

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра геодезії та картографії

05-04-163М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни
«Маркшейдерська справа» для здобувачів вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою
«Гірництво» спеціальності 184«Гірництво», G16 «Гірництво та
нафтові технології» денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з якості
ННМІ
Протокол № 10 від 19.05.2026 р.

Рівне – 2026

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Маркшейдерська справа» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Гірництво» спеціальності 184«Гірництво», G16 «Гірництво та нафтові технології» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Панчук Ю. М., Янчук О. Є. – Рівне : НУВГП, 2026. – 52 с.

Укладачі:

Панчук Ю. М., к.т.н., доцент кафедри геодезії та картографії НУВГП;
Янчук О. Є. к.т.н., доцент кафедри геодезії та картографії НУВГП.

Відповідальний за випуск: Янчук Р. М. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри геодезії та картографії НУВГП.

Керівник (гарант) ОП: Васильчук О. Ю., к.т.н., доцент кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин.

© Ю. М. Панчук,
О. Є. Янчук, 2026
© НУВГП, 2026

ЗМІСТ

Передмова.	4
<i>Робота №1.</i> Складання топографічного плану кар'єру корисних копалин	5
<i>Робота №2.</i> Вивчення умовних позначень гірничої документації. Розв'язування виробничих задач на плані за горизонталями	10
<i>Робота №3.</i> Маркшейдерське забезпечення гірничих процесів. Визначення об'ємів видобутку корисної копалини на відпрацьованій ділянці способом вертикальних розрізів	21
<i>Робота №4.</i> Маркшейдерське забезпечення планування гірничих робіт	24
<i>Робота №5.</i> Маркшейдерське забезпечення проведення траншеї	29
<i>Робота №6.</i> Вирішення прямої та оберненої засічок	42
<i>Робота №7.</i> Складання гірничо-графічної документації	47
Література	51

ПЕРЕДМОВА

Наведені в методичних вказівках лабораторні роботи, за послідовністю та змістом викладення матеріалу відповідають навчальній програмі дисципліни «Маркшейдерська справа» для спеціальності 184 «Гірництво».

Лабораторні роботи студенти повинні виконувати лише після вивчення теоретичного матеріалу курсу «Маркшейдерська справа».

У методичних вказівках викладено складання топографічного плану та вирішення основних інженерних задач за ним, наведена методика маркшейдерського забезпечення гірничих процесів, підрахунку запасів та планування видобутку корисних копалин, приділена увага складанню проекту маркшейдерського забезпечення будівництва капітальної траншеї, містяться розрахунки прямої та оберненої засічок, наведені приклади складання гірничо-графічної документації, побудови гіпсометричного плану та плану ізопотужності покладу. У лабораторних роботах методичних вказівок наведені приклади розв'язання типових завдань для самостійного виконання роботи, а також контрольні запитання для опрацювання вивченого матеріалу, що дозволяє студентам набути необхідного обсягу знань, потрібного для успішного виконання лабораторних робіт та їх захисту.

Методичні вказівки сприятимуть закріпленню теоретичних знань і формуванню навичок самостійної роботи студентів при виконанні лабораторних робіт.

До кожної лабораторної роботи наведена її мета, завдання, вихідні дані, що дозволяє студентам ретельніше підготуватися до занять.

При складанні методичних вказівок використаний досвід викладачів кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин, кафедри геодезії та картографії Національного університету водного господарства та природокористування.

Лабораторна робота 1

Складання топографічного плану кар'єру корисних копалин

Мета роботи: мати поняття про плани та карти і масштаби, оволодіти навичками складання топографічного плану за результатами польових зйомок

1.1. Поняття про плани та карти

За результатами геодезичних вимірів на земній поверхні виготовляють графічні зображення земельних ділянок і існуючої ситуації або всієї Землі на папері, які поділяють на топографічні карти і топографічні плани.

Картою називається зменшене, узагальнене, вимірне зображення на площині всієї поверхні Землі, або її значної частини, побудоване за певними математичними законами. Карти складаються на значні території, в межах яких рівневу поверхню не можна вважати площиною. Тому при їх складанні враховуються поправки в довжини ліній за кривину Землі.

Планом називається зменшене, узагальнене, вимірне зображення невеликої ділянки місцевості (розміром до 20×20 км) на площині, яке побудоване без врахування кривини Землі.

Картографічне зображення місцевості в масштабах 1:500-1:5 000 називають планами, а в масштабах 1:10 000 і дрібніше – картами.

Карта (план) являє собою наглядну графічну модель фізичної поверхні Землі, за якою можна виконувати різноманітні виміри і вирішувати багато геодезичних задач.

1.2. Масштаби планів і карт

Горизонтальні проекції ліній місцевості на картах і планах зображують з деяким зменшенням. Ступінь зменшення ліній місцевості при перенесенні їх на папір називається *масштабом*. **Масштаб** – відношення довжини відрізка на карті (плані) до його горизонтального прокладення на місцевості.

Масштаб топографічної карти (плану) можна представити відношенням:

$$\frac{d}{D} = \frac{1}{M}, \quad (1.1)$$

де d – довжина відрізка на карті (плані),

D – горизонтальна проекція (прокладення) цього відрізка на місцевості.

Масштаб виражають у числовій, словесній та графічній формі:

- *числовий масштаб* являє собою дріб, у якого чисельник є одиниця, а знаменник – число, яке показує, в скільки разів зменшений відрізок місцевості, *наприклад*: 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000,

$$\frac{1}{500}, \frac{1}{1000}, \frac{1}{2000}, \frac{1}{5000} \text{ (рис. 1.1, а);}$$

- *словесний (мовний) масштаб* – на планах і картах поряд із числовим масштабом також вказується скільком метрам на місцевості відповідає 1 см плану, *наприклад* при числовому масштабі 1:2 000, словесний матиме вигляд: в 1 сантиметрі 20 метрів (рис. 1.1, б);

- *лінійний масштаб* – являє собою шкалу у вигляді відрізка прямої, яка розділена на рівні частини (рис. 1.1, в). Такі рівні частини називають основами. Довжина основи може бути будь-якої величини, але найчастіше вона дорівнює 2 см. Першу зліва основу (її називають голівкою масштабу) поділяють на 10 рівних частин. Після цього лінійний масштаб підписують залежно від числового масштабу.

а) 1:50000

б) в 1 сантиметрі 500 метрів



Рис. 1.1. Масштаби:

а) числовий; б) словесний; в) лінійний

Недоліком лінійного масштабу є його невисока точність. Вона дорівнює половині значення малої поділки голівки масштабу.

Масштаб підписують знизу по центру листа. На картах вказують числовий, словесний та лінійний масштаби (в такому порядку як показано на рис. 1.1), а на планах лише числовий та словесний масштаби.

Для підвищення точності вимірювальних робіт застосовують поперечний масштаб.

1.3. Складання топографічного плану

Роботи із складання плану виконують в такій послідовності:

- 1) на аркуші креслярського паперу необхідного розміру *викреслюють координатну сітку* зі сторонами квадратів *10 см* і оцифровують її у відповідності із значеннями координат точок теодолітного ходу, згідно заданого масштабу плану;
- 2) за координатами *наносять на план точки теодолітного ходу* використовуючи вимірник і лінійку поперечного масштабу. Для того, щоб побудувати точку за її прямокутними координатами, необхідно знайти квадрат, в якому знаходиться дана точка, виділивши початкові координати x_0^C і y_0^C (ці значення мають бути кратними величині, через яку проведені лінії кілометрової сітки), а також прирости Δx та Δy . Визначивши Δx та Δy у відрізках масштабу карти, наносять їх на координатну сітку і одержують точку. Прирости координат Δx та Δy знаходять за формулами:

$$\begin{aligned}\Delta x &= x_C - x_0^C; \\ \Delta y &= y_C - y_0^C.\end{aligned}\tag{1.2}$$

Кожну точку наколюють голкою діаметром *0,1 мм* і позначають умовним знаком „*точки планових знімальних мереж (тривалого закріплення)*”. Ліворуч підписують номер, або назву точки, а праворуч – висоту точки до сотих долей метра. Правильність нанесення точок *контролюють*, порівнюючи віддалі між ними визначені на плані з відповідними горизонтальними закладаннями;

- 3) за даними з журналу тахеометричного знімання *наносять на план рейкові точки*. Для побудови точок центр транспортира суміщають зі станцією, яку приймають за полюс, а 0° транспортира суміщають з вихідним напрямком орієнтування. За дугою геодезичного транспортира відкладають горизонтальні кути за годинниковою стрілкою. В отриманих напрямках від станції відкладають горизонтальні закладання в масштабі плану. З правого боку від точки у вигляді звичайного дробу підписують її номер і висоту (до *0,01 м*), взяті з журналу тахеометричного знімання;

4) у відповідності з абрисами тахеометричного знімання на план *наносять ситуацію*, яку викреслюють згідно існуючих умовних знаків;

5) способом графічного інтерполювання *викреслюють на плані горизонталі*. Основні горизонталі повинні мати товщину *0,12-0,15 мм*, а потовщені – *0,25-0,30 мм*. Крім того всі потовщені горизонталі мають бути підписані (верх цифр повинен бути направлений в бік підвищення місцевості). На характерних вигинах горизонталей викреслюють *бергштрихи* – короткі штрихи, які показують напрямок схилу;

б) виконують *редагування плану*, яке полягає в видаленні зайвих підписів точок в місцях їх скупчення і там, де вони заважають ситуації. Ситуацію, рельєф та позарамкове оформлення плану викреслюють в туші згідно вимог умовних знаків.

У *5 пункті* необхідно виконати *графічне інтерполювання* за допомогою палетки (рис.1.2) для побудови горизонталей. **Інтерполювання** полягає в знаходженні, за напрямком між двома суміжними пікетами з відомими висотами, проекцій точок на площині з січенням між ними, яке дорівнює висоті перерізу рельєфу.

Палетка – лист прозорого паперу на якому проведені паралельні лінії з інтервалом *5-10 мм* між ними. На кожній лінії палетки підписують значення висоти горизонталі, обов'язково кратне висоті перерізу рельєфу. Накладають палетку на лінію, за якою виконується інтерполювання, і задають їй такий поворот, щоб точки з відомими висотами розташовувались між паралельними лініями відповідно до значень своїх висот (на рис. 1.2 – *точки 1 і 2*). Переколюють на план точки перетину ліній палетки з лінією інтерполювання та підписують олівцем їх висоти. Аналогічні операції виконують за іншими лініями. Точки з однаковими висотами з'єднують плавними кривими і отримують горизонталі.

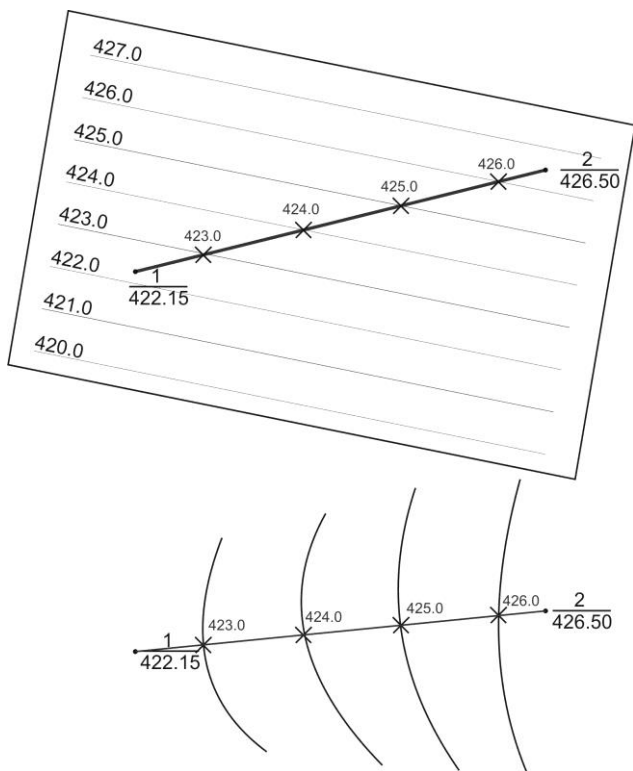


Рис. 1.2. Графічне інтерполювання за допомогою палетки

Контрольні запитання:

1. Що називають планом і картою?
2. Умовні знаки планів і карт.
3. Масштаби планів і карт.
4. Які розміри координатної сітки?
5. Як будують точки геодезичного обґрунтування?
6. В якій системі координат наносять пікетні точки (контурні і рельєфні)?
7. Як будують горизонталі?

