

Передмова

За основу при складанні даного підручника були покладені наступні принципи:

1. Від гірничого інженера-технолога не вимагається вміння самому виконувати маркшейдерські роботи, але він повинен досконало чітко знати коло питань, які відносяться до царини маркшейдерської справи, розуміти призначення і основи методів розв'язування важливіших маркшейдерських задач, вільно розбиратися в планах гірничих робіт, іншої маркшейдерської документації.

Виходячи з цього, у підручнику зведено до мінімуму висвітлення питань будови маркшейдерських приладів, виконання повірок, різноманітних способів вимірів тощо, а замість цього приділена увага опису виробничого призначення і геометричній сутності виконуваних маркшейдерських робіт.

2. У загальному комплексі основних гірничих робіт маркшейдерські роботи носять підпорядкований характер, тому в методичному відношенні їх висвітлення доцільно вести на загальному фоні основних робіт. Основні ж роботи, як відомо, розподіляються на чотири стадії: вивчення родовищ, проектування гірничих підприємств і методів розробки, будівництво гірничих підприємств, експлуатація родовищ.

У такій же послідовності побудований і курс маркшейдерської справи.

3. Основою для розв'язування переважної більшості маркшейдерських задач, які трапляються на будь-якій стадії освоєння родовища, є маркшейдерські зйомки і складання за їх результатами відповідних креслень.

Оскільки методи зйомок в різноманітних умовах мають більше спільного, ніж відмінного, вважається доцільним їх розгляд робити сконцентровано. Така послідовність подачі матеріалу виключає необхідність повторів, що при невеликому об'ємі навчального посібника полегшує засвоювати кожне нове питання.

Питання точності виконання маркшейдерських робіт у підручнику також розглянуті у загальному вигляді.

Доц., канд.техн.наук Антипенком Г.О. написані передмова, вступ, розділи 2-4, 9; доц., канд.техн.наук Гаврюком Г.Ф. – розділи 5, 6; доц., канд.техн.наук Котенком В.В. – розділ 8; проф., докт.техн.наук Назаренком В.О. – розділи 1, 7.

Вступ

Весь процес освоєння родовищ корисних копалин можна розділити на чотири основні стадії:

1. Розвідка (вивчення) родовища;
2. Проектування підприємств та способів розробки;
3. Будівництво гірничого підприємства;
4. Розробка (експлуатація) родовища.

На кожній стадії виконується певний комплекс робіт і вирішується велика кількість різноманітних завдань.

Деякі із цих завдань відносяться до маркшейдерії.

Зміст та характер маркшейдерських робіт і завдань на різних стадіях освоєння родовища дуже різноманітні, у чому неважко переконатись із простого їх переліку.

Так, *при розвідці і вивченні родовища* маркшейдер задає в натурі напрямок запроектованим виробкам і фіксує їх фактичне положення. Використовуючи дані зйомки і розвідки, складає гірничо-геометричні графіки, які характеризують родовище, а також підраховує запаси корисної копалини.

При проектуванні гірничого підприємства до функцій маркшейдера входять: підготовка даних для проектування; визначення зон впливу гірничих робіт на поверхню землі, розрахунок охоронних ціликів під існуючі та майбутні споруди, що попадають у небезпечну зону.

Для розв'язання цих важливих питань необхідно спочатку вивчити характер процесу зрушення гірських порід у даних гірничо-геологічних умовах, на основі чого отримати розрахункові дані для проектування.

При будівництві гірничого підприємства до функцій маркшейдера входить: розбивка і задавання в натурі всіх запроектованих споруд як на земній поверхні, так і в шахті; зйомка і документація збудованих споруд та зображення всього, що збудовано, на планах, розрізах і т.і.

При розробці корисних копалин маркшейдер задає напрямок гірничим роботам у відповідності з проектом, проводить систематичні зйомки гірничих робіт та поверхні, проводить заміри і обчислення виконаних об'ємів гірничих робіт, слідкує за повнотою виїмки корисної копалини, правильним проведенням гірничих виробок.

Назва «Маркшейдерська справа» походить від німецького слова die Markscheidenkunst: die Mark – границя, межа, знак; scheiden – розмічати, встановлювати, означати і die Kunst – мистецтво.

Маркшейдерські роботи та задачі тісно пов'язані із вирішенням основних питань виробництва, що входять до функцій гірничого інженера.

Переважна більшість основних задач виробництва розв'язується з використанням планів гірничих робіт та інших маркшейдерських документів.

Очевидно, що успішне їх вирішення можливе тільки за умов розуміння цих важливих для гірничих підприємства документів.

Щоб зрозуміти зміст, призначення і вірогідність маркшейдерських документів і які задачі за допомогою їх можливо вирішити, необхідно ознайомитись з методикою маркшейдерських зйомок, а також із задачами, які доведеться вирішувати маркшейдеру.

Ось чому знання основ маркшейдерської справи для гірничого інженера є вкрай необхідним. Цим, на наш погляд, повинно визначатись відношення студента до даної дисципліни при її вивченні.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МАРКШЕЙДЕРСЬКО-ГЕОДЕЗИЧНІ ЗЙОМКИ

Навчальна мета розділу: спираючись на матеріали розділу, студент повинен уміти відрізнити і визначати мету і загальний зміст маркшейдерських робіт на різних етапах освоєння родовищ твердих корисних копалин; знати предмет, зміст, мету і задачі маркшейдерської справи як наукової дисципліни; уявляти зв'язок маркшейдерської справи з іншими дисциплінами, роль і значення маркшейдерської служби в забезпеченні найбільш повного і комплексного використання родовищ корисних копалин, ефективного і безпечного ведення гірничих робіт і охорони надр.

§1. Призначення і методи маркшейдерських зйомок

Основне призначення маркшейдерських зйомок полягає перш за все у тому, що за даними цих зйомок складають плани поверхні і гірничих робіт, а також деякі інші креслення, за допомогою яких розв'язуються важливі задачі, що пов'язані із розробкою родовищ корисних копалин.

Крім цього, дані, отримані в результаті таких зйомок, служать початковими (вихідними) для вирішення таких задач, як задавання напрямку гірничим виробкам, виконання різноманітних розбивок при будівництві, тощо.

Враховуючи ту важливу роль, яку відіграють маркшейдерські зйомки у діяльності гірничого підприємства, вони повинні виконуватись своєчасно, забезпечувати необхідну повноту і *точність* планів і вирішення багатьох важливих задач.

Метод маркшейдерських зйомок так, як і метод геодезичних зйомок, заснований переважно на *кутових і лінійних вимірюваннях*.

У деяких випадках, крім цього, користуються принципами фотографії, властивостей магнітного поля Землі, гіроскопічним ефектом.

За даними відповідних вимірів визначають координати окремих точок (пунктів), що закріплені на ділянці, яка підлягає зйомці. Ці пункти називають *пунктами обґрунтування зйомок*, від яких потім проводять зйомку подробиць.

Зйомка подробиць заснована у більшості випадків також на кутових і лінійних вимірюваннях, в результаті яких визначають положення характерних точок об'єкта або контуру відносно пунктів обґрунтування.

Для нанесення об'єкта на план спочатку по координатах наносять пункти обґрунтування зйомки і потім, користуючись нанесеною на план координатною сіткою, по вимірних елементах наносять подробиці об'єкта.

З метою взаємної ув'язки планів поверхні і планів гірничих робіт окремих шахт між собою та загальнодержавними планами і картами користуються *єдиною загальнодержавною системою плоских прямокутних координат Гауса-Крюгера*, що була введена в якості обов'язкової у 1942 р.

Головна перевага плоских прямокутних координат полягає у можливості при обробці даних використовувати формули плоскої геометрії і тригонометрії, що значно спрощує обрахунки.

За основу проєкції земної поверхні прийнято еліпсоїд Красовського. Поверхню еліпсоїда неможливо розвернути і зобразити на площині без перекручування. Практична цінність цієї або іншою системи плоских прямокутних координат полягає у порівняній простоті урахування викривлення (поправок) напрямків і довжин при переході від поверхні еліпсоїда на площину.

Систему плоских прямокутних координат Гауса-Крюгера отримують при розділенні поверхні еліпсоїда із заходу на схід, починаючи з Гринвічського меридіану на зони по 6° , які симетричні відносно осьового меридіану (рис. 1, *a*).

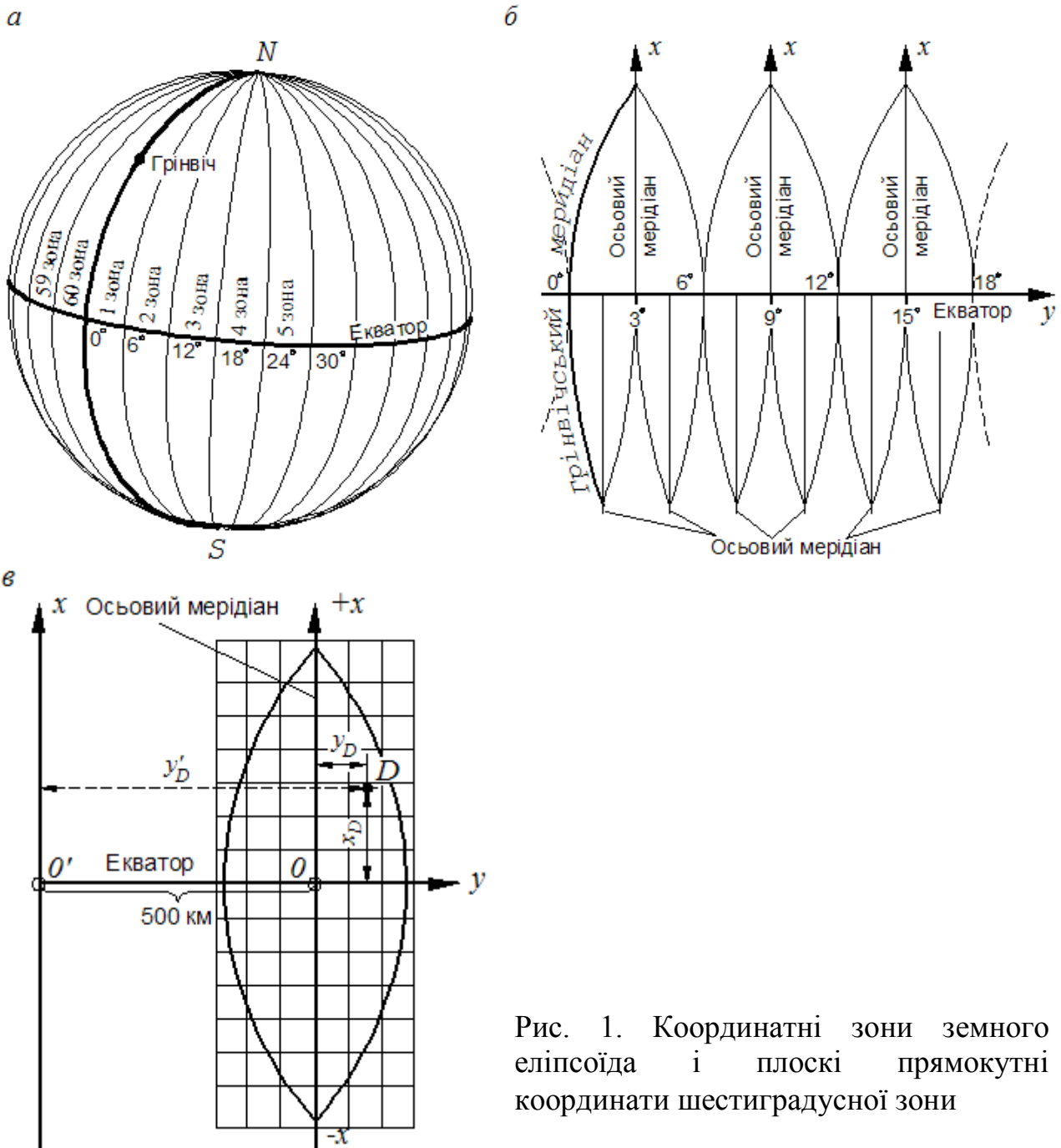


Рис. 1. Координатні зони земного еліпсоїда і плоскі прямокутні координати шестиградусної зони

Їм відповідають триградусні зони. Поверхня кожної шестиградусної зони зображається (розвертається) в проєкції Гауса на площині. При цьому осьовий

меридіан і екватор зони зображують на площині взаємно перпендикулярними прямими (рис. 1,б), які приймаються відповідно за осі X, Y плоскої прямокутної системи координат зони. Початком координатної системи є точка O перетину осьового меридіану зони з екватором.

Будь-яка точка D поверхні еліпсоїда, що визначається геодезичними координатами – довготою L і широтою B , буде мати плоскі прямокутні координати X_D і Y_D (рис. 1,в). При цьому для однозначного визначення положення точки D на земній поверхні необхідно знати номер зони та довготу осьового меридіану зони.

У теперішній час в системі плоских прямокутних координат виконується обробка усіх геодезичних мереж і маркшейдерських зйомок.

§2. Визначення напрямку ліній та положення точок у загальнодержавній системі плоских прямокутних координат

Напрямок деякої прямої AB (рис. 2,а) в плоскій прямокутній системі координат визначається *дирекційним кутом* α_{AB} горизонтальної проекції цієї лінії, відліковуваного від позитивного напрямку осі X по ходу годинникової стрілки до даної лінії.

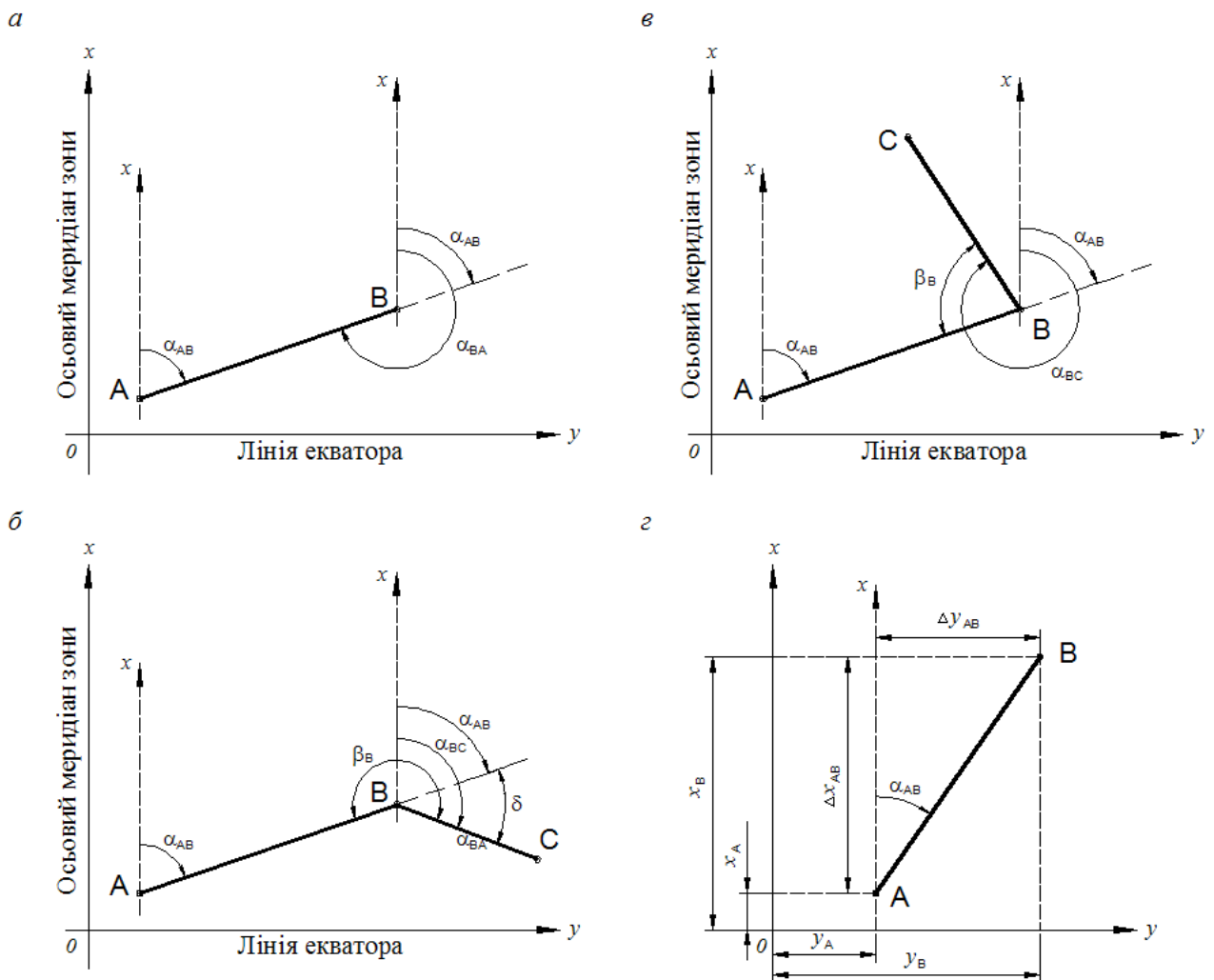


Рис. 2. Визначення напрямку ліній та положення точок

Зворотний дирекційний кут α_{BA} лінії AB відрізняється від прямого α_{AB} на 180° , тобто

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ. \quad (1)$$

Дирекційний кут наступної лінії BC – α_{BC} (рис. 2,б, 2,в) можливо визначити, якщо відомо: дирекційний кут попередньої лінії α_{BA} та горизонтальний кут β_B між цими лініями

Із рис. 2 видно наступне:

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + \delta,$$

де $\delta = \beta_B - 180^\circ$, а тому $\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + \beta_B - 180^\circ. \quad (а)$

Із рис. 2,в безпосередньо видно наступне:

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + \beta_B + 180^\circ. \quad (б)$$

Об'єднуючи формули (а) та (б), отримують загальну формулу (2), згідно з якою:

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + \beta_B \pm 180^\circ, \quad (2)$$

тобто дирекційний кут наступної лінії дорівнює дирекційному куту попередньої лінії плюс кут лівий по ходу та плюс або мінус 180° .

Практично додавати 180° необхідно в усіх випадках, коли $\alpha_{AB} + \beta_B < 180^\circ$ і віднімати, коли $\alpha_{AB} + \beta_B \geq 180^\circ$.

Знаючи дирекційний кут двох суміжних ліній, легко визначити горизонтальний кут між ними, що впливає з формули (2):

$$\beta_B = \alpha_{BC} - \alpha_{AB} \pm 180^\circ, \quad (3)$$

або ще простіше: $\beta_B = \alpha_{BC} - \alpha_{BA}.$

Положення деякої точки A (рис. 2,г) в плоскій прямокутній системі координат визначається її координатами X_A та Y_A .

Координати наступної точки B можливо визначити, якщо відомо:

- 1) координати X_A, Y_A попередньої точки A ;
- 2) дирекційний кут α_{AB} лінії, яка з'єднує відому точку A з шуканою B ;
- 3) горизонтальна відстань L_{AB} між цими точками.

Виходячи з рис. 2,г, можливо записати у загальному вигляді наступне:

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + \Delta X_{AB}, \\ Y_B &= Y_A + \Delta Y_{AB}, \end{aligned} \quad (4)$$

де $\Delta X_{AB} = L_{AB} \cos \alpha_{AB}$, $\Delta Y_{AB} = L_{AB} \sin \alpha_{AB}. \quad (5)$

Звертаючи увагу на формулу (5) і рис. 2, з неважко помітити існуючу залежність між напрямками ліній та їх довжиною і координатами їх кінців (точок). Насправді: з формули (5) випливає, що

$$L_{AB} = \frac{\Delta X_{AB}}{\cos \alpha_{AB}} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\sin \alpha_{AB}} .$$

Крім того, L_{AB} є гіпотенузою прямокутного трикутника з катетами ΔX_{AB} та ΔY_{AB} і тому

$$L_{AB} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2} .$$

Враховуючи те, що $\Delta X_{AB} = X_B - X_A$, $\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A$, отримаємо:

$$L_{AB} = \frac{X_B - X_A}{\cos \alpha_{AB}} = \frac{Y_B - Y_A}{\sin \alpha_{AB}} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} . \quad (6)$$

Формулою (6) можливо обчислити горизонтальне прокладання (проекцію) відстані між точками виміру A і B .

Якщо лінія AB похила під деяким кутом δ_{AB} , то похила (істинна) відстань L_{AB} між точками A і B може бути обчислена за формулою:

$$L_{AB} = \frac{l_{AB}}{\cos \delta_{AB}} . \quad (7)$$

З рівняння (5) випливає, що

$$\operatorname{tg} \alpha_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} . \quad (8)$$

За формулою (8) можливо обчислити дирекційний кут α_{AB} деякої лінії AB , якщо відомі координати точок A та B .

§3. Основні способи визначення координат точок зйомки

Усяка топографічна зйомка повинна базуватись на точках, що закріплені на місцевості, планове і висотне положення яких (тобто координати X , Y , Z) відоме. Такі точки називають *опорними пунктами*. Сукупність пунктів складає *опорну мережу*.

Положення опорних пунктів на земній поверхні можливо визначити астрономічним або геодезичним способами.

Астрономічний спосіб полягає у визначенні геодезичних координат (геодезичної широти B і геодезичної довготи L) кожного пункту шляхом спостереження небесних світил. За результатом астрономічних спостережень

визначають також геодезичні азимуту A напрямків на пункти, окрім того, азимуту напрямків можливо отримати за допомогою гірокомпасів або гіротеодолітів. Потім від геодезичних координат B, L пунктів і геодезичних азимутів A переходять до прямокутних координат X, Y і дирекційних кутів α напрямків.

Перевагою даного способу є незалежне визначення координат пунктів. Але недоліком даного способу є те, що точність визначення координат при цьому є порівняно невисока.

Геодезичний спосіб полягає у тому, що з астрономічних спостережень знаходять прямокутні координати тільки окремих (вихідних) пунктів системи. Решту пунктів опорної мережі зв'язують з початковим (вихідним) шляхом вимірювання на земній поверхні сторін і кутів геометричних фігур, вершинами яких є опорні пункти.

Така схема побудови опорних мереж обмежує накопичення похибок, забезпечує надійний контроль вимірів і дозволяє незалежно виконувати геодезичні роботи на різних ділянках, забезпечуючи їх тотожність у межах встановлених допусків.

Опорні мережі, координати пунктів яких визначені геодезичним способом, в єдиній системі координат носять назву *геодезичних опорних мереж*.

3.1. Геодезичні мережі і методи їх побудови

Згідно принципу переходу від загального до окремого вся опорна мережа розподіляється на класи і її побудова відбувається від мереж вищого класу до нижчого. Пункти вищих класів розташовують на великих відстанях (до декількох десятків кілометрів) один від одного і потім послідовно згущаються шляхом розвитку між ними мереж більш низьких класів.

Розрізняють *планові* геодезичні мережі, у яких для кожного пункту визначаються прямокутні координати X, Y в загальнодержавній системі координат, і *висотні* мережі, в яких висоти H пунктів визначають в Балтійській системі висот.

Геодезичні мережі розподіляють на державну геодезичну мережу, геодезичну мережу згущення і знімальні геодезичні мережі.

Державна геодезична мережа включає у собі наступне:

а) планові мережі 1,2,3 та 4 класів, які відрізняються між собою точністю кутових і лінійних вимірів, довжиною сторін мереж і напрямком їх послідовного розвитку. Планові мережі створюють методами *триангуляції*, *трилатерації*, *полігонометрії* та їх сполучення;

б) висотні нівелірні мережі I, II, III і IV класів.

Метод триангуляції. Суть методу триангуляції полягає у побудові на місцевості системи трикутників, у яких вимірюють всі кути і довжини деяких *базисних сторін* (рис. 3,а). Довжини інших сторін трикутників обчислюють за відомим формулам тригонометрії.

Якщо безпосереднє вимірювання базисної сторони затруднено, то на одній із сторін (напрямку AB , рис. 3) розбивають *базисну мережу* $ABCD$, у якій з

високою точністю вимірюють короткий базис CD і всі горизонтальні кути. Шляхом обчислень переходять від довжини базису до довжини сторони AB , яку у даному випадку називають вихідною стороною мережі. Якщо відомі координати вихідного пункту A , дирекційний кут α_{AB} і довжина вихідної сторони L_{AB} , то розв'язуючи послідовно пряму геодезичну задачу, можливо обчислити координати усіх пунктів мережі.

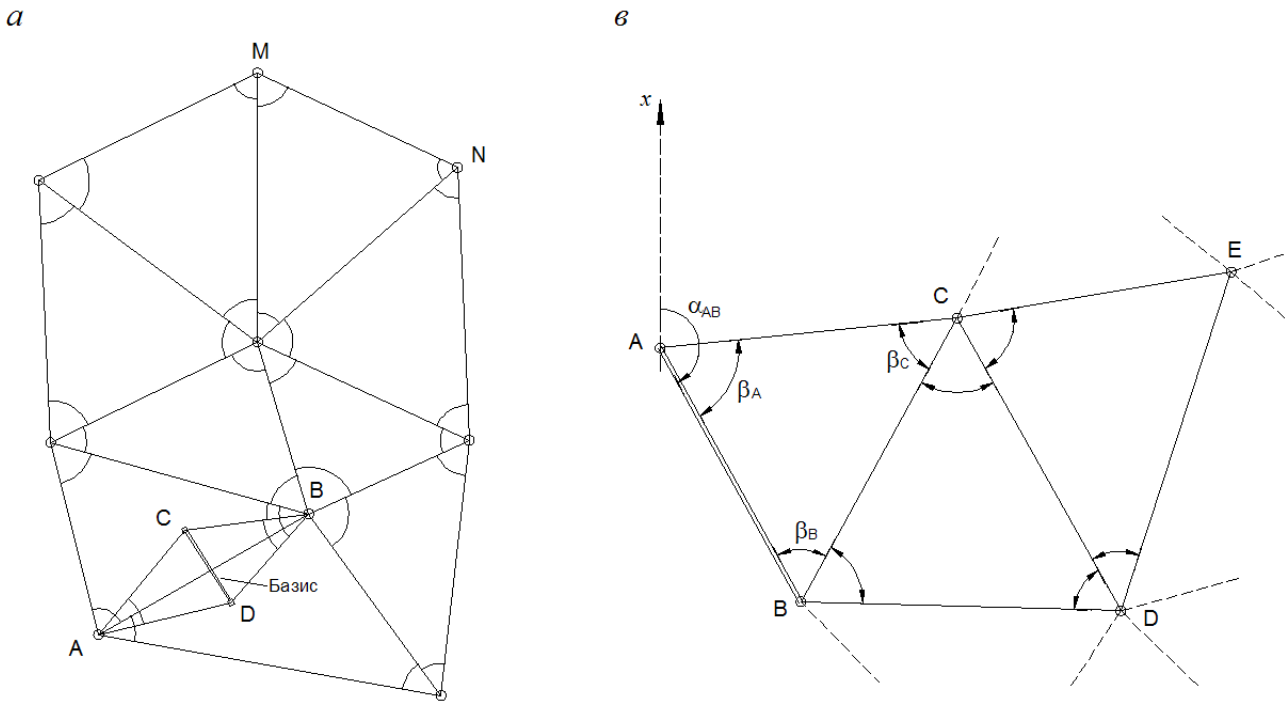


Рис.3. Триангуляція:

а) сутність методу триангуляції; б) схема розвитку мереж триангуляції

Методи трилатерації. Державні геодезичні мережі 3 і 4-го класів можуть будуватись також методом трилатерації. Трилатерація подібно триангуляції являє собою систему трикутників, у яких вимірюють довжину сторін. Розв'язуючи трикутники, визначають горизонтальні кути, а через них дирекційні кути сторін. Подальше обчислення координат пунктів виконують так, як і в триангуляції.

Довжини сторін в мережі трилатерації вимірюють, як правило, радіо- і світлодалекомірами. При цьому відносні похибки вимірювання сторін не повинні перевищувати для 3 класу 1:100000, для 4 класу 1:40000.

Метод трилатерації можливо застосовувати для побудови опорних мереж у сполученні з триангуляцією (лінійно-кутова триангуляція) і при цьому в мережі вимірюють усі сторони і всі кути трикутників.

Метод полігонометрії. На місцевості, де розвиток мережі триангуляції економічно не вигідний через складні місцеві умови, використовують метод полігонометрії. Він полягає у прокладанні на місцевості системи ходів і полігонів, в яких вимірюють кути і сторони (рис. 4).

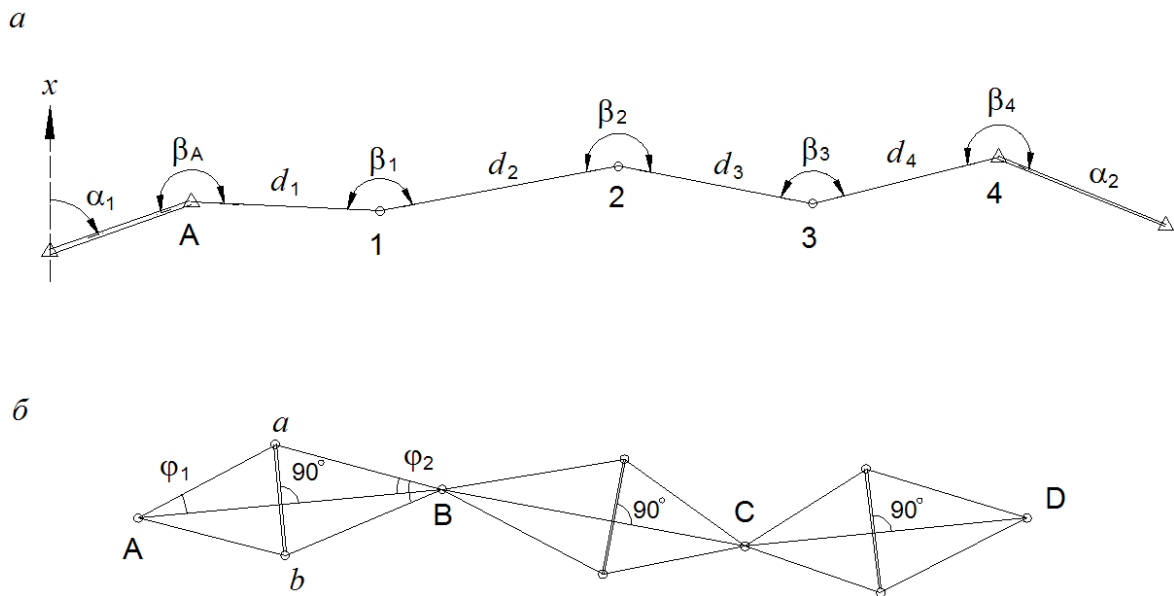


Рис. 4. Полігонометрія:
 а) траверсна (магістральна); б) паралактична (базисна)

Якщо відомі координати одного із кутів і дирекційний кут однієї сторони, можливо обчислити координати усіх пунктів полігонометричного ходу, користуючись формулами (4), (5).

Кути в полігонометрії вимірюють теодолітами відповідної точності, довжини сторін сталевими та інварними дротами, стрічками, рулетками.

В залежності від способу вимірювання сторін полігонометрію розподіляють на таку:

а) *траверсну* або *магістральну* (рис. 4,а) – з безпосереднім вимірюванням сторін ходу;

б) *паралактичну* або *базисну* (рис. 4,б); засновану на побічному визначенні сторін по короткому базису і гострим паралактичним кутом. При цьому безпосередні лінії вимірювання зводяться до мінімуму.

Якщо базис ab перпендикулярний до сторони AB полігонометричного ходу і ділиться ним навпіл, то для визначення довжини AB достатньо виміряти базис ab і паралактичні кути φ_1 і φ_2 .

Державна нівелірна мережа. Висоти пунктів державної нівелірної мережі визначають методом геометричного нівелювання. За точністю і призначенням державна нівелірна мережа розподіляється на I, II, III і IV класи.

Нівелірні мережі є головною висотною основою єдиної Балтійської системи висот на усій території держави і використовуються для вивчення вертикальних рухів земної кори, визначення рівня води у морях та океанах і т.і.

3.2. Визначення положення точок та ліній по висоті

Для визначення положення точки у просторі, крім координатної X та Y , необхідно знати і третю координату Z , тобто *висоту* даної точки відносно

деякого початку (вихідної точки).

