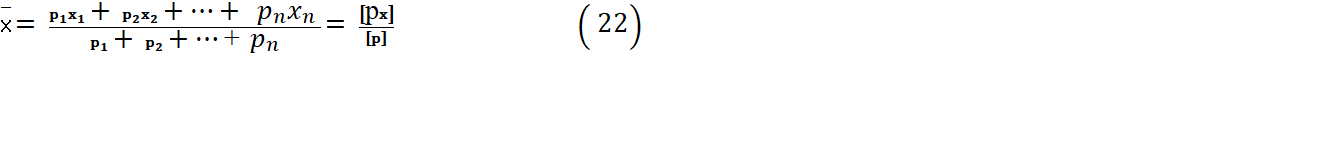
Поняття про вагу вводять при обробці результатів **нерівноточних** вимірів. Вага визначає ступінь надійності результатів вимірів. Чим надійніший результат, тим більша його вага. Отже, вага пов′язана з точністю вимірів.

Кожен результат вимірювання можна характеризувати середньою квадратичною похибкою *mi*, довжиною *Li,* кількістювимірів *Ni*, кількістю вимірів однієї і тієї ж величини *ni*. Виходячи з цього вагу можна обчислювати за формулами:



Величину коефіцієнта *с* вибирають такою, щоб значення ваг *рі* були близькими до одиниці.

Імовірним, або найближчим значенням до шуканої величини *Х* буде загальне середнє арифметичне , яке обчислюється за формулою



Мірою точності буде:

а) середня квадратична похибка одиниці ваги

– за формулою Гаусса



* за формулою Бесселя



б) середня квадратична похибка загального середнього арифметичного



в) середні квадратичні похибки окремих вимірів обчислюються за формулою



***Приклад.***Виконати математичну обробку нерівноточних вимірів при визначенні висоти точки *А* з чотирьох різних напрямків.

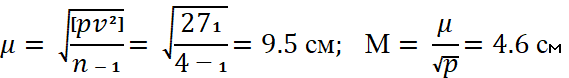
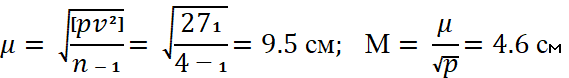
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  ходу | *НА*  *(м)* | *Ln*  *(км)* |  | Δ*H =*  *Hi – H0*  *(cм)* | *р*Δ*Н* | *ν*  *(см)* | *рν* | [ *pν2* ] |
| 1 | 184.46 | 5.0 | 1.0 | + 1 | + 1 | – 2 | – 2 | 4 |
| 2 | 184.32 | 8.0 | 0.6 | –13 | –7.8 | –16 | –9.6 | 153.6 |
| 3 | 184.56 | 3.0 | 1.7 | +11 | +18.7 | +8 | +13.6 | 108.8 |
| 4 | 184.45 | 6.0 | 0.8 | 0 | 0 | –3 | –2.4 | 4.6 |
| *H0=* | 184.45 | Σ | 4.1 | Σ | +11.9 | Σ | –0.4 | 271.0 |

*A =*

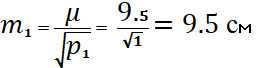
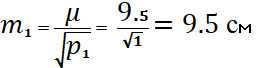


де *Н*0 – довільно взята висота точки близька за значенням до виміряних. Відповідно обчислимо:

*Таблиця 5*



Середня квадратична похибка визначення висоти точки *А* першого ходу складе , і т.д.



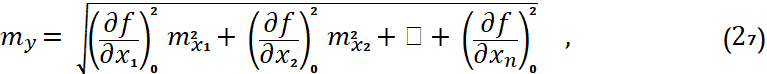
***Завдання14.*** Виконати математичну обробку вимірювання висоти точки *А* по чотирьох ходах. Виміряні дані взяти з табл. 5. Замінити довжини ходів на + № км де № – номер студента за списком групи. *Наприклад* № = 14, тоді *L1 =* 5 + 14 = 19 км, *L2 =* 8 + 14 = 22км, і т. д.

***Оцінка точності функцій виміряних величин.***

Досить часто визначувана величина ***у*** є функцією інших безпосередньо виміряних величин *х1, х2,…, хn*

*у = f* ( *х1, х2, .., хn* )

Якщо відомі середні квадратичні похибки виміряних величин *mx1, mx2, .., mxn , то мірою точності функції*  ***у*** буде середняквадратична похибка



де – часткові похідні по наближеним значенням аргументів ***хі.***



*Приклад.* Визначити середню квадратичну похибку перевищення по формулі: *h = d* tg*ν*, де горизонтальне прокладання  *d* = 143.5 м, кут нахила лінії до горизонту ν = 2º30′. Визначені із середніми квадратичними похибками *md* = 0.5 м і *mν* = 1′ .

Обчислюємо часткові похідні



За формулою (27) отримуємо

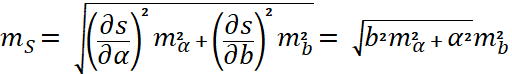


***Завдання 15.*** Визначити середню квадратичну похибку перевищення, якщо *d* = 143.5м + *№ м № см, ν* = 2º30′ + №, де № - номер студента за списком групи, *md* = 0.5м, *mν* = 1′.

***Приклад.*** При визначенні площі прямокутної ділянки виміряні сторони *а* = 120.52 м та *в* = 144.85 м з середніми квадратичними похибками *ma =* 2 см; *mb* = 3 см. Визначити середню квадратичну похибку визначення площі ділянки *ms* = ?

Площа ділянки обчислюється за формулою: *S = a·b.*

За формулою (27) отримаємо



Тоді

***Завдання 16.*** Обчислити площу ділянки квадратної форми зі стороною  *а* = 100 + №, № м, при *ma =* 2см.

**Список літератури**

1. Інструкція з топографічного знімання 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. ГКНТА – 2.04 – 02 – 98 , (видання офіційне та доповнене). – К .: ГУГК, 1998. – 156 с.

2. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. ГУГК. – М.: Недра, 1989. – 286с.

3. Войтенко С.П. Інженерна геодезія. Підручник. /С.П. Войтенко. – К. : Знання, 2009. – 557с.

4. Шварцман Б.Е. Задачник по геодезии. / Б.Е. Шварцман. – М.: Недра, 1977, – 23 с.

5. Черняга П.Г., Лебідь Г.Г., Мальчук М.П., та інші. Інженерна геодезія. Лабораторні роботи, ч. І. / Навчальний посібник для студентів технічних вищих навчальних закладів освіти. Рівне; РДТУ, 1999. – 137 с.

6. Артамонов Б.Б., Штангрет В.П. Топографія з основами картографії. : Навчальний посібник. – Львів ; Новий Світ – 2000, 2006.– 248 с.

7. Войтенко С.П.,Лапицький І.В., Чуланов П.О. Інженерна геодезія. Робота з картою та планом. Методичні вказівки. – К.: КНУБА, 2006р.-54с.