Лабораторна робота 2

Вивчення умовних позначень гірничої документації. Розв'язування виробничих задач на плані за горизонталями

Мета роботи: вивчити основні умовні позначення на топографічних планах, навчитись розв'язувати виробничі задачі на плані за горизонталями (визначення висот точок і ухилів поверхонь; побудова профілів і лінії заданого ухилу)

2.1. Умовні знаки топографічних планів.

На топографічних планах зображують різні об'єкти місцевості: річки, озера, канали, ліси, сади, городи, болота, будинки, дороги, лінії електропередач і т. ін. Сукупність цих, а також всіх інших об'єктів місцевості називають *ситуацією*. Для зображення ситуації використовують умовні знаки, які поділяються на п'ять видів: *площинні, позамасштабні, лінійні, пояснюючі та спеціальні*.

Площинними (масштабними) умовними знаками називають знаки, за допомогою яких предмети місцевості зображуються з дотриманням масштабу плану чи карти. Ці знаки застосовуються для зображення місцеположення та площ об'єктів (ліси, озера, луки) і складаються із контурів об'єктів, які на карті викреслюють крапками, або лінією і заповнюють значками, що визначають суть об'єктів, або умовним забарвленням (рис. 2.1, а).

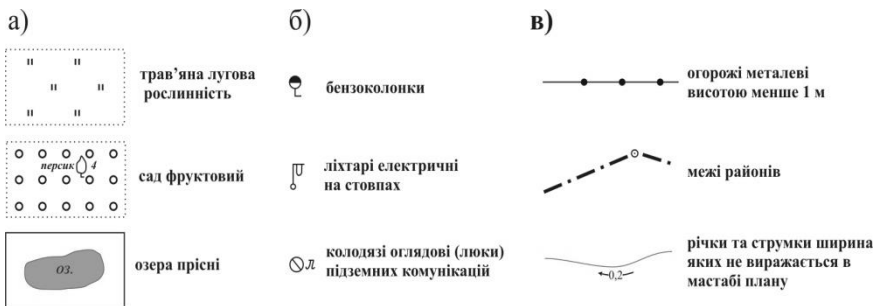


Рис. 2.1. Умовні знаки топографічних карт і планів:
а) – площинні; б) – позамасштабні; в) – лінійні

Якщо предмет не може бути зображений в даному масштабі умовним знаком, внаслідок невеликих своїх розмірів, застосовують **позамасштабні** умовні знаки, які займають на плані більше місця, ніж потрібно було б за масштабом (рис.2.1, б). Тому такі знаки застосовують для зображення об'єктів, розміри яких не відповідають масштабу плану чи карти (мости, кілометрові стовпи, колодязі, джерела, геодезичні пункти). Позамасштабні умовні знаки визначають лише місцезнаходження об'єктів. На них наводяться різні характеристики (довжина, ширина мосту, відмітки). Слід відмітити, що одні і ті ж місцеві предмети на картах великих масштабів можуть бути виражені контурним знаком, а на картах дрібних масштабів – позамасштабним умовним знаком.

Лінійними умовними знаками показують об'єкти лінійного характеру (дороги, річки, лінії зв'язку, електропередач, канали), довжина яких виражається в даному масштабі, а положення на карті – поздовжньою віссю, яка проходить через середину знаку (рис.2.1, в). Ширину лінійного об'єкту показують дещо збільшеною. На умовних знаках наводяться різні характеристики об'єктів (ширина проїздної частини, ширина всієї дороги, висота насипу, глибина виїмки).

Пояснюючі умовні знаки являють собою надписи і цифрові дані, які дають назви і характеристики об'єктів (глибину і швидкість течії рік, вантажопідйомність і ширину мостів, породу лісу, висоту, товщину дерев, ширину доріг). Ці знаки проставляють на основних площинних, лінійних, і позамасштабних умовних знаках.

Спеціальні умовні знаки встановлюються відповідними відомствами галузей народного господарства і застосовуються для складання спеціалізованих планів і карт (знаки для маркшейдерських планів, нафтові споруди і устаткування для свердловин, промислові трубопроводи).

Багатокольорове оформлення топографічних карт різко підвищує їх наочність і полегшує користування ними. Так, контури населених пунктів, залізничні і автомобільні дороги, промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти зображаються на картах чорним кольором; ліси – зеленим; гідрографія – синім; рельєф – коричневим.

Всього для картографування предметів різних ландшафтних зон – від Заполяр'я до субтропіків на картах масштабів 1:10000, 1:25000,

1:50000, 1:100000 вживається понад 350 графічних умовних знаків і більш як 400 скорочених пояснювальних підписів. Для користування картами достатньо знати декілька десятків графічних умовних знаків. Важливою вимогою до умовних знаків є те, щоб вони, за можливості, були схожими на зображувані контури та предмети.

2.2. Визначення висот точок

Висотою точки називається віддаль, визначена за прямою лінією, від точки на поверхні Землі до певної рівневої поверхні, прийнятої за початок відліку. Якщо висоти точок визначені відносно основної рівневої поверхні, то такі висоти називаються **абсолютними**. На території України за основну рівневу поверхню прийнято середній рівень Балтійського моря і відлік висот ведеться від нуля Кронштадського футштоку (Балтійська система висот). З 1 січня 2026 року в Україні офіційно розпочалося використання Європейської вертикальної референцної системи (European Vertical Reference System, EVRS), вихідним пунктом якої є нуль Амстердамського футштоку. Висоти точок обчислені відносно деякої умовної рівневої поверхні називаються **відносними** або **умовними**. Вертикальна проекція відстані однієї точки відносно іншої називається **перевищенням** і обчислюється за формулою:

$$h_{AB} = H_B - H_A. \quad (2.1)$$

Рельєф місцевості це сукупність нерівностей земної поверхні. В даний час рельєф на топографічних картах зображують горизонталями в поєднанні зі способом висот, причому на одному квадратному дециметрі карти підписують, як правило, не менше п'яти висот. **Горизонталь** – це крива лінія, яка з'єднує точки з однаковими висотами. *Основні властивості горизонталей* такі:

- 1) горизонталі є кривими і замкнутими лініями;
- 2) горизонталі ніколи не перетинаються (за винятком нависаючих схилів);
- 3) чим ближча віддаль між горизонталями, тим крутіший схил.

Побудову горизонталей на карті виконують за висотами характерних точок рельєфу місцевості.

Для того, щоб зобразити горизонталями рельєф ділянки місцевості, потрібно перетнути його декількома горизонтальними площинами, розташованими на однаковій відстані по висоті одна від одної (рис. 2.2). Ця відстань, між сусідніми січними площинами по

висоті, називається **висотою перерізу рельєфу** і позначається літерою h . Висоту перерізу рельєфу підписують на картах під лінійним масштабом. Віддаль на плані між сусідніми горизонталями називається **закладенням** горизонталей і позначається літерою d . Для визначення напрямку схилу за горизонталями на них показують **бергштрихи** – короткі штрихи, перпендикулярні до горизонталей і направлені за схилом вниз.

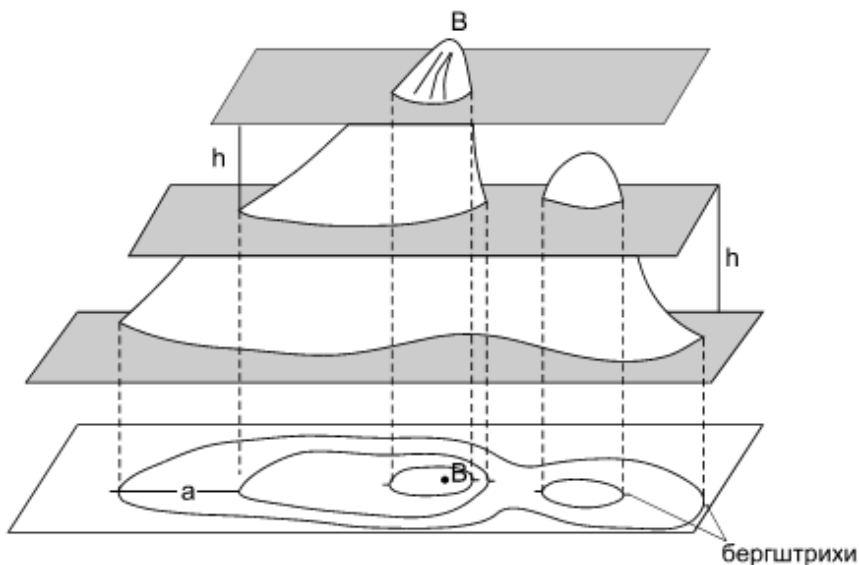


Рис. 2.2. Принцип побудови горизонталей

Основні горизонталі мають висоти, кратні висоті перерізу рельєфу h . Для вираження характерних особливостей рельєфу, а також на рівнинних територіях, рекомендується проводити напівгоризонталі – вони проводяться штриховими лініями через половину перерізу рельєфу на окремих ділянках карти (де відстань між основними горизонталями є дуже великою). Кожну п'яту основну горизонталь при $h = 1, 2, 5, 10$ м і кожну четверту при $h = 0,5$ і $2,5$ м зображають потовщеною і підписують, орієнтуючи основи цифр вниз за схилом.

Визначення висот точок за горизонталями:

а) точка A (рис. 2.3) знаходиться на горизонталі.

Як видно з рисунку, висота точки A дорівнює висоті горизонталі, тобто $H_A=150,00$ м.

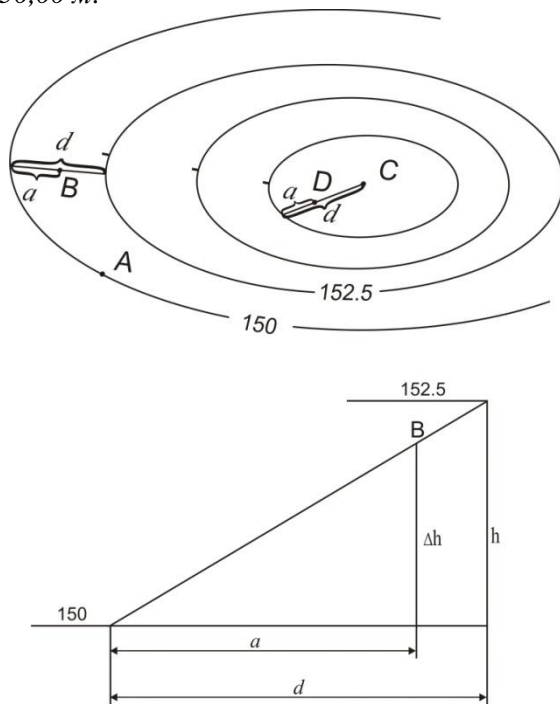


Рис. 2.3. Визначення висот точок за горизонталями

б) точка B (рис. 2.3) знаходиться між горизонталями.

Висоту обчислюємо за формулою:

$$H_B = H_0 + \frac{a}{d} h, \quad (2.2)$$

де H_0 – висота меншої горизонталі, м; a – відстань від меншої горизонталі до точки B , мм; d – закладення горизонталей, мм; h – висота перерізу рельєфу, м.

Приклад. На рис. 2.3 висота меншої горизонталі $H_0=150$ м, відстань від меншої горизонталі до точки B $a=5$ мм, закладення горизонталей $d=10$ мм, висота перерізу рельєфу $h=2,5$ м. Тоді висота точки B , згідно формули (2.2) рівна $H_B = 150,00 + \frac{5}{10} 2,5 = 151,25$ м.

в) точка C (рис.3.2) знаходиться в середині замкненої горизонталі.

Висоту обчислюємо за формулою:

$$H_C = H_0 \pm \frac{1}{2} h. \quad (2.3)$$

Знак «+» береться якщо точка C знаходиться всередині підвищення, знак «-» – якщо всередині пониження.