В маркшейдерії (як і в геодезії) таку висоту точки називають її *відміткою*.

Відлік висот або відміток усіх пунктів, як правило, ведеться відносно нуля Кронштадтського футштока, закладеного у 1840 р. і який являє собою риску на одній із опор моста в Кронштадті, яка фіксує середній рівень Балтійського моря.

Уверх від цього рівня відмітки приймають позитивними, а вниз – від’ємними. Якраз ця горизонтальна риска і є *нулем Балтійської системи висот*.

Таким чином, положення будь-якої точки по висоті визначається її відміткою Z . Положення деякої лінії AB по висоті визначають відмітками її кінців, тобто Z_A та Z_B .

Отже положення деякої лінії AB по висоті визначають координатами її кінців X, Y, Z . Якщо відомі усі три координати двох точок A та B , то можна визначити:

а) відстань між цими точками

$$L_{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2}, \quad (9)$$

б) кут нахилу δ_{AB} прямої AB

$$\operatorname{tg} \delta_{AB} = \frac{Z_B - Z_A}{\sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}}, \quad (10)$$

в) перевищення ΔZ_{AB} однієї точки над іншою

$$\Delta Z_{AB} = Z_B - Z_A. \quad (11)$$

У маркшейдерській практиці, як і в геодезії, для визначення відміток нових точок найбільш часто застосовують спосіб геометричного або тригонометричного нівелювання.

3.3. Спосіб геометричного нівелювання

Якщо відома відмітка Z_A деякої точки A і необхідно визначити відмітку Z_B точки B , то як впливає з рис. 5:

$$Z_B = Z_A + \Delta Z_{AB}, \quad (12)$$

де ΔZ_{AB} – перевищення точки B над точкою A .

Для визначення перевищення ΔZ_{AB} між точками A і B встановлюють нівелір, у якого візирний промінь за допомогою рівня приводять в горизонтальне положення. Наводячи послідовно трубу нівеліра на рейки з поділками, встановленими на точках A і B , беруть по них відліки: a – по задній рейці і b – по передній, тоді

$$\Delta Z_{AB} = a - b. \quad (13)$$

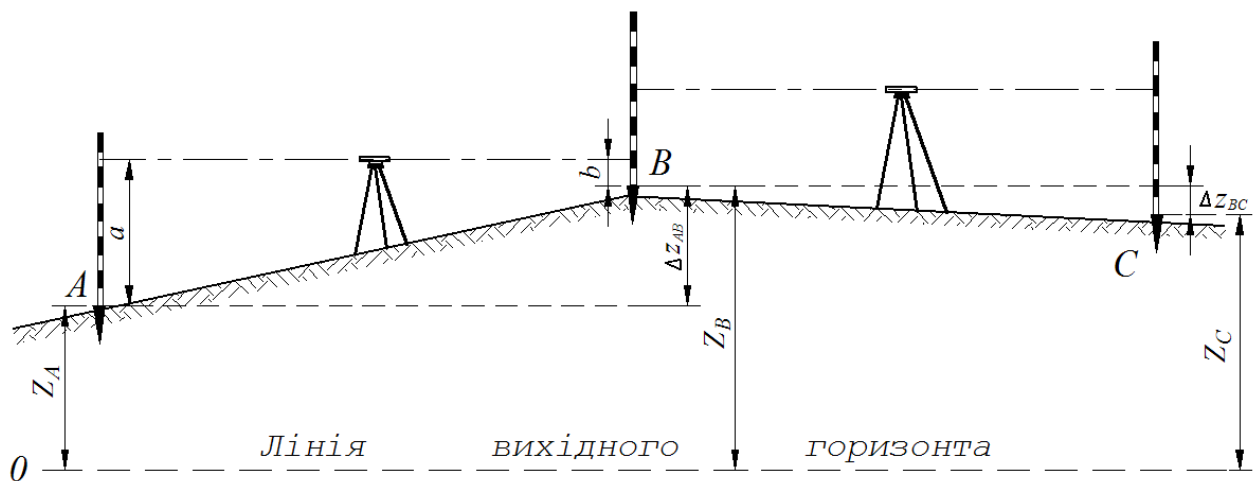


Рис. 5. До визначення відміток точок геометричним нівелюванням:
 ΔZ_{AB} – перевищення точки B на точкою A

Таким же чином можливо визначити перевищення точки C над точкою B , а також за формулою (12) і відмітку точки C .

3.4. Спосіб тригонометричного нівелювання

В тих випадках, коли перевищення між суміжними точками велике, внаслідок чого неможливо або важко застосовувати геометричне нівелювання, для визначення перевищення між точками застосовують спосіб тригонометричного нівелювання.

При цьому на одній із точок встановлюють теодоліт, на іншій – віху або рейку (рис. 6) і вимірюють:

- відстань L_{AB} ;
- кут нахилу δ_{AB} ;
- висоту інструмента i ;
- висоту візування v .

У цьому разі шукане перевищення ΔZ_{AB} згідно рисунка можливо представити як суму трьох відрізків:

$$\Delta Z_{AB} = i + km - bm,$$

де $km = L_{AB} \sin \delta_{AB}$, $bm = v$, а тому

$$\Delta Z_{AB} = L_{AB} \sin \delta_{AB} + i - v. \quad (14)$$

Якщо $i = v$, то

$$\Delta Z_{AB} = L_{AB} \sin \delta_{AB}. \quad (15)$$

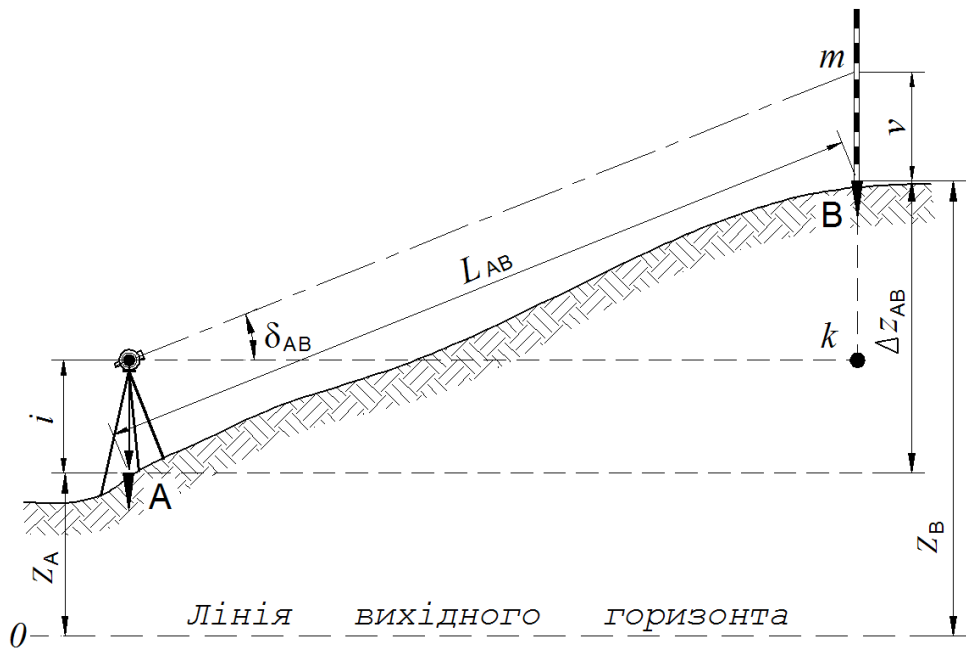


Рис. 6. Схема тригонометричного нівелювання:

L_{AB} – відстань; δ_{AB} – кут нахилу; i – висота інструменту; v – висота візування

Точність тригонометричного нівелювання помітно нижча точності геометричного нівелювання.

Користуючись переважно способом геометричного і рідше способом тригонометричного нівелювання, на всій території держави прокладають висотні (нівелірні) ходи, в результаті чого утворюється державна висотна опорна мережа пунктів, що закріплені спеціальними реперами або марками в землі або на стінах чи фундаментах будівель.

У висотні ходи також включають пункти триангуляції і полігонометрії вищих класів. По точності державні нівелірні ходи розподіляють на класи I, II, III і IV, що являють собою головну висотну геодезичну основу, спираючись на яку проводять подальше згущення висотного забезпечення нівелірними ходами більш низької точності, які забезпечують вертикальну зйомку подробиць і вирішення технічних задач.

Числові значення координат пунктів X , Y , Z пунктів головної геодезичної основи заносять у спеціальні каталоги, які зберігаються в уповноважених управління геодезії і картографії при Кабінеті Міністрів України.

Нарешті необхідно зазначити, що з вищесказаного можливо зрозуміти тільки геометричну суть розглянутих способів визначення координат X , Y , Z точок зйомки.

Якщо прийняти до уваги, що координати кожного пункту державної мережі необхідно визначити з високим ступенем точності, який досягається спеціальними приладами, і з'ясувати як досягти такої точності, студенту необхідно детально ознайомитись з великою кількістю приладів і інструментів з методами вимірювань і обчислень. А для цього необхідно було б ознайомитись із спеціальними дисциплінами, такими як астрономія, вища

геодезія, приладознавство, теорія похибок і спосіб найменших квадратів і т.і., що виходить за рамки цього дуже короткого курсу.

Необхідно лише сказати, що державна геодезична основа, на яку спираються маркшейдерські зйомки, є бездоганною.

§4. Принципи зйомки подробиць

В залежності від призначення і способів виконання, маркшейдерські зйомки подробиць розподіляють на горизонтальні, вертикальні і комбіновані (сумісні).

У першому випадку визначають положення об'єктів і контурів в плані, тобто в проекції на горизонтальну площину, у другому – положення подробиць по висоті, у третьому випадку визначають положення подробиць, які знімають як в плані, так і по висоті. Будь-якому із трьох випадків зйомки подробиць передуює розвиток знімального обґрунтування відповідно планового (триангуляція, полігонометрія), висотного (геометричне, тригонометричне нівелювання) або і того, і іншого.

4.1. Горизонтальна зйомка

Спосіб ординат. Припустимо необхідно виконати зйомку контуру земної поверхні (межа лісу, угідь, штучних споруд тощо) і нанести його на план у заданому масштабі. Для цього на контурі намічають характерні точки, які потім знімають. Так якийсь контур (рис. 7) цілком визначається його характерними точками a, b, c, d, e, f .

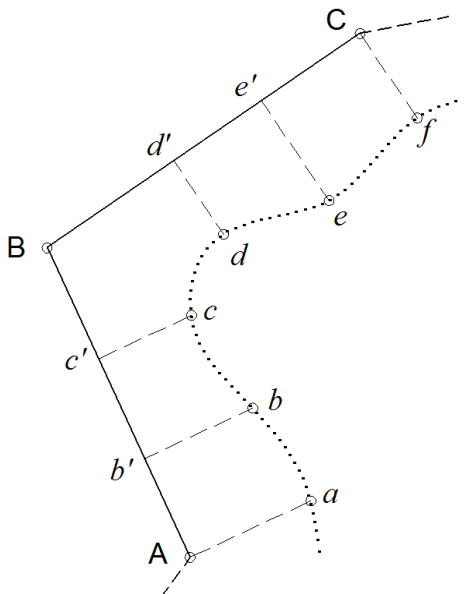


Рис. 7. Спосіб перпендикулярів

Для зйомки цього контуру поблизу нього спочатку необхідно закріпити пункти планового обґрунтування (полігонометрію) A, B, C і визначити їх координати, за якими вони можуть бути нанесені на план.

Якщо тепер лінію AB умовно прийняти за вісь абсцис з початком у точці A , а лінію, їй перпендикулярну, – за вісь ординат, то положення будь-якої точки контуру (у даному випадку точки a, b, c) відносно лінії AB можливо визначити їх умовними координатами, які згідно рис. 7 дорівнюють відповідним відріzkам:

$$\begin{aligned} X'_a &= 0; & X'_b &= Ab' & X'_c &= Ac' \\ Y'_a &= Aa & Y'_b &= b'b & Y'_c &= c'c. \end{aligned}$$

Для зйомки точок d, e, f за умовну вісь абсцис зручно прийняти лінію BC з початком координат у точці B , а вісь ординат спрямувати перпендикулярно лінії BC . Положення точок d, e, f відносно лінії BC визначається відрізками:

$$\begin{aligned} X'_d &= Bd'; & X'_e &= Be'; \\ Y'_d &= d'd; & Y'_e &= e'e \end{aligned}$$

тощо. Відрізки $Aa, b'b, c'c, d'd$ називають *ординатами*, звідки і взято назву способу зйомки.

Положення проєкцій $b', c'...$ точок $b, c ...$ на лінії полігонометричного або теодолітного ходу визначають за допомогою екера або окомірно. Відстані (абсцису і ординату) вимірюють стрічкою або рулеткою. Із суті способу ординат випливає, що точність зйомки буде тим вища, чим ближче буде знаходитись знімальний контур до пунктів знімального обґрунтування ABC . Виходячи з цього вибирають місця для закріплення цих пунктів.

Спосіб полярних координат (полярних напрямків) застосовують на відкритій місцевості для зйомки окремих місцевих предметів і характерних точок контуру, віддалених від теодолітного ходу.

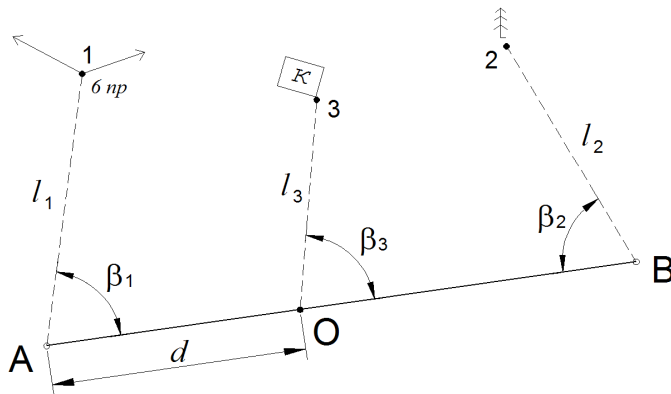


Рис. 8. Спосіб полярних координат

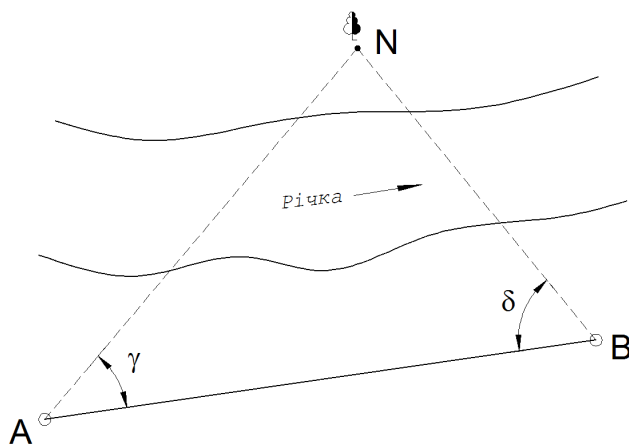


Рис. 9. Спосіб засічок

Сторону теодолітного ходу AB (рис. 8) приймають за полярну вісь, а вершину A (або B) за полюс. Для визначення планового положення точок (наприклад 1 і 2) достатньо виміряти горизонтальні кути β_1, β_2 між вихідним напрямком AB і напрямком на знімальні точки і відстані l_1 і l_2 до цих точок.

Горизонтальні кути вимірюють теодолітом технічної точності, а довжини (відстані) – сталевую стрічкою або нитковим далекоміром. Точкою установки теодоліта при зйомці ситуації полярним способом може бути одна із вершин теодолітного ходу або допоміжна опорна точка (O) на його стороні.

Спосіб засічок (біполярних координат). Для зйомки важкодоступних точок на відкритій місцевості вигідно застосовувати спосіб кутових засічок. Для цього у точках A та B (рис. 9) за допомогою теодоліта

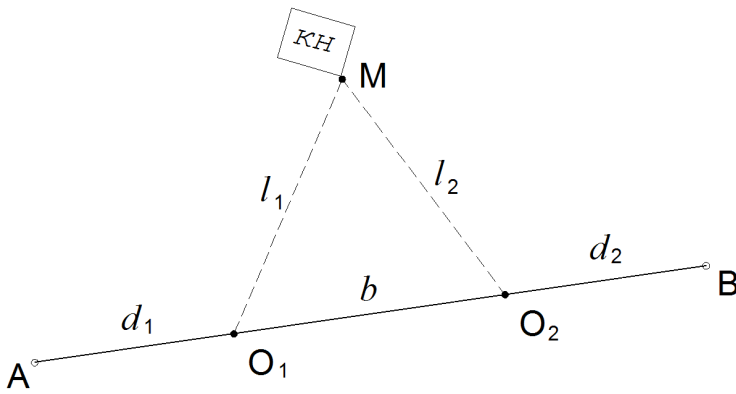


Рис. 10. Спосіб лінійних засічок

При зйомці доступних об'єктів з чітким окресленням (будови, інженерні споруди тощо), розташованих поблизу сторін теодолітного ходу, можливо використовувати спосіб лінійних засічок. Для цього на стороні AB (рис. 10) вибирають дві допоміжні точки O_1 і O_2 , відрізок між якими b є базисом. З точок O_1 і O_2 стрічкою або рулеткою заміряють відстані l_1 і l_2 до точки M . Перетин лінійних засічок відрізками l_1 і l_2 визначають положення точки M на плані. При лінійних засічках форма трикутника O_1MO_2 повинна бути по можливості близька до рівностороннього, а довжини сторін не перевищувати довжину мірного приладу.

4.2. Вертикальна зйомка

При вертикальній зйомці подробиць положення знімальних точок по висоті визначають одним із двох розглянутих раніше способів нівелювання – геометричного чи тригонометричного. В залежності від форми і розмірів об'єкту і призначення зйомки проводиться площадне або поздовжнє нівелювання. Поздовжнє нівелювання застосовують при пошуках доріг або при визначенні фактичного положення по висоті існуючих доріг, або інших об'єктів витягнутої форми. У цих випадках звичайно нівелюють вісь об'єкту, а інколи і поперечники, щоб отримати уяву не тільки про вісь об'єкту, а і деякої полоси, що примикає до його осі.

За даними поздовжнього нівелювання складають профіль. Площадне нівелювання проводять на будівельних майданчиках. У цьому випадку площа розбивається на правильні фігури (звичайні квадрати) і визначають відмітки вершин квадратів.

За відмітками вершин квадратів складають креслення рельєфу місцевості у вигляді горизонталей.

Іноді необхідно визначити положення знімальних точок як в плані, так і по висоті. У цьому випадку застосовують тахеометричну зйомку, яка полягає в поєднанні полярного способу горизонтальної зйомки і тригонометричного нівелювання.

заміряють кути γ і δ між стороною теодолітного ходу AB і напрямком на знімальну точку N .

Точка N на плані буде розташовуватись на перетині напрямків, побудованих за цими кутами. Необхідно мати на увазі, що найбільш вигідним є випадок, коли кут при точці N , близький до 90° ; засічки під кутом менше 30° і більше 150° дають неточне положення знімальних точок.

4.3. Складання плану поверхні за даними зйомки

Складання плану місцевості розпочинають з розбивки на планшеті координатної сітки у вигляді квадратів зі стороною 10 см. Біля кожної лінії сітки виписують її координати X і Y . Потім по координатах на план наносять пункти планового обґрунтування (триангуляції, полігонометрії, мікротриангуляції) і суміжні пункти з'єднують допоміжними прямими лініями у тій послідовності, у якій зроблені виміри в натурі.

Після цього на план наносять подробиці, для цього від пунктів і ліній обґрунтування, графічно, за допомогою транспортиру і масштабної лінійки відкладають відповідні кути і довжини, що виміряні при зйомці, керуючись при цьому абрисом, який складають у процесі зйомки. З'єднуючи прямими або плавними лініями відповідні точки, отримують на плані зображення елементів ситуації (будівлі, дороги, границі угідь тощо).

Для зображення рельєфу біля нанесених на план за координатами точок виписують їхні висотні відмітки.

У залежності від масштабу плану вибирають висоту перерізу рельєфу, шляхом інтерполяції знаходять точки поверхні землі з відмітками, що кратні прийнятій висоті перерізу.

Отримані точки з однаковими відмітками з'єднують плавними лініями – горизонталями.

Так, наприклад, щоб зобразити рельєф поверхні землі з відмітками, що кратні 5,0 м, на ділянці, обмеженій точками A, B, C, D з відмітками відповідно 154,1; 156,2; 160,3; 150,2 (рис. 11) необхідно з'єднати суміжні точки допоміжними прямими AB, BC, CD, DA і знайти на цих лініях точки, відмітки яких будуть кратними 5,0 м. Для знаходження на плані точок m, n, k і їм подібних на практиці часто користуються "палеткою", яка являє собою систему

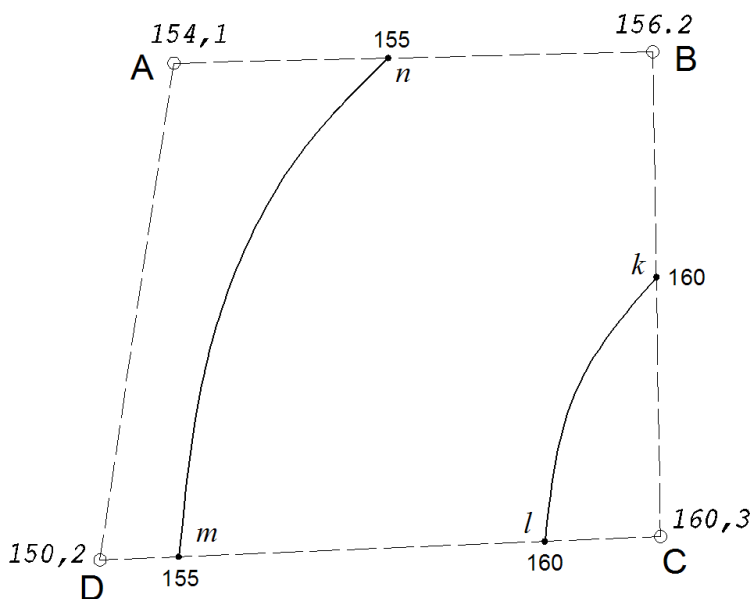


Рис. 11. Побудова горизонталей поверхні

паралельних рівностоячих одна від одної прямих ліній, накреслених на прозорому папері (кальці).

Кожній лінії палетки умовно приписують відмітку, кратну лінії перерізу рельєфа. Кількість ліній палетки і відстань між ними, а також значення їх відміток, залежать від складності рельєфу, густоти знятих точок на плані і висоти місцевості (висотних відміток земної поверхні).

Профіль (вертикальний розріз поверхні землі) можливо побудувати за даними поздовжнього (або

поперечного) нівелювання або по плану, на якому рельєф зображений горизонталями. Для цього за даними нівелювання на міліметровому папері накреслюють лінію умовного горизонту, уздовж якої в прийнятому горизонтальному масштабі намічають точки (пiketи), відмітки яких визначили при нівелюванні (рис. 12).

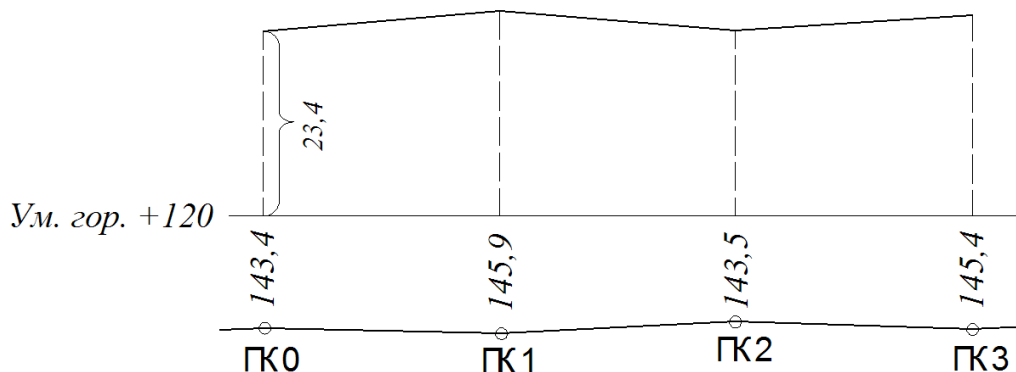


Рис. 12. Побудова профілю за даними поздовжнього нівелювання

Під цими точками виписують їх відмітки. З відмітки кожної точки віднімають відмітку умовного горизонту і отримання різниці у вертикальному масштабі (який, доречі, приймають у 10 разів більше за горизонтальний) відкладають вгору від лінії умовного горизонту. З'єднавши кінці відрізків прямими лініями, отримують профіль місцевості.

Під профілем, якщо необхідно, вміщують різноманітні дані даної місцевості (план, уклони фактичні і проектні, угіддя тощо).

Побудова по плану з горизонталями по суті нічим не відрізняється від розглянутого вище. Різниця тільки у тому, що там ми користувались відмітками точок і відстанями між ними, отриманими із безпосередніх вимірів, а тут ці дані беруть безпосередньо з плану.

Для цього на плані накреслюють лінію, уздовж якої необхідно побудувати профіль і намічають точки перетину цієї лінії з горизонталями. Відмітки точок дорівнюють відміткам відповідних горизонталей, а відстань між ними заміряють на плані за допомогою лінійки.

Як по планах, так і по профілях розв'язують деякі конкретні задачі, про які буде сказано в наступних главах.

Питання для самоперевірки

1. Назвіть основне призначення маркшейдерських зйомок на території гірничовидобувного підприємства.
2. Перелічіть методи маркшейдерських зйомок.
3. На яких принципах будується єдина загальнодержавна система плоских прямокутних координат?
4. Що називається дирекційним кутом лінії?
5. За яким принципом земний еліпсоїд поділяється на координатні зони?

6. *За якою формулою визначається дирекційний кут наступної лінії, якщо відомо: дирекційний кут попередньої лінії та горизонтальний кут між цими лініями?*
7. *Як визначаються координати точки за результатами маркшейдерських вимірювань?*
8. *Назвіть основні способи визначення координат точок зйомки.*
9. *Назвіть класифікацію геодезичних мереж.*
10. *Назвіть методи побудови геодезичних мереж.*
11. *Яка сутність методу тріангуляції?*
12. *Чим відрізняється метод полігонометрії від метода тріангуляції?*
13. *Як визначається положення точок та ліній по висоті?*
14. *Яка сутність визначається положення точок по висоті способом геометричного нівелювання?*
15. *Яка сутність визначається положення точок по висоті способом тригонометричного нівелювання?*
16. *Що називають вертикальною зйомкою подробиць?*
17. *Назвіть основні види горизонтальних зйомок.*
18. *Які дані використовуються для складання плану поверхні?*
19. *Що є основою для виконання маркшейдерських робіт на гірничовидобувному підприємстві?*
20. *Які існують схеми розвитку планового та висотного обґрунтування на території гірничовидобувного підприємства?*
21. *Які достоїнства та недоліки різних схем створення планового та висотного обґрунтування на території гірничовидобувного підприємства?*
22. *Як відбудовується проектна лінія на місцевості?*
23. *Якими способами здійснюється перенесення в натуру проектного горизонтального кута?*
24. *Якими способами здійснюється перенесення в натуру проектної висотної відмітки?*
25. *Як переносять в натуру лінію із заданим проектним уклоном?*
26. *Як здійснюється перенесення в натуру точки із заданими координатами?*

В результаті вивчення викладеного навчального матеріалу формуються уявлення і знання щодо загальних відомостей про розвиток маркшейдерської справи, роль вітчизняних вчених у розвитку теорії і практики маркшейдерської справи, головні тенденції і перспективи розвитку маркшейдерії; геодезичні і маркшейдерські мережі на поверхні, особливості їхньої побудови для гірничодобувних підприємств; об'єкти, види і принципи маркшейдерських зйомок

Забезпечуються такі навчальні цілі: знання системи координат маркшейдерських зйомок і планів, вміння визначати координати і висотні відмітки точок, дирекційні кути ліній; застосування цих знань дає можливість вирішувати гірничо-геометричні задачі, що забезпечують раціональну і безпечну відробку корисних копалин.

РОЗДІЛ 2. МАРКШЕЙДЕРСЬКІ РОБОТИ ПРИ ВИВЧЕННІ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Навчальна мета матеріалу, що викладається в розділі, закладається у наданні студенту базових понять і знань про задачі маркшейдерської служби гірничовидобувного підприємства при вивченні геологічної будови родовища корисної копалини, видах маркшейдерських вимірювань, які здійснюються на території залягання покладу, і гірничо-геометричну документацію, яка складається за даними цих вимірювань.

§5. Маркшейдерське забезпечення геологорозвідувальних робіт

5.1. Основні задачі маркшейдерії при вивченні родовищ

Щоб усвідомити зміст основних задач, які стосуються вивчення родовищ корисних копалин і оцінити ту роль, яку вони відіграють в загальному комплексі робіт з освоєння родовищ, розглянемо загальну схему розвідки і розробки родовищ. Як відомо, розвідку корисних копалин взагалі поділяють на *попередню, детальну і експлуатаційну*.

Попередня розвідка дає можливість визначити загальні розміри родовища і приблизну характеристику якості та умов залягання корисної копалини.

Детальна розвідка більш точно вивчає будову родовища, форму тіл, якість і розподіл окремих сортів корисної копалини, гідрогеологічні і гірничо-технічні умови проведення експлуатаційних робіт.

Додаткові відомості про тектонічні порушення, зміну потужності покладу і вмісту корисних і шкідливих компонентів дає *експлуатаційна розвідка*, яку проводять у процесі розробки родовища.

Маркшейдерські роботи проводяться на всіх етапах освоєння родовищ корисних копалин і тому зміст задач дуже різноманітний.

При розвідці родовищ маркшейдер виконує зйомку земної поверхні, природних відслонень гірських порід і інших об'єктів геологічних спостережень, в результаті чого складаються топографічні карти (плани), які служать основою для геологічних карт (планів) і проектування геологорозвідувальних робіт.

За затвердженим проектом геологорозвідувальних робіт проводять розбивочні роботи, тобто в натурі на (місцевості) вказують місця закладання різноманітних розвідувальних виробок і задають їм напрямки. У міру того, як проходять виробки, маркшейдер виконує їх зйомку, наносить отримані дані на плани, на основі даних розвідки разом з геологами складає різноманітні графічні документи, які характеризують як форму залягання корисної копалини, так і просторове розміщення її якісних властивостей.

На завершальному етапі геологорозвідувальних робіт маркшейдер приймає участь у підрахунку запасів розвіданого родовища.

Але як би ретельно не проводилась детальна розвідка, вона не в змозі виявити усі деталі структури родовища, особливо, якщо воно має складну форму. В цілому ряді випадків ці «деталі» (тектонічні порушення, зміна

потужності, зміна якісного складу тощо), хоча і мають місцеве значення, не можуть суттєво впливати на спосіб розробки, але вони можуть ускладнювати роботу під час експлуатації.

А тому маркшейдерська служба гірничого підприємства повинна мати більш повні відомості, ніж ті, які дає детальна розвідка.

Додаткові відомості, які уточнюють уяву про родовище, дає експлуатаційна розвідка.

Таким чином, основні задачі маркшейдерської служби можливо розділити на дві основні групи:

1. Незалежно від стадії розвідки до функції маркшейдера входить задавання на місцевості проектних положень розвідувальних виробок і зйомки їх фактичного положення.

2. На стадії експлуатаційної розвідки, крім того, отримують додаткові дані про родовища і внесення необхідних змін і доповнення у первинні документи, що складені за даними детальної розвідки.

Методика розв'язування цих задач залишається такою, як при детальній, так і при експлуатаційній розвідці і базується на загальноприйнятих в геодезії методиках зйомок.

5.2. Задавання в натурі і зйомка фактичного положення розвідувальних виробок

Звичайно перед проведенням розвідки складають проект, у якому поряд з іншими відомостями вказують метод розвідки і схему розташування розвідувальних виробок по усій площі розвідки у відповідному масштабі.

Задача маркшейдера полягає у тому, щоб задати положення цих виробки в натурі.