Приклад. Як видно з рис. 2.3, точка C знаходиться в середині підвищення, а висота меншої горизонталі $H_0=157,5$ м. Отже

$$H_C = 157,50 + \frac{1}{2} 2,5 = 158,75 \text{ м.}$$

г) точка D (рис.2.3) знаходиться *не в центрі замкнutoї горизонталі.*

Висоту точки обчислюємо за формулою (2.2), з тією різницею, що замість висоти перерізу рельєфу h підставляємо перевищення вершини (в даному випадку точки C) над меншою горизонталлю. Тобто, спочатку необхідно знайти висоту точки C ($H_C=158,75$ м – див. пункт *в*). Далі знаходимо висоту меншої горизонталі $H_0=157,5$ м, відстань від меншої горизонталі до точки D $a=4$ мм та відстань від горизонталі до точки C $d=9$ мм. Потім обчислюємо висоту т. D :

$$H_D = H_0 + \frac{a}{d} (H_C - H_0) = 157,50 + \frac{4}{9} (158,75 - 157,50) = 158,06 \text{ м.}$$

2.3. Визначення ухилу поверхні та крутизни схилу

Крутизна схилу – це ступінь пониження або підвищення місцевості. Мірою крутизни схилу є ухил, який визначають за формулою:

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d}, \quad (2.4)$$

де i – ухил (безрозмірна величина);

ν – кут нахилу;

h – перевищення між точками, м;

d – закладення (горизонтальна відстань між точками на місцевості), м.

Перетнено схил гори горизонтальними площинами при висоті перетину h (рис. 2.4). На ділянці BC схил має кут нахилу ν_1 , на ділянці CD – кут нахилу ν_2 . Відстань d_1 – це горизонтальне прокладення лінії схилу BC (закладення). Для визначення ухилу між точками B і C , які

знаходяться на сусідніх горизонталях, визначають закладення d_1 на топографічній карті і перевищення h_{BC} між точками. Використовуючи формулу (2.4), знаходять ухил i_{BC} . Аналогічно визначають ухил i_{CD} – за закладенням d_2 та перевищенням h_{CD} між точками C і D . *Приклад.* На рис. 2.4 висота перерізу рельєфу $h_{BC} = h_{CD} = 2,5$ м, закладення $d_1 = 1,8$ см = 36 м (в масштабі 1:2 000), $d_2 = 0,9$ см = 18 м. Тоді ухили, згідно формули (3.4) рівні $i_{BC} = 2,5\text{ м}/36\text{ м} = 0,0694$, $i_{CD} = 2,5\text{ м}/18\text{ м} = 0,1389$. Ухили отримані за (2.4) є безрозмірними величинами. Крім того, ухили ліній можна виражати у відсотках (%) або у проміле (‰). *Приклад.* $i_{CD} = 0,1389 = 13,89\% = 138,9\text{‰}$. Для отримання ухилу у відсотках результат обчислений за (3.4) домножується на 100, а у проміле – на 1000.

У випадку, коли необхідно визначити ухил вздовж лінії, крайні точки якої не лежать на горизонталях, спочатку необхідно визначити висоти цих точок. *Приклад.* Необхідно визначити ухил вздовж лінії BC (рис. 2.3). Висоти точок B та C визначені у п. 2.2 (пункти b , c) та становлять відповідно 151,25 м та 158,75 м. Відстань між точками $d_{BC} = 3,8$ см, що в масштабі 1:2 000 становить 76 м. Тоді ухил:

$$i_{BC} = \frac{H_C - H_B}{d_{BC}} = \frac{158,75 - 151,25}{76} = 0,0987.$$

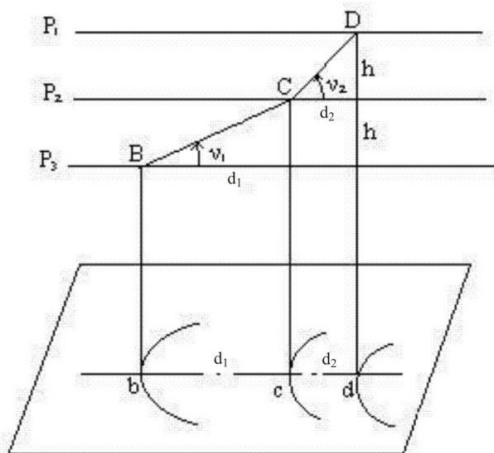


Рис. 2.4. Визначення ухилу

2.4. Побудова лінії заданого ухилу

Нехай на карті (рис. 2.5, а) задано точки D і C , між якими необхідно провести лінію так, щоб жоден відрізок не мав ухилу більшого, ніж заданий.

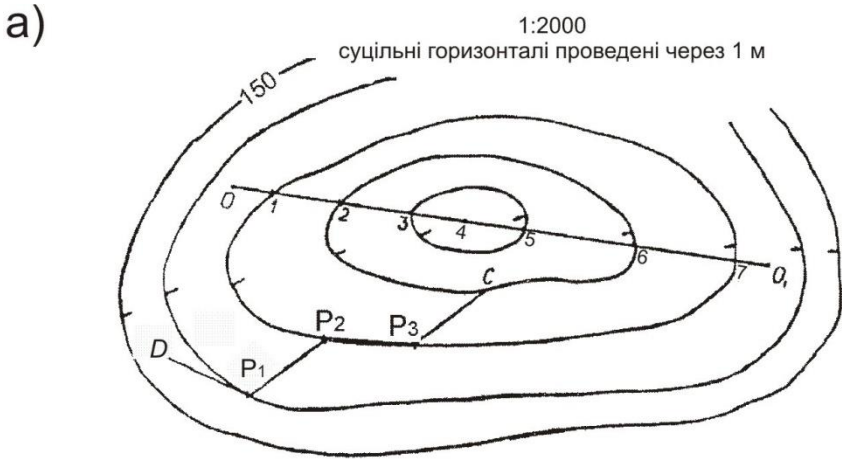


Рис. 2.5. Побудова профілю і лінії з заданим ухилом:
а) побудова лінії із заданим ухилом; б) побудова профілю місцевості в заданому напрямку

Розраховуємо величину закладення $d_{гран}$, для заданого ухилу і перерізу рельєфу за формулою

$$d = \frac{h}{i}, \quad (2.5)$$

Якщо початкова (кінцева) точка лежить між горизонталями, то необхідно знайти закладення $d'_{зран}$. Для цього визначають перевищення між початковою (кінцевою) точкою і горизонталлю та обчислюють закладення $d'_{зран}$, за (2.5). Значення необхідного закладення беремо в розхил вимірника і з точки D засікаємо на сусідній горизонталі точку P_1 , потім переставляємо вимірник в точку P_1 і так само засікаємо на наступній горизонталі точку P_2 , і т.д. Якщо розхил вимірника менший ніж відстань між горизонталями, то засічку роблять у найбільш вигідному напрямку (як правило, в перпендикулярному до горизонталей). З'єднавши всі точки, одержуємо ламану лінію із ухилом, який не перевищує заданого. Дана задача має декілька варіантів розв'язання, з яких вибираємо найкращий.

2.5. Побудова профілю за заданим напрямком

Профіль місцевості – зменшене зображення вертикального розрізу земної поверхні за заданим напрямком. Як правило профіль будується у двох масштабах – горизонтальному і вертикальному. Горизонтальний масштаб, зазвичай, приймається рівним масштабу карти чи плану, а вертикальний – в *10 разів* крупнішим.

Побудова профілю місцевості в заданому напрямку виконується таким чином: на топографічному плані (рис. 2.5, а) даного масштабу (1:2 000) задають напрямком 00_1 , за яким необхідно побудувати профіль. Точки перетину ліній з горизонталями (1, 2, 3, 5, 6, 7) і характерними точками рельєфу (4) нумерують. На аркуші міліметрового паперу будують графі *віддалей*, *висот* і *номерів точок* (рис. 2.5, б). В графу *віддалей* переносять з карти точки перетину і записують довжини інтервалів між ними на місцевості (в метрах). В графу *висот* записують значення висот у точках перетину і від лінії умовного горизонту будують перпендикуляри, відкладаючи на них висоти у вертикальному масштабі. Кінці перпендикулярів з'єднують ламаною лінією і одержують профіль місцевості у заданому масштабі.

Приклади типових завдань:

Завдання 1. За топографічним планом визначити висоти точок D та P_1 (рис. 3.4, а) (P_1 – на горизонталі, D – між горизонталями).

Розв'язок.

а) визначаємо січення горизонталей на плані: $h=1$ м; знаходимо найближчу підписану горизонталь, її висота $H=150,00$ м; за бергштрихами визначаємо в який бік висоти зростають; визначаємо висоту горизонталі на якій знаходиться точка P_1 , а отже й висоту точки P_1 : $H_{P_1}=H_{\text{гор}}=149,00$ м.

б) відповідно до рис. 2.5 проводимо через точку D найкоротшу лінію між сусідніми горизонталями і вимірюємо її довжину $d=7$ мм; вимірюємо на плані відстань від горизонталі з меншою висотою до точки D : $a=3$ мм; визначаємо січення горизонталей на плані: $h=1$ м; визначаємо висоту меншої горизонталі $H_{\text{гор}}=149,00$ м; обчислюємо висоту точки D :

$$H_D = H_{\text{гор}} + \frac{a}{d} h = 149,00 + \frac{3}{7} 1 = 149,43 \text{ м.}$$

Завдання 2. Визначити крутизну схилу між точками за лінією OO_1 (рис. 2.5, а) (між точками $O-O_1$, $O-1$, $7-O_1$ за (2.5),

Розв'язок. Сполучаємо точки O та O_1 прямою лінією. Точки перетину лінії OO_1 з горизонталями нумеруємо $1, 2, 3, \dots, 7$.

Примітка: у випадку, коли лінія OO_1 перетинає лінію водорозділу (водозбору), то в найвищій (найнижчій) точці ставиться додаткова точка, яка також нумерується. В даному випадку лінія OO_1 перетинає котловину в найнижчій точці, яку позначимо 4 .

Визначаємо загальний ухил відрізка OO_1 , за (2.4):

$$i_{OO_1} = \frac{H_{O_1} - H_O}{d_{OO_1}} = \frac{148,5 - 148,8}{180,0} = -0,0017,$$

де H_O, H_{O_1} – висоти точок O та O_1 , м;

d_{OO_1} – відстань між точками O та O_1 : $d_{OO_1} = 180,0$ м.

Аналогічно визначаємо ухил за всіма відрізками, перевищення між якими не дорівнює висоті перерізу рельєфу:

$$i_{O-1} = \frac{H_1 - H_O}{d_{O-1}} = \frac{148,0 - 148,8}{14} = -0,0571;$$

$$i_{3-4} = \frac{H_4 - H_3}{d_{3-4}} = \frac{145,5 - 146,0}{19} = -0,0263;$$

$$i_{4-5} = \frac{H_5 - H_4}{d_{4-5}} = \frac{146,0 - 145,5}{17} = +0,0294;$$

$$i_{7-0_1} = \frac{H_{0_1} - H_7}{d_{7-0_1}} = \frac{148,5 - 148,0}{12} = +0,0417.$$

Завдання 3. Побудувати лінію AB з ухилом, що не перевищує 0,03.

Розв'язок. Обчислюємо величину закладення на місцевості:

$$d_{\text{гран}} = \frac{h}{i} = \frac{1}{0,03} = 33,33 \text{ м,}$$

де h – висота перерізу рельєфу, м;

$i=0,03$ – заданий ухил.

Обчислюємо величину закладення на плані масштабу 1:2 000:

$$d_{\text{гран}} = 33,33/20 = 1,67 \text{ см.}$$

Подальший принцип побудови описаний в п. 2.4.

Завдання 4. Побудувати профіль вздовж лінії AB .

Розв'язок. Принцип побудови описаний в п. 2.5.

Контрольні запитання:

1. Що називають планом і картою?
2. Умовні знаки планів і карт.
3. Абсолютні і відносні висоти точок.
4. Рельєф місцевості, горизонталь, висота перерізу рельєфу, закладення.
5. Крутизна схилу місцевості.
6. Побудова профілю за заданим напрямком.

Лабораторна робота 3

Маркшейдерське забезпечення гірничих процесів. Обчислення об'ємів видобутку корисної копалини на відпрацьованій ділянці способом вертикальних розрізів

Мета роботи: Виконати розрахунки об'ємів виїмки на відпрацьованій ділянці.

Обчислення об'ємів видобутку корисної копалини на відпрацьованій ділянці.

Завдання №1. Використовуючи викопіювання з плану (рис.3.1), який містить зображення нового та старого розташування верхніх і нижніх бровок, обчислити об'єми виїмки способом вертикальних розрізів, якщо відомі площі вертикальних перерізів: $S_1 = 0 \text{ м}^2$; $S_2 = 469 \text{ м}^2$; $S_3 = 720 \text{ м}^2$; $S_4 = 705 \text{ м}^2$; $S_5 = 405 \text{ м}^2$; $S_6 = 0 \text{ м}^2$; $S_7 = 0 \text{ м}^2$. Віддаль між суміжними перерізами прийнята 35 м.

Результати обчислень об'ємів видобутку корисної копалини навести в таблицю.

Таблиця 3.1
Визначення об'ємів видобутку корисної копалини

Назва перерізу	$S_i, \text{ м}^2$	$S_{\text{сеп}}, \text{ м}^2$	$l_i, \text{ м}$	$v_i, \text{ м}^3$
I-I	0	234.5	35.0	8207.5
II-II	469	594.5	35.0	20807.5
III-III	720	712.5	35.0	24937.5
				$\Sigma_1=53952.5$
IV-IV	705	555.0	35.0	19425.0
V-V	405	202.5	35.0	7087.5
VI-VI	0			$\Sigma_2=26512.5$
$\Sigma v_i =$				$\Sigma=80465.0$

Значення об'ємів видобутку гірської маси визначають способом вертикальних розрізів за формулою:

$$V = v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_{(n-1)} = \frac{S_1+S_2}{2} l_{1-2} + \frac{S_2+S_3}{2} l_{2-3} + \frac{S_3+S_4}{2} l_{3-4} + \dots + \frac{S_{n-1}+S_n}{2} l_{(n-1)-n} \quad (3.1)$$

Контрольні запитання:

1. Які параметри підрахунку запасів та способи їх визначення ?
2. Яка класифікація розвіданих запасів корисних копалин ?
3. Як визначити площу підрахунку запасів ?
4. Як визначити середню потужність покладу ?
5. Як визначають об'ємну масу корисної копалини ?
6. Як визначають середній вміст корисного компонента ?
7. Назвіть способи підрахунку запасів ?
8. У чому сутність способу середнього арифметичного ?
9. У чому сутність способу геологічних блоків ?
10. Що називають втратами корисної копалини ?

Лабораторна робота 4

Маркшейдерське забезпечення планування гірничих робіт.

Мета. Виконати обчислення видобутку корисної копалини з декількох ділянок для забезпечення планового об'єму із заданим вмістом корисного компонента. Розрахувати величини втрат, засмічення та розубоження за допомогою посереднього методу.

Завдання 1. Виконати визначення видобутку.

Для розрахунку видобутку корисної копалини застосувати викопіювання з плану (рис.3.1, лабораторна робота №3), за яким виконували обчислення об'ємів виїмки копалин. Для цього загальна площа довільно поділена на дві частини (ділянка №1 і №2).

Потрібно підрахувати запаси та виконати планування видобутку корисної копалини з ділянок №1 і №2 для виконання планового завдання, значення якого прийняте 10% від запасів ділянки родовища, об'єм видобутку визначений в лабораторній роботі №3, при плановій величині вмісту:

$$C_{\text{пл}} = \frac{C_1 + C}{2}, \quad (4.1)$$

де C_1 - середнє значення вмісту на першій ділянці, C - на родовищі в цілому. Для цього визначаємо:

а). величину запасу Q руди на кожній ділянці і на родовищі в цілому обчислюємо за формулою:

$$Q = V \cdot d, \quad (4.2)$$

де d - щільність корисної копалини, 3.5 т/м^3 .

Так як величина планового видобутку складає 10% від запасу родовища, тобто:

$$Q_{\text{пл}} = 0.1Q, \quad (4.3)$$

б) визначаємо значення середнього вмісту на всьому родовищі C за формулою:

$$C_{\text{пл}} = \frac{C_1 + C_2}{2}, \quad (4.4)$$

де $C_1 = (25,678 + 0,1 \cdot n) \%$, $C_2 = (26,249 + 0,1 \cdot r) \%$; тут n – число за списком в журналі групи; r – остання цифра року навчання.

в) знаходимо кількість руди, яку потрібно взяти з першої та другої ділянок для забезпечення планового завдання:

$$Q_{Пл}^1 = Q_{Пл} \frac{C_{Пл} - C_2}{C_1 - C_2}; \quad (4.5)$$

$$Q_{Пл}^2 = Q_{Пл} \frac{C_1 - C_{Пл}}{C_1 - C_2}; \quad (4.6)$$

$$Q_{Пл} = Q_{Пл}^1 + Q_{Пл}^2; \quad (4.7)$$

Таблиця 4.1

ВИХІДНІ ДАНІ

№ вар.	Погашені балансові запаси, Б тис. т.	Видобуток руди Д, тис. т.	Вміст корисного компонента, % у:			
			балан- сових запасах с	видо- бутку руди а	втра- ченій руді с _п	засмічу- ючих породах в
1	2	3	4	5	6	7
1	129,9	128,2	56,08	54,81	56,08	30,6
2	165,2	157,5	54,41	53,20	54,41	30,4
3	89,8	88,8	57,10	53,01	57,10	30,3
4	101,4	87,4	54,15	52,96	54,15	30,2
5	44,8	38,4	55,80	53,14	55,80	29,9
6	164,7	157,8	54,82	53,50	54,82	29,8
7	65,8	59,8	55,11	54,31	55,11	29,6
8	141,4	137,3	55,11	52,72	55,11	29,5
9	62,5	58,8	54,30	53,80	54,30	29,3
10	78,9	64,5	54,63	53,55	54,63	28,9
11	112,6	108,3	54,73	52,65	54,73	28,5
12	111,2	100,2	54,40	52,43	54,40	28,4
13	52,0	51,1	52,92	51,63	52,92	29,2
14	88,1	78,2	52,92	51,43	52,92	29,4
15	68,5	64,3	54,33	52,70	54,33	29,1
16	55,1	54,2	55,12	54,78	55,12	29,7
17	32,1	29,8	51,78	50,43	51,78	30,1
18	30,5	28,6	55,72	53,04	55,72	30,5
19	83,6	77,8	54,66	52,64	54,66	30,7
20	33,7	28,3	51,47	51,16	51,47	30,8

Величину запасу руди на кожній ділянці і на родовищі в цілому розраховуємо як:

$$Q_1 = V_1 d = 53952.5 \times 3.5 = 188833.75 \text{ м} = 188.83375 \text{ тис. м.};$$

$$Q_2 = V_2 d = 26512.5 \times 3.5 = 92793.75 \text{ м} = 92.79375 \text{ тис. м.};$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 188.8834 + 92.794 = 281.6275 \text{ тис. м.};$$

Плановий видобуток складає 10% запасу родовища тому:

$$Q_{\text{пл}} = 0,1Q = 0,1 \times 281627.5 = 28162.75 \text{ м.};$$

Значення середнього вмісту на всьому родовищі С за знаходимо формулою:

$$C = (C_1 + C_2) / 2;$$

Для варіанту за списком $n = 1$ і роком навчання 2025 остання цифра $r = 5$, маємо:

$$C_1 = (25,678 + 0,1 \cdot n) \% = 25.678 + 0.1 \times 1 = 25.778\%;$$

$$C_2 = (26,249 + 0,1 \cdot r) \% = 26.249 + 0.1 \times 5 = 26.749\%;$$

$$C = (C_1 + C_2) / 2 = (25.778 + 26.749) / 2 = 26.2635\%;$$

$$C_{\text{пл}} = (C_1 + C) / 2 = (25.778 + 26.2635) / 2 = 26.02075\%;$$

$$Q = Vd = 80465 \times 3.5 = 281627.5 \text{ м.};$$

Кількість руди, яку необхідно взяти з першої та другої ділянок для виконання планового завдання визначаємо за формулами:

$$Q_{\text{пл}}^1 = Q_{\text{пл}} \frac{C_{\text{пл}} - C_2}{C_1 - C_2} = 28162.75 \frac{26.02075 - 26.749}{25.778 - 26.749} = 28162.75 \frac{-0.72825}{-0.971} = 21122.0625 \text{ т.};$$

$$Q_{\text{пл}}^2 = Q_{\text{пл}} \frac{C_1 - C_{\text{пл}}}{C_1 - C_2} = 28162.75 \frac{25.778 - 26.02075}{25.778 - 26.749} = 28162.75 \frac{-0.24275}{-0.971} = 7040.6875 \text{ т.};$$

$$Q_{\text{пл}} = Q_{\text{пл}}^1 + Q_{\text{пл}}^2 = 21122.0625 + 7040.6875 = 28162.75 \text{ м.}$$

Завдання 2. За даними, що містяться в таблиці 4.1, виконати обчислення: коефіцієнту втрат руди, коефіцієнту засмічення, кількості втраченої руди, кількості засмічуючих порід і величини розубоження.

Розраховані значення необхідно заокруглювати мінімум до тисячних, для більш точних розрахунків.

Вихідні дані для варіанта №1:

Погашені балансові запаси B , тис. т – 129.9; видобуток руди D , тис. т – 128.2;

Вміст корисного компонента, %: - балансових запасах C : 56.08; - видобутку руди a : 54.81; - втраченій руді c_n : 56.08; - засмічуючих породах b : 30.6.

Значення коефіцієнта втрат руди визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned} \Pi \% &= \frac{B(c - b) - D(a - b)}{B(c_n - b)} 100\% \\ &= \frac{129.9(56.08 - 30.6) - 128.2(54.81 - 30.6)}{129.9(58.06 - 30.6)} 100\% \\ &== \frac{3309.852 - 3103.722}{3567.054} 100\% = 5.7774\%; \end{aligned}$$

При $c = c_n$:

$$\begin{aligned} \Pi \% &= \left(1 - \frac{D(a - b)}{B(c - b)}\right) 100\% = \left(1 - \frac{128.2(54.81 - 30.6)}{129.9(56.08 - 30.6)}\right) 100\% \\ &= \left(1 - \frac{3103.722}{3309.852}\right) 100\% = 6.227771\%; \end{aligned}$$

Величину коефіцієнта засмічення розраховуємо як:

$$B\% = \frac{c-a}{c-b} 100\% = \frac{56.08-54.81}{56.08-30.6} 100\% = \frac{1.27}{25.48} 100\% = 4.9843\%;$$

кількість втраченої руди знаходимо за формулою:

$$\Pi = \frac{\Pi\%B}{100\%} = \frac{6.22777 \cdot 129.9}{100\%} = 8.0899;$$

кількість засмічуючих порід визначаємо як:

$$B = \frac{B\%D}{100\%} = \frac{4.9843 \cdot 128.2}{100\%} = 6.3899;$$

величину розубоження отримаємо за:

$$P\% = \frac{c-a}{c} 100\% = \frac{58.06-54.81}{58.06} 100\% = 5.5977\%;$$

тут: B – погашені балансові запаси; D – видобуток руди; c - вміст корисного компонента в балансових запасах; при c_n - вміст корисного компонента у втраченій руді; b – вміст корисного

компонента в засмічуючих породах; a – вміст корисного компонента у видобутій руді.

Контроль обчислень здійснюємо за формулою:

$$П = Б - Д + В = 129.9 - 128.2 + 6.3899 = 8.0899.$$

Контрольні запитання:

1. Який облік називають оперативним ?
2. Як визначити кількість корисної копалини на складі у ваговій мірі ?
3. Що називають втратами корисних копалин ?
4. Що відносять до загальношахтних втрат корисної копалини?
5. Як розраховують видобуток з декількох ділянок?
6. Як виконують розрахунок коефіцієнта втрат руди?
7. Як обчислюють коефіцієнт засмічення?
8. Як знаходять кількість втраченої руди?
9. Як визначають кількість засмічуючих порід?
10. Як розраховують величину розубоження?