У загальному випадку положення будь-якої точки (виробки) на місцевості можливо визначити по її координатам або відстаням до неї від місцевих предметів.

Отже для задавання в натурі розвідувальної виробки або розвідувальної мережі чи лінії, необхідно знати проектні координати хоча б однієї точки (виробки), дирекційний кут розвідувальної лінії і відстань між суміжними точками (виробками) уздовж розвідувальної лінії.

Так, наприклад, необхідно перенести з проекту в природу якусь виробку A (шурф, шахта, свердловина тощо), координати устя якої X_A і Y_A задані в проекті або визначені графічно з плану розвідки.

Для цього на місцевості поблизу від місця закладання виробки, необхідно мати мінімум два пункти триангуляції або полігонометрії, координати яких відомі. Якщо їх не існує, необхідно шляхом полігонометрії або триангуляції закласти такі пункти M і N (рис. 13,а) з координатами відповідно (X_M, Y_M) і (X_N, Y_N) .

Як видно з рисунка, для знаходження на місцевості точки A необхідно визначити або відстань до неї від будь-якої точки (наприклад l_{N-A} і горизонтальний кут β_N , або два горизонтальних кути β_N і β_M) (рис. 13,б).

Ці величини легко визначити за відомими формулами:

$$l_{NA} = \sqrt{(X_A - X_N)^2 + (Y_A - Y_N)^2};$$

$$\beta_M = \alpha_{MN} - \alpha_{MA}, \quad \beta_N = \alpha_{NA} - \alpha_{NM},$$

де

$$\alpha_{MN} = \text{arc tg} \frac{Y_N - Y_M}{X_N - X_M};$$

$$\alpha_{NA} = \text{arc tg} \frac{Y_A - Y_N}{X_A - X_N}.$$

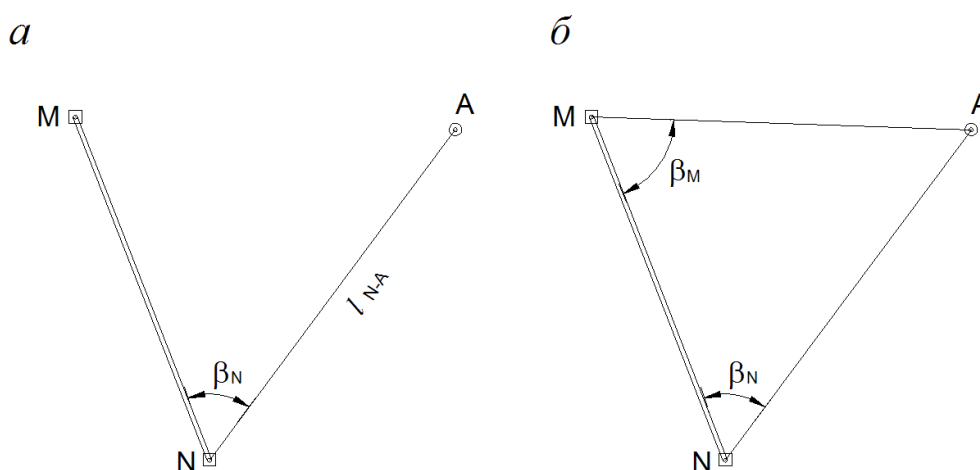


Рис. 13. До задавання в натурі розвідувальної виробки за координатами устя

Тепер за допомогою двох теодолітів, або теодоліта і стрічки знайдені величини відкладають від відомих ліній і точок і знаходять місце положення шуканої точки *A* на місцевості.

Аналогічно переносять в природу декілька розвідувальних виробок, що розташовані по одній або декількох прямих лініях, які створюють розвідувальну мережу. Для цього необхідно знати координати однієї точки (виробки), дирекційні кути розвідувальних ліній і відстань між суміжними розвідувальними виробками, а далі виконуємо усі операції, що описані вище.

У процесі розвідки за різними причинами (умови місцевості, непередбачені зміни в умовах залягання корисної копалини, викривлення розвідувальних виробок тощо) доводиться відхилятися від проекту. Інколи відпадає необхідність у проведенні додаткових виробок, які не передбачені проектом.

Все це вказує на те, що у більшості випадків фактичне положення розвідувальних виробок не співпадає з проектними.

А тому розвідувані виробки після їх спорудження необхідно зняти, тобто необхідно визначити їх фактичне положення у просторі, визначивши координати *X*, *Y*, *Z* її устя.

При цьому найбільш часто користуються теодолітною зйомкою і геометричним нівелюванням.

Зйомці і нанесенню на план підлягають усі без винятку пройдені розвідувальні виробки, незалежно від того зустріли вони корисну копалину чи ін.

Координати усть розвідувальних виробок і дані розвідки заносять у спеціальні каталоги і відомості. Крім того, в них заносять дані, які характеризують корисну копалину і вміщуючих порід (потужність, глибину, склад корисних і шкідливих компонентів, сорт, об'ємну вагу тощо).

Ці дані є вихідними для складання різноманітних гірничо-геометричних графіків і підрахунку запасів корисних копалин.

§6. Зміст і призначення гірничо-геометричних графіків

У процесі виконання геолого-розвідувальних робіт накопичується велика кількість даних, які характеризують форму покладів корисних копалин, умови залягання і різноманітні кількісні показники. Характер розподілу цих показників можливо виразити аналітично у вигляді функціональної залежності, таблично або графічно.

Аналітичне вираження цих функцій, тобто математичне моделювання не завжди можливе. Використання у теперішній час ПЕОМ дозволяє розв'язати деякі задачі методом математичного моделювання. Але цей метод поки що не отримав широкого практичного застосування. Табличний спосіб зручний для представлення отриманих даних, але він незручний для узагальнення цих даних і виявлення закономірностей їх розміщення у просторі.

Графічний спосіб дозволяє простими засобами геометрично моделювати закономірності просторового розподілу показника, що вивчається, шляхом побудови гірничо-геометричних графіків. Таким чином, в результаті розвідувальних робіт необхідно скласти геометричну модель, яка б наочно відображала закономірності просторового розміщення структурних якісних показників родовищ корисних копалин.

Гірничо-геометричні графіки розподіляють на структурні і якісні.

Структурними називають гірничо-геометричні графіки, які дають наочне просторове уявлення про форму, елементи і умови залягання, порушення і інших геометричних особливостях покладу.

Якісними називають гірничо-геометричні графіки, які дають наочне просторове уявлення про характер зміни якісних властивостей корисних копалин (наприклад, вміст корисних або шкідливих компонентів).

При складанні цих графіків в горизонтальній площині проєкцій їх називають *гірничо-геометричними планами*.

Структурні і якісні гірничо-геометричні графіки (плани) складають у міру того, як накопичуються фактичні дані про родовище в період його розвідки і експлуатації.

Складання гірничо-геометричних графіків і креслень за даними розвідки називають *геометризацією родовищ*.

В залежності від характеру початкової геолого-маркшейдерської інформації, а також поставлених задач, геометризацію родовищ розділяють на регіональну, детально-розвідувальну і експлуатаційну.

Регіональну геометризацію проводять з метою виявлення загальних питань структури регіону для виділення в регіоні районів, сприятливих для деталізації пошуків і розвідки. Початковими даними у цьому випадку є результати геологічної зйомки, дрібних і середніх масштабів, а також дані розвідувального структурного буріння.

Детально-розвідувальну геометризацію проводять для перспективних ділянок родовищ корисних копалин, яка включає складання структурно-геометричних карт, планів та розрізів.

Ці матеріали використовують для проектування нових розвідувальних виробок, а також стволів, штолень тощо.

Експлуатаційна геометризація є основою для правильного ведення і планування підготовчих, нарізних і очисних гірничих робіт.

На даній стадії геометризація виконується детально, а гірничо-геометричні графіки складають в крупних масштабах 1:2000 – 1:500.

Характерною особливістю складання цих графіків є те, що вони в міру накопичення нової геолого-маркшейдерської інформації систематично обновляються та уточнюються.

Таким чином, структурні і якісні гірничо-геометричні графіки відображають *ступінь вивченості родовища* на даний момент часу і дозволяють правильно і ефективно здійснити планування та проведення геологорозвідувальних і гірничих робіт.

Питання для самоперевірки

1. Яке основне призначення гірничо-геометричних графіків ?
2. Що називають попередньою розвідкою ?
3. Що називають детальною розвідкою ?
4. Назвіть основні задачі маркшейдерської служби при вивченні родовищ.
5. Що називають структурними графіками ?
6. Що називають якісними графіками ?
7. Що називають геометризацією родовищ ?
8. Що називають регіональною геометризацією ?
9. Що називають детально-розвідувальною геометризацією ?
10. Що називають експлуатаційною геометризацією ?
11. У яких масштабах складають гірничо-геометричні графіки ?

В результаті опанування навчальним матеріалом, який викладений у розділі, студент отримує загальні відомості і базові знання щодо маркшейдерських робіт, які супроводжують геологічну розвідку родовища корисної копалини. В сукупності із відповідними розрахунково-графічними роботами, які передбачені навчальним планом, студент має навчитись читати гірничо-геологічну документацію, отримувати з неї інформацію про умови залягання покладу, властивості корисної копалини і гірських порід.

РОЗДІЛ 3. ГЕОМЕТРИЗАЦІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Навчальна мета розділу – опанувати знаннями про сутність, призначення і методи геометризації родовищ корисних копалин. Розглядаються найбільш поширені методи вивчення геометричної будови покладів корисної копалини і їх властивостей. Наведені основні відомості про способи і методика побудови гірничо-геометричних графіків, що відображають геометрію покладу.

§7. Суть, задачі і методи геометризації

В процесі розвідки родовищ накопичується велика кількість даних, які характеризують умови залягання рудних тіл і фізико-хімічні властивості корисних копалин в окремих точках. Порівняна простота форм пластових родовищ дозволяє проводити всі побудови і розрахунки по обмеженій кількості розвідувальних точок.

Геометрична характеристика більш складних по формі і складу родовищ потребує, звичайно, більшого числа розвідувальних точок і вивчення більшого числа показників.

Що ж таке показник?

Будь-яка фізична, хімічна, геологічна, геометрична та інша властивість покладу або вміщуючих порід, яку можливо безпосередньо або побічно виміряти, визначити і виразити числом називають показником, або ознакою надр. Наприклад потужність, об'ємна вага, елементи залягання, глибина, вологість, шкаруватість, тріщинуватість тощо. Всі показники умовно розподіляють на *структурні* та *якісні*. Перші характеризують умови залягання і форму родовищ, інші – якість мінеральної сировини, умови її пореробки.

Будь-який показник отримують під час розвідки родовищ і уточнюють під час експлуатації.

Дані розвідки представляють у вигляді графіків і креслень. Складання гірничо-геометричних графіків і креслень за даними розвідки називають геометризацією родовищ.

Усі гірничо-геометричні графіки розподіляють на структурні і якісні.

На структурних графіках зображають геометричні особливості покладу: форму його поверхні, потужність, глибину залягання тощо.

На якісних графіках зображують фізико-хімічні якості корисної копалини, розподіл корисних і шкідливих компонентів, об'ємної ваги, вологості тощо.

На практиці найбільш широкое застосування отримали такі два методи геометризації родовищ:

1. Метод геологічних розрізів;
2. Метод ізоліній.

Кожен з цих методів окремо не дає змоги зобразити усі особливості родовищ, тому ці методи часто доповнюються один одного.

Практично всі показники покладу мають свою функцію просторового розміщення. Ми ж вивчаємо просторове розміщення показників за окремими випадковими значеннями, тобто в розвідувальних точках або точках зйомки.

Значення функції розміщення будь-якого показника між точками виміру, як правило, нам невідоме. Тому під час геометризації приймають такі припущення:

- зміна показника між сусідніми точками виміру приймається прямолінійною;
- значення показника, виявленого тільки в одній із суміжних точок, розповсюджується на середину відстані між точками виміру (рис. 14).

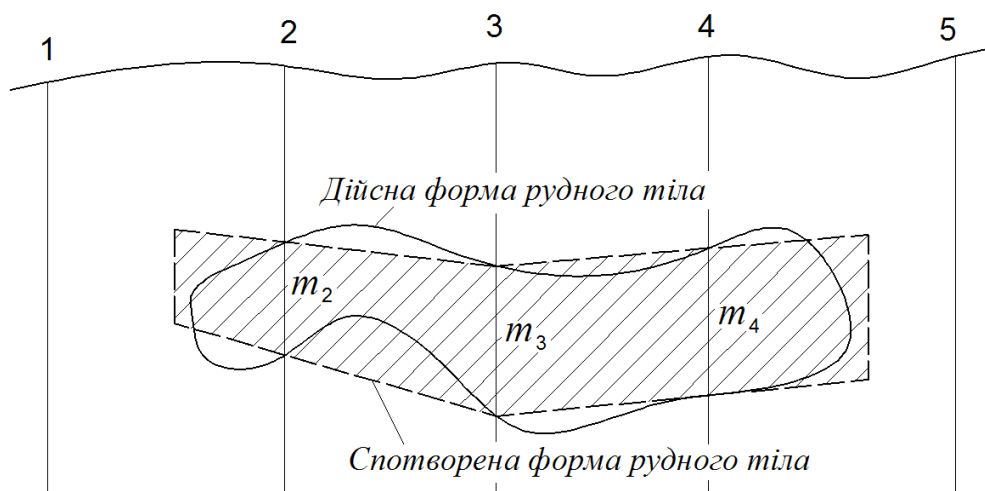


Рис. 14. Спотворення дійсної форми рудного тіла внаслідок лінійного розповсюдження показника

При таких припущеннях, окрім технічних похибок визначення показників, ми припускаємо також похибки *аналогії*, яка є наслідком розповсюдження вимірних величин показників на неосвітлену розвідкою частину покладу, що знаходиться між точками виміру.

§8. Метод геологічних розрізів

Структура будь-якої складності у першу чергу представляється системою вертикальних і горизонтальних геологічних січень (розрізів) по характерних напрямках.

В залежності від форми рудного тіла, його розмірів і методів розвідки, вибираються напрямки, за якими необхідно побудувати геологічні розрізи. Останні можуть бути вертикальними, горизонтальними і у довільному напрямку.

Частіше всього розрізи складають по тих лініях, по яких виконувалась розвідка.

Масштаби розрізів (вертикальний і горизонтальний) приймають, як правило, однаковими.

8.1. Побудова вертикального геологічного розрізу за даними розвідки

Нехай родовище розвідане вертикальними буровими свердловинами, розташованими по лініях. У процесі розвідки по кожній свердловині визначались (за керном) перебудрені породи, їх потужність й інші дані. За результатами зйомки визначені координати X , Y , Z усть кожної свердловини. По координатах X , Y усть свердловини наносять на план відповідного масштабу (рис. 15,*a*).

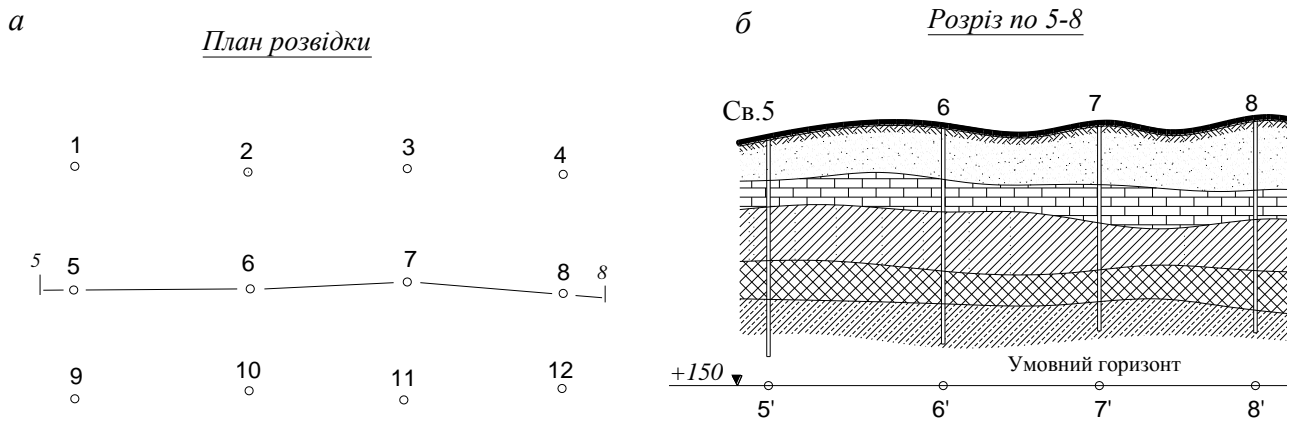


Рис. 15. До побудови вертикального геологічного розрізу

Необхідно побудувати геологічний розріз, наприклад за лінією свердловин 5–8 (рис. 15,*a*). Побудову вертикального геологічного розрізу звичайно починають з побудови профілю місцевості.

Для цього на аркуші паперу спочатку викреслюють лінію умовного горизонту (рис. 15,*б*), уздовж якої у вибраному горизонтальному масштабі помічають точки 5', 6', 7', 8', відстань між якими визначають за планом (рис. 15,*a*). Від цих точок вгору у прийнятому вертикальному масштабі відкладають перевищення устя кожної свердловини над лінією умовного горизонту, що відповідає різниці відміток усть свердловин і лінії умовного горизонту. Так, наприклад, якщо відмітка устя свердловини №5 дорівнює 173,0, а відмітка лінії умовного горизонту прийнята +150,0 м, то від точки 5' вгору необхідно відкласти відрізок довжиною 23 м. Таку ж операцію проводимо і з іншими свердловинами. З'єднавши послідовно прямими лініями устя суміжних свердловин, отримаємо профіль місцевості за лінією розрізу.

Потім від устя кожної свердловини, вниз послідовно відкладають вертикальні потужності m_b , зустрінутих даною свердловиною порід і корисних копалин, після чого точки, які відповідають одноіменним контактам в суміжних свердловинах, з'єднують прямими або плавними кривими лініями і умовними знаками зображують гірські породи і корисні копалини.

8.2. Побудова горизонтального геологічного розрізу

Горизонтальні розрізи звичайно будують на рівні відміток експлуатаційних горизонтів гірничих робіт при розробці свити пластів або жил.

Для побудови горизонтального геологічного розрізу необхідно, щоб на даному горизонті були проведені відповідні гірничі виробки (квершлагаи, штреки, орти, бурові свердловини).

Побудову такого розрізу починають з нанесення на план гірничих виробок (рис. 16). У даному прикладі штрек пройдений по пласту k_1 , а квершлагами виявлене згідне залягання порід. Тому для побудови геологічного розрізу, у даному випадку, достатньо від штрека вздовж кожного квершлага послідовно відкласти горизонтальні потужності m_2 зустрінутих ними порід і відповідно з конфігурацією штрека провести плавні лінії, які з'єднують одноіменні контакти порід, зафіксованих у квершлагах.

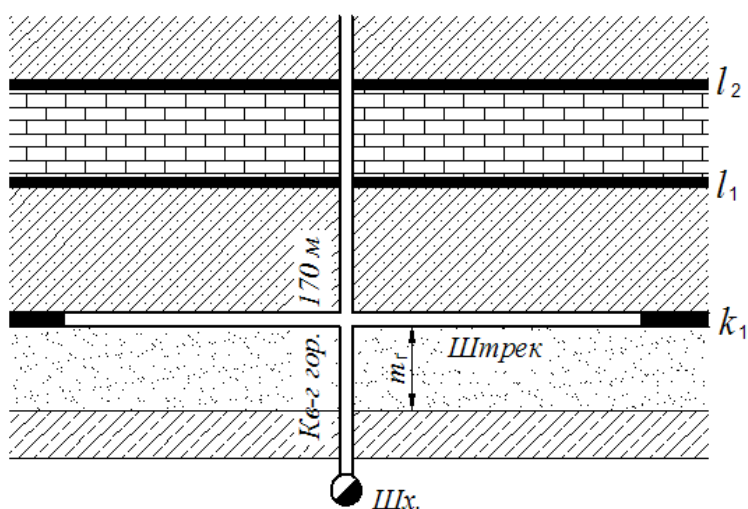


Рис. 16. Горизонтальний розріз кам'яновугільних порід (гор. 170 м)

При розвідці рудних тіл складної форми на заданому горизонті проходять штреки, квершлагаи, орти або горизонтальні свердловини (рис. 17). Побудова розрізу нічим не відрізняється від попереднього прикладу.

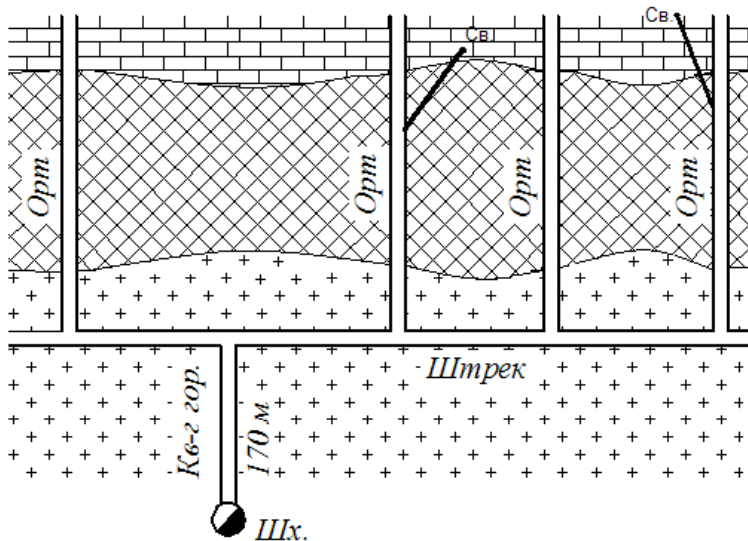


Рис. 17. Горизонтальний геологічний розріз рудного покладу (гор. 170 м)

Геологічні розрізи є важливими гірничо-геометричними графіками, оскільки вони дають наочну уяву про форму і величину рудних тіл і про геологічну обстановку, у якій залягають ці тіла. Кількість розрізів та їх орієнтування кожного разу залежить від складності форми рудних тіл і від способу їх розвідки.

§ 9. Метод ізоліній

Геометризація родовищ методом ізоліній заснована на тих же принципах, як і зображення рельєфу земної поверхні горизонталями. Горизонталь – це плавна лінія, яка з'єднує точки поверхні землі, що мають однакові висотні відмітки (висоти відносно якогось початку), тобто лінії однакових висот або *ізолінії висот*.

Припустимо, що ми маємо відмітки деяких точок, що лежать не на поверхні землі, а на поверхні лежачого або висячого боку рудного тіла. Очевидно, користуючись відмітками цих точок, ми можемо зобразити поверхню рудного тіла, як поверхню землі – горизонталями.

Припустимо тепер, що нам відомі не відмітки, а вертикальні потужності покладу у деяких точках. Потужність у даному випадку можливо представити як деяку висоту і користуючись методом ізоліній, графічно зобразити її зміну по площі.

Ізолініями можливо також зобразити розподіл по площі будь-якої властивості корисних копалин, у зв'язку з чим цей метод знайшов широке застосування при геометризації корисних копалин.

Розглянемо побудову деяких графіків ізоліній, які частіше усього використовують в гірничій справі.

9.1. Побудова гіпсометричного плану пластового покладу

Гіпсометричний план покладу відносять до структурних графіків і він повинен давати повну уяву про форму і величину покладу, а також його положення у просторі у визначених межах.

Для цього поверхню покладу зображають як поверхню землі горизонталями, які у даному випадку називають *ізогіпсами*, а сам графік – гіпсометричним планом поверхні висячого або лежачого боку покладу.

Щоб зобразити форму, величину та просторове положення пластового покладу, який має постійну потужність, очевидно достатньо побудувати гіпсометричний план лежачого або висячого боку покладу. Для цього необхідно мати відмітки деяких точок, що лежать на цій поверхні.

У процесі розвідки по кожній свердловині визначають вертикальні потужності зустрінутих порід і корисної копалини. За цими даними легко визначити глибини залягання h кожної породи, у тому числі і лежачого (висячого) боку пласта, гіпсометричний план якого необхідно побудувати.

Побудову гіпсометричного плану починають з нанесення усть розвідувальних виробок по координатах X , Y (рис. 18). Біля кожної виробки

виписують відмітки поверхні поклада $Z_{пл.}$, гіпсометричний план якої необхідно побудувати

$$Z_{пл.} = Z_{уст.} - h,$$

де $Z_{уст.}$ – відмітка устя свердловини; h – глибина до поверхні поклада (пласта).

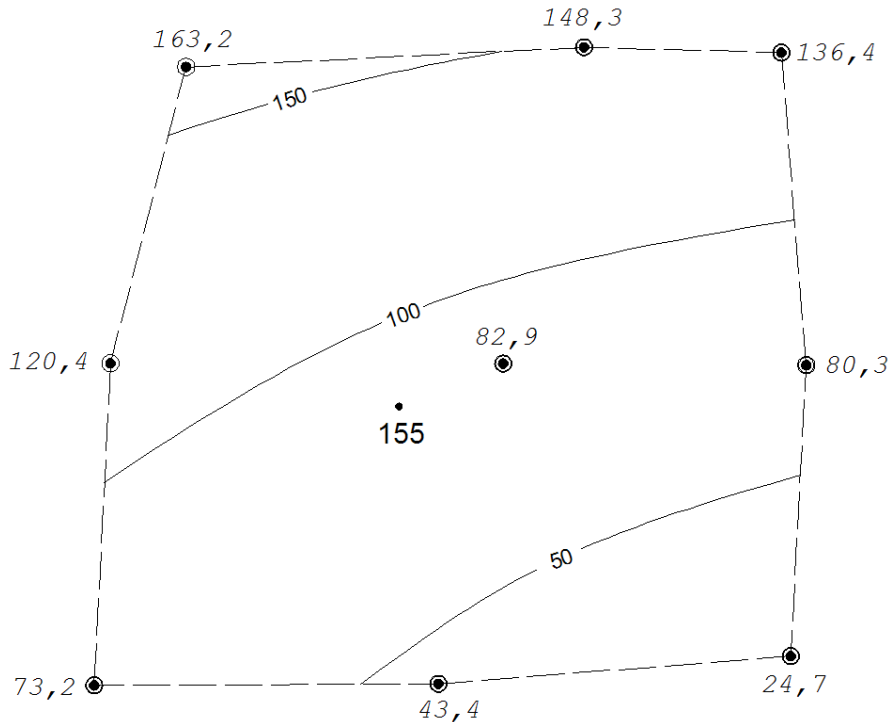


Рис. 18. До побудови гіпсометричного плану поверхні пластового поклада

Маючи відмітки точок поверхні поклада, по усім розвідувальним виробкам звичайним інтерполюванням знаходять точки з відмітками, кратними прийнятій висоті перерізу, що вибирається в залежності від форми поверхні пласта та кута його падіння. Так, наприклад, у Підмосковному вугільному басейні, де пласти залягають практично горизонтально, висоту приймають рівною 1 м. У Донецькому басейні висоту перерізу приймають рівною 50 м (інколи 10...20 м).

З'єднавши плавними лініями –ізогіпсами точки з однаковими відмітками, отримують гіпсометричний план.

9.2. Практичне значення гіпсометричних планів

Гіпсометричні плани найкраще характеризують просторове положення і елементи залягання поклада.

Користуючись гіпсометричним планом, можливо вирішити (розв'язати) такі задачі:

1. Ізогіпси дають чітку якісну характеристику зміни простягання поверхні поклада. Дирекційний кут простягання поклада α в будь-якій точці A на його поверхні дорівнює дирекційному куту напрямку дотичної до ізогіпси, що

проходить через дану точку. Кут α можливо виміряти графічно на плані (рис. 19,а).

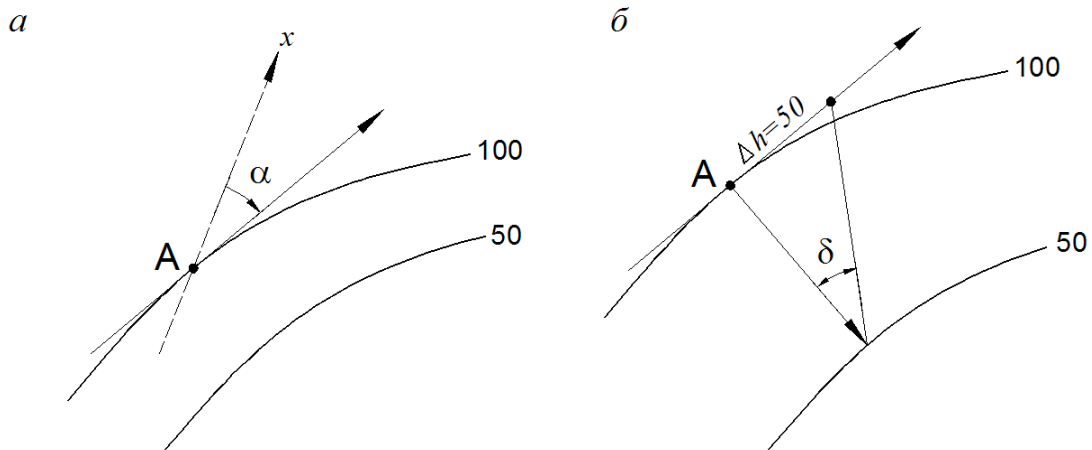


Рис. 19. Елементи залягання покладу

2. За допомогою ізогіпс графічно можливо визначити кут падіння δ поверхні покладу у будь-якій його точці (рис. 19,б).

3. На суміщеному гіпсометричному плані лежачого і висячого боків можливо визначити вертикальну і горизонтальну потужності покладу у будь-якій точці. Вертикальна потужність покладу у заданій точці плану дорівнює різниці гіпсометричних відміток даної точки на висячій і лежачій поверхнях покладу. Горизонтальна потужність покладу у даній точці поверхні висячого боку в заданому напрямку дорівнює відстані від цієї точки по заданому напрямку до точки перетину з одноіменною ізогіпсою поверхні лежачого боку.

4. Сполучивши (поєднавши) гіпсометричний і топографічний плани, можливо визначити глибину залягання в будь-якій точці покладу з виразу:

$$h = Z_n - Z_e,$$

де Z_n – відмітка точки на поверхні землі; Z_e – гіпсометрична відмітка цієї ж точки на поверхні висячого боку покладу.

5. За гіпсометричним планом можливо побудувати вертикальні розрізи покладу у будь-якому напрямку. Замкнуті ізогіпси висячого і лежачого боків покладу являють собою лінії горизонтальних перерізів покладу.

6. Гіпсометричні плани використовують для раціонального проектування розвідувальних робіт, а також при підрахунку запасів родовищ корисних копалин.

7. Гіпсометричні плани використовують для визначення раціонального місця закладки шахтних стволів і визначення планового положення штреків, які проводять по пласту.

8. Гіпсометричні плани дають наочну уяву про характер і форму тектонічних порушень, які є на даній ділянці. По них визначають напрямок і довжину виробок на суміжну – зміщену частину покладу, а також складають прогнози розповсюдження порушення на сусідні пласти тощо.

9.3. План ізопотужностей покладу

При вирішенні задач, які пов'язані з характеристикою і використанням потужності покладу, виникає потреба у додаткових розрахунках і побудовах. Для вирішення таких задач зручно користуватись спеціальним структурним графіком – планом покладу в ізопотужностях. Ці плани дають наочну уяву про зміну потужності в плані і дозволяють визначити її у будь-якій точці без додаткових побудов.

При складанні плану ізопотужностей проводять заміну тіла покладу, обмеженого з висячого і лежачого боків топографічними поверхнями (рис. 20,*a*), більш простим тілом, обмеженим з висячого боку умовною топографічною поверхнею, а з лежачого боку – площиною (рис. 20). Ця площина служить площиною проєкції, на яку «осаджують» поклад.