Лабораторна робота 5

Маркшейдерське забезпечення проведення траншеї

Мета роботи: виконати проект маркшейдерського забезпечення будівництва капітальної траншеї.

Маркшейдерське обслуговування проведення траншеї передбачає наступної послідовності виконання робіт:

- 1) складають проекту проведення траншеї;
- 2) згідно проекту виконують розмічування траси траншеї на місцевості і проводять контроль за її проходженням;
- 3) здійснюють вимірювання і обчислюють об'єми виконаних земляних робіт;
- 4) проводять виконавчі зйомки і виконують складання графічної документації.

Завдання: Розробити проект маркшейдерського забезпечення будівництва капітальної траншеї за такими вихідними даними:

1. Існуючий план ділянки місцевості в масштабі 1:1000 (*табл. 5.2, рис. 1-4*).
2. Координати точок початку А ($x_A; y_A; z_A$) і кінця В ($x_B; y_B; z_B$) траншеї (*табл. 5.2*).
3. Координати пункту зйомочного обгрунтування $x; y$ (*табл. 5.2*).
4. Величина дирекційного кута примикаючого напрямку α (*табл. 5.2*).
5. Параметри траншеї: кут відкосу бортів φ_0 , кут відкосу відвалу φ ($\varphi = \varphi_0 - 10$), ширина з низу b_0 , коефіцієнт розрихлення породи K_p , (*табл. 5.1*).
6. Передбачений безтранспортний спосіб проведення траншеї суцільним вибоєм із застосуванням крокуючого екскаватора з верхнім завантаженням.
7. Характеристики драглайна (екскаватора): довжина стріли l_0 , радіус розвантаження R , об'єм ковша V_0 , висота розвантаження H , глибина черпання H_q радіус черпання R_q , (*табл. 5.1*).

Таблиця 5.1

Вихідні дані для виконання завдання

Сума трьох останніх цифр залікової книжки	Параметри траншеї			Параметри екскаватора				
	b_0 , м	φ_0 , град.	K_p	Тип	R , м	H , м	R_u , м	H_u , м
1	25	50	1,50	ЕШ-10/60	57,0	21,0	57,0	35
2	20	45	1,40	ЕШ-10/70	66,5	27,5	66,5	35
3	15	40	1,35	ЕШ-10/70	66,5	27,5	66,5	35
4	25	40	1,30	ЕШ-15/90	83,0	42,0	81,0	41
5	15	40	1,25	ЕШ-15/90	83,0	42,0	81,0	41
6	20	50	1,45	ЕШ-15/90	83,0	42,0	81,0	41
7	25	45	1,35	ЕШ-14/75	71,5	30,0	71,5	36
8	15	45	1,50	ЕШ-14/75	71,5	30,0	71,5	36
9	25	60	1,45	ЕШ-10/70	66,5	27,5	66,5	35
10	15	40	1,30	ЕШ-10/70	66,5	27,5		35
11	20	45	1,40	ЕШ-15/90	83,0	42,0	81,0	41
12	15	50	1,45	ЕШ-14/75	71,5	30,0		36
13	25	45	1,35	ЕШ-14/75	71,5	30,0		36
14	20	40	1,25	ЕШ-15/90	83,0	42,0		41
15	20	40	1,30	ЕШ-15/90	83,0	42,0	81,0	41
16	15	50	1,50	ЕШ-10/70	66,5	27,5	66,5	35
17	25	45	1,35	ЕШ-10/60	57,0	21,0		35
18	20	45	1,35	ЕШ-10/60	57,0	21,0		35
19	15	45	1,40	ЕШ-14/75	71,5	30,0		36
20	25	50	1,45	ЕШ-14/75	71,5	30,0	71,5	36
21	20	45	1,35	ЕШ-14/75	71,5	30,0		36
22	20	40	1,25	ЕШ-15/90	83,0	42,0		41
23	15	40	1,35	ЕШ-15/90	83,0	42,0		41
24	20	45	1,40	ЕШ-10/70	66,5	27,5		35
25	20	50	1,45	ЕШ-15/90	83,0	42,0	81,0	41
26	25	45	1,35	ЕШ-15/90	83,0	42,0		41
27	25	40	1,25	ЕШ-14/75	71,5	30,0		36

Таблиця 5.2

Вихідні дані для виконання завдання

№ варіанту	План ділянки місцевості	Пункт	Координати пунктів, м			Дирекційний кут примикаючого напрямку
			x	y	z	
1,5,9, 13,17, 21,25.	Рис. 1	1	54278,83	30859,14		08°12'30"
		2				
		A	54269,45	30768,82	109,42	–
		B	54457,85	30774,74	104,5	
2,6,10, 14,18, 22,26.	Рис. 2	3	54220,45	31630,83	–	08°12'15"
		4				
		A	54227,35	31532,17	109,70	
		B	54408,52	31540,78	106,10	
3,7,11, 15,19, 23,27.	Рис. 3	5	54021,09	32894,52		66°31'20"
		6				
		A	54025,33	32834,08	100,95	
		B	54205,05	32847,07	96,80	
4,8,12, 16,20, 24.	Рис. 4	7	55214,32	33613,53		25°15'30"
		8				
		A	55231,25	33545,03	103,25	
		B	55411,55	33551,22	98,80	

Послідовність виконання завдання

1. За заданими координатами наносять на план (в масштабі 1:1000) точки А і В, з'єднують їх між собою і отримують повздовжню вісь траншеї, через кожні 50 м вздовж осі траншеї розмічують поперечні перерізи I-I, II-II, III-III, IV-IV.

2. Величину проектного повздовжнього ухилу траншеї знаходять за формулою:

$$i = \frac{z_B - z_A}{L_{AB}} = \frac{104,5 - 109,42}{188,5} = -\frac{4,92}{188,5} = -0,0261$$

де l_{AB} – довжина траншеї (визначена графічно за планом), м.

3. За топографічним планом місцевості і визначеним проектним ухилом підосви траншеї складають в масштабі плану повздовжній АВ і поперечні I-I, II-II, III-III, IV-IV перерізи (рис.5.6). Значення фактичних відміток поверхні знаходять за планом (за горизонталями) вздовж осі траншеї і за лініями розрізів. Величини проектних відміток підосви траншеї знаходять з врахуванням проектного ухилу. Значення робочих відміток отримують за формулою:

$$h_{роб.} = Z_{пр.} - Z_{факт.} \quad (5.1)$$

де $Z_{пр.}$, $Z_{факт.}$ – відповідно проектні і фактичні висотні відмітки, м.

4. Будують на плані верхню та нижню бровки траншеї за її поперечними перерізами.

5. Об'єми земляних робіт розраховують за способом вертикальних перерізів, за формулою:

$$V = v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_{(n-1)} = \frac{S_0+S_1}{2} l_{0-1} + \frac{S_1+S_2}{2} l_{1-2} + \frac{S_2+S_3}{2} l_{2-3} + \dots + \frac{S_{n-1}+S_n}{2} l_{(n-1)-n}; \quad (5.2)$$

$$V = [(\frac{0+123.75}{2})50 + (\frac{123.75+346.50}{2})50 + (\frac{346.50+330.23}{2})50 + (\frac{330.23+404.38}{2})38] \cdot 1.5 = (3093.75 + 11756.25 + 16918.25 + 13957.59) \cdot 1.5 = 68588.76 \text{ м}^3;$$

де S_0, S_1, S_2, S_3 , – площі перерізів, м^2 ; $L_{0-1}, L_{1-2}, L_{2-3}$, – відстань між перерізами, м;

6. Знаходять положення осі відвалу відносно траншеї. Спочатку обчислюють ширину відвалу за кожним перерізом:

$$b_1 = \frac{S_1 K_P}{0.5H} = \frac{123.75 \cdot 1.5}{0.5 \cdot 21} = 17.68 \text{ м};$$

$$b_2 = \frac{S_2 K_P}{0.5H} = \frac{346.50 \cdot 1.5}{0.5 \cdot 21} = 49.50 \text{ м};$$

$$b_3 = \frac{S_3 K_P}{0.5H} = \frac{330.23 \cdot 1.5}{0.5 \cdot 21} = 47.18 \text{ м};$$

$$b_4 = \frac{S_4 K_P}{0.5H} = \frac{404.38 \cdot 1.5}{0.5 \cdot 21} = 57.77 \text{ м};$$

де K_P – коефіцієнт розрихлення породи.

Визначають відстань між віссю відвалу і траншеї при максимальній ширині відвалу за формулою:

$$r = \frac{b_0}{2} + \frac{h_{max}}{tg\varphi_0} + a + \frac{b_{max}}{2} = \frac{25}{2} + \frac{120.1-104.5}{tg50^\circ} + 5 + \frac{57.77}{2} = 59.48 \text{ м};$$

де φ_0 – кут відкосу бортів, град; a – мінімальна відстань між бортом траншеї та нижньою бровкою відвалу (приймається $a = 5$ м); h_{max} – найбільша глибина траншеї, м; b_{max} – ширина відвалу, яка відповідає найбільшій її глибині, м; b_0 – ширина траншеї з низу, м;

$$r = 59.48 > R = 57.0 \text{ м};$$

Якщо відстань r буде меншою від радіуса розвантаження екскаватора, то відвал утворюють на одному борту траншеї. В іншому випадку потрібно виконувати відвало-утворення на обидва борти траншеї.

На плані від осі траншеї відкладають відстань r і отримують вісь відвала, яка паралельна до осі траншеї.

Максимальну глибину траншеї порівнюють з глибиною черпання.

7. Обчислюють вихідні дані для винесення в натуру осі траншеї та її елементів:

- значення дирекційного кута осі траншеї АВ;
- довжину траншеї АВ;
- величину дирекційного кута сторони утвореної відрізком, що сполучає пункт зйомочного обґрунтування і точкою А;
- довжину відрізка, що сполучає пункт зйомочної основи (обґрунтування) і точкою А;
- значення горизонтального кута між відрізком, що сполучає пункт зйомочної основи і точкою А та дирекційним кутом примикаючого напрямку;
- величину горизонтального кута між відрізком, що сполучає пункт зйомочної основи і точкою А та дирекційним кутом осі траншеї АВ;

$$tg \alpha_{AB} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{30774.74 - 30768.82}{54457.85 - 54269.45} = \frac{5.92}{188.4} = 0.031422;$$

$$\alpha_{AB} = r_{AB} = 01^\circ 47' 59'';$$

$$L_{AB} = \frac{y_B - y_A}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{30774.74 - 30768.82}{\sin 1^\circ 47' 59''} = \frac{5.92}{0.031406} = 188.499M;$$

$$L_{AB} = \frac{x_B - x_A}{\cos \alpha_{AB}} = \frac{54457.85 - 54269.45}{\cos 1^\circ 47' 59''} = \frac{188.4}{0.9995071} = 188.493M;$$

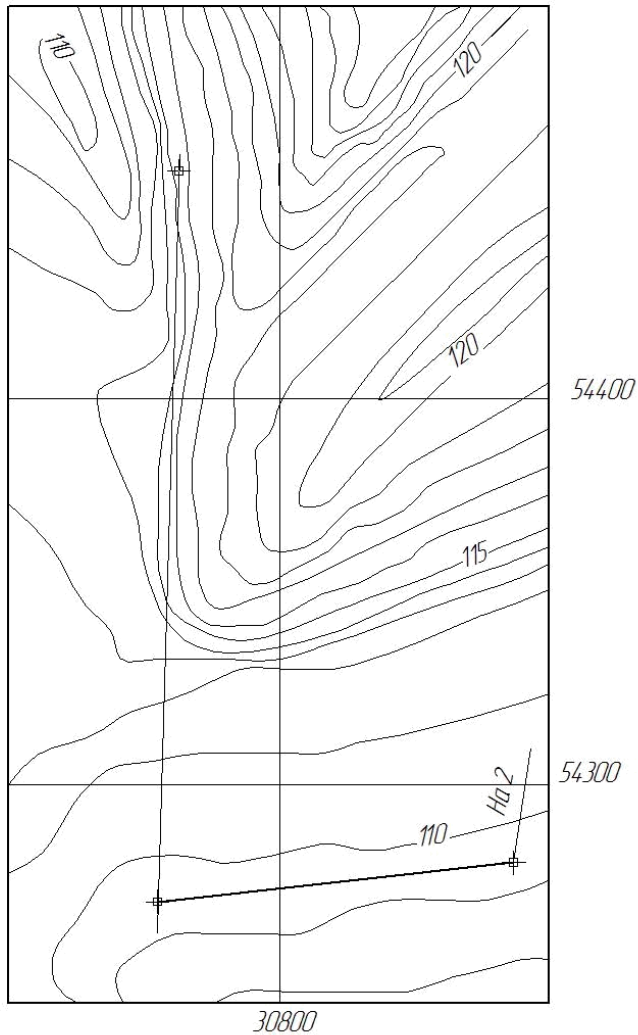


Рис.1. План ділянки (М 1:1000)