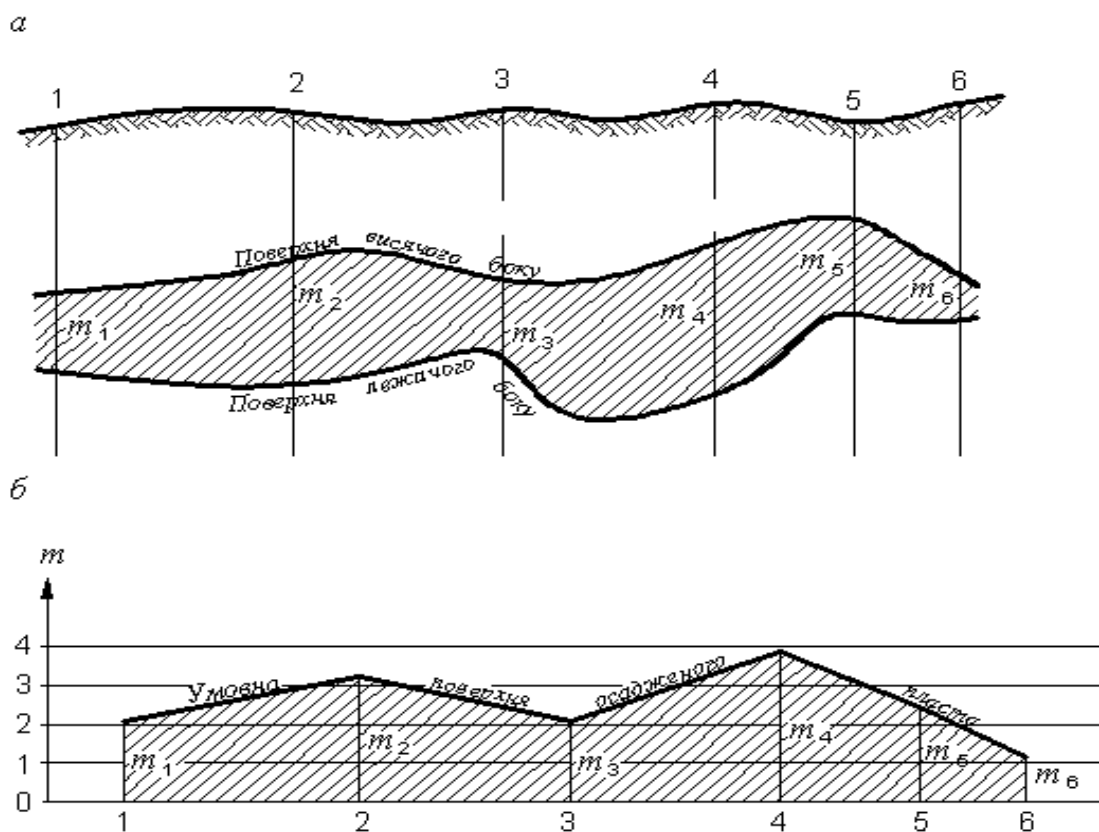


Рис. 20. Схема до побудови ізопотужностей

«Осадження» частіше проводять на горизонтальну площину або на вертикальну – у залежності від кута падіння покладу.

Інколи з метою менш спотвореного зображення «осадження» проводять на похилу площину, елементи залягання якої приблизно дорівнюють середньому простяганню і падінню покладу.

При «осадженні» покладу на горизонтальну площину використовують вертикальну потужність, на вертикальну площину – горизонтальну потужність, на похилу площину – нормальну потужність.

В результаті «осаджування» отримують умовну топографічну поверхню,

яка обмежує поклад зверху.

Графіки і плани ізопотужностей можливо побудувати безпосереднім або побічним способом.

Безпосередній спосіб полягає в побудові шляхом інтерполяції величини потужностей аналогічно побудові ізогіпс.

Побічний спосіб побудови ізоліній потужності полягає у графічному відніманні від поверхні висячого боку покладу поверхні лежачого боку.

План ізопотужностей дозволяє шляхом лінійної інтерполяції визначити потужність покладу в будь-якій точці плану, дозволяє підрахувати запаси в об'ємній мірі, визначити об'єм проектних або виконаних робіт, встановити нульовий контур або контур промислової потужності покладу тощо.

9.4. План ізоглибин залягання покладу

Ізоглибинами називають лінії однакових вертикальних глибин від земної поверхні до висячого боку покладу.

Глибину залягання h покладу можливо вважати як вертикальну потужність товщі вищелижачих гірничих порід. Користуючись положеннями, викладеними у попередньому параграфі, можливо стверджувати, що план ізоглибин являє собою графічне зображення поверхні «осадженої» на горизонтальну площину проєкції товщі порід, які покривають поклад. Плани ізоглибин можливо побудувати безпосереднім і побічним способами.

Так, якщо по кожній розвідувальній виробці відома глибина від поверхні землі до висячого боку покладу, план ізоглибин будують так само, як і план ізопотужностей. При цьому глибину розглядають як потужність покриваючих порід.

Якщо ж поверхня висячого боку попередньо зображена ізогіпсами, а поверхня землі горизонталями, то наклавши їх одна на одну, у точках перетину горизонталей з ізогіпсами можливо обчислити різницю відміток двох поверхонь і результат приписати біля цих точок. Тепер залишається з'єднати точки з однаковими значеннями (глибинами) плавними лініями – ізоглибинами і таким чином отримати план ізоглибин. План ізоглибин разом з планом вертикальних ізопотужностей дозволяє визначити значення коефіцієнту розкриття для різних горизонтів і на їх основі встановити раціональну глибину розробки родовища відкритим способом, обрахувати об'єми розкривних робіт.

Користуючись планами ізоглибин, ізопотужностей і техніко-економічними розрахунками, встановлюють границю відкритих розробок.

9.5. Плани ізоліній якісних властивостей корисної копалини

Для оцінки родовища, а також для раціонального планування і проведення гірничих робіт, нарівні з виявленням форм і умов залягання покладу корисної копалини необхідно вивчити і її якісні характеристики. До якісних характеристик корисної копалини відносять хімічні і фізичні властивості, а також кількісне розміщення в ній корисних і шкідливих

компонентів.

Якість руди, в основному, характеризується вмістом в ній металу й інших корисних компонентів, а також її технологічними властивостями.

Якість вугілля визначають вмістом у ньому вуглецю і летючих речовин, а також вмістом шкідливих елементів (сірки, фосфору).

Якість вапняку, доломітів, маргелю, що служать сировиною для виробництва цементу, характеризується гідравлічним M , силікатним S , залізним F модулями.

Якість мінеральної сировини багато у чому залежить від хімічних, фізичних і технологічних властивостей, що у сукупності з гірничо-геологічними умовами залягання покладів визначає промислову цінність родовища. Цінність родовища підвищується, якщо у покладі виявлено два або більше корисних компоненти.

Сукупність робіт, що пов'язані із виявленням якісних особливостей і їх кількісної характеристики, а також з графічним зображенням закономірностей їх розподілу, називають геометризацією якісних властивостей родовища.

Процес геометризації якісних властивостей складається з таких етапів:

- а) випробування родовища із складанням геолого-маркшейдерської документації;
- б) математична обробка кількісних показників результатів випробування;
- в) побудова графіків, що зображають розподіл компонентів у корисній копалині.

Ізолінії якісних властивостей, наприклад вмісту металу в руді, звичайно будують в горизонтальній площині проєкцій і тому вони називаються планами ізоліній якісних властивостей.

Для складання плану ізовмісту, на нього наносять усі точки спостережень за координатами X , Y . Біля цих точок спостережень виписують середні значення металу в руді і лінійним інтерполюванням знаходять точки з відмітками, кратними заданому перерізу ізоліній.

З'єднавши плавними лініями точки з однаковими відмітками, отримують ізолінії середнього вмісту металу в руді на всій площі. На такому плані можливо провести оконтурювання покладу по заданому середньому або мінімальному бортовому вмісту, а також намітити ділянки з невеликим вмістом металу в руді для залишення їх як ціликів.

У деяких випадках необхідне складання гріфіків вмісту шкідливих компонентів. Їх побудова аналогічна побудові графіків корисних компонентів.

§10. Короткі відомості про тектонічні порушення

Поклади корисних копалин і вміщуючих порід під дією тектонічних сил піддаються різноманітним деформаціям. Зміни елементів залягання покладу і вміщуючих порід, які при цьому проходять, називають *тектонічними порушеннями* або *дислокаціями*.

Тектонічні порушення за своїм характером розподіляють на складчасті (плікативні) і розривні (диз'юнктивні).

Складчастими називають такі порівняно плавні порушення, при яких окремі шари або свити пластів разом з покладом піддаються пластичним вигинаючим деформаціям без розриву суцільності.

Розривними називають такі дуже виражені зональні порушення, в результаті яких відбувається розрив суцільності покладів, а також переміщення окремих його частин (блоків) одного відносно іншого. Таке розривне порушення, називають *диз'юнктивним*. Іншим видом проявлення розривного порушення є тріщинуватість масиву гірських порід, яка має дуже широке розповсюдження.

10.1. Геометризація складчастих структур

Складки мають форму складних топографічних поверхонь. Але на окремих обмежених ділянках їх можливо представити у вигляді тіл, що складаються з окремих геометричних елементів (рис. 21).

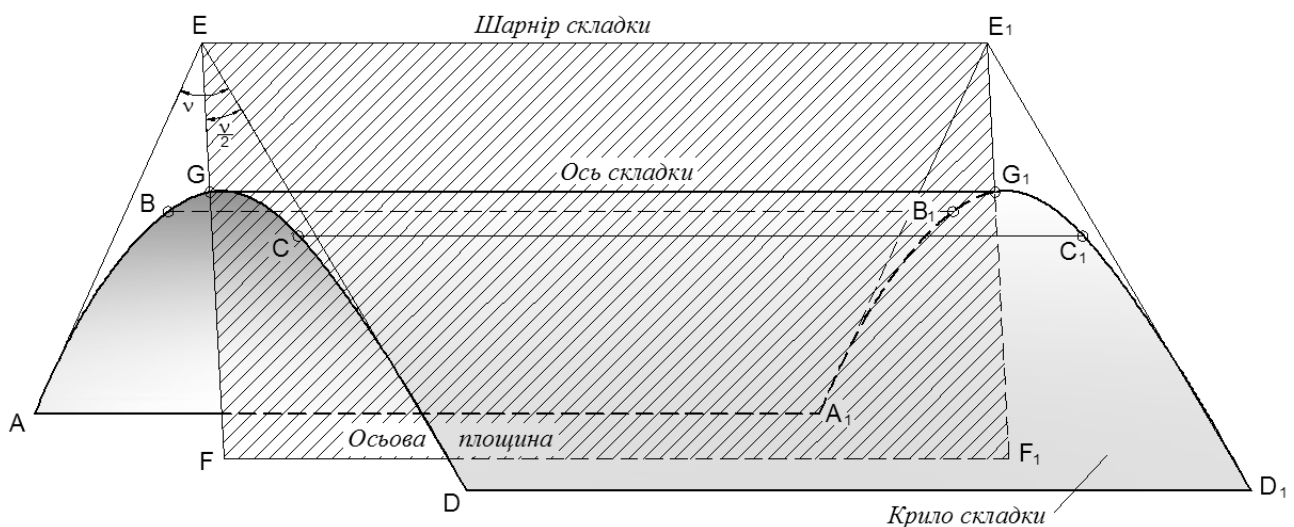


Рис. 21. Геометричні елементи складки

Крила складки – це бокові частини ABB_1A_1 і DCC_1D_1 , поверхня яких близька до площини;

замок складки – це криволінійна поверхня $CC_1G_1B_1BGC$, по якій проходить перехід від одного крила до іншого;

ядро складки – простір, що знаходиться між крилами складки (всередині складки);

шарнір складки – це лінія перетину EE_1 площин крил складок;

кут складки – це двогранний кут V між площинами крил складки;

осьова площина – це площина FEE_1F_1 , яка проходить через бісектрису кута V ;

вісь складки – це лінія GG_1 перетину осьової площини із замком складки.

В окремому випадку, коли крила складки перетинаються, вісь і шарнір складки співпадають. Таку складку називають шарнірною.

Оскільки причини і процеси складкоутворення земної кори різноманітні, то форми складок бувають різними. Форми складчатих структур класифікують за наступними основними ознаками:

1) за взаємним розташуванням шарніру і крил, розрізняють антиклінальні і синклінальні складки (рис. 22.);

антиклінальною 1 називають складку, у якої крила падають від шарніру (осі);

синклінальною 2 – у якої крила падають до шарніру;

2) за формою поверхні замка, розрізняють циліндричні, конічні і шарнірні складки;

3) за кутом нахилу шарніру (осі) складки до горизонту, розрізняють горизонтальні, похилі, вертикальні складки;

4) за кутом нахилу осьової поверхні до горизонту, розрізняють складки прямі, косі, перекинуті, лежачі;

5) за величиною кута V , розрізняють складки нормальні ($0^\circ < V < 180^\circ$), ізоклінальні ($V \approx 0^\circ$) і віялоподібні, у яких ядро і шарнір розташовані по один бік відносно замка складки.

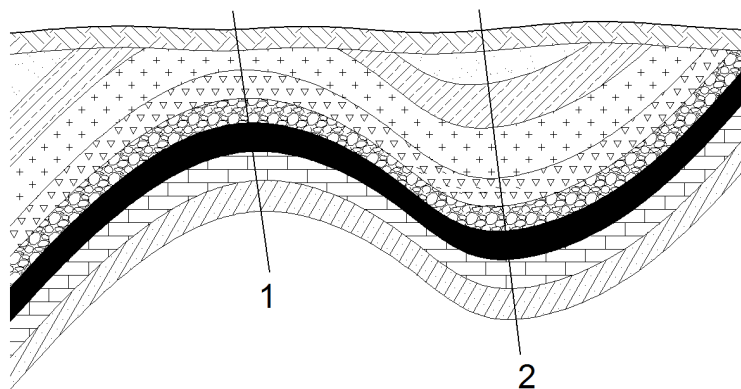


Рис. 22. Антиклінальна і синклінальна складки у вертикальному розрізі

При геометризації складчастих структур, форма, розмір і положення складки в надрах характеризується її геометричними параметрами. До них відносять розміри складки та елементи її залягання.

Довжиною складки називають відстань уздовж осьової лінії між точками одного і того ж стратиграфічного горизонту на протилежних кінцях складки.

Шириною або горизонтальним розмахом складки називають відстань між осьовими лініями двох сусідніх антикліналей або синкліналей.

Висотою або вертикальним розмахом складки, називають відстань по вертикалі між замком антикліналі і замком суміжної з нею синкліналі одного і того ж шару.

Елементами залягання складки є: азимут (дирекційний кут) простягання осі (шарніру) складки, кут падіння крил, шарніру (осі) складки і осьової площини, а також кут складки V .

Складчасті порушення шарів досить наочно зображаються на гіпсометричних планах і вертикальних розрізах.

10.2. Геометричні елементи і параметри розривних порушень

Під розривним порушенням розуміють результат тектонічних напружень, при якому гірничі породи розірвані по деякій поверхні на окремі блоки і зміщені відносно один одного.

Розрив суцільності товщі гірських порід і переміщення однієї частини їх відносно іншої відбувається по тріщині зміщення, яку називають *зміщувачем* (рис. 23).

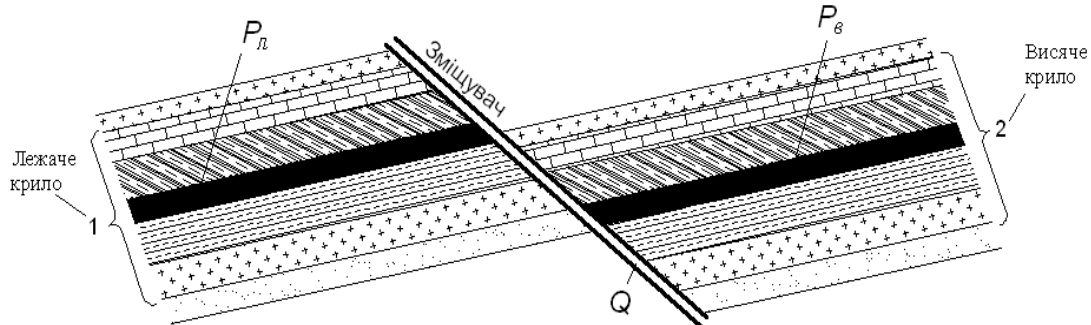


Рис. 23. Вертикальний розріз розривного порушення:
1 – лежаче крило; 2 – висяче крило

Зміщувач є одним із основних елементів розривного порушення. Частину зміщених порід, яка прилягає до лежачого боку, тобто знизу зміщувача, називають *лежачим крилом* (1). Другу частину, що прилягає до висячого боку, тобто зверху зміщувача, називають *висячим крилом* (2).

Взаємне розташування частин покладу, що змістилися, можливо охарактеризувати трьома площинами, які перетинаються (рис. 24.):

- площиною зміщувача Q ;
- площиною висячого крила P_v ;
- площиною лежачого крила P_l .

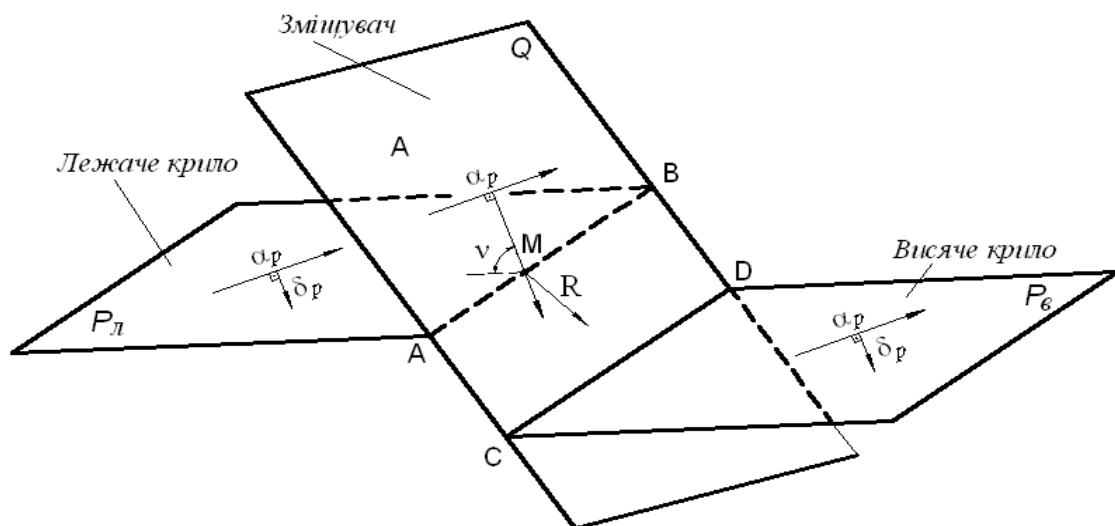


Рис. 24. Геометрична схема розривного порушення

Лінії перетину AB і CD площин лежачого і висячого крил з площиною зміщувача Q , називають лініями схрещення.

Зміщувач і крила (блоки) пластів називають *елементами зміщення* (порушення). При цьому допускають, що крила і зміщувач є площинами, а крила при цьому паралельні одне одному.

Зміщення пласта у даній точці характеризується двома показниками – формою і величиною відносного переміщення, яку називають амплітудою. Форма зміщення визначається видом схрещення зміщення і крил, а також напрямком відносно переміщення крил R . При визначенні напрямку відносно переміщення крил умовились вважати за нерухоме *лежаче крило*. При такому допущенні більшість диз'юнктивів, що зустрічаються у природі, за напрямком відносно переміщення висячого боку можливо розділити на два типи – *підкиди* і *скиди*, а за кутом диз'юнктиву V , у свою чергу, у кожному типі виділити два види – *тупокутні* і *гострокутні* (рис. 25.).

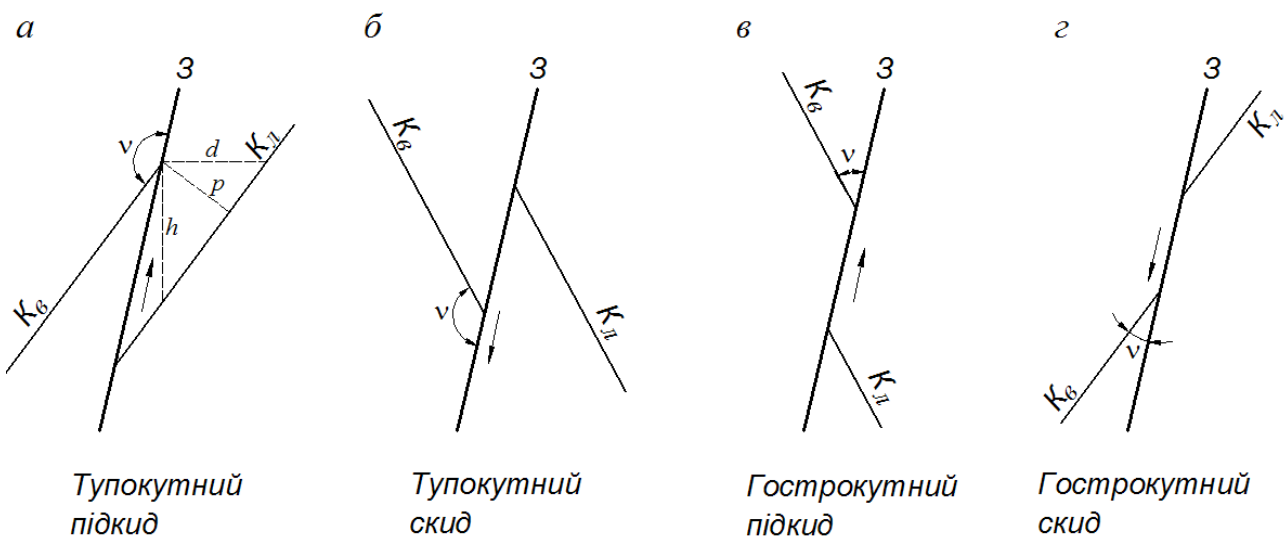


Рис. 25. Геометрична класифікація порушень за І.М. Ушаковим

Необхідно зазначити, що тупокутні підкиди і скиди в плані характеризуються перекриттям (подвоєнням) пласта, а гострокутні – розтягненням.

Практично всі проміжні і граничні форми диз'юнктивів встановлені за спостереженнями геометричних параметрів, укладаються в наведені вище чотири форми (групи).

На рис. 25,а показані амплітуди d , p і h диз'юнктива по усіх характерних напрямках у площині розрізу.

Питання для самоперевірки

1. Які методи геометризації родовищ найбільш широко застосовуються на практиці?
2. Розкрийте сутність методу геологічних розрізів.
3. Розкрийте сутність методу ізоліній.
4. За якими даними відбудовується вертикальний геологічний розріз покладу корисної копалини?
5. Яку інформацію про гірські породи и корисну копалину несуть геологічні розрізи?
6. Назвіть способи і сформулюйте основні принципи побудови гіпсометричного плану пластового покладу.
7. Назвіть приклади задач, які вирішуються на гіпсометричному плані.
8. Назвіть способи і сформулюйте основні принципи побудови плану ізопотужностей покладу.
9. Які властивості корисної копалини відносяться до якісних і як вони зображуються графічно?
10. Назвіть геометричні елементи розривних порушень ?
11. У чому полягає геометрична класифікація тектонічних порушень ?
12. Що називають висячим крилом розривного порушення ?
13. Що називають лежачим крилом розривного порушення ?
14. Що називають елементами зміщення ?

На основі викладеного в розділі матеріалу за умови супроводження його відповідними лабораторними та розрахунково-графічними роботами студент має отримати певні навички з побудови гірничо-геометричних графіків і вирішення за їх допомогою різноманітних задач, що забезпечують технологію і безпеку відробки корисної копалини.

РОЗДІЛ 4. ПІДРАХУНОК ЗАПАСІВ ТВЕРДИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Матеріал розділу має своєю метою ознайомити студента з методикою і способами оцінки кількості корисної копалини з урахуванням якісного складу. Значна увага приділена класифікації запасів і їх категоріям.

§ 11. Загальні питання підрахунку запасів

Під поняттям „запаси” корисної копалини розуміють вагову або об’ємну кількість корисної копалини, її компонентів та характеристики форми і умов залягання родовища і умови проведення гірничих робіт.

Підрахунком запасів визначають кількість мінеральної сировини в надрах.

Усі розвідані запаси корисних копалин в надрах підлягають обов’язковій перевірці і затвердженню Державною Комісією України по запасах (ДКУЗ).

Комісія по запасах є *вищим державним органом* з перевірки, визначення (підрахунку) і затвердження запасів усіх видів корисних копалин. Рішення даної комісії є обов’язковим для всіх установ, організацій і підприємств, які ведуть геологорозвідувальні та гірничо-видобувні роботи незалежно від їх галузевого підпорядкування.

Фінансування підприємств, що зайняті розвідкою або експлуатацією родовища, здійснюється тільки при наявності протоколу – рішення ДКУЗ про затвердження запасів корисних копалин по даному родовищу.

Підрахунок запасів проводять на кожній стадії розвідки і експлуатації родовища.

Запаси корисних копалин підраховують при наявності їх в надрах без урахування втрат при видобутку, збагаченню й переробці.

Склад і властивості корисної копалини визначають у їх природному стані. Запаси супутніх корисних компонентів також підлягають обліку незалежно від випробування і подальшої переробки.

Запаси корисних копалин (руда, вугілля) виражають в тонах, запаси природних будівельних матеріалів (пісок, глина, камінь тощо) – в кубічних метрах.

Для руд чорних металів (залізо, марганець, ванадій, хром), окрім їх вагової кількості, визначають і вказують в процентах середній вміст в них металу.

Для руд кольорових металів (мідь, цинк, свинець тощо), окрім запасів руди, підраховують і запаси металу в тонах.

Запаси благородних металів (золото, срібло, платина) виражають в кілограмах.

11.1. Класифікація розвіданих запасів корисної копалини

З метою встановлення єдиних принципів підрахунку і обліку запасів, визначення їх вивченості і підготовленості до розробки державною комісією по

запасах розроблені відповідні нормативні документи з класифікації запасів для окремих видів мінеральної сировини.

Усі запаси даної корисної копалини, що виявлені на тій чи іншій ділянці геологічної розвідки, називають *геологічними*.

До них включають запаси даної корисної копалини по всіх пластах, жилах, лінзах тощо незалежно від потужності, умов залягання і якості корисної копалини.

Незважаючи на вид сировини, геологічні запаси класифікують за трьома ознаками:

- народногосподарському значенні;
- ступенем розвіданості (вивчення);
- готовності до промислового освоєння.

За народногосподарським значенням запаси корисних копалин розподіляють на дві групи, що підлягають окремому обліку.

Балансові – це запаси, які при існуючому рівні техніки видобутку і переробки в даних економічних умовах району родовища можуть бути рентабельно використані в народному господарстві з дотриманням вимог з раціонального використання надр і охорони навколишнього середовища.

Забалансові – це запаси, використання яких згідно затверджених кондицій у теперішній час економічно недоцільно або технічно і технологічно неможливо, але які можуть бути у майбутньому переведені до балансових.

Кондиції на мінеральну сировину являють собою сукупність вимог до якості корисних копалин і гірничо-геологічних умов, дотримання яких дозволяє правильно розподіляти запаси на балансові і забалансові. Кондиції по кожному родовищу встановлюють на підставі техніко-економічних розрахунків.

За ступенем розвіданості (вивченості) запаси підрозділяють на розвідані категорій *A, B, C₁*; попередньо оцінені – категорії *C₂*.

До категорії *A* відносять запаси, що детально розвідані і вивчені з повним з'ясуванням форми, умов залягання, якості тощо та оконтурені свердловинами або гірничими виробками.

До категорії *B* відносять запаси, що розвідані і вивчені з детальністю, яка забезпечує з'ясування основних особливостей умов залягання, форми, якості тощо. Контур цих запасів визначають за розвідувальними виробками і обмеженою зоною екстраполяції.

До категорії *C₁* відносять запаси, умови залягання яких, форма і будова тіл та якість вивчені у загальних рисах. Контур запасів визначають на основі розвідувальних виробок і екстраполяції за геологічними і геофізичними даними.

До категорії *C₂* відносять запаси, що попередньо оцінені і визначені за геологічними і геофізичними даними, або по аналогії з вивченими ділянками. Контур цих запасів приймають у межах геологічно сприятливих структур і комплексів гірських порід.

Умови віднесення запасів до тієї чи іншої категорії визначаються за нормативними документами ДКУЗ для окремих видів корисних копалин.

За готовністю до промислового освоєння, ступенем підготовленості до

видобутку запаси родовищ розподіляють на *початкові, промислові, розкриті, підготовлені й готові до виїмки*.

11.2. Класифікація промислових запасів за ступенем їх готовності до видобутку

Початковими балансовими запасами, які підлягають обліку на діючих гірничих підприємствах, є затверджені ДКУЗ балансові запаси у межах гірничого відводу та прийняті проектом розробки родовища. Крім того, проектом розробки родовища передбачаються втрати, тобто безповоротне залишення в надрах деякої частини балансових запасів.

До проектних втрат відносять такі:

а) втрати в охоронних ціликах (під будівлями, спорудами, в бар'єрних ціликах, в ціликах, що служать для охорони капітальних гірничих виробок);

б) втрати через несприятливі геологічні і гідрогеологічні умови (обводненість, складна форма залягання тощо);

в) експлуатаційні втрати у межах встановлених нормативів для різних умов та систем розробки.

Промисловими запасами називають ту частину початкових балансових запасів, яку повинно видобути з надр до повної відробки родовища. Отже промислові запаси отримують шляхом виключення з початкових балансових запасів проектних втрат.

На діючих рудниках (шахтах) промисловості запаси за ступенем їх готовності до видобутку розподіляють на різні категорії у залежності від виду мінеральної сировини і способу розробки родовища.

Для віднесення цих запасів до різних категорій керуються відомчими інструкціями, складеними окремо для родовищ вугілля і сланців, рудних і нерудних родовищ, у яких багато чого спільного.

При підземній розробці родовищ промислові запаси за ступенем їх підготовленості до виїмки поділяються, в основному, на розкриті, підготовлені й готові до виїмки.

Розкриті – це запаси родовища, або його частини, які знаходяться вище горизонту підсічки капітальними розкриваючими виробками, з яких передбачено проведення підготовчих гірничих виробок.

На рис. 26 зображені ділянки розкритих і нерозкритих запасів у вертикальному розрізі на рудних родовищах.

Підготовлені – це запаси корисної копалини на ділянках, де пройдені усі підготовчі виробки згідно проекту і прийнятої системи розробки та які дають можливість розпочати проведення нарізних виробок.

Готові до виїмки – це частина підготовлених запасів у межах виймальних ділянок, де проведені всі підготовчі й нарізні виробки, які необхідні для проведення очисних робіт у повній відповідності з вимогами правил технічної експлуатації.

У відомчих інструкціях наводиться конкретний перелік підготовчих і нарізних виробок, які повинні бути пройдені при усіх системах і їх варіантах

розробки для віднесення запасів блоків або їх частин до категорії підготовлених або готових до виїмки.

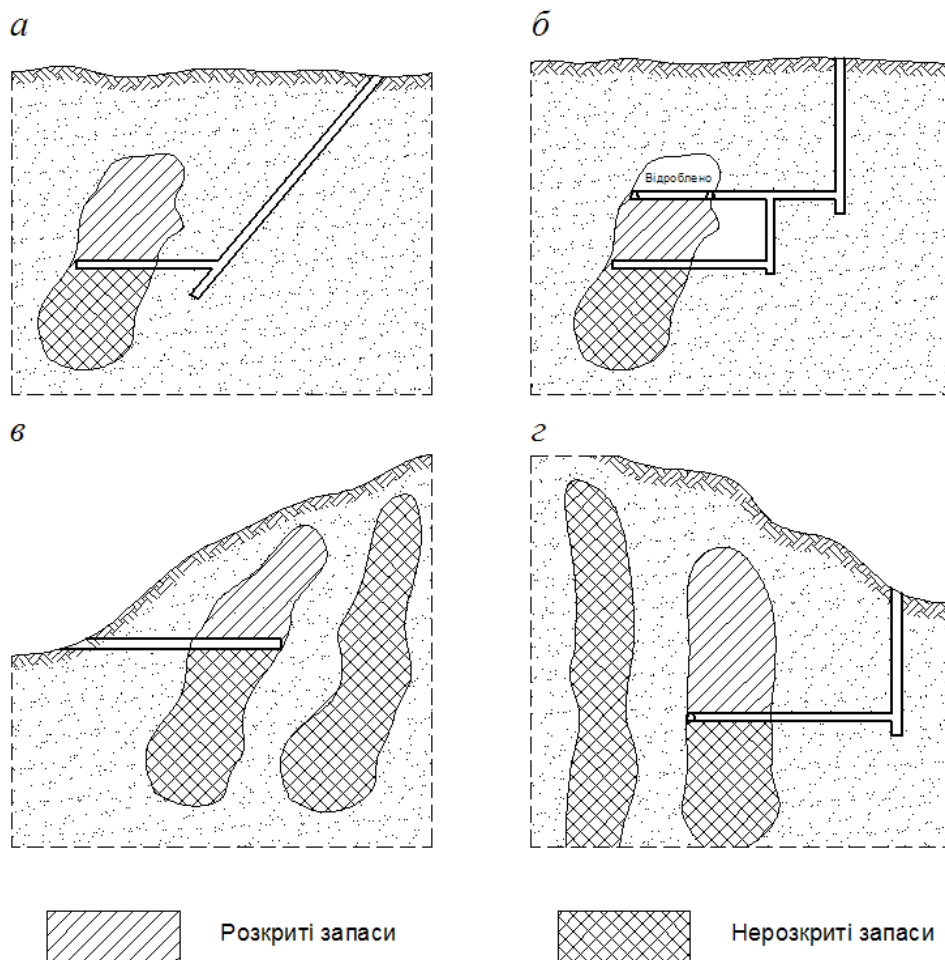


Рис. 26. Ділянки розкритих і нерозкритих запасів для різних варіантів розкриття рудних родовищ: а) похилою шахтою і квершлагом; б) сліпою шахтою; в) штольнею; г) вертикальною шахтою і квершлагом

При поточному обліку промислових запасів діючого рудника (шахти) вони розділяються ще і за ступенем можливості залучення їх до видобутку на активні і неактивні запаси.

До *активних* відносять не тільки готові до виїмки запаси, але і ту частину промислових запасів, які готові для переведу їх у більш високі категорії.

До *неактивних* відносять ту частину різних категорій промислових запасів, які у найближчий час не можуть бути виїнятими або підготовленими без виконання спеціальних робіт. До них відносять запаси у тимчасових ціликах, тимчасово затоплених тощо.

При відкритій розробці родовищ промислові запаси за ступенем підготовленості до виїмки розподіляють на такі категорії:

Розкриті – це частина промислових запасів ділянок уступів, верхня площа яких звільнена від покриваючих пустих порід і корисної копалини вищележачого уступу або оголена внаслідок природних умов залягання

(наприклад, при виході покладу на денну поверхню). У всіх випадках на цій ділянці повинна бути пройдена виїзна траншея або траншея для обладнання підйомника на відмітку робочого горизонту, передбаченого технічним проектом.

Границями розкритого покладу є: на глибині – горизонт, що підсічений виїзною траншеєю, і по площі – контур оголеної ділянки покладу.

Із числа розкритих виділяють такі: запаси, що підготовлені до зачистки, готові до виїмки, у тимчасових ціликах, тимчасово затоплені і в пожежних ділянках.

Підготовленими до зачистки вважають розкриті запаси, які не потребують розкривних робіт і які потребують тільки зачистки породи потужністю до 0,5...1,0 м, що залишилась на робочих площадках уступів.

Готовими до виїмки вважають зачищені запаси, які можливо видобути без порушення основних правил технічної експлуатації і безпеки.

До запасів у тимчасових ціликах відносять запаси у тимчасових ціликах під спорудами (наприклад, естакадами); розкриті запаси у нижніх уступах, виїмка яких у теперішній час неможлива; запаси в охоронних і шляхових бермах.

До тимчасових завалених відносять запаси, виїмка яких неможлива внаслідок завалу їх породою (у тому числі при зсувах). Після прибирання цієї породи ці запаси переводять у більш високі категорії запасів.

До тимчасово затоплених відносять запаси на затоплених ділянках, відкачку води або дренаж яких можливо зробити у короткий термін.

На рис. 27 зображена проста схема розробки відкритим способом горизонтального вугільного пласта з віднесенням окремих його ділянок до різних категорій за ступенем їх підготовленості до виїмки.



Рис. 27. Схематичне зображення ділянок, віднесених до різних категорій промислових запасів при відкритій розробці корисних копалин:
1 – технічна границя; 2 – контур розкритих запасів; 3 – готові до виїмки; 4 – підготовлені до зачистки; 5 – в тимчасових ціликах; 6 – тимчасово завалені

§ 12. Параметри підрахунку запасів і способи їх визначення

Загальні формули для підрахунку запасів будь-якої твердої корисної копалини у надрах наступні:

1. Об'ємна кількість корисної копалини: $V=S m_{cp}$, де S – площа покладу,

або частини у даній площині проекції, m^2 ; m_{cp} – середня потужність покладу виміряна по нормалі до площини проекції, м.

2. Кількість корисної копалини: $Q = V \gamma_{cp} = S m_{cp} \gamma_{cp}$, де γ_{cp} – середня об'ємна маса корисної копалини, t/m^3 .

3. Кількість корисного компоненту, наприклад металу в рудному покладі, в тонах або кілограмах:

$$P = K' Q C_{cp},$$

де $K' = 0,01$, якщо C в %; $K' = 0,001$, якщо C в г/т.

Таким чином, величини S , m_{cp} , γ_{cp} , C_{cp} є основними параметрами, які необхідно визначити для підрахунку запасів корисної копалини Q і корисного компоненту P у межах даного контуру покладу або його ділянки.

12.1. Оконтурювання покладу корисної копалини

Під оконтурюванням покладу розуміють визначення на плані або розрізі границь розповсюдження корисної копалини.

При цьому розрізняють внутрішній контур та зовнішній контур.

Внутрішнім контуром родовища називають лінію, яка з'єднує крайні рудні свердловини, що зустріли поклад (рис. 28).

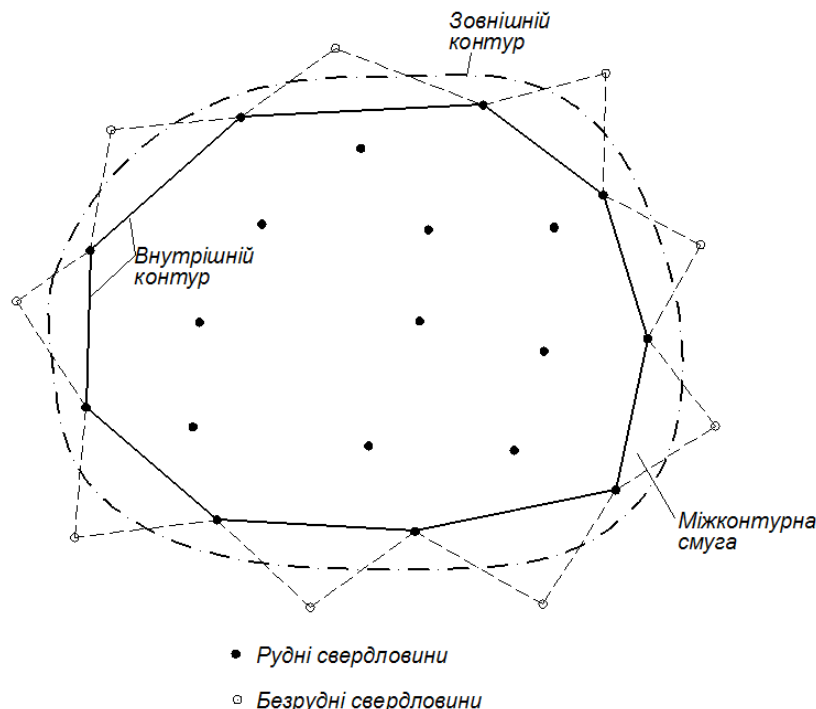


Рис. 28. Внутрішній і зовнішній контури покладу, побудовані інтерполяцією на середину

При розвідці вертикальними свердловинами *зовнішній контур* можливо встановити методом інтерполяції на середину відстані між крайніми рудними та сусідніми безрудними свердловинами.

При відсутності безрудних свердловин цей контур можливо визначити графічно на вертикальних розрізах за кутом виклинювання покладу у даному напрямку.

Зовнішній контур легко встановити на плані ізопотужностей. Ізолінія з нульовою потужністю являє собою саме цей контур. Площа, що розташована між внутрішнім і зовнішнім контурами, називають *міжконтурною смугою*.

У межах міжконтурної смуги розташований контур балансових запасів, тобто запасів, що відповідають вимогам кондицій. Цей контур часто називають *робочим, промисловим або кондиційним* контуром запасів.

Кондиції на мінеральну сировину являють собою сукупність вимог до якості корисних копалин в надрах і гірничо-геологічних умов, дотримання яких при оконтурюванні і підрахунку запасів дозволяє правильно розподілити запаси на балансові і забалансові. Кондиції встановлюють на підставі техніко-економічних розрахунків.

12.2. Визначення площі підрахунку запасів

При підрахунку запасів площі плоских фігур на плані або розрізі визначають одним із таких способів:

1. За допомогою планіметра.
2. Розбивкою площі на прості геометричні фігури (трикутники, трапеції, прямокутники), площу яких з урахуванням масштабу, обчислюють за формулами геометрії.
3. За допомогою палеток.

Визначення площі планіметром виконують двічі при різних положеннях полюса. Якщо різниця між двома вимірами не перевищує $\pm 3\%$, то за остаточне значення приймають середнє з двох вимірів.

Для визначення площі геометрично неправильної фігури за допомогою палетки, яка складається з квадратів із сторонами 0,5 або 1,0 см її накладають у довільному положенні на вимірювану фігуру і хрестиками відмічають число цілих квадратів усередині фігури (рис. 29,а).

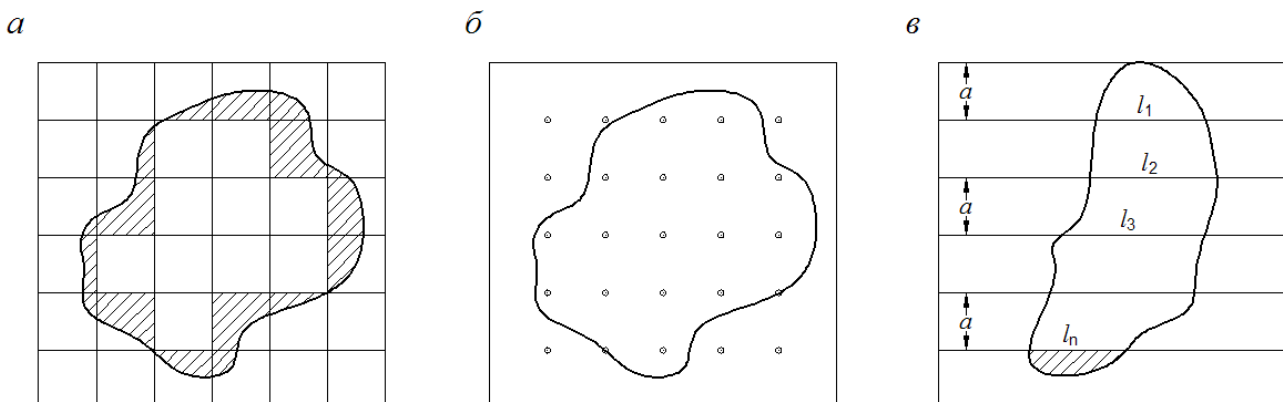


Рис. 29. Визначення площі за допомогою палетки:
а – квадратної, б – точкової, в – паралельними лініями

Потім беруть неповні квадрати усередині фігури (вони заштриховані) і підраховують, якій кількості повних квадратів вони відповідають. Для контролю палетку зміщують і розвертають на $30^\circ \dots 60^\circ$, знову проводять повторне вимірювання. За результатами не менше чим двох вимірів обчислюють середнє значення площі фігури.

При використанні точкової палетки (рис. 29,б) з двох її положень підраховують кількість точок, що розташовані всередині фігури. При цьому площа фігури дорівнює середній кількості підрахованих точок, що помножені на площу, віднесену до кожної точки у *масштабі* креслення.

Для визначення площі геометрично неправильної фігури витягнутої форми застосовують палетку з паралельними лініями, розташованих на однакових відстанях $a = 0,5 \dots 1,0$ см.

При цьому курвиметром або лінійкою вимірюють довжини $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$ паралельних прямих всередині контуру і визначають їх суму $\sum l_i$.

Площу вимірної фігури визначають за формулою:

$$S = a \sum l_i + \Delta S,$$

де ΔS – сума заштрихованих ділянок фігури за межами вимірних ліній. При цьому довжини ліній виражають в метрах відповідно до масштабу креслення.

Точність визначення площі фігур вказаними вище способами складає $\pm(1 \dots 3)\%$, що задовольняє вимогам, які пред'являють до точності підрахунку запасів.

12.3. Визначення середньої потужності покладу

Для підрахунку запасів корисної копалини необхідно визначення середнього значення потужності покладу у межах виділеного контуру (блоку, ділянки).

Потужність покладу, який має чіткі контакти з вмшчуючими породами, вимірюють безпосередньо у виробках при випробуванні і документації, при бурінні по вимірюванні керну. Крім безпосереднього способу визначення потужності застосовують побічний спосіб за допомогою різних видів каротажу.

При рівномірному розташуванні точок виміру у межах контуру балансових запасів, середнє значення потужності визначають як середньоарифметичне.

При великій мінливості потужності і особливо при нерівномірному розподілі точок спостереження необхідно визначати середньозважене значення потужності за формулами:

$$m_{cp} = \frac{\sum S m_i S_i}{\sum S_i} \text{ або } m_{cp} = \frac{\sum m_i l_i}{\sum l_i},$$

де m_i – числове значення вимірної потужності в i -й точці, S_i та l_i – площа, або

інтервал ділянки, який тяжіє до i -тої точки спостереження.

Якщо поклад має складну будову і включає різні прошарки пустих порід, то при підрахунку беруть не загальну, а лише корисну потужність покладу.

12.4. Визначення об'ємної маси корисної копалини

Об'ємна маса мінеральної сировини – це вага 1 м^3 сировини в моноліті в природному стані з врахуванням пустот, тріщин каверн на відміну від питомої ваги, де ці фактори на враховуються.

Очевидно, що об'ємна вага повинна бути меншою за питому вагу однієї і тієї ж породи.

Існують наступні способи визначення об'ємної маси корисної копалини (породи) в масиві:

- а) спосіб пробної вирубки;
- б) лабораторний спосіб;
- в) аналітичний спосіб.

Спосіб пробної вирубки застосовують для слабких тріщинуватих пористих і дуже забруднених сторонніми включеннями корисних копалин.

Ретельно розрівнявши і очистивши вибій виробки, проводять вирубку корисної копалини у вигляді ніш правильної форми в об'ємі не менше 1 м^3 . Визначивши об'єм виїмки V і масу видобутої корисної копалини P , обчислюють її об'ємну масу γ за формулою:

$$\gamma = P/V.$$

Лабораторний спосіб застосовують для порівняно щільних однорідних за речовинним складом корисних копалин. При цьому об'ємна маса може бути визначена наступним чином:

а) пікнометрично, коли частину проб корисної копалини роздроблюють у порошок і занурюють у посудину з водою.

Порівнюючи вагу посудини з водою і вагу з водою, що містить порошок корисної копалини, можливо визначити питому вагу останньої. Щоб перейти до об'ємної ваги користуються коефіцієнтом переводу;

- б) зважуванням зразків корисної копалини у повітрі і воді;
- в) зважуванням зразків і визначенням їх об'єму у мірній посудині і т.і.

Для визначення об'ємної ваги в останніх двох випадках необхідно зразки покривати плівкою парафіну.

Аналітичний спосіб заснований на обчисленні об'ємної ваги в залежності від вмісту в корисній копалині тих або інших компонентів. Характер вказаної залежності встановлюють методом теорії кореляції.

У теперішній час цей метод можливо рекомендувати для визначення об'ємної ваги кам'яного і щільного типу бурого вугілля.

12.5. Визначення середнього вмісту корисного компоненту

Для багатьох нерудних корисних копалин, таких як вугілля, горючі сланці, бітуми, глини, будівельні матеріали, сірчастий колчедан, цементна сировина тощо підраховують запаси самої сировини, бо вона і є цінним компонентом. Для рудних корисних копалин, окрім запасів руди, визначають запаси їх компонентів. При цьому компонентами найчастіше виступають елементи та їх окисли.

Вміст корисних компонентів для більшості металічних і неметалічних корисних копалин виражають в процентах, а для руд благородних і ряду цінних металів – в г/т. Вміст благородних металів у розсипах виражають в грамах, алмазів – в каратах або міліграмах, вольфраміту, монациту та ін. – в кг/м³.

Визначення вмісту проводиться в лабораторіях за спеціальними методиками, які описані у відповідній літературі.

Надійність визначення вмісту корисного компоненту у руді встановлюють шляхом проведення контрольних аналізів (внутрішніх і зовнішніх), результати яких прикладають до матеріалів з підрахунку запасів.

Значення середнього вмісту корисного компоненту у межах даного контуру підрахунку обчислюють як середньоарифметичне або середньозважене у залежності від характеру розподілу місць взяття проб, мінливості потужності покладу, його об'ємної маси тощо.

§ 13. Способи підрахунку запасів

Переважає більшість тіл корисних копалин обмежується складними поверхнями. Визначення об'ємів тіл, які обмежені такими поверхнями, практично неможливо. Тому усі способи підрахунку запасів твердих корисних копалин засновані на принципі трансформації складних тіл у більш-менш прості, які рівновеликі їм за об'ємом.

Існує багато способів підрахунку запасів корисних копалин Q і корисного компоненту P . Вибір способу підрахунку запасів визначають формою тіла корисної копалини, його заляганням, системою розвідки, способом випробування, характером розподілу вмісту корисного компоненту і способом розробки родовища.

13.1. Спосіб середнього арифметичного

Спосіб середнього арифметичного застосовують при порівняно рівномірному розподілі розвідувальної мережі, а також невеликих коливаннях потужності покладу і вмісту корисних компонентів в межах *всього* контуру підрахунку.

При цьому рудне тіло обмежене складними поверхнями (рис. 30,*а*) прирівнюють до покладу з постійною середньою потужністю (рис. 30,*б*).

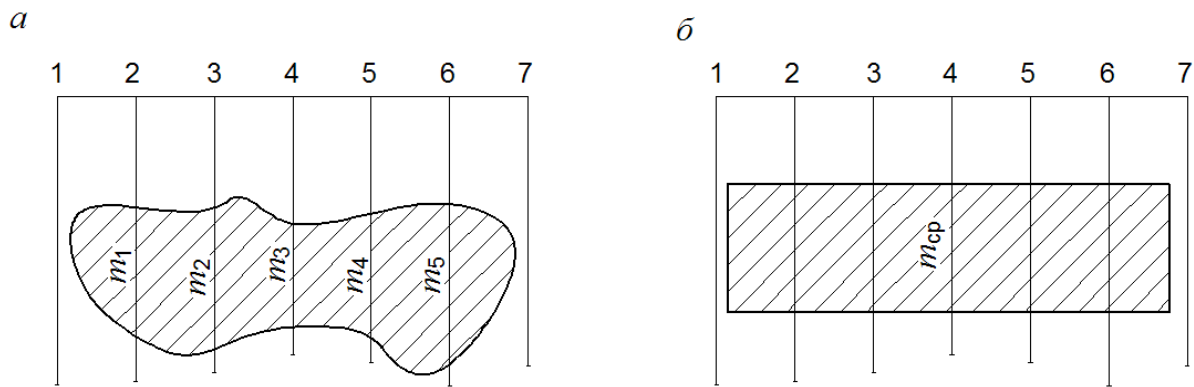


Рис. 30. До підрахунку запасів способом середнього арифметичного:
 а – дійсна форма покладу; б – трансформована форма покладу

Запаси обчислюють за середніми значеннями потужності покладу, об'ємної ваги корисної копалини і вмісту корисного компонента за такими формулами:

$$Q = V \gamma = S m_{cp} \gamma_{cp},$$

$$P = Q C_{cp}.$$

У межах внутрішнього контуру покладу значення m_{cp} , γ_{cp} , C_{cp} визначають як середнє арифметичне із окремих значень для усіх точок спостережень в межах цього контуру.

Для міжконтурної полоси, побудованої за нульовою потужністю, величини γ_{cp} , C_{cp} визначають тим же способом, а значення середньої потужності обчислюють за формулою

$$m_{cp} = \frac{\sum S_i}{2n},$$

де n – число точок спостережень, розташованих на лінії внутрішнього контуру.

Перевагою даного способу підрахунку запасів є простота графічних і обчислювальних операцій.

Але цей спосіб непридатний при необхідності проведення окремого обліку запасів за окремими сортами руд, категоріями запасів тощо. Тому цей спосіб підрахунку запасів іноді називають *сумарним*.

13.2. Спосіб геологічних блоків

Спосіб геологічних блоків є різновидністю способу середнього арифметичного і відрізняється від нього тим, що родовище розподіляють на окремі ділянки (геологічні блоки) за різними геологічними ознаками: сортом руди, категоріями запасів тощо. При достатньо великій кількості точок спостереження у межах кожного блоку підрахунок запасів проводять методом середнього арифметичного. Підсумовуючи запаси усіх блоків, отримують загальні запаси у межах всього контуру підрахунку.

Підрахунок запасів цим способом широко застосовують на практиці.

13.3. Спосіб експлуатаційних блоків

Спосіб експлуатаційних блоків застосовують у випадках, коли рудне тіло (ділянка, блок) оконтурене гірничими виробками, по яких проведено опробування і заміри потужності покладу.

При цьому підрахунок запасів виконують по середніх значеннях параметрів, тобто по m_{cp} , γ_{cp} , C_{cp} і площі блоку S_{bl} . Площу блоку S_{bl} при підрахунку запасів заміряють безпосередньо на плані, якщо кут падіння горизонтальний, або близький до нього. Якщо ж кут падіння відмінний від горизонтального, то у цьому випадку заміряють на плані площу блоку S_{bl} і розраховують дійсне значення площі блоку S за формулою

$$S = S_{bl} / \cos \delta_{cp},$$

де δ_{cp} – середній кут падіння покладу.

13.4. Спосіб паралельних розрізів

Спосіб паралельних розрізів застосовують при підрахунку запасів потужних покладів, розвіданих буровими свердловинами, розташованими уздовж ліній, паралельних між собою, або гірничими виробками, пройденими на різних горизонтах у кількості, яка дозволяє побудувати відповідно вертикальні або горизонтальні геологічні розрізи родовища (рис. 31).

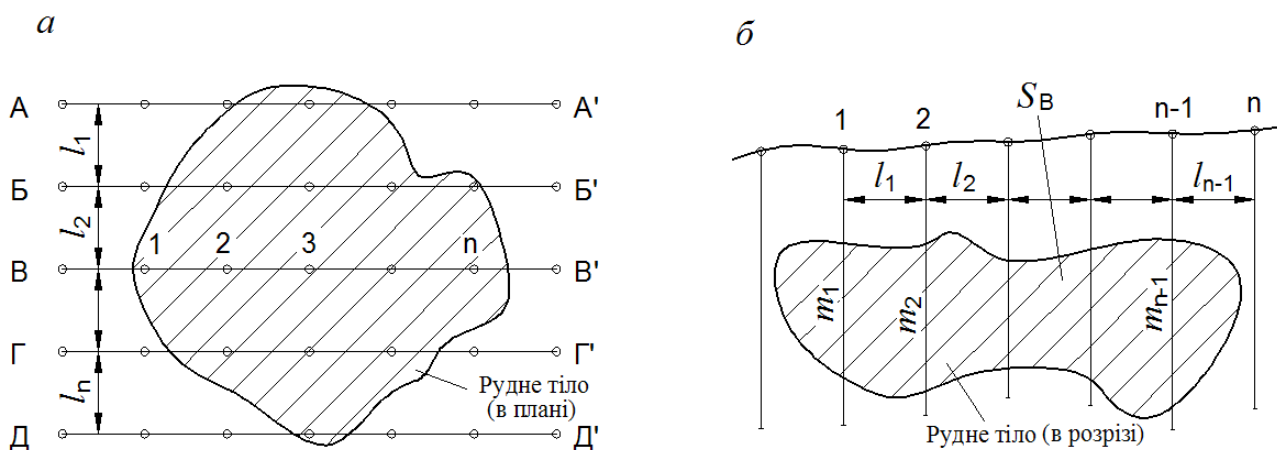


Рис. 31. Схема до підрахунку запасів способом вертикальних розрізів:
a – план розвідувальних виробок, *б* – вертикальний розріз за лінією *B-B'*

У цих випадках підрахунок запасів проводять по блоках, оконтурених сусідніми паралельними перерізами.

Нехай відстань між паралельними перерізами (рис. 31, *a*) *A-A'*, *B-B'*, ... *Д-Д'* дорівнюють L_1 , L_2 , L_3 , ... L_n . Відстані між рудними свердловинами дорівнюють l_1 , l_2 , l_3 , ... l_n і вертикальні потужності покладу по цих свердловинах дорівнюють m_1 , m_2 , m_3 , ... m_n . Спочатку по розвідувальних лініях

будують вертикальні розрізи (рис. 31, б). Потім будь-яким способом визначають площі S_A, S_B, \dots, S_n вертикальних перерізів покладу.

Об'єм покладу у межах внутрішнього контуру визначають як суму об'ємів блоків за формулою

$$V = \frac{S_A + S_B}{2} L_1 + \frac{S_B + S_B}{2} L_2 + \dots + \frac{S_{\Gamma} + S_O}{2} L_n.$$

При середньому значенні об'ємної маси корисної копалини γ_{cp} запаси її будуть такими:

$$Q = V\gamma_{cp}.$$

13.5. Спосіб ізоліній (проф. П.К. Соболевського)

Суть способу полягає у тому, що тіло корисної копалини, яке зображене в ізопотужностях, за допомогою квадратної палетки розчленовують на ряд вертикальних косозрізаних призм з однаковими квадратними основами. Об'єм кожної призми визначають добутком площі її основи на середню висоту.

На рис. 32 в ізопотужностях представлено рудне тіло. На нього довільно накладена палетка із стороною квадрата в 1 см. До кожного центру квадрата палетки тяжіє ділянка призми, у якої основа дорівнює 1 см^2 , а середня висота дорівнює вертикальній потужності тіла у центрі основи призми.

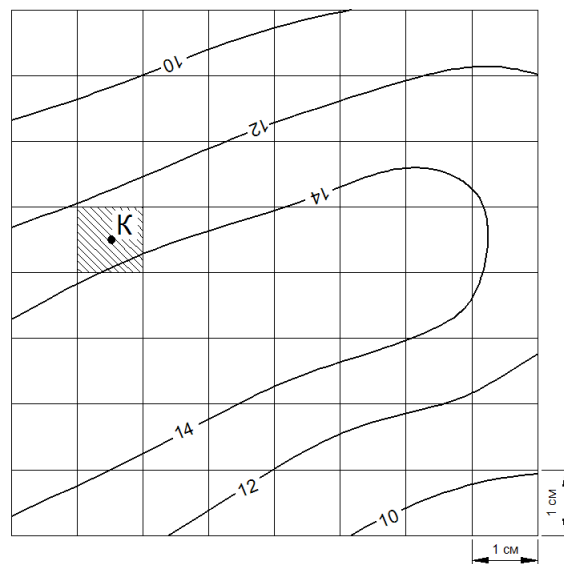


Рис. 32. План ізопотужностей покладу з накладеною об'ємною палеткою

Так, наприклад, у точці K висота призми згідно плану ізопотужностей дорівнює 13,2 м. Оскільки основи S усіх призм однакові, то для обчислення об'єму усього тіла достатньо підсумувати висоти h призм, тобто вертикальні потужності тіла по усіх точках палетки у межах контуру підрахунку і отриману суму $\sum h_i$ помножити на постійну величину S – площі основи призми, виражену у м^2 , тобто

$$V = S\sum h_i, \text{ м}^3.$$

13.6. Спосіб середнього кута падіння покладу

Цей спосіб застосовують для підрахунку запасів пластових родовищ з витриманою потужністю і незначним коливанням об'ємної ваги.

Якщо кут падіння пласта зберігає більш менш свою величину на всій площі підрахунку, то у межах цієї площі визначають середній кут падіння δ_{cp} , середню потужність m_{cp} і об'ємну вагу корисної копалини. Запаси в об'ємній мірі знаходять за формулою:

$$V = S_n m_{cp}, \text{ м}^3,$$

$$S_n = \frac{B}{\cos \delta_{cp}}, \text{ м}^2,$$

де S_n – дійсна площа ділянки (блоку) у площини пласта, м^2 ; B – площа ділянки (блоку) в проекції на горизонтальну площину (в плані), м^2 ; δ_{cp} – середній кут падіння; m_{cp} – середня потужність пласта, м.

У ваговій мірі запаси визначаються за відомою формулою:

$$Q = V \gamma_{cp}, \text{ т.}$$

Цей спосіб забезпечує достатню точність, якщо у межах границь підрахунку кут падіння пласта має коливання, що не перевищують 3...5 градусів. При більших коливаннях кута падіння всю площу підрахунку можливо розподілити на декілька ділянок (блоків), дотримуючись умови щоб у межах кожного блоку ці коливання не перевищували вказаних величин. На кожній такій ділянці визначають δ_{cp} і за наведеними вище формулами визначаються шукані величини S_n і Q . Потім запаси окремих блоків сумуються.

13.7. Спосіб ізогіпс проф. В.І. Баумана

Якщо кут падіння пласта змінюється як навхрест простягання, так і за простяганням для підрахунку запасів використовують формули В.І. Баумана. Для цього рекомендується використати гіпсометричний план (рис. 33).

Площу його поверхні визначають по окремих блоках, обмежених двома суміжними ізогіпсами. Запаси у такому блоці (наприклад 5) можуть бути обчислені за формулами:

$$Q_{(5)} = S_{n(5)} m_{cp} \gamma_{cp},$$

де $S_{n(5)}$ – дісна площа блоку 5, яку обчислюють за формулою:

$$S_{n(5)} = \sqrt{B^2_{(5)} + C^2_{(5)}}, \text{ м}^2,$$

де m_{cp} – середня потужність по блоку, м; γ_{cp} – середня об'ємна вага т/м^3 ; $B_{(5)}$ – площа блоку 5 на плані, обмежена ізогіпсами l_1 (-250 м) і l_2 (-300 м); C_5 – площа цього ж блоку у проекції на вертикальну циліндричну поверхню, що обчислюють за формулою:

$$C_{(5)} = \frac{l_1 + l_2}{2} h, \text{ м}^2,$$

де l_1 і l_2 – довжини ізогіпс, які обмежують блок; h – висота перерізу ізогіпс, м. У наведеному прикладі $h = 50$ м.

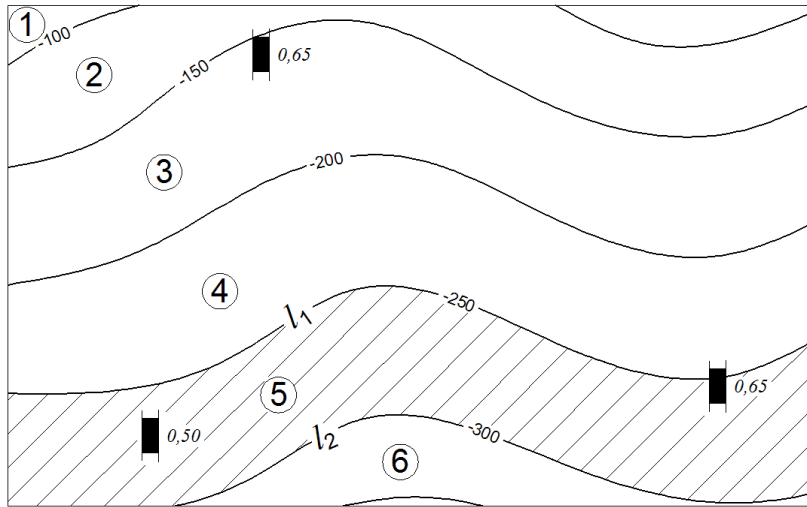


Рис. 33. Гіпсометричний план вугільного пласта

Запаси по усьому шахтному полю отримують шляхом підсумовування запасів за окремими блоками.