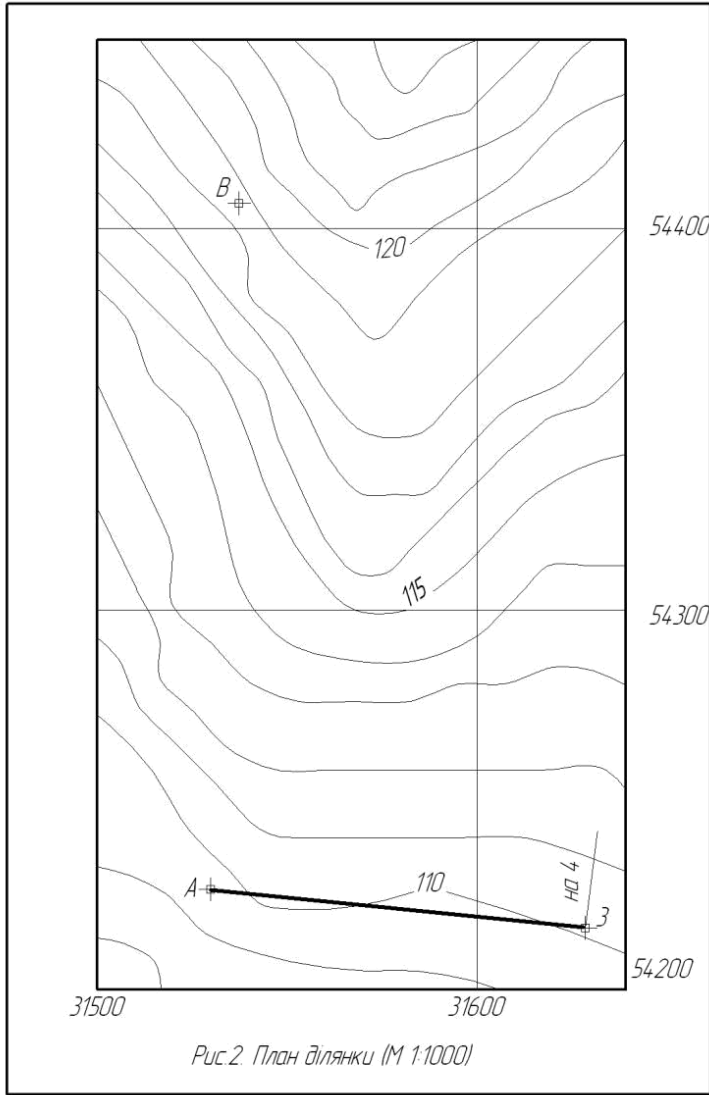
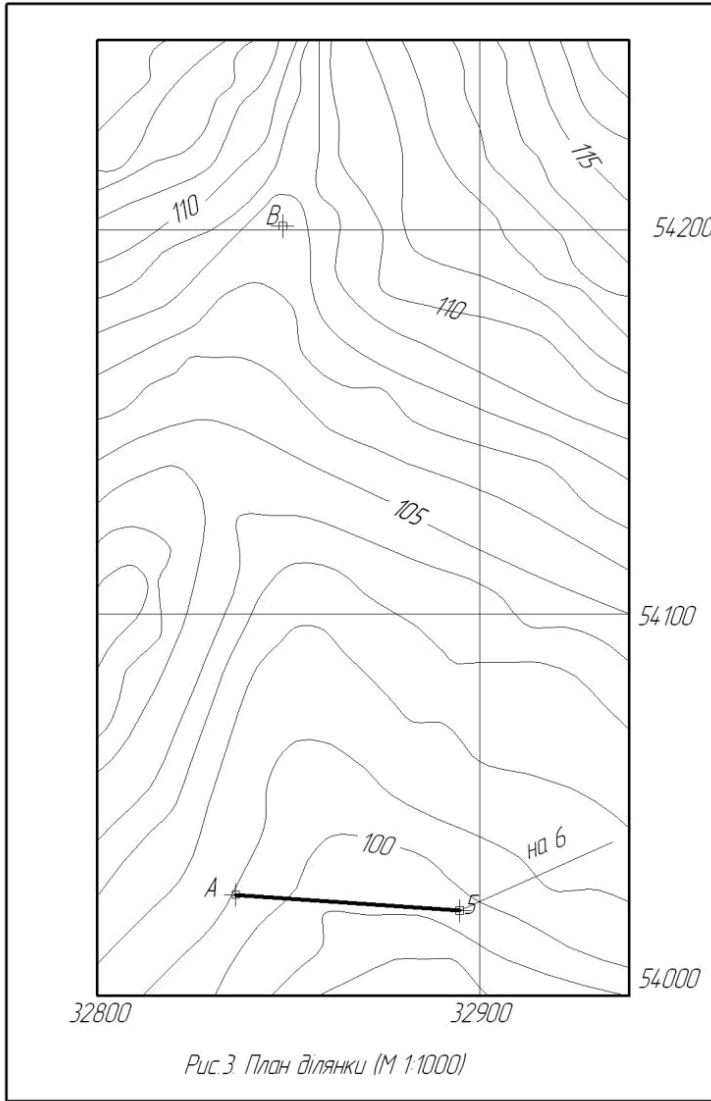
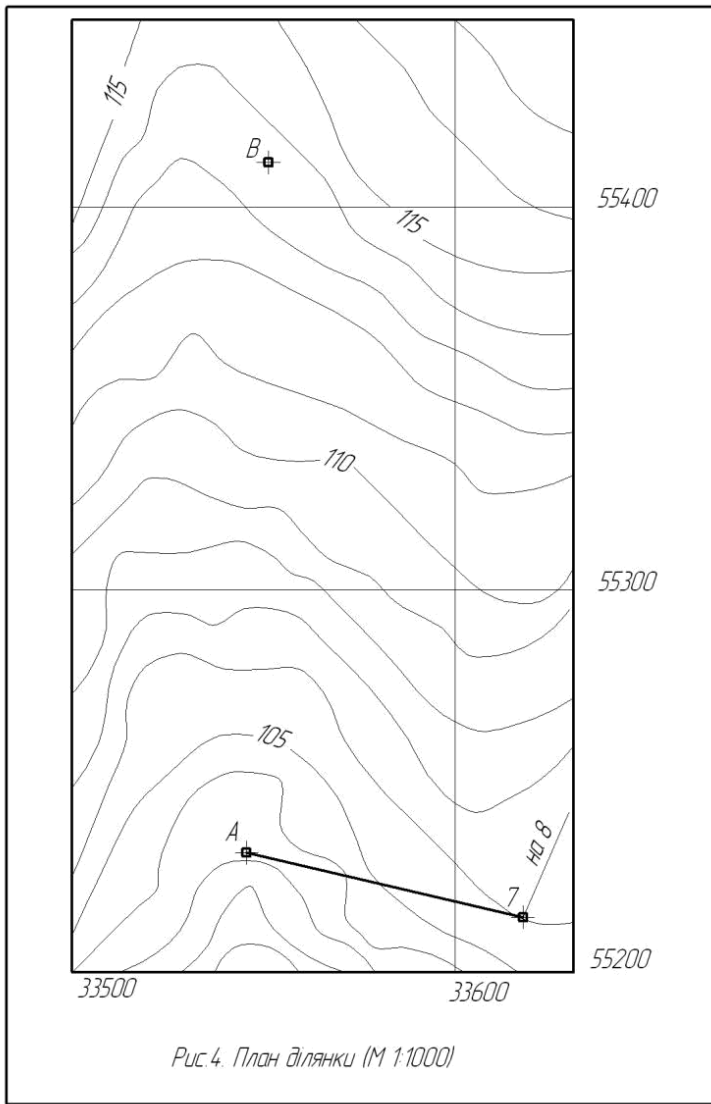
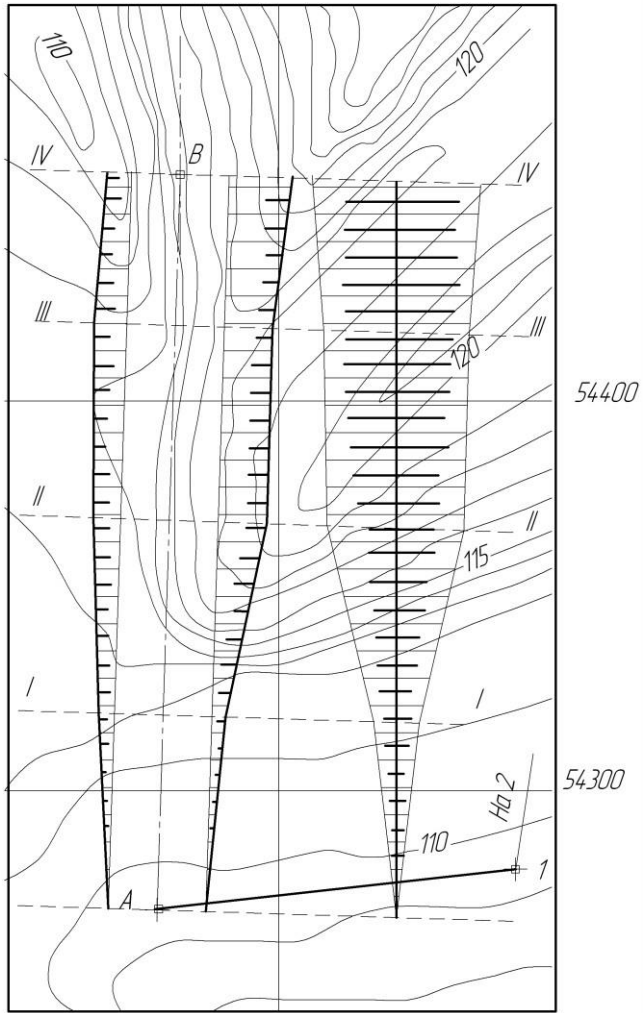


Рис.2. План ділянки (М 1:1000)







30800
 Рис.5. Приклад розв'язку (план ділянки (М 1:1000))