§ 14. Облік стану, руху запасів і втрат на гірничих підприємствах

Згідно з правил охорони надр гірничо-видобувні підприємства при розробці родовищ повинні вести систематичний облік стану запасів, що підлягають видобутку включаючи період їх будівництва.

Обліком запасів враховують початкові балансові запаси шахт, зміну початкових балансових запасів, промислові запаси у цілому, а також стан їх готовності до видобутку, забалансові запаси та їх зміну.

Підрахунок запасів і облік їх руху за видами проводять на маркшейдерських планах і розрізах маркшейдерсько-геологічною службою підприємства.

Початковими балансовими запасами є запаси, що затверджені ДКУЗ та прийняті за проектом гірничого підприємства у межах технічних границь.

Зміна початкових балансових запасів можлива внаслідок видобутку, втрат при видобуванні, проведення дорозвідки, відхилення фактичних параметрів від прийнятих під час підрахунку запасів, виявлення запасів, недоцільних для видобування з технічно-економічних причин, зміни технічних границь підприємства тощо.

Кількість видобутої корисної копалини встановлюють на основі статистичного обліку і маркшейдерських вимірів. У загальному випадку видобутою корисною копалиною вважається та, яка витягнена з масиву, видана

на поверхню (на розрізах також завантажена у вагони, що знаходяться в розрізі) і задовольняє за якістю встановлені норми.

Втрати корисної копалини – це частина балансових запасів, що безповоротно залишена у надрах при розробці.

Втрати при збагаченні і переробці до втрат з видобутку не відносять і враховують окремо.

Промисловими запасами називають частину балансових запасів, які підлягають видобуванню із надр. Їх визначають у межах технічних границь із запасів категорій *A, B, C*.

Обчислюють промислові запаси за формулою:

$$Q_{\text{пром}} = Q_{\text{бал}} - V_{\text{проект}} - Q_{\text{н.р}},$$

$$V_{\text{проект}} = V_{\text{з.ш}} + V_{\text{екс}},$$

де $Q_{\text{пром}}$ – промислові запаси; $Q_{\text{бал}}$ – початкові балансові запаси; $V_{\text{проект}}$ – проектні втрати; $V_{\text{з.ш}}$ – проектні загально шахтні втрати; $V_{\text{екс}}$ – експлуатаційні втрати; $Q_{\text{н.р}}$ – запаси, що нераціональні до розробки.

До проектних загальношахтних втрат $V_{\text{з.ш}}$ відносять запаси у ціликах під об'єктами поверхні, у бар'єрних ціликах, у ціликах для охорони капітальних гірничих виробок.

До проектних експлуатаційних втрат $V_{\text{екс}}$ відносять втрати у ціликах і вугільних пачках, пов'язаних із системою розробки і технологією гірничих робіт. Облік стану і руху запасів та втрат ведеться за спеціальними формами, затвердженими центральним статистичним управлінням.

Питання для самоперевірки

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 компоненту ?
7. Назвіть способи підрахунку запасів ?
8. У чому сутність способу середнього арифметичного ?
9. У чому сутність способу геологічних блоків ?
10. У чому сутність способу ізоліній проф. П.К. Соболевського ?
11. Що називають втратами корисної копалини ?

В разі опанування матеріалу, що викладений у розділі, студент посилить уміння відбудовувати гірничо-геометричні графіки і отримає навички визначати площі, об'єми і запаси корисних копалин різними способами, залежно від умов залягання покладу і якісного складу копалини.

РОЗДІЛ 5. ЗАДАЧІ МАРКШЕЙДЕРСЬКОЇ СЛУЖБИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ГІРНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

Навчальною метою цього розділу є ознайомлення студента з переліком і змістом маркшейдерських завдань, які вирішуються під час проектування гірничих підприємств. Основна увага приділена питанням впливу гірничих робіт на земну поверхню і споруди, що на ній знаходяться, а також заходам, які дозволяють здійснювати гірничі роботи під цими об'єктами.

§15. Загальні відомості про порядок проектування гірничих підприємств

Сучасними проектами великих шахт передбачається об'єднання споруд шахтної поверхні у блоки великих розмірів. Окремі споруди зв'язуються між собою загальним технологічним обладнанням, будівельними конструкціями та комунікаціями.

Проектування сучасного гірничого підприємства являє собою складну багатогранну задачу, для вирішення якої залучаються фахівці з різних областей гірничої науки, у тому числі і спеціалісти маркшейдерської справи.

Фінансування робіт по проектуванню і будівництву гірничого підприємства здійснюють тільки при наявності гірничого та земельного відводу, оформлених належним чином.

Гірничим відводом називають частину земельних надр, що надані організації або підприємству для промислової розробки покладів корисних копалин, що знаходяться в надрах.

Земельний відвід – це ділянка землі, яка надана для будівництва гірничого підприємства та розробки родовища.

Проект земельного відводу готують проектною організацією одночасно з розробкою технічного проекту гірничо-видобувного підприємства в ув'язці з проектом гірничого відводу.

Гірничі відводи надають після затвердження розвіданих запасів корисних копалин у Державній комісії України по запасах (ДКУЗ) та передачі родовища або його ділянки для промислового освоєння. Розміри гірничого відводу визначаються розмірами розвіданого родовища або його частини з урахуванням зон обвалення, безпечних відстаней від місць виконання вибухових робіт та зон розвалів бортів кар'єрів.

На підставі генеральної схеми розвитку гірничо-видобувної галузі розробляють техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) проектування будівництва, реконструкції або розширення гірничого підприємства та визначається розрахункова вартість робіт.

На підставі ТЕО складають технічне завдання (ТЗ) на проектування будівництва проекту.

У відповідності із затвердженням ТЗ розробляють проектно-кошторисну документацію в одну (попередню) або дві (попередню і детальну) стадії у залежності від складності об'єкту і гірничо-геологічних умов.

На попередній стадії вирішують основні питання проекту у загальному вигляді. Тут розглядають і коригують різні варіанти окремих частин (вузлів) проекту, таких, наприклад, як встановлення границь і розмірів шахтного поля (кар'єру), схему розкриття і систему розробки, схему розташування основних об'єктів та вибирають із цих варіантів найбільш прийнятний.

При порівнювальній оцінці варіантів проекту поряд з іншими факторами необхідно враховувати фактор втрат корисної копалини.

Основна частка втрат корисної копалини при її розробці залежить від системи розробки і розмірів охоронних ціликів, які необхідно залишати під існуючими об'єктами та об'єктами, що проектуються.

При визначенні проектних втрат, що залежать від системи розробки, керуються існуючими нормативами, в яких для кожної системи вказані норми втрат у вигляді процентів від балансових запасів, що підлягають розробці.

Втрати в охоронних ціликах можуть бути визначені лише після побудови самих ціликів. Для цього необхідно знати характер процесу зрушення гірських порід у даних гірничо-геологічних умовах, а також яка площа земної поверхні підлягає зрушенню. Ці питання вирішують на основі даних вивченості процесу зрушення в аналогічних гірничо-геологічних умовах. Вирішення цих питань і розрахунок охоронних ціликів відносяться до задач маркшейдерської служби.

Встановивши границі і розміри шахтного поля і вибравши найбільш раціональну схему розкриття, систему розробки і схему розташування основних об'єктів, підраховують балансові запаси, проектні втрати і промислові запаси шахтного (кар'єрного) поля.

Останні є вихідними для розрахунку терміну служби шахти (кар'єру), розподілення поля на поверхи, блоки і т.і.

Підрахунок балансових і промислових запасів, проектних втрат відносяться до задач маркшейдерії.

Після узгодження та уточнення проектного завдання приступають до детальної розробки проекту, включаючи складання робочих креслень, якими користуються при будівництві гірничого підприємства.

При підготовці матеріалів для проектування нового гірничого підприємства виникає необхідність належної ув'язки проекта з існуючим положенням гірничих робіт, різноманітними спорудами і об'єктами. Підготовка даних такої ув'язки входить до функцій маркшейдера шахти (кар'єру).

І нарешті, складений та узгоджений проект необхідно перенести в натуру, де необхідно побудувати нове або реконструювати діюче гірниче підприємство. Для цього в проекті необхідно вказати початкові дані для такого перенесення.

У цьому сенсі проект повинен бути ув'язаний з існуючими на ділянці майбутнього будівництва об'єктами в єдиній системі координат.

Таким чином, основними задачами маркшейдерії при проектуванні нового або реконструкції діючого гірничого підприємства є:

- 1) підготовка даних для проектування та ув'язка проекту з існуючими на ділянці майбутнього будівництва спорудами і системою координат;
- 2) визначення зони впливу майбутніх гірничих розробок на земну поверхню і розрахунок охоронних ціликів під існуючі об'єкти та такі, що

проектуються і попадають у цю зону;

3) розрахунок проектних втрат корисної копалини і промислових запасів шахтного (кар'єрного) поля.

§16. Підготовка маркшейдерських даних для проектування

Правильний вибір схеми розкриття, способу і системи розробки родовища залежить, у першу чергу, від повноти і ступеню достовірності даних про родовище, по якому проводяться проектні роботи гірничого підприємства.

В практиці були випадки, коли після завершення будівництва з'ясовувалось, що дані про родовище, які були покладені в основу проекту розробки, не підтвердились. Траплялось, що фактична кількість запасів корисної копалини виявлялась значно меншою ніж передбачалось, у зв'язку з цим проектна потужність шахти зменшувалась, не завжди вдало вибиралось місце закладки стволів через недостатню вивченість тектоніки і т.і.

Були випадки, коли на поверхні були збудовані важливі промислові об'єкти і населені пункти, а потім з'ясовувалось, що під ними залягають значні запаси цінної сировини.

Все це вказує на необхідність всебічного вивчення умов, в яких передбачається проектування і подальше будівництво гірничого підприємства.

Це вивчення повинно охоплювати не тільки територію в межах технічних границь шахти (кар'єру) а також прилеглі до них ділянки поверхні і геології району з метою правильного планування будівництва населених пунктів, різних громадських будівель і споруд, ліній комунікацій і т.і.

При освоєнні нового родовища дані про геологію надає геологічна розвідка, одночасно з якою проводиться детальна зйомка місцевості.

При реконструкції діючих шахт (кар'єрів) проект реконструкції необхідно ретельно ув'язати з існуючим положенням гірничих робіт і різноманітних споруд.

У зв'язку з цим в обов'язки маркшейдерської служби входить надання проектній організації вичерпної документації, що характеризує гірничо-геологічну обстановку з вичерпним відображенням даних про геологічну будову родовища, положення і стан гірничих робіт і забудованої поверхні.

Основними маркшейдерськими документами, які передаються проектній установі, є плани гірничих робіт та поверхні, що поповнені на момент початку проектування, включаючи усі нові відомості про родовище.

Особливо ретельно повинні бути підготовлені дані по проммайданчику шахти і підйомному комплексу, якщо передбачається його реконструкція.

Вихідним початком для ув'язки і перенесення в натуру при реконструкції технологічного комплексу на території проммайданчика є центри і головні осі стволів шахт. Тому наносять на план проммайданчик і вказуються координати центрів стволів і дирекційні кути їх головних осей. Окрім того, наносять центри і осі підйомів.

Головними осями вертикального ствола шахти називають дві горизонтальні прямі, одна з яких паралельна, а інша перпендикулярна

основним розстрілам ствола.

Головні осі перетинаються у точці, яку називають *центром ствола* і, як правило, є осями симетрії його горизонтального перерізу.

Головними осями похилого ствола шахти називають горизонтальні прямі, одна з яких лежить у вертикальній площині, яка розділяє перерізи ствола по довжині на дві симетричні частини, а інша – перпендикулярна першій і проходить через точку, яку умовно називають *центром похилого ствола шахти*.

Положення центру похилого ствола відносно його устя вибирають в процесі проектування і потім закріплюється в натурі.

Віссю підйому вертикального ствола шахти називають горизонтальну пряму, що проходить через точку, яку називають центром підйому, що перпендикулярна осі головного валу підйомної машини. Під *центром підйому* розумють точку, яка нарівно розділяє відстань між осями канатів підйомних посудин. Вісь підйому вертикального ствола може співпадати з однією з його головних осей, бути їй паралельною і знаходитись до неї під деяким кутом.

Віссю підйому похилого ствола називають пряму, що проходить посередині між осями двоколійних відкатних шляхів або на осі одноколіяного шляху похилого ствола.

Враховуючи, що реконструкція шахти і технологічного комплексу звичайно проводиться через деякий тривалий час після завершення будівництва і враховуючи важливе значення головних осей ствола і осей підйомів, вони повинні належним чином бути закріплені на місцевості з таким розрахунком, щоб зберегти їх на протязі усього терміну служби шахти.

Для ув'язки проекту на всій території гірничого відводу на плані поверхні вказують розташування пунктів планового і висотного обґрунтування зйомки, виписують їх координати і дирекційні кути деяких основних ліній.

§17. Загальні відомості про процес зрушення гірських порід і земної поверхні при розробках родовищ корисних копалин

При розробці родовищ корисних копалин під впливом пустот, що утворюються в гірничому масиві, внаслідок осушення порід проходить зміна напруженого стану гірничих масивів, порушення рівноваги, переміщення і деформування вміщуючих корисну копалину порід [6].

Зрушенням гірничих порід і земної поверхні називають їх переміщення і деформування під впливом підземних гірничих розробок або зміни гідрогеологічних умов.

Проведення гірничих робіт під територіями, які охороняються, називають *підробкою*.

У міру того, як розміри виробленого простору збільшуються, процес зрушення активізується, охоплюючи все більшу частину гірничого масиву і в деяких випадках може досягти поверхні землі.

За прийнятою термінологією, частину гірничого масиву, яка зазнає зрушення, називають *зоною зрушення*, а площу земної поверхні, що зазнала

зрушення, називають *мульдою зрушення*.

За характером прояву процесу зрушення розрізняють: провали, вирви (воронки), великі тріщини, уступи, мікротріщини, плавні деформації.

До основних видів зрушень і деформацій, які небезпечні для підроблюваних споруд і природних об'єктів належить віднести такі:

- осідання (вертикальні переміщення земної поверхні);
- нахили (різниці вертикальних переміщень сусідніх точок, віднесені до відстані між ними);
- кривизна (відношення різниці нахилів сусідніх інтервалів до середньої відстані між ними);
- горизонтальні зрушення (переміщення земної поверхні в горизонтальній площині);
- горизонтальні деформації (відношення різниці відстаней сусідніх точок до підробки та після підробки до відстані між ними).

В окремих випадках гірничі роботи можуть привести до осушення земель під впливом дренажу води у гірничі виробки. Нахили земної поверхні викликають нестійкість високих об'єктів (димових труб, баштових копрів, телевеж тощо) і призводить до недопустимих змін профілю залізничних колій і т.і., кривизна і горизонтальні деформації земної поверхні можуть стати причиною пошкодження будівель, споруд, промислових комплексів, трубопроводів, гірничих виробок та інших об'єктів. Для вертикальних шахтних стволів і гірничих виробок небезпечними є стиснення або розтягнення порід по вертикалі.

У теперішній час в деяких районах країни підробка забудованих територій ведеться на значній глибині (до 1000 м і більше). Систематично підробляються цілі житлові масиви таких міст, як Донецьк, Горлівка, Стаханів, Торез, Червоноград.

Значну проблему являє собою виїмка запасів вугілля під центральною частиною м. Донецька, а також під великими унікальними будівлями і спорудами, промисловими комплексами (наприклад, Єнакієвськими коксохімічним і металургійним заводами, Горлівським металургійним заводом і т.і.).

При розробці залізної руди у Кривбасі необхідно звертати особливу увагу на забезпечення захисту вертикальних стволів і підйомних комплексів, розташованих у лежачому боці рудних тіл, безпечної спільної розробки родовищ підземним та відкритим способами, визначенню зон провалів і тріщин всього боку покладу, стійкості оголень, і виходу зон зрушень і воронки на земну поверхню.

Зрушення гірничих порід може відбуватись як над очисними, так і над підготовчими виробками і проявляться у формі провалів, тріщин, уступів і без розриву суцільності порід у формі плавних зрушень. Форма прояву процесу зрушення залежить від цілого ряду факторів, таких як: глибина гірничих робіт, розташування очисної виробки, потужність пласта, кут нахилу порід, властивості вміщуючих порід, система гірничих робіт, спосіб керування покрівлею і т.і.

§18. Основні терміни і параметри, які характеризують процес зрушення гірських порід

18.1. Схема зрушення гірських порід і земної поверхні

Ступінь прояву процесу зрушення є різною в різних точках зони зрушення. Так, розглядаючи зону зрушення по вертикалі видно, що деяка частка порід, що залягає безпосередньо над виробленим простором, обвалиться. Внаслідок цього збільшиться об'єм порід і інтенсивність обвалення буде поступово зменшуватись і на деякій висоті обвалення перейде у вигин з утворенням тріщин в масиві, що в свою чергу призведе до збільшення об'єму і в результаті цього зрушення на деякій висоті перейде в стан плавного осідання, яке буде мати затухаючий характер.

Таким чином, процес зрушення розповсюджується від виробленого простору до низу і до верху і при деякому співвідношенні розмірів виробленого простору і глибини гірничих робіт область зрушення досягає земної поверхні.

У підробленій товщі у напрямку вгору від відробленого простору можна виділити три зони, що характеризуються різним ступенем порушеності гірських порід, таких як: обвалення, прогину з порушенням суцільності шарів у вигляді тріщин і плавного прогину без порушення суцільності шарів.

За формами зрушення, характером деформування шарів гірських порід і причинами, які викликали зрушення, у підробленій товщі після закінчення процесу зрушення виділяють три характерних зони (рис. 34): I – повних зрушень (розвантаження); II_а, II_б – найбільшого прогину; III_а, III_б – стиснення порід (опорного тиску).

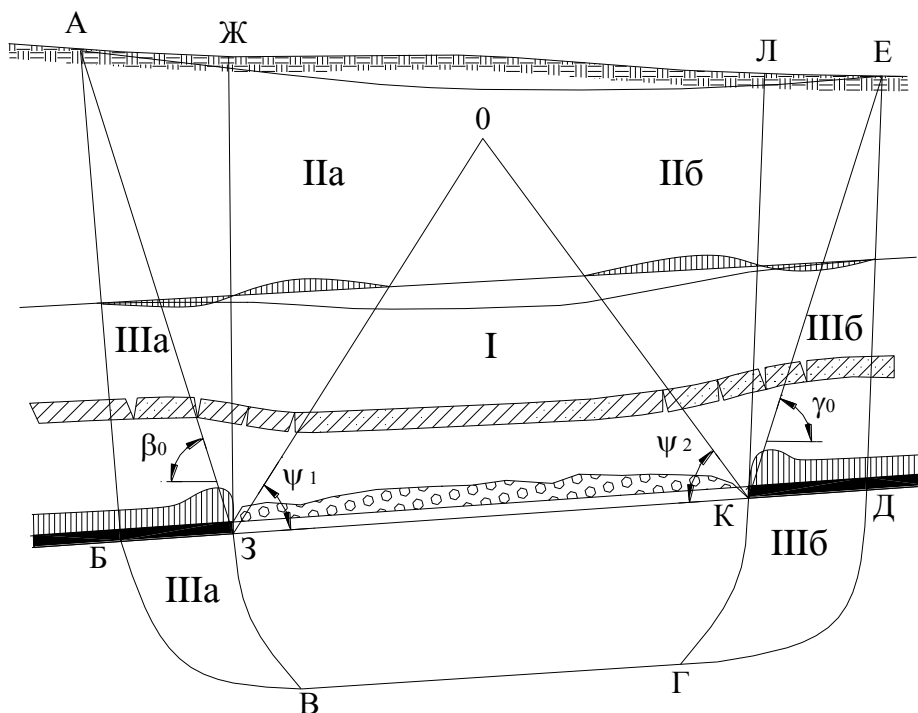


Рис. 34. Схема зрушення гірських порід і зони впливу очисної виробки

Зона повних зрушень (I) розташована над середньою частиною виробки і характеризується тим, що шари порід у межах цієї зони після закінчення процесу зрушення займають положення, паралельне первісному. Зону повних зрушень прийнято приблизно обмежувати лініями, проведеними від країв виробки під кутами повних зрушень ψ_1 і ψ_2 (рис. 34). У зоні повних зрушень виділяється зона обвалення.

Зони стиснення порід (IIIа, IIIб) по нормалі до нашарування (зони опорного тиску) розповсюджуються від меж зрушення підроблюваного масиву *АВВ* і *ГДЕ* до ліній *ВЗЖ* і *ГКЛ*, які проведені через границі виробки. Форма і положення ліній, що обмежують зони стиснення, остаточно не встановлені і потребують подальшого уточнення.

Поміж зонами повних зрушень і стиснення виділяються зони найбільшого прогину порід (*IIа, IIб*). У межах цих зон осідання шарів порід зростає до максимального. У шарах порід внаслідок їх прогину виникають деформації стиснення і розтягу у напрямку нашарування.

Слід відзначити, що в породах підшви розроблюваного пласта також виникає перерозподіл напруг з утворенням зон опорного тиску і зони розвантаження.

Зовнішній контур (*АВВГДЕ*) перелічених зон обмежує зону впливу гірничої виробки в масиві. Частина масиву в зоні впливу очисної виробки, що розташована над пластом, називається *підробленою*, а під пластом – *надробленою*.

18.2. Основні поняття, терміни і визначення

Кожна точка підроблюваної земної поверхні переміщується у просторі за деяким вектором. Вертикальну складову векторів зрушення точок називають *осіданням земної поверхні* η (мм).

Горизонтальну складову векторів зрушення точок називають *горизонтальним зрушенням земної поверхні* ξ (мм).

Нахил земної поверхні i (безрозмірна величина, 10^{-3}) – це відношення різниці осідань двох сусідніх точок мульди до відстані між ними.

Кривизна земної поверхні k (10^{-3} 1/м) – це відношення різниці нахилів двох сусідніх інтервалів мульди до середньої довжини цих інтервалів.

Мульда зрушення – це частина земної поверхні, яка піддається зрушенню під впливом гірничих виробок (зона *АЕ*, рис. 34). Практично за межу мульди зрушення приймають лінію, що з'єднує точки земної поверхні, у яких спостерігаються наступні значення деформацій: горизонтальних деформацій розтягу $\varepsilon = 0,5 \times 10^{-3}$, нахилу $i = 0,5 \times 10^{-3}$.

У мульді зрушення виділяють *зону небезпечних зрушень* або *небезпечного впливу*, у якій виникають небезпечні деформації для будівель, споруд і природних об'єктів (рис. 35-37). При визначенні межі цієї зони використовуються величини критичних деформацій земної поверхні: горизонтального розтягу $\varepsilon = 2 \times 10^{-3}$ (2 мм/м), нахилу $i = 4 \times 10^{-3}$ (4 мм/м), кривизни $k = 0,2 \times 10^{-3}$ 1/м.

У мульдї зрушення виділяють *головні перерізи*. Вони проходять через точки мульки з максимальними осіданнями земної поверхні. Розрізняють *головний переріз за простяганням* і *головний переріз за падінням пласта*.

При неповній підробці головні перерізи проходять через точку максимального осідання мульки, при повній підробці – через будь-яку точку плоского дна.

Повна підробка земної поверхні – підробка земної поверхні, за якою у мульдї зрушення не відбувається збільшення максимального осідання при подальшому збільшенні довжини (ширини) відробленого простору і при пологому заляганні пластів утворюється так зване *плоске дно*.

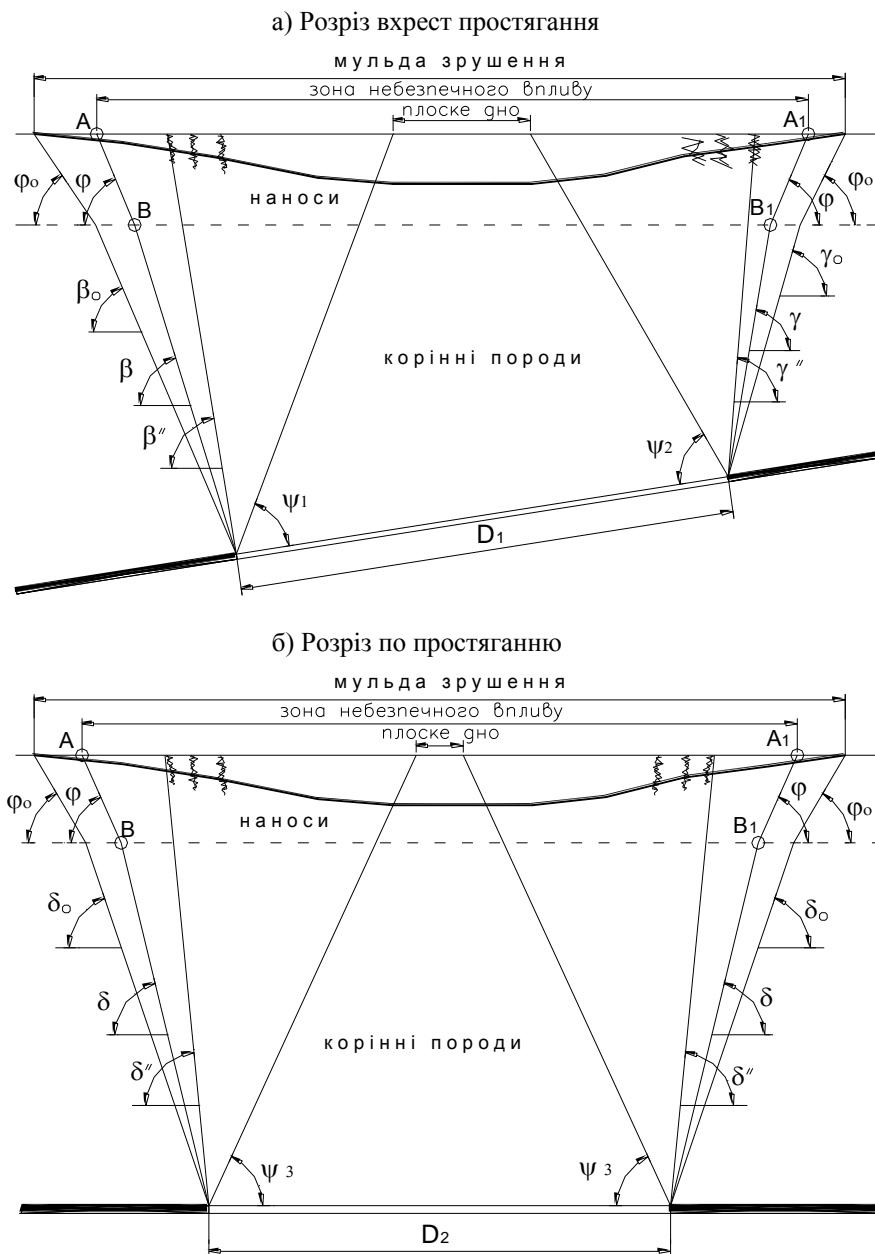


Рис. 35. Кутіві параметри зрушення при повній підробці (пологе залягання):
 D_1, D_2 – розміри виробленого простору

Неповна підробка земної поверхні – підробка земної поверхні, при якій зі збільшенням розмірів очисної виробки збільшується максимальне осідання в мульдї.

Граничні кути – зовнішні відносно відробленого простору кути, утворені на вертикальних розрізах за головними перерізами мульдї зрушення горизонтальними лініями і лініями, які з'єднують край виробки з межею зони впливу (мульдї зрушення) підземної виробки на земній поверхні (рис. 35-37).

Розрізняють граничні кути в наносах φ_0 (приймають однаковими за усіма напрямками) та корінних породах (біля країв виробки):

- біля нижньої границі, у висячому боці β_0 ;
- біля нижньої границі, у лежачому боці β_{01} (при зрушенні за схемою рис. 37); біля верхньої границі, у висячому боці γ_0 ; за простяганням δ_0 .

У мезозойських (крейдяних) відкладеннях граничні кути відповідно позначають $\beta_{0м}, \gamma_{0м}, \delta_{0м}$.

Кути зрушення – це зовнішні відносно відроблюваного простору кути, що утворені на вертикальних розрізах за головними перерізами мульдї зрушення *при повній підробці* горизонтальними лініями, та лініями, що з'єднують краї виробки з границею зони небезпечного впливу на земній поверхні.

Розрізняють кути зрушення в наносах φ (приймають однаковими за всіма напрямками), в корінних породах: $\beta, \gamma, \delta, \beta_1$ і в мезозойських відкладеннях: $\beta_м, \gamma_м, \delta_м$.

Кути розривів – це зовнішні відносно відробленого простору кути, що утворені на вертикальних розрізах по головних перерізах мульдї зрушення горизонтальними лініями та лініями, які з'єднують край виробки з найближчою до межі мульдї зрушення тріщиною (рис. 35-37).

Кути розривів позначають $\beta'', \gamma'', \delta'', \beta_1''$.

Кути повних зрушень – це внутрішні відносно відробленого простору кути, що утворені на вертикальних розрізах за головними перерізами мульдї зрушення площиною пласта і лініями, які з'єднують краї виробки з межами плоского дна мульдї зрушення.

Розрізняють кути повних зрушень:

- біля нижнього краю виробки ψ_1
- біля верхнього краю виробки ψ_2 ;
- біля границь виробки за простяганням ψ_3 ;

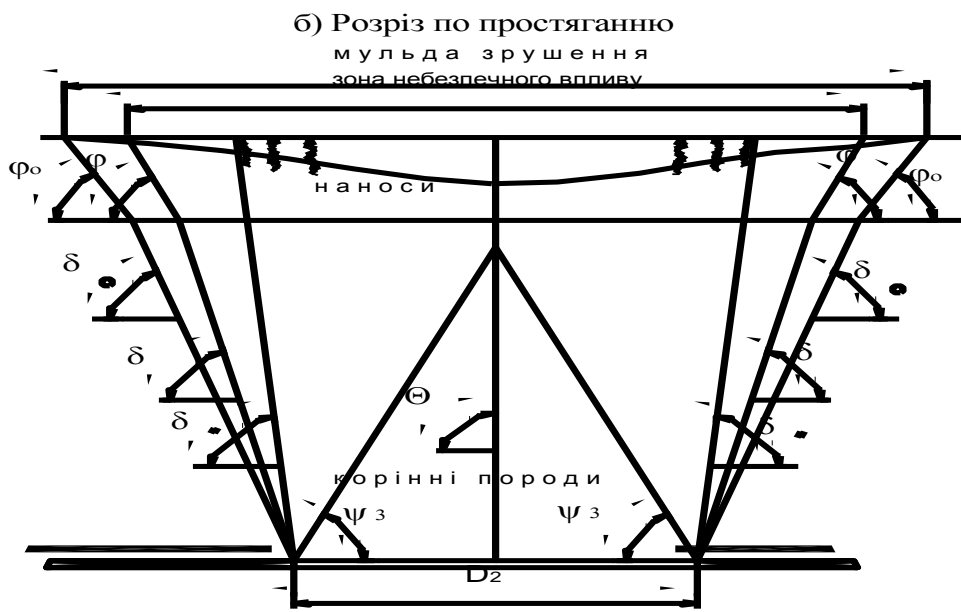
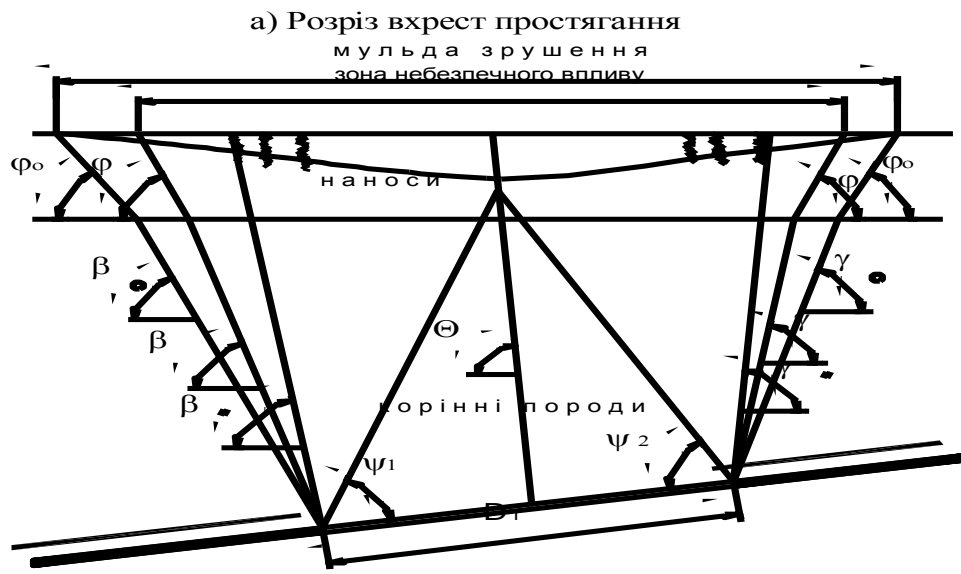


Рис. 36. Кутіві параметри зрушення при неповній підробці (пологе залягання)

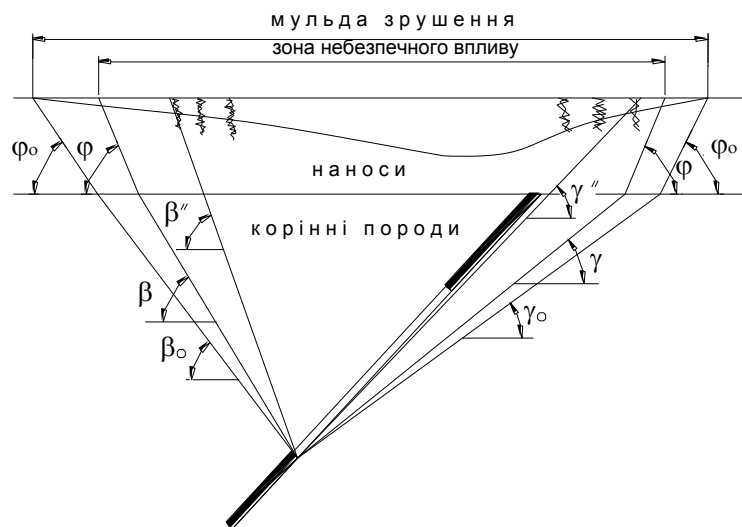


Рис. 37. Кутіві параметри зрушення на вертикальному розрізі ухрест простягання (круте залягання)

18.3. Практичне застосування параметрів зрушення земної поверхні

Граничні кути використовують при визначенні розмірів мульди зрушення земної поверхні та при побудові охоронних ціликів під вертикальні шахтні стволи.