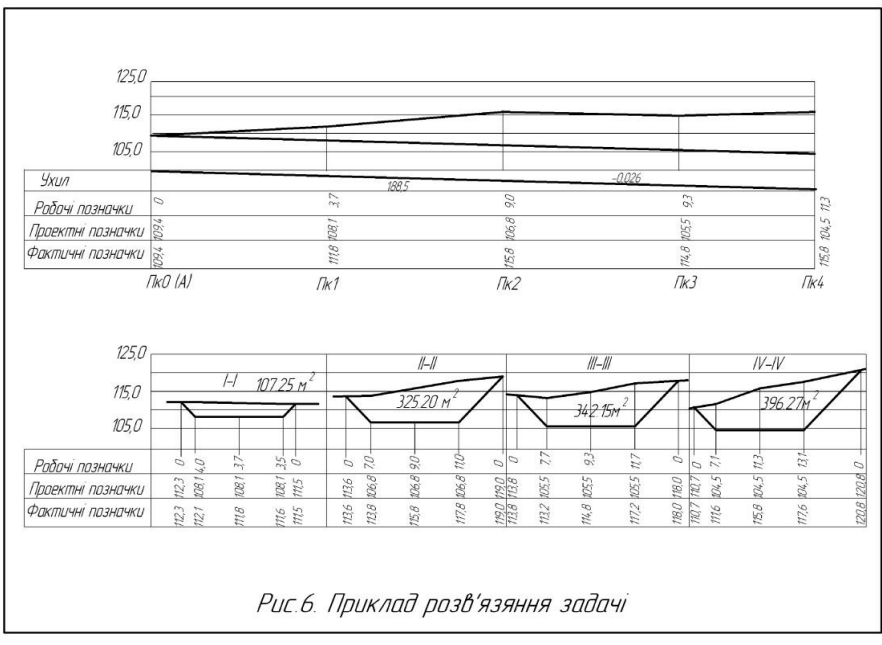


Рис.6. Приклад розв'язання задачі

$$L_{1-A} = \frac{y_A - y_1}{\sin \alpha_{1-A}} = \frac{30768.82 - 30859.14}{\sin 264^\circ 04' 15''} = \frac{-90.32}{-0.9946504} = 90.806 \text{ м};$$

$$L_{1-A} = \frac{x_A - x_1}{\cos \alpha_{1-A}} = \frac{54269.45 - 54278.83}{\cos 264^\circ 04' 15''} = \frac{-9.38}{-0.103299} = 90.804 \text{ м};$$

$$\beta_1 = \alpha_{1-A} - \alpha_{2-1} \pm 180^\circ = 264^\circ 04' 15'' - 188^\circ 12' 30'' - 180^\circ = 255^\circ 51' 45'';$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{1-A} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{30768.82 - 30859.14}{54269.45 - 54278.83} = \frac{-90.32}{-9.38} = 9.628998;$$

$$r_{1-A} = 84^\circ 04' 15''; \text{ (III четверть).}$$

$$\alpha_{1-A} = 180^\circ + r_{1-A} = 180^\circ + 84^\circ 04' 15'' = 264^\circ 04' 15'';$$

$$\beta_A = \alpha_{AB} - \alpha_{1-A} \pm 180^\circ = 361^\circ 47' 59'' - 264^\circ 04' 15'' + 180^\circ = 277^\circ 43' 44''.$$

Контрольні запитання:

1. Як визначають значення проектного ухилу траншеї ?
2. За якою формулою обчислюють робочі відмітки ?
3. За яким способом визначають об'єми земляних робіт ?
4. Як знаходять ширину відвалу за кожним перерізом?
5. Як розраховують відстань між осями відвалу і траншеї ?
6. Яка послідовність робіт при виконанні проекту траншеї?
7. Які параметри обчислюють для винесення осі траншеї та її елементів в натуру?

Лабораторна робота 6

Вирішення прямої та оберненої засічок для визначення координат пункту P

Мета роботи: Виконати вирішення прямої та оберненої засічок.

Завдання 1. Вирішуванням прямої засічки визначити координати пункту P .

Завдання 2. Визначити координати пункту P вирішуванням оберненої засічки.

ВИХІДНІ ДАН ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

1. Для вирішення прямої засічки (рис. 6.1):

$$X_A = 3636,36 \text{ м}, Y_A = 2660,60 \text{ м} + 0,2n,$$

$$X_B = 3131,31 \text{ м}, Y_B = 2330,30 \text{ м} + 0,2n,$$

$$\alpha = 70^\circ 15' 30'', \beta = 60^\circ 45' 30'' + 30''r,$$

де n - номер варіанту, r - остання цифра року навчання.

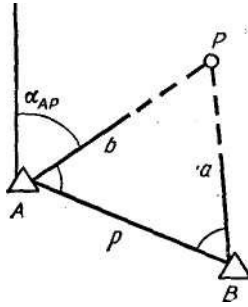


Рис 6.1 Схема прямої засічки

2. Для вирішення оберненої засічки (рис. 6.2)

$$X_A = 4354.590 \text{ м},$$

$$Y_A = 7774.530 \text{ м},$$

$$X_B = 2800.420 \text{ м},$$

$$Y_B = 7874.720 \text{ м},$$

$$X_C = 2561.670 \text{ м},$$

$$Y_C = 7528.320 \text{ м}.$$

$$\beta_{AB} = 40^\circ 03' 58'' + 1''n; \beta_{BC} = 48^\circ 34' 29'' - 1''n;$$

де n - номер варіанту.

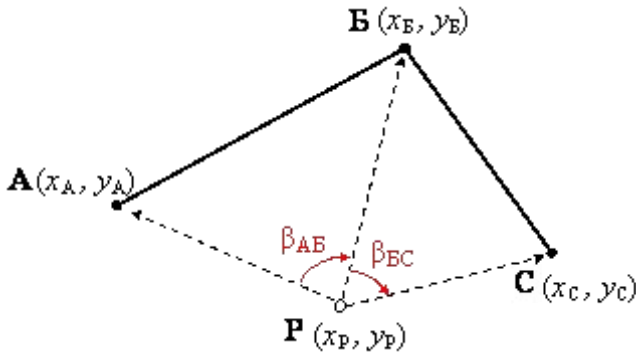


Рис. 6.2 Схема оберненої кутової засічки

Завдання 1.

Вихідні дані: $X_A = 3636.36 \text{ м}$; $Y_A = 2660.60 + 0.2 \times 1 = 2660.80 \text{ м}$;
 $X_B = 3131.31 \text{ м}$; $Y_B = 2330.30 + 0.2 \times 1 = 2330.50 \text{ м}$;
 $\alpha = 70^\circ 15' 30''$; $\beta = 60^\circ 45' 30'' + 30'' \times 5 = 60^\circ 48' 00''$;

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Вирішенням прямої засічки визначаємо координати пункту P , використовуючи формули Юнга:

$$\begin{aligned}
 X_P &= X_A + \frac{(X_B - X_A) \cdot \operatorname{ctg} \alpha + (Y_B - Y_A)}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta} = \\
 &= 3636.36 + \frac{(3131.31 - 3636.36) \cdot 0.3588725 + (2330.50 - 2660.80)}{0.3588725 + 0.558881} = \\
 &= 3636.36 + \frac{(-181.24856 - 330.3)}{0.9177536} = 3078.968 \text{ м}; \\
 Y_P &= Y_A + \frac{(Y_B - Y_A) \cdot \operatorname{ctg} \alpha - (X_B - X_A)}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta} = \\
 &= 2660.80 + \frac{(2330.50 - 2660.80) \cdot 0.3588725 - (3131.31 - 3636.36)}{0.3588725 + 0.558881} = \\
 &= 2660.80 + \frac{(-118.5356 + 505.05)}{0.9177536} = 3081.953 \text{ м};
 \end{aligned}$$

Контрольні формули:

$$\begin{aligned}
 X_P &= X_B + \frac{(X_A - X_B) \cdot \operatorname{ctg} \beta + (Y_B - Y_A)}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta} = \\
 &= 3131.31 + \frac{(3636.36 - 3131.31) \cdot 0.558881 + (2330.50 - 2660.80)}{0.3588725 + 0.558881} = \\
 &= 3131.31 + \frac{(282.26285 - 330.3)}{0.9177536} = 3078.968 \text{ м};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_P &= Y_B + \frac{(Y_A - Y_B) \cdot \text{ctg}\beta - (X_A - X_B)}{\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\beta} = \\
 &= 2330.50 + \frac{(2660.80 - 2330.50) \cdot 0.558881 - (3636.36 - 3131.31)}{0.3588725 + 0.558881} = \\
 &= 2330.50 + \frac{(184.5984 \cdot 0.558881 - 505.05)}{0.9177536} = 3081.953 \text{ м};
 \end{aligned}$$

Завдання 2.

Визначаємо координати точки P , з якої виконували спостереження трьох пунктів A , B , C , з відомими координатами, під час спостережень вимірювали горизонтальні кути між напрямками з точки стояння на пункти, що спостерігали.

Знаходимо значення дирекційного кута початкового напрямку від твердого пункту P на пункт, що визначається за формулою Деламбра:

$$Y_B - Y_A = 7874.72 - 7774.53 = 100.19; \quad X_B - X_A = 2800.42 - 4354.59 = -1554.17;$$

$$Y_A - Y_C = 7774.53 - 7528.32 = 246.21; \quad X_A - X_C = 4354.59 - 2561.67 = 1792.92;$$

$$X_C - X_B = 2561.67 - 2800.42 = -238.75; \quad Y_C - Y_B = 7528.32 - 7874.72 = -346.40;$$

$$(X_3 - X_2) + (X_2 - X_1) + (X_1 - X_3) = -238.75 + (-1554.17) + 1792.92 = 0;$$

$$(Y_3 - Y_2) + (Y_2 - Y_1) + (Y_1 - Y_3) = -346.40 + 100.19 + 246.21 = 0;$$

$$\text{tg}\alpha_{A-P} = \frac{(Y_B - Y_A)\text{ctg}\beta_1 + (Y_A - Y_C)\text{ctg}\beta_2 + (X_C - X_B)}{(X_B - X_A)\text{ctg}\beta_1 + (X_A - X_C)\text{ctg}\beta_2 + (Y_C - Y_D)} =$$

$$\frac{(7874.72 - 7774.53) \cdot 1.188953 + (7774.53 - 7528.32) \cdot 0.023726 + (2561.67 - 2800.42)}{(2800.42 - 4354.59) \cdot 1.188953 + (4354.59 - 2561.67) \cdot 0.023726 + (7528.32 - 7874.72)}$$

$$= \frac{119.1212 + 5.84167 - 238.75}{-1847.83524 + 42.52806 - 346.40} = \frac{-113.7871}{-1458.907} = 0.07799 = 0.078;$$

$$\alpha_{A-P} = \text{arctg}\alpha_{A-P} = 04^\circ 27' 35''$$

Дирекційні кути напрямків:

$$\alpha_{B-P} = \alpha_{A-P} + \beta_1 = 04^\circ 27' 35'' + 40^\circ 03' 59'' = 44^\circ 31' 34'';$$

$$\alpha_{C-P} = \alpha_{A-P} + \beta_2 = 04^\circ 27' 35'' + 88^\circ 38' 27'' = 93^\circ 06' 02'';$$

$X_I = X_B$	$Y_I = Y_B$	$\alpha_1 = \alpha_{B-P}$	$\text{tg}\alpha_1$	$X_I \text{tg}\alpha_1$	2754.4749
2800.42	7874.72	$44^\circ 31' 34''$	0.98359	$X_I \text{tg}\alpha_2$	339.6337
$X_2 = X_A$	$Y_2 = Y_A$	$\alpha_2 = \alpha_{A-P}$	$\text{tg}\alpha_2$	$Y_2 - Y_1$	-100.19
4354.59	7774.53	$04^\circ 27' 35''$	0.078	$\text{tg}\alpha_1 - \text{tg}\alpha_2$	0.90559

$$X_P = \frac{X_1 \operatorname{tg} \alpha_1 - X_2 \operatorname{tg} \alpha_2 + (Y_2 - Y_1)}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2} = \frac{2754.4749 - 339.6337 + (-100.19)}{0.90559} = \frac{2314.6512}{0.90559} = 2555.959;$$

$$Y_P' = Y_1 + (X_P - X_1) \operatorname{tg} \alpha_1 = 7874.72 + (2555.959 - 2800.42) \cdot 0.98359 = 7634.27;$$

$$Y_P'' = Y_2 + (X_P - X_2) \operatorname{tg} \alpha_2 = 7774.53 + (2555.959 - 4354.59) \cdot 0.078 = 7634.24;$$

$$Y_P = \frac{(Y_P' + Y_P'')}{2} = \frac{7634.27 + 7634.24}{2} = 7634.26;$$

Контроль обчислень:

$X_I = X_C$	$Y_I = Y_C$	$\alpha_1 = \alpha_{B-P}$	$\operatorname{tg} \alpha_1$	$X_I \operatorname{tg} \alpha_1$	47291.3895
2561.67	7528.32	93°06'02''	18.4612	$X_2 \operatorname{tg} \alpha_2$	2754.4749
$X_2 = X_B$	$Y_2 = Y_B$	$\alpha_2 = \alpha_{A-P}$	$\operatorname{tg} \alpha_2$	$Y_2 - Y_1$	346.40
2800.42	7874.72	44°31'34''	0.98359	$\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2$	19.44479

$$X_P = \frac{X_1 \operatorname{tg} \alpha_1 - X_2 \operatorname{tg} \alpha_2 + (Y_2 - Y_1)}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2} = \frac{-47291.3895 - 2754.4749 + 346.40}{-19.44479} = \frac{-49699.4644}{-19.44479} = 2555.927;$$

$$Y_P' = Y_1 + (X_P - X_1) \operatorname{tg} \alpha_1 = 7528.32 + (2555.927 - 2561.67) \cdot (-18.4612) = 7634.343;$$

$$Y_P'' = Y_2 + (X_P - X_2) \operatorname{tg} \alpha_2 = 7874.72 + (2555.927 - 2800.42) \cdot 0.98359 = 7634.239;$$

$$Y_P = \frac{(Y_P' + Y_P'')}{2} = \frac{7634.27 + 7634.24}{2} = 7634.26;$$

Контрольні запитання:

1. Якими способами виконується обчислення координат шуканого геодезичного пункту прямою одноразовою кутовою засічкою?
2. Як виглядає схема визначення координат геодезичного пункту способом розв'язання прямої і оберненої геодезичних задач?