Кути зрушення використовують при визначенні розмірів зони тріщин та розривів, при побудові охоронних ціликів під будівлі, споруди і природні об'єкти.

Кути розривів використовують при визначенні розмірів зони тріщин та розривів, при побудові охоронних ціликів під водні об'єкти, лісонасадження.

Кути повних зрушень використовують при визначенні довжин напівмульд при повній підробці земної поверхні та при визначенні розмірів плоского дна.

Кути максимального осідання використовують при визначенні довжин напівмульд при неповній підробці земної поверхні.

Параметри, що отримані за результатами натурних інструментальних маркшейдерських вимірювань на спостережних станціях, відіграють важливу роль, оскільки є найбільш вірогідними даними при складанні загальної характеристики процесу зрушення земної поверхні у реальних умовах. При цьому на спостережних станціях отримують такі параметри зрушення земної поверхні:

- відносне максимальне осідання q_0 ;
- відносне максимальне горизонтальне зрушення a_0 ;
- максимальний нахил i_0 ;
- максимальна кривизна k_0 ;
- максимальна горизонтальна деформація ε_0 ;
- максимальне горизонтальне зрушення ξ_0 ;
- швидкість осідання земної поверхні V_0 ;
- кути зрушення $\varphi, \beta, \beta_1, \gamma, \delta$;
- граничні кути $\varphi_0, \beta_0, \beta_{01}, \gamma_0, \delta_0$;
- кути розривів $\beta'', \gamma'', \delta'', \beta_1''$.
- кути повних зрушень ψ_1, ψ_2, ψ_3 ;
- кути максимального осідання θ ;
- загальна тривалість процесу зрушення T та періоду небезпечних деформацій t .

Перелічені параметри процесу зрушення використовують для удосконалення методик розрахунку і прогнозування зрушень і деформацій земної поверхні, при розробці ефективних заходів з охорони споруд, будівель і природних об'єктів на підроблюваних територіях.

Основним маркшейдерським документом, що регламентує питання охорони підроблюваних об'єктів, прогнозування величин зрушень і деформацій земної поверхні, будівель і споруд під впливом підземної розробки вугільних родовищ є Правила підробки [7].

Вони базуються на величезній кількості маркшейдерських інструментальних спостережень за зрушенням земної поверхні, досвіді

проведення очисних робіт в різноманітних гірничо-геологічних умовах із використанням різних технологій під різноманітними спорудами і об'єктами.

18.4. Методи вивчення процесу зрушення гірських порід і земної поверхні

Зрушення гірських порід і земної поверхні вивчається практично на усіх родовищах корисних копалин. При цьому використовуються різні *методи вивчення* цього складного техногенного явища, а саме

1. Натурні маркшейдерські інструментальні спостереження.
2. Лабораторні дослідження.
3. Теоретичні дослідження.

Натурні маркшейдерські інструментальні спостереження проводять на спостережних станціях, які представляють собою систему реперів, закладених на земній поверхні (у ґрунті і спорудах), в товщі гірських порід і в гірничих виробках. Місця закладки реперів спостережної станції і методика проведення інструментальних спостережень вибирають у залежності від мети досліджень і завдань, які при цьому вирішуються.

Дані натурних інструментальних спостережень дозволяють отримати детальну достовірну характеристику процесу зрушення та його окремих параметрів у конкретних гірничо-геологічних умовах. Це є головним *достоїнством* методу.

Недоліками методу натурних інструментальних спостережень є важкість і складність вивчення окремих питань, пов'язаних із інтерпретацією результатів спостережень, ув'язкою їх із геомеханічними процесами у підроблюваному масиві; обмеженість використання результатів досліджень конкретними умовами їх отримання; трудомісткість, громіздкість і значна тривалість спостережень (до декількох років і більше на одній спостережній станції).

Лабораторні дослідження полягають у моделюванні очисної виробки, товщі гірських порід і процесу їх зрушення. Для створення моделей використовують гіпсо-піщано-глиняні суміші з різними добавками. Властивості сумішей вибирають еквівалентно масштабу моделі, тому саме моделювання називають *моделюванням з еквівалентних матеріалів*.

Зрушення точок „підроблених” порід моделі фіксують за допомогою спеціальних високоточних приладів і пристроїв. У результаті отримують загальну якісну картину зрушення усієї товщі, вектори зрушення окремих точок та їх відносні величини.

Достоїнства моделювання з еквівалентних матеріалів – це значно менша тривалість і трудомісткість у порівнянні із проведенням натурних інструментальних маркшейдерських спостережень; наочність отриманих результатів (якісні показники), можливість широкого, практично безмежного, варіювання гірничо-геологічними параметрами та умовами.

Недоліками є складність у підборі матеріалів моделі і, як наслідок, відсутність подібності моделі й природи; недостатня точність отриманих результатів (кількісних показників).

Теоретичні дослідження мають на меті розробку теорії зрушення

гірських порід, яка була б заснована на фізико-механічних властивостях реального масиву з урахуванням усіх гірничо-геологічних факторів. Ці дослідження проводять за двома напрямками:

– отримання аналітичних залежностей між гірничо-геологічними умовами і числовими величинами зрушень і деформацій;

– розробка методик розрахунків зрушень і деформацій земної поверхні на основі встановлених залежностей і закономірностей.

18.5. Методика інструментальних спостережень на станції. Прилади і інструменти

Після проведення робіт з планової та висотної прив'язки станції виконують первинне інструментальне спостереження, яке включає повну серію спостережень: нівелювання усіх реперів спостережної станції і вимірювання усіх відстаней між реперами за профільними лініями. Слід зауважити, що первинне нівелювання реперів за профільними лініями виконують двічі – у прямому і зворотному напрямках. Нівелірні ходи повинні бути замкненими, з допустимою нев'язкою $\Delta h = \pm 15 \text{ мм} \sqrt{L}$, де L – довжина нівелірного ходу, км. За остаточну відмітку репера станції приймають середнє значення із двох ходів.

Для нівелювання використовують нівеліри типу НЗ, відстань від нівеліра до зв'язуючих реперів не повинна перевищувати 70 м, а різниця плечей між зв'язуючими реперами ± 2 м.

Вимірювання відстаней між реперами виконують світлодалекомірами або сталевими компарованими 30...50-метровими рулетками з динамометром, який забезпечує постійний натяг стрічки 10 кг. Під час вимірювань визначають і фіксують температуру повітря з точністю до 1 градуса.

Розбіжність горизонтальних відстаней між крайніми реперами профільних ліній у прямому і зворотному ходах допускається до 1:10000 довжини профільної лінії. За остаточні значення вимірювання довжин приймають довжини, що отримані як середнє з двох незалежних серій спостережень.

Нормативні документи вимагають по можливості у стислі терміни проводити вимірювання на станції – до 5 днів.

Такі високі вимоги до результатів первинного інструментального спостереження зумовлені тим, що у подальшому вони використовуються як вихідні дані для отримання повної характеристики процесу зрушення земної поверхні (кутові параметри, величини зрушень і деформацій і т.і.) на спостережній станції.

Терміни проведення спостережень встановлюють у залежності від вирішуваних завдань. У випадку отримання лише кінцевих параметрів зрушення та характеру розподілу їх у мульдї зрушення достатньо провести, окрім початкового, ще два спостереження.

Якщо необхідно отримати дані про розвиток процесу зрушення, то окрім початкової та кінцевої серій спостережень, додатково проводять не менше чотирьох проміжних серій спостережень.

Для вивчення процесу зрушення у часі (отримання динамічних параметрів зрушення) можуть призначатися частотні спостереження на станції. При цьому частота спостережень залежить від гірничо-геологічних умов підробки спостережної станції і складає від 1...2 до 10...15 днів.

У процесі підробки спостережної станції при проведенні чергового спостереження маркшейдер уважно обстежує підроблювану ділянку, фіксує та знімає тріщини, які утворились на земній поверхні під впливом гірничих робіт, вказує час їх появи та величину розкриття.

Одночасно із інструментальними спостереженнями необхідно поповнювати плани гірничих виробок на дату кожного спостереження. На план наносять усі виробки, які можуть впливати на репери спостережної станції, залишені цілики, розташування старих виробок, уточнюють кут падіння і вийману потужність пласта, наводять дані про якість закладки реперів.

Після закінчення процесу зрушення проводять заключні спостереження, які включають і повторну прив'язку опорних реперів профільних ліній до вихідних реперів (з метою перевірки їх непорушності протягом усього періоду спостережень).

Результати інструментальних вимірювань на спостережній станції записують у спеціальні польові журнали. Після закінченні кожної серії вимірювань матеріали спостережень повинні бути аналітично і графічно оброблені.

Аналітична обробка умовно може бути поділена на два етапи:

- первинна математична обробка матеріалів польових спостережень;
- остаточна математична обробка результатів вимірювань.

Первинна математична обробка матеріалів польових спостережень включає перевірку польових журналів, обчислення висотних відміток всіх реперів спостережної станції, камеральна обробка горизонтальних відстаней (із введенням усіх поправок) між реперами профільних ліній і координат X і Y опорних реперів (у початковій серії спостережень).

Обчислення перевищень між реперами і висотних відміток реперів виконують безпосередньо у польових журналах нівелювання. Зрівнювання нівелірних ходів виконують у спеціальному журналі методом наближень або методом полігонів.

Висотні відмітки реперів після обробки кожної серії спостережень виписують у відомість осідань реперів.

Горизонтальні відстані d між реперами профільних ліній обчислюють у спеціальному журналі з урахуванням відповідних поправок.

§ 19. Визначення умов безпечної підробки будівель та споруд

Визначення умов безпечної підробки будівель та споруд і вибір мір охорони для них оснований на порівнянні розрахункових деформацій земної поверхні з допустимими та граничними деформаціями (показниками сумарних деформацій) для об'єктів [7].

Допустимими деформаціями земної поверхні прийнято вважати деформації, які спроможні визвати в спорудах порушення, при яких після поточних ремонтних і налаштовувальних робіт вони зможуть експлуатуватися за своїм прямим призначенням.

У кожного об'єкта, в залежності від його призначення та геометричних параметрів, виділені найбільш впливові деформації для порівняння їх з допустимими (наприклад, для високих об'єктів – нахили та кривизна, для довгих – горизонтальні деформації).

Для визначення умов безпечної підробки споруди окремим пластом використовують *безпечну глибину розробки*, нижче якої гірничі роботи не викликають у спорудах деформацій вище допустимих. На горизонтах, що розташовані нижче безпечної глибини, роботи можуть проводитись без застосування мір охорони. У залежності від того, які деформації для споруди є найбільш небезпечними, безпечну глибину розраховують за наступними формулами:

– якщо у якості допустимих прийняті горизонтальні деформації

$$H_{\delta} = \frac{m}{k_{\varepsilon}} [\varepsilon_{\delta}],$$

– якщо у якості допустимих прийняті нахили

$$H_{\delta} = \frac{m}{k_i} [i_{\delta}],$$

де m – потужність пласта, $[\varepsilon_{\delta}]$, $[i_{\delta}]$ – показники допустимих горизонтальних деформацій та нахилів, k_{ε} , k_i – коефіцієнти, які визначають у залежності від району ведення гірничих робіт та кута падіння пласта.

Для підроблюваних цивільних будівель найбільш небезпечними є горизонтальні деформації земної поверхні.

При проведенні гірничих робіт вище безпечної глибини слід визначати розрахункові деформації та шляхом порівняння їх із допустимими визначати варіанти сумісного чи роздільного застосування гірничих чи конструктивних мір охорони. При підробці споруди декількома пластами визначення умов безпечної розробки за допомогою безпечної глибини може виконуватись тільки для пласта, який розробляється першим. При підробці споруди іншим та наступним пластами безпечні умови підробки визначають порівнянням допустимих деформацій (показника сумарних деформацій) з розрахунковими або вірогідними залежно від наявності плану відпрацювання пласта [7].

Для визначення умов безпечної підробки споруди слід розрахувати безпечну глибину розробки H_{δ} та проаналізувати, на яких ділянках пласта можна вести роботи без застосування мір охорони, а де їх вживання буде обов'язковим (рис. 38).

Таким чином, можна навести послідовну схему визначення мір охорони для споруд, що підлягають підробці (рис. 39).

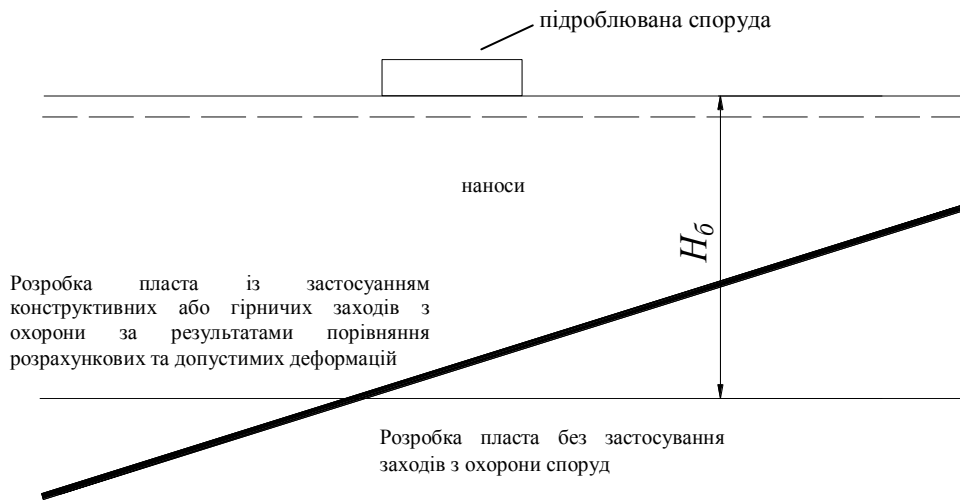


Рис. 38. Використання безпечної глибини при визначенні умов безпечної підробки споруди

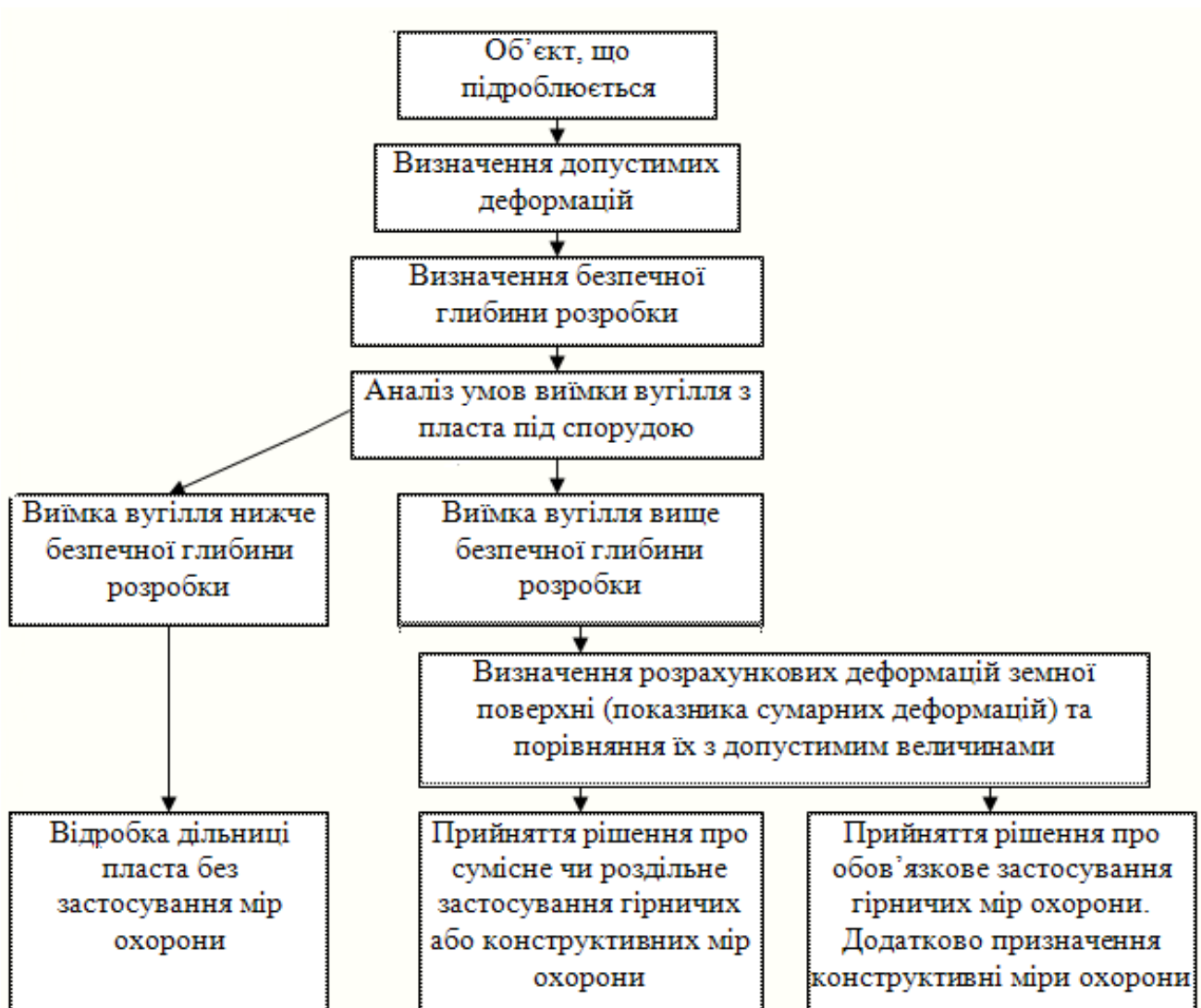


Рис. 39. Схема до визначення мір охорони споруд, що підроблюються

19.1. Заходи з охорони споруд та об'єктів при підробках

Існують наступні заходи з охорони споруд та об'єктів:

- а) гірничі заходи охорони;
- б) конструктивні заходи охорони;
- в) тимчасова зміна характеру експлуатації підроблюваного об'єкта на період виникнення небезпечних деформацій;
- г) залишення охоронних ціликів.

До гірничих заходів з охорони відносять такі:

- використання закладки виробленого простору породою або спеціальною закладальною сумішшю;
- часткова виїмка вугілля за площею (рис. 40,а) чи потужністю;

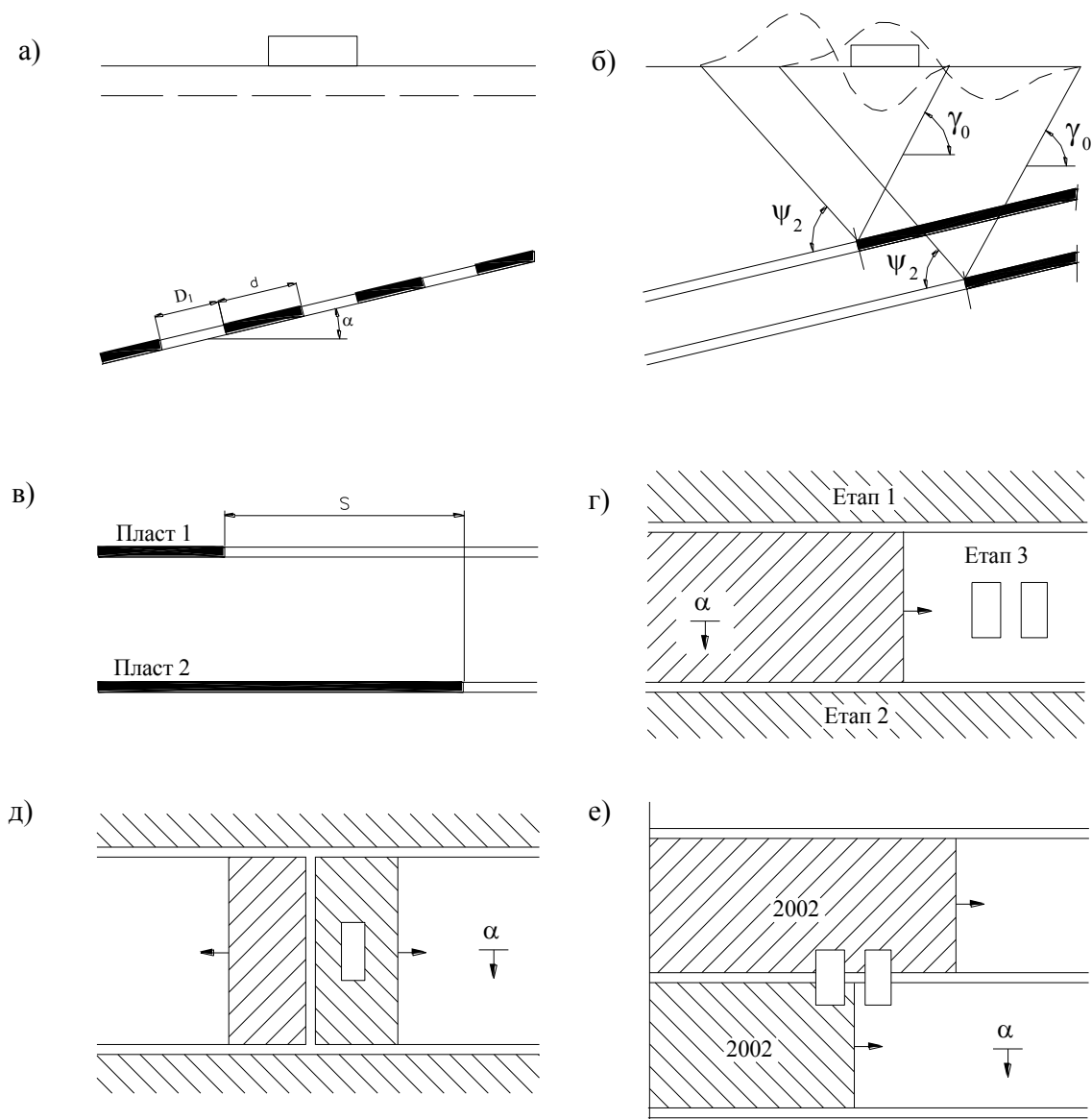


Рис. 40. Ілюстрація до гірничих заходів охорони споруд

- виїмка, яка виключає сумування деформацій (гармонічна відробка свит пластів) (рис. 40,б);

- розробка вугільних пластів з розривом у часі більше загальної тривалості процесу зрушення від одного пласта (рис. 40,в);
- відробка вугільного пласта у декілька етапів (рис. 40,з);
- відробка вугільного пласта вибоями, що розходяться (рис. 40,д);
- відробка вугільного пласта суміжними вибоями, які рухаються з заданим випередженням (рис. 40,е);
- розташування гірничих виробок, при якому об'єкт, що охороняється, буде попадати в плоске дно мульди зрушення.

Ефективність вищевказаних гірничих заходів з охорони різна і залежить насамперед від гірничо-геологічних умов підробки об'єктів. Так, наприклад, використання такої міри, як закладка виробленого простору породою та спеціальною закладальною сумішшю значно зменшує величини зрушень і деформацій земної поверхні.

Вибір заходів охорони споруд та об'єктів при розробках вугільних пластів регламентується Правилами підробки [7]. При цьому гірничі заходи з охорони застосовують для зменшення деформацій земної поверхні. У складеному проекті виконують розрахунок очікуваних деформацій, знаходять коефіцієнт зменшення деформацій, який дорівнює відношенню величин допустимих деформацій для об'єкта до максимальних. Після цього вибирають раціональний спосіб вилучення вугілля в зоні впливу на охоронний об'єкт.

До конструктивних заходів з охорони відносять наступні:

- розділення будівель деформаційними швами на окремі відсіки;
- підсилення підроблюваного об'єкта металевими тяжами та залізобетонними поясами;
- випрямлення наземної частини будівлі за допомогою домкратів;
- збільшення кількості опор міжповерхових перекриттів;
- обладнання трубопроводів компенсаторами;
- підсипка залізничного полотна та ін.

Використання третього способу заходів з охорони – тимчасової зміни характеру експлуатації об'єкта можливо у випадках, коли заздалегідь плануються ремонтні роботи, що передбачають тимчасове припинення експлуатації об'єкта або часткове обмеження деяких елементів роботи, наприклад, обмеження швидкості руху поїздів тощо.

Залишення охоронних ціликів передбачене у випадках, коли інші заходи з охорони неефективні (не можуть гарантувати нормальну експлуатацію об'єкта) або є економічно недоцільними.

19.2. Основні правила побудови охоронних ціликів

Питання про залишення під об'єктом (цивільні будівлі та споруди, промислові об'єкти) охоронного цілика вирішують на основі техніко-економічних розрахунків. Виключенням є вертикальні шахтні стволи разом з копрами та будівлями підймальних машин, які у всіх випадках обов'язково охороняють охоронними ціликами без урахування безпечних глибин розробки.

Відомі наступні способи побудови охоронних ціликів:

- спосіб вертикальних розрізів;
- спосіб перпендикулярів;
- спосіб проекцій з числовими відмітками.

Останній спосіб не отримав поширення, оскільки має ряд істотних недоліків. На практиці цей спосіб зараз практично не застосовують.

Межі охоронних ціликів будують відносно меж охоронної площі, у яку входить сам об'єкт (охоронний контур), та берма (розмір, на який збільшується контур з розташованим об'єктом).

Відповідно до Правил підробки [7] величину берми для вертикальних шахтних стволів приймають рівною 20 м. Для усіх інших об'єктів ширину берми визначають у залежності від допустимих деформацій.

Для споруд та об'єктів обмежених розмірів побудову найбільш зручно виконувати способом вертикальних розрізів. Це можуть бути такі об'єкти, як окремі цивільні та промислові будівлі, групи будівель, вертикальні шахтні стволи разом з надшахтними будівлями тощо.

Для витягнутих об'єктів зручно користуватися при побудовах способом перпендикулярів. Витягнутими вважаються ті об'єкти, у яких відношення довгої сторони до короткої дорівнює або більше 5 (наприклад, залізниці, трубопроводи, канали) окремі будівлі, споруди тощо.

Спосіб вертикальних розрізів. Межі охоронної та межі окремої будівлі визначають таким чином. На плані навколо об'єкта, що охороняється, через кутові точки проводять лінії, які паралельні напрямкам простягання та падіння вугільного пласта до взаємного їх перетину. Потім в отриманому прямокутнику в усі боки відкладають ширину берми (рис. 41) з урахуванням допустимих деформацій [7]. Таким чином визначають розміри охоронної площі $ABCD$. Після цього переносять сторони AB , BC , CD та AD охоронної площі на вертикальні розрізи (за падінням та за простяганням пласта), з точок A , B , C , D на розрізах проводять лінії під відповідними кутами зрушення до перетину з площиною пласта. На розрізах у відповідності з вимогами Правил підробки [7] знаходять розміри охоронних ціликів, які у подальшому переносять на план.

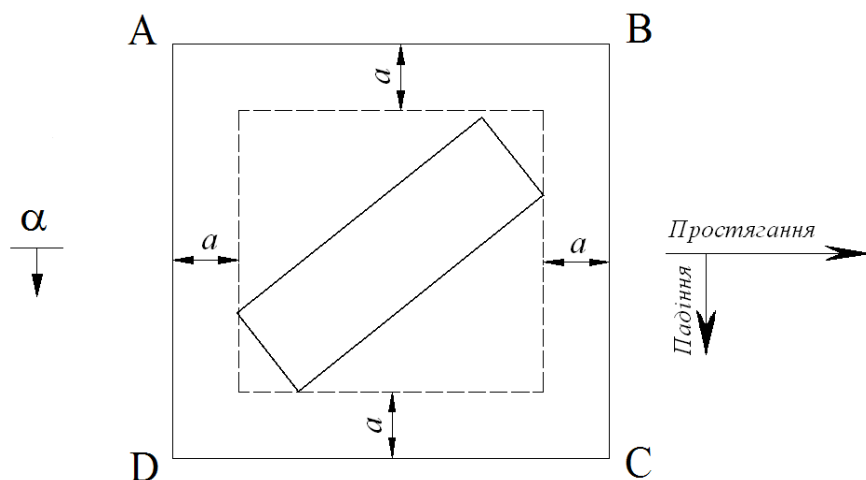


Рис. 41. Визначення охоронної площі на плані для побудови охоронного цілика під окрему будівлю: a – розмір берми; $ABCD$ – охоронна площа

Розміри охоронних ціликів під вертикальні шахтні стволи визначають за граничними кутами та кутами зрушення у відповідності з методикою [7].

Межі охоронних ціликів під лісові насадження, породні відвали, що не вигоріли, та кладовища будують по кутах розрізів.

Числові значення кутових параметрів процесу зрушення у залежності від вугільних басейнів наведені у Правилах підробки [7].

Спосіб перпендикулярів застосовують при побудові охоронних ціликів під витягнуті об'єкти великої протяжності у випадках, коли вісь об'єкта розташована діагонально по відношенню до простягання та падіння пласта.

Для побудови охоронного цілика таким способом необхідно визначити значення кутів β' та γ' за формулами Правил підробки [7].

За формулами Правил підробки [7] визначають довжини перпендикулярів q та l , які відкладають у характерних точках перпендикулярно до охоронної площі. При цьому q – довжина перпендикуляра у бік підняття пласта, а l – довжина перпендикуляра у бік падіння пласта.

Примітка. Характерними точками витягнутих об'єктів при побудові охоронних ціликів є:

- початкові та кінцеві точки прямолінійної ділянки;
- початкові та кінцеві точки на ділянці заокруглення (якщо точка має місце);
- точки, розташовані на середині заокруглення.

Після побудови охоронного цілика визначають запаси вугілля по пласту у цілику, які у подальшому відносять до загальношахтних втрат.