3. Як виглядає схема визначення координат геодезичного пункту за формулами Юнга (формулами котангенсів вимірних кутів)?
4. Як виглядає схема визначення координат геодезичного пункту за формулами Гаусса (формулами тангенсів дирекційних кутів напрямків)?
5. В чому полягає вирішення прямої засічки ?
6. За якою формулою обчислюють координати пункту P , вирішенням прямої засічки ?
7. В чому полягає суть вирішення оберненої кутової засічки ?
8. Як визначають координати пункту P , вирішуючи обернену кутову засічку?

Лабораторна робота 7

Складання гірничо-графічної документації

Мета: здобути навички для складання гірничо-графічної документації.

Гіпсометричний план – план поверхні покладу.

Ізогіпса – горизонталь, що розташована на поверхні покладу.

План ізопотужності покладу – це зображення ділянок покладу з однаковою потужністю.

Завдання: скласти плани ізопотужностей та ізоліній середнього вмісту, за наступними вихідними даними з табл. 7.1

Таблиця 7.1

Вихідні дані

№ св.	Координати, м		Потужність, м	Вміст к.к.
	x, м	y, м		
1	450,6	722,1	14,1	27,4
2	477,7	770,5	15,3	30,5
3	471,2	823,4	16,5	31,1
4	418,5	848,0	14,4	30,3
5	358,6	837,2	15,9	26,9
6	337,1	779,6	17,1	28,3
7	370,4	735,3	18,2	33,8
8	407,3	717,5	16,8	32,2
9	442,5	764,1	19,4	31,4
10	435,2	807,5	19,9	32,6
11	404,1	751,2	19,1	32,3
12	401,5	786,5	23	32,9
13	395,6	821,3	19,2	30,3
14	379,5	766,0	22,2	33,4
15	372,3	801,5	21,5	30,6

Потужності і вміст корисних копалин за свердловинами збільшити на величину:

$$0,1x(n + g + r); \quad (7.1)$$

де: n – номер варіанту за списком в групі; g – номер групи; r – рік навчання.

План ізоліній середнього вмісту

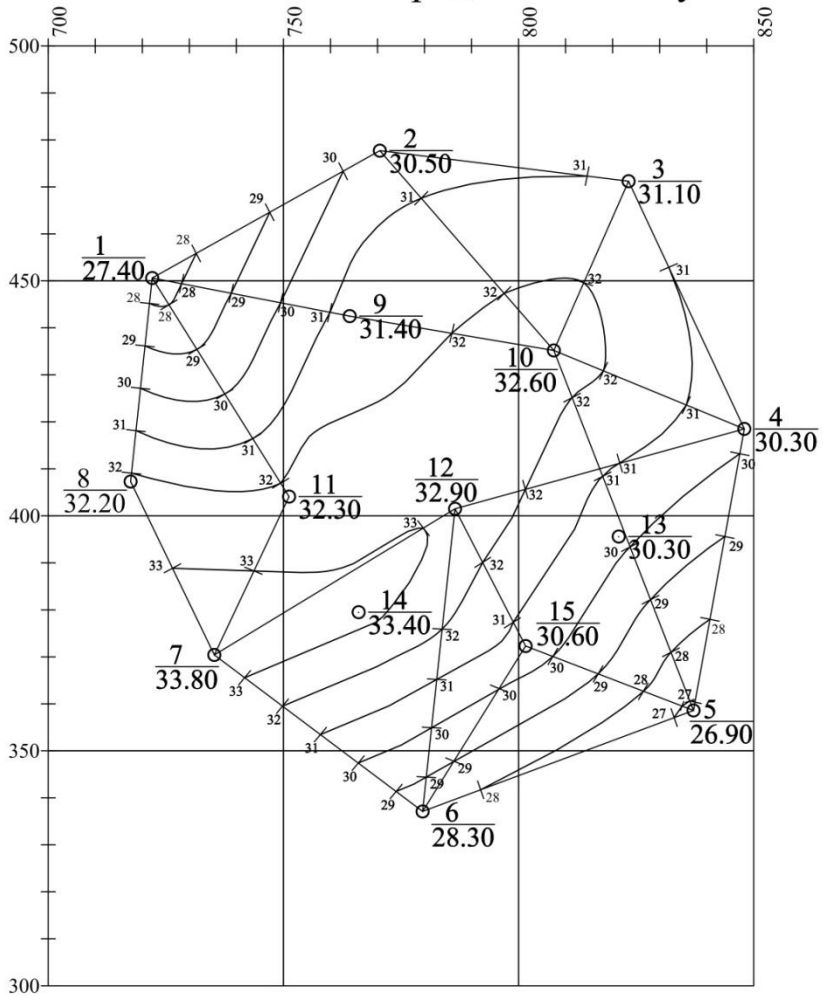


Рис. 7.1 Приклад плану ізоліній середнього вмісту

План ізопотужностей

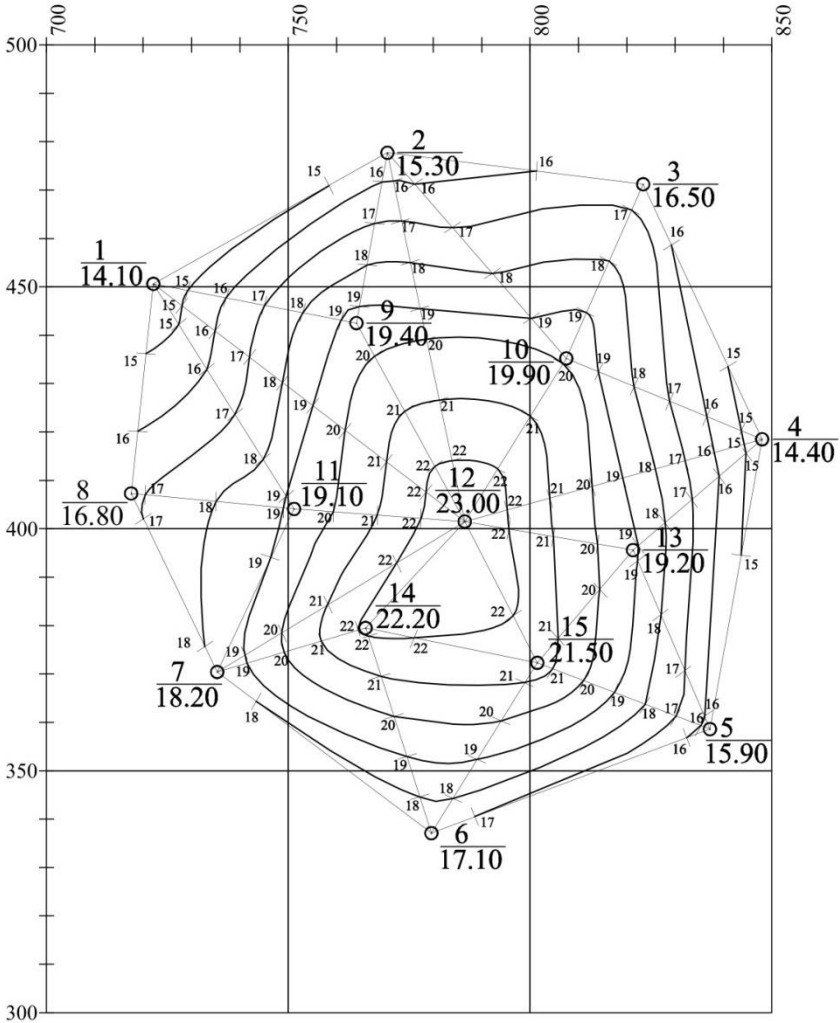


Рис. 7.2 Приклад плану ізопотужностей

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

На аркуші креслярського паперу нанести координатну сітку у вигляді квадратів із стороною 5 см. Підписати вершини квадратів

сітки згідно координат свердловин (таблиця 7.1). Нанести положення свердловин за координатами (X , Y). Для складання плану ізоліній виписати відповідні значення потужностей для кожної свердловини. Для побудови плану ізопотужностей – вказати значення вмісту корисної копалини, визначеної на кожній свердловині. Ізолінії та лінії ізопотужностей на планах проводять за допомогою прозорої палетки, графічним інтерполюванням між значеннями ізопотужностей та вмісту корисної копалини, визначеними на кожній свердловині (рис.7.1; рис. 7.2).

Контрольні запитання:

1. Що називають ізогіпсою?
2. Дати визначення ізопотужності?
3. Як наносять координатну сітку для складання плану ?
4. Як оцифровують вершини квадратів координатної сітки?
5. Як наносять положення свердловин за координатами?
6. Як будують ізолінії та лінії ізопотужностей на планах?

Література

1. Технологія підземної розробки корисних копалин [Електронне видання] : навч. посіб. / А. І. Новак, О. В. Калініченко, В. В. Заєць та ін. Рівне : НУВГП, 2019. 315 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/14469/>
2. Бизов В. Ф., Федоренко П. Й. Маркшейдерська справа : підручник для студентів вчз за напрямом «Гірництво». *Бібліотека гірничого інженера*: у 14 томах Т.6 / Кривий Ріг, 2001.
3. Антипенко Г. О., Гаврилюк Г. Ф., Котенко В. В., Назаренко В. О. маркшейдерська справа : навчальний посібник спеціальності «Гірництво». Дніпропетровськ : НГУ, 2007.
4. Гірничий закон України. *Офіційний вісник України*. Офіційне видання – 1999. № 43. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/1127-14>
5. Подойніцина Т. О. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Маркшейдерська справа» для студентів спеціальності «Маркшейдерська справа» напряму підготовки 6.050301 «Гірництво» денної і заочної форм навчання. Кривий Ріг, 2012.
6. Геодезія. Частина перша / під ред. Могильного С. Г., Войтенка С. П. Чернівці, 2002. 408 с.
7. Кодекс України «Про надра» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, № 36, ст.340). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-вр#Text>
8. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 5 травня 1997р. №432. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-п#Text>
9. Положення про проектування гірничодобувних підприємств України та визначення запасів корисних копалин за ступенем підготовленості до видобування. Затверджено Наказом Міністерства промислової політики України 07.05.2004 N 221. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 7 липня 2004 р. за № 846/9445. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0846-04#Text>

10. Гірничий закон України. *Відомості Верховної Ради України* (ВВР), 1999, № 50, ст. 433. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1127-14#Text>
11. Рудько Г. І., Курило М. М., Радованов С. В. Економіко-геологічна оцінка родовищ корисних копалин. Київ : АДЕФ – Україна, 2011. 384 с.
12. Маркшейдерська справа : підручник / Г. О. Антипенко, Г. Ф. Гаврюк, В. В. Котенко, В. О. Назаренко Дніпропетровськ : РВК ДВНЗ «НГУ», 2009. 154 с. URL: <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/2161>
13. Панчук Ю. М., Бялик І. М., Янчук О. Є. Інженерна геодезія : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2012. 337 с.
14. Панчук Ю. М., Янчук О. Є., Шульган Р. Б. Навчальна геодезична практика : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2021. 175 с.