19.3. Побудова цілика для охорони цивільної будівлі

Для будинків і споруд границю охоронної площі визначають на плані наступним чином: навколо об'єкту, що охороняється, через його кутові точки будують прямокутник, сторони якого орієнтують за простяганням і ук্রেсть простягання пласта (рис. 42). Паралельно сторонам прямокутника на відстані, що дорівнює бермі, проводять лінії до їхнього взаємного перетину. Територія, що обмежується відбудованими лініями, є охоронною площею.

Межі охоронного цілика для будинків і споруд визначають за допомогою кутів зрушення.

Якщо нижня межа цілика, що побудована по куту зрушення γ , розташована нижче горизонту безпечної глибини, то за нижню межу цілика приймають горизонт безпечної глибини. Послідовність побудови охоронного цілика можна розглянути на конкретному прикладі.

Завдання. Побудувати охоронний цілик під житловим 5-поверховим будинком в умовах однієї із шахт Центрального Донбасу.

Порядок виконання роботи.

1. Визначають кути зрушення β , γ , δ і φ для умов розробки пласта l_7 за Правилами підробки [7].
2. Визначають ширину берми відповідно до Правил підробки [7] і будують на плані будівлі контур охоронної площі.

3. Будують вертикальні розрізи за напрямками простягання і вкrest простягання пласта.
4. Будують на розрізах за кутами зрушення лінії, які обмежують контури охоронного цілика в масиві.
5. Визначають контури охоронного цілика в площині пласта на розрізах з урахуванням безпечної глибини H_δ і особливостей побудови цілика нижче горизонту H_r [7]), де H_r – горизонт, до якого побудову цілика на розрізі за простяганням виконують за кутами зрушення δ , а далі – по вертикалі, до перетину із проекцією нижньої границі цілика.
6. Переносять границі охоронного цілика з вертикальних розрізів на план .

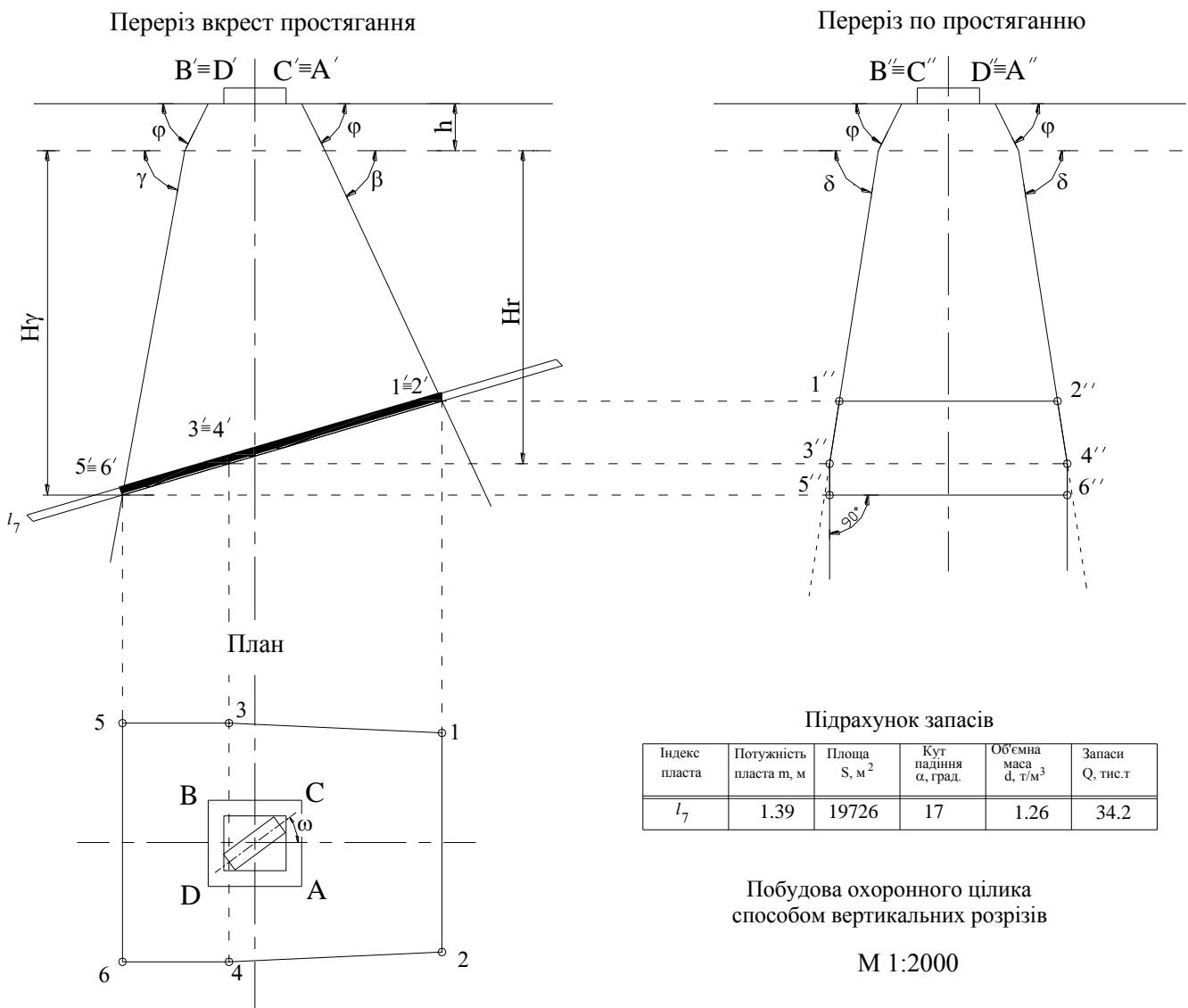


Рис. 42. Приклад побудови охоронного цілика для охорони окремої будівлі

§20. Зрушення гірських порід при відкритому способі розробки родовищ

При відкритому способі розробки родовищ процес зрушення гірських порід проявляється інакше, ніж при підземному. Найявніші відкритої поверхні

відкосу борту або уступу кар'єру створює сприятливі умови для безперешкодливого зрушення порід у бік виробленого простору, яке нерідко проявляється в вигляді різноманітних видів порушення стійкості уступів, бортів та відвалів.

Глибина багатьох кар'єрів у теперішній час вже досягла декілька сотень метрів. Висота відвалів розкривних порід іноді досягає 200 м і більше.

У зв'язку з цим питання стійкості відкосів бортів і відвалів відносяться до числа найбільш актуальних для відкритих розробок, так як з ними пов'язано проведення заходів по забезпеченню безпеки проведення гірничих робіт і підвищення техніко-економічних показників гірничого підприємства. Зокрема збільшення загального кута нахилу борта всього лише на 1° при глибині кар'єру 300 м призведе до скорочення об'єму розкриття на 3 млн.м³ на кожний кілометр простягання борта.

Розрахунок кута відкосу борту, який забезпечує його стійкість при проектуванні кар'єрів, базується на приблизних фактичних вихідних даних.

В процесі експлуатації родовища уточнюються багаточисленні фактори, які впливають на стійкість відкосів.

Для попередження можливих порушень стійкості відкосів маркшейдери проводять систематичні інструментальні спостереження. Це дає змогу встановити причини і характер порушення стійкості відкосів.

На карерах розрізняють такі основні види порушення стійкості уступів, бортів і відвалів.

Осипи – це скочування окремих кусків і брил до підніжжя відкосу. Вони характерні для всіх видів гірничих порід, порушують приповерхневу частину крутих відкосів і формуються на протязі декількох років під впливом ослаблення і вивітрювання порід на поверхні відкосу.

Обрушення – (обвалення) зачіпляють значну частину масиву гірничих порід і виникають при кутах відкосів бортів і відвалів, що перевищують $25...35^\circ$ і при нахилу ослаблення шарів і диз'юнктивних порушень у бік виїмки під кутом більше $25...35^\circ$. Активна стадія обрушень протікає фактично миттєво, тому вони дуже небезпечні для людей і механізмів, які працюють на нижчележачих уступах.

Зсуви – це повільне зміщення породних мас по похилій поверхні. Вони є найбільш розповсюдженим видом порушення стійкості бортів і відвалів. Зсуви виникають з багатьох причин, наприклад, при підтіканні ґрунтових вод до відкосу, при наявності шарів пластичних глин і напірних вод, при обводненому підґрунті і слабких породах у відвалах, при невідповідності кута відкосу і його висоти тощо. Активна стадія зсувів протікає протягом значного часу (від декількох годин до декількох місяців), залучаючи до руху від сотень до мільйонів кубічних метрів породної маси.

Осідання (просадки) – це вертикальне опускання верхніх ділянок розпушених породних мас без утворення суцільної поверхні ковзання. Вони виникають в результаті ущільнення відвальних порід, їх зволоження атмосферними опадами і консолідації.

Просадки – це найбільш безпечний вид порушення стійкості відкосів.

Опливини – характеризують переміщення у вигляді потоку насичених водою до текучого стану піщано-глиняних порід порушеної структури (пилюватих пісків і глин). Вони охоплюють значні об'єми порід, розвиваються інтенсивно, часто набуваючи катастрофічного характеру.

Таким чином, основними факторами, що сприяють розвитку деформацій відкосів на кар'єрах, є наступні:

- 1) наявність поверхонь послаблення – тектонічних порушень, слабких контактів між шарами тощо;
- 2) обводнення порід і слабке їх дронування;
- 3) інтенсивна тріщинуватість масиву;
- 4) наявність прошарків зволжених глиняних порід.

Основними причинами розвитку деформації відкосів є:

- 1) невідповідність кутів, окреслення і висот відкосів даним геологічним умовам, тобто невірний розрахунок кута відкосу;
- 2) відсутність або неефективність дренажу;
- 3) неправильне проведення гірничих робіт (масові вибухи поблизу борту кар'єру і черговість відробки ділянок).

Методи розрахунку параметрів уступів засновані на використанні характеристики міцності порід, їх опірності зсуву (кут внутрішнього тертя і сила щеплення). Ці характеристики визначають лабораторним шляхом на зразках порід, які складають досліджувану товщу.

Інструментальні маркшейдерські спостереження за зрушенням відкосів дозволяють визначити ранню стадію виникнення зсувів і прийняти відповідні заходи. Визначають кількісні показники розвитку деформацій на окремих ділянках, встановити характер зсувового процесу і показники опору на зсув для усього масиву гірських порід.

Питання для самоперевірки

1. Що називають гірничим відводом ?
2. Що називають головними осями вертикального ствола шахти ?
3. Що називають головними осями похилого ствола шахти ?
4. Що називають мульдою зрушення ?
5. Які зрушення і деформації земної поверхні при відробках ?
7. Що називають повною відробкою земної поверхні ?
8. Що називають неповною відробкою земної поверхні ?
9. Яке практичне застосування параметрів зрушення земної поверхні ?

В результаті вивчення матеріалу розділу і виконання відповідних лабораторних і розрахунково-графічних робіт студент має вміти визначати заходи з охорони відроблюваних споруд на стадії проектування гірничого підприємства і опанувати певними навичками з побудови охоронних ціликів для охорони будівель на земній поверхні.

РОЗДІЛ 6. МАРКШЕЙДЕРСЬКІ РОБОТИ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ШАХТ ТА ПІДЗЕМНИХ СПОРУД

Навчальною метою даного розділу є надбання теоретичних знань щодо маркшейдерського забезпечення будівництва шахт та підземних споруд, зокрема: методика виконання маркшейдерських вимірювань для виносу в натуру точок, ліній (осей), висотних відміток. Матеріал розділу в першу чергу призначається для студентів, які вивчають механічне обладнання шахтного підйому.

§21. Задачі маркшейдерської служби при будівництві шахт

Будівництво сучасних шахт та рудників, як правило, виконується в три етапи: підготовчий, період спорудження шахтних стволів, період проведення та оснастки приствольних та інших капітальних і підготовчих виробок.

Підготовчий період включає роботи з улаштування на промисловому майданчику підземних комунікацій та доріг, будівництво першочергових будівель і споруд, що необхідні для ведення гірничих робіт (будівлі підйомних машин, механічних майстерень, компресорних та котельних установок, заморожувальної станції, адміністративно-побутового комбінату і т.і.), монтажні роботи (монтаж бурових установок, надшахтних копрів, підйомних машин, лебідок тощо).

Період спорудження шахтних стволів включає проходку стволів з приствольними камерами та спорудами, зведення, кріплення, гідроізоляційні роботи та армування, монтаж постійних копрів, підйомних машин і т.і.

Період проведення приствольних та інших капітальних і підготовчих гірничих виробок здійснюють після спорудження шахтного ствола та його переоснащення.

Виходячи із перелічених об'ємів робіт, до задач маркшейдерської служби при будівництві шахт входять наступні:

- детальне вивчення та перевірка робочих креслень, а саме: співставлення числових величин лінійних розмірів, кутів та висотних відміток з їх значеннями на проектних кресленнях (планах, розрізах, схемах) та виявлення можливих помилок;
- складання проекту та створення планово-висотного обґрунтування на промисловому майданчику шахти;
- розбивка основних осей будівель, споруд та технологічного устаткування;
- контроль за проходкою, кріпленням та армуванням стволів;
- перенесення в натуру елементів проекту горизонту шахти та контролю за його спорудженням;
- маркшейдерське забезпечення та контроль робіт при монтажі копрів і гірничошахтного устаткування;
- облік об'ємів виконаних робіт;
- виконавча зйомка та складання документації, що необхідна для здачі шахти в експлуатацію.

Проект розбивочної мережі, як правило, розробляє проектна організація. Побудова розбивочної мережі, винесення та закріплення осей шахтних стволів, трас, лінійних споруд виконує маркшейдерська служба організації-замовника (або за її дорученням спеціалізована організація) та передає по акту генеральному підрядчику.

Винесення осей будівель, споруд та технологічного устаткування, побудова монтажних сіток, задавання напрямків підземним виробкам виконує маркшейдерська служба будівельної організації.

Зйомку промислового майданчика та оновлення топографічних планів території гірничо-видобувних підприємств на момент здачі в експлуатацію виконують, як правило, спеціалізовані топографо-геодезичні організації.

Спостереження за осіданнями споруд входять до обов'язків замовника.

§22. Методи перенесення геометричних елементів проекту в натуру

Будь-яка споруда, що будується, повинна зайняти визначене місце в просторі, тобто в плані і по висоті.

Врешті-решт розбивочні роботи зводяться до перенесення в натуру одного або декількох геометричних елементів: горизонтального кута, горизонтальної довжини, точки із заданими координатами X, Y ; точки із заданою відміткою Z , лінії із заданим уклоном i або кутом нахилу δ .

Частина цих елементів задається у проекті, а інші елементи отримують шляхом аналітичних розрахунків або графічних вимірювань на плані.

22.1. Перенесення горизонтального кута

Нехай маємо закріплений напрямок AB , від якого в точці A необхідно винести проектний кут β , тобто перенести в натуру проектний напрямок AC . Для цього в точці A (рис. 43) встановлюють теодоліт, суміщають нулі лімба і алідади горизонтального круга і при відкріпленому лімбі наводять візирну лінію труби на точку B . Потім, закріпивши лімб і відкріпивши алідаду, повертають її на заданий кут β при кругу зліва.

У напрямку візирної лінії виставляють точку C_1 . Перевівши трубу через зеніт, при кругу праворуч повторюють вказані дії і виставляють точку C_2 . За

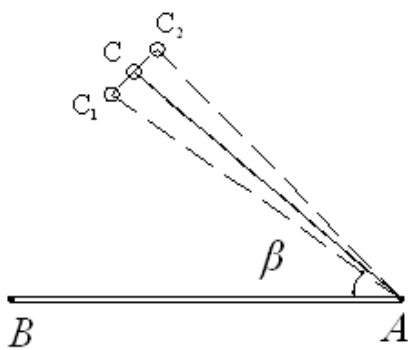


Рис. 43. Перенесення проектного горизонтального кута β в натуру

остаточне положення точки C приймають середину між точками C_1 і C_2 . Побудований таким чином кут BAC і є заданий проектний кут β , вільний від впливу колімаційної похибки теодоліта. Для контролю кут BAC необхідно заміряти і порівняти з проектним його значенням β . Відхилення виміряного кута від його проектного значення не повинно перевищувати необхідної точності.

22.2. Побудова проектної лінії (довжини)

У практиці зустрічається декілька випадків побудови проектної лінії.

Випадок перший. Проектна лінія не перевищує довжини мірного приладу (рулетки), а кінці лінії лежать у горизонтальній площині. Побудову такої лінії можна проводити у висячому положенні і на площині. Спочатку для даної рулетки виписують поправки за компарування, прогин і температуру і зі зворотним знаком додають до проектною довжини. «Рулеточну довжину» відкладають у натурі у висячому положенні при відповідному натягу. Якщо виміри ведуть на площині, то в «рулеточну довжину» поправки за прогин не вводять.

Випадок другий. Проектна відстань L_n не перевищує довжини мірного приладу, але кінці лінії мають значну різницю висот.

Схема побудови такої лінії показана на рис. 44.

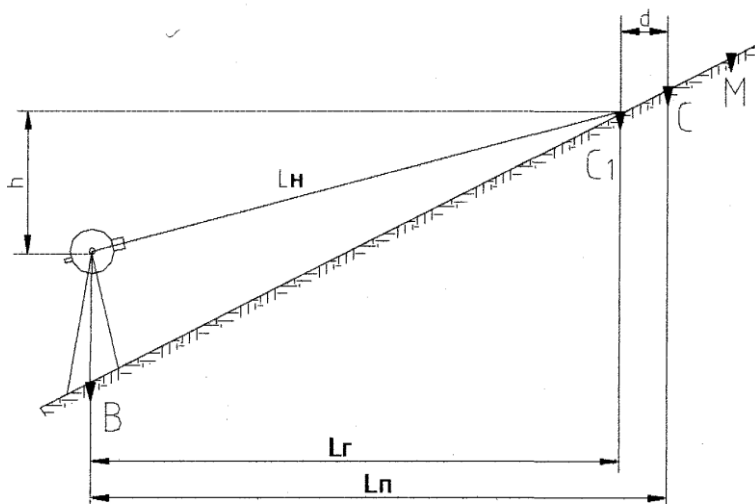


Рис. 44. Схема побудови похилої проектної лінії

Проектна лінія BC знаходиться в створі точок BM , де B – вершина кута; M – створна точка, отримана при побудові кута. У створі BM закріплюють точку C_1 . Відстань BC_1 відкладають грубо по ґрунті на 0,5 м менше проектного (занадто близько розташовані точки C і C_1 незручні в роботі, якщо вони закріплені на кілках). Якщо точки C і C_1 фіксують на твердих поверхнях (бетон, асфальт тощо), то бажано, щоб вони розташовувалися ближче одна до одної.

Вимірюють похилу довжину L_n від центру інструменту до точки C_1 , попередньо встановивши трубу теодоліта в горизонтальне положення.

Визначають нівеліром перевищення h точки C_1 над центром інструменту.

Вводять у виміряну довжину L_n поправки за компарування, прогин і температуру. Обчислюють горизонтальне проложення L_2 .

Визначають величину доміру $d = L_n - L_2$, який і відкладається у натурі рулеткою. Для контролю вимірюють домір, зрушуючи відліки на рулетці.

Випадок третій (загальний). Проектна лінія значно перевищує довжину

мірного приладу і кінці лінії мають значну різницю висот. У цьому випадку розбивають проектну лінію BC на інтервали менше довжини мірного приладу (рис. 45).

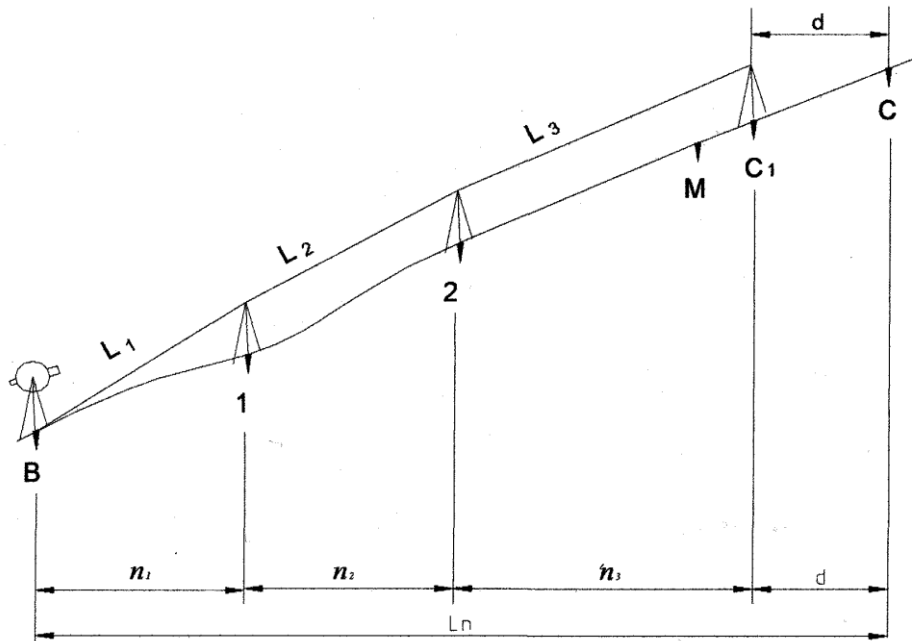


Рис.45. Загальний випадок побудови проектної лінії

У створі точок B і M закріплюють на місцевості точку C_1 . Точка M – створна. Відстань BC_1 відкладають грубо по ґрунті, на $0,3...0,5$ м менше проектної. Розбивають усю довжину на інтервали $B-1$, $1-2$, $2-C_1$, кожний з яких на $1...2$ м менше довжини рулетки. У створі BM виставляють штативи 1 і 2 і наносять риски для фіксації інтервалів. Забирають теодоліт і нівелюють точки B , 1, 2, C_1 .

Вимірюють похилі довжини L_1 , L_2 , L_3 . Вводять в вимірюванні довжини, необхідні поправки й обчислюють горизонтальні проложення n_1 , n_2 , n_3 . Після цього визначають домір $d = L_n - n_1 - n_2 - n_3$, який відкладають у натурі і закріплюють точку C . Роблять контрольний вимір довжини BC .

22.3. Перенесення в натуру проектної відмітки

Проектні відмітки переносять у натуру геометричним нівелюванням із звичайною (технічною) чи підвищеною (прецизійною) точністю. З технічною точністю переносять проектні відмітки елементів будинків і споруд, елементів комунікацій, візирок тощо. З підвищеною точністю в умовах будівництва шахт переносять проектні відмітки на вали підймальних машин, монтажні вісі при підйомі копрів, окремі елементи устаткування.

Передача висотної відмітки з технічною точністю (± 1 мм) виконується у наступному порядку (рис. 46).

Беруть відліки по рейці на вихідному репері й обчислюють відмітку горизонту інструмента PI .

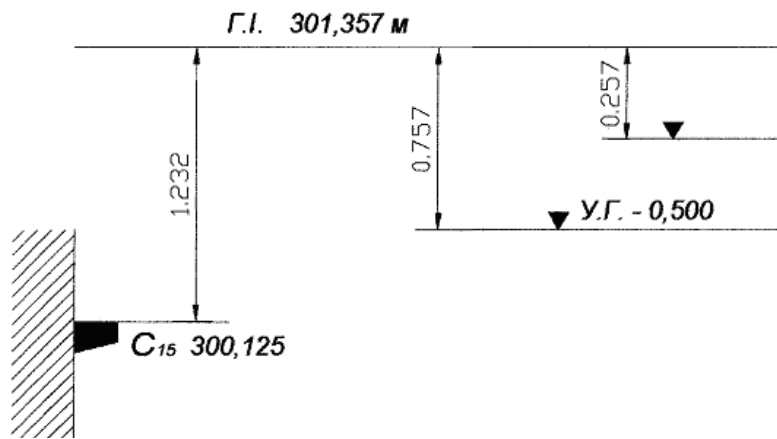


Рис. 46. Схема передачі висотної відмітки з технічною точністю

У робочій книжці складають схему передачі відміток. На схемі виписують відмітку вихідного репера C_{15} , відлік по рейці, проектні відмітки $ОП$, відмітку горизонту інструмента $ГІ$ і доміри від $ГІ$ до проектних відміток. Всі обчислення роблять також у робочій книжці так, щоб вони легко читались. Після перевірки схеми відкладають у натурі доміри (перевищення) рейкою або рулеткою у залежності від умов роботи і фіксують проектні відмітки.

Контроль передачі висотної відмітки виконують звичайним нівелюванням при іншому горизонті інструменту.

Джерелами найбільших похибок при перенесенні в натуру висотних проектних відміток є такі:

- нерівність плечей при встановленні нівеліру;
- нахил рейки;
- фіксація проектних відміток.

22.4. Побудова лінії проектного ухилу

Задачі по перенесенню в натуру лінії з заданим проектним ухилом i_0 чи кутом нахилу δ_0 виникають при будівництві лінійних споруд (дороги, траншеї, лінії трубопроводів тощо).

Лінію проектного ухилу задають вертикальним розміром від допоміжної паралельної лінії. Такою допоміжною лінією може бути похилий промінь інструмента чи лінія візирок. Так, наприклад, потрібно від точки A за напрямком AB перенести і закріпити в натурі лінію з заданим проектним кутом нахилу δ_0 (рис. 47).

Для цього встановлюють теодоліт над точкою A і візирний промінь направляють на точку B . Приводять пухирець циліндричного рівня вертикального кола на середину. Зорову трубу встановлюють у таке положення, при якому відлік по вертикальному кругу з урахуванням місця нуля відповідав би заданому проектному куту δ_0 . Вимірюють висоту інструменту i та фіксують її на рейці в точці O .

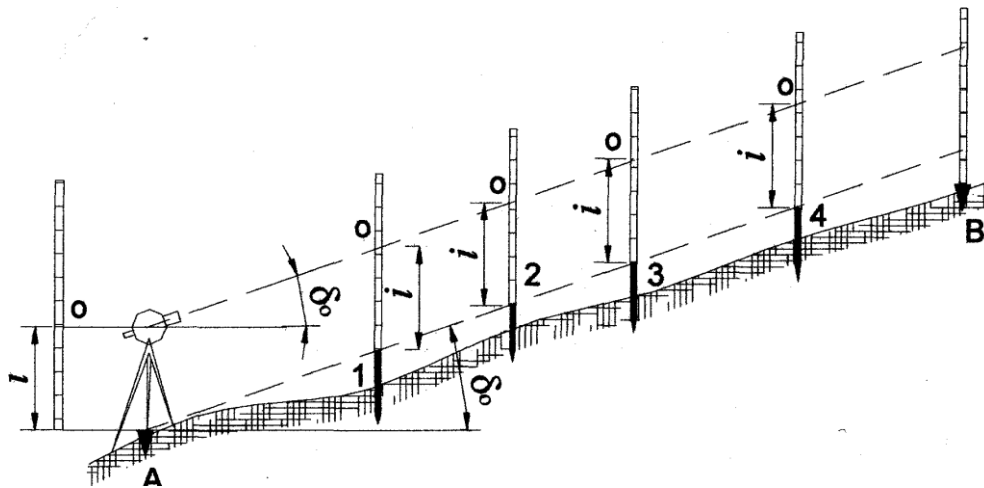


Рис. 47. Схема перенесення в натуру лінії із заданим проектним кутом нахилу δ_0

У необхідних точках 1, 2, 3, 4... у створі лінії AB забивають кілочки таким чином, щоб візирна вісь труби проходила через точку O рейки, послідовно встановлюваної на голівку кілочка. Лінія, яка з'єднає голівки кілочків, забитих таким чином у точках $A, 1, 2, 3, 4$, буде мати заданий проектний кут нахилу δ_0 .

Похилий промінь інструмента при побудові лінії проектного ухилу застосовують, наприклад, для установки кілочків-маяків перед зачищенням траншеї і укладанням трубопроводів. Тут закріплюють на початку і кінці траншеї дві точки на проектній відмітці. Встановлюють інструмент над однією з проектних точок. Наводять трубу на відлік нівелірної рейки, що встановлена на іншій точці, що дорівнює висоті інструменту.

Від візирного променя за розміром, що дорівнює висоті інструменту, встановлюють необхідне число кілочків-маяків на лінії проектного ухилу, як і в попередньому випадку.

При виконанні земляних робіт, що не вимагають високої точності, розбивку і закріплення проміжних точок здійснюють за допомогою візирок. Візирки являють собою дві дощечки, з'єднані у вигляді букви «Т». Виготовляють три візирки однакової висоти (близько 0,8 м). Дві з них встановлюють у точках A і B (що знаходяться на проектній висоті), а третю послідовно ставлять на проміжні кілочки і забивають доти, поки верхні грані усіх візирок не опиняться на одній лінії.

22.5. Перенесення точки за заданими координатами

Для винесення в натуру точки P із заданими координатами необхідно мати не менше двох опорних точок A і B з відомими координатами та дирекційним кутом напрямку AB . В залежності від умов місцевості та взаємного розташування точок застосовують різноманітні способи.

Полярний спосіб (рис. 48,а) застосовують на відкритій місцевості при сприятливих умовах для лінійних вимірів. При цьому винесення точки P здійснюють по двох розбивочних елементах – горизонтальному куту β та

горизонтальній відстані l . Якщо значення величин β та l не задані у проекті, то їх визначають шляхом вирішення зворотної геодезичної задачі:

$$\operatorname{tg} \alpha_{AP} = \frac{Y_P - Y_A}{X_P - X_A}; \quad l = \frac{Y_P - Y_A}{\sin \alpha_{AP}} = \frac{X_P - X_A}{\cos \alpha_{AP}}; \quad \beta = \alpha_{AP} - \alpha_{AB}.$$

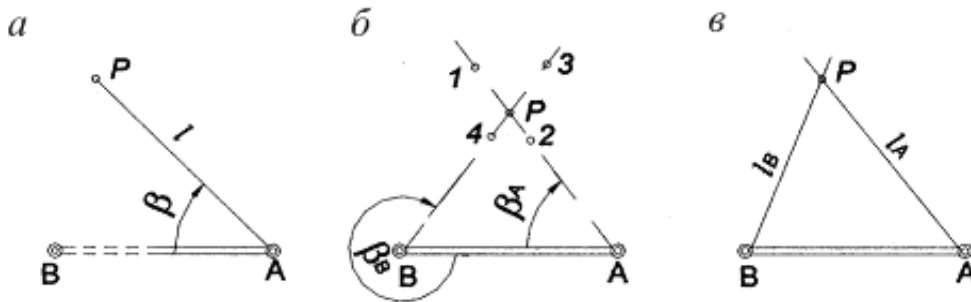


Рис. 48. Перенесення в натуру точки P за заданими координатами

Положення точки P на місцевості визначають відкладанням у точці A горизонтального кута β і по отриманому напрямку – відстані l способами, що описані вище.

Спосіб кутової засічки (рис. 48,б) застосовують при несприятливих умовах для лінійних вимірів і при великих відстанях до точки P . Винесення точки P в натуру здійснюють тільки за кутовими величинами β_A та β_B . Необхідні кути отримують із рішення зворотної геодезичної задачі.

$$\beta_A = \alpha_{AP} - \alpha_{AB}; \quad \beta_B = \alpha_{BP} - \alpha_{BA},$$

де α_{AB} – дирекційний кут відомого напрямку AB .

У точках A та B встановлюють теодоліти і, відклавши кути β_A і β_B , поблизу місця перетину отриманих напрямків відмічають точки 1, 2, 3, 4. Положення точки P , що виноситься в натуру, визначають у точці перетину двох шнурів, натягнутих по лініях 1-2 та 3-4.

Спосіб лінійних засічок (рис. 48,в) застосовують у випадках, коли відстані l_A та l_B до точки P , що визначається, від опорних пунктів A та B не перевищують довжину мірного приладу (рулетки). Якщо горизонтальні відстані l_A та l_B не зазначені в проекті, то їх значення можна обчислити за формулами:

$$l_A = \sqrt{(X_P - X_A)^2 + (Y_P - Y_A)^2}; \quad l_B = \sqrt{(X_P - X_B)^2 + (Y_P - Y_B)^2}.$$

Якщо місцевість похила, обчислюють відповідні їм похилі відстані

$$L_A = \frac{l_A}{\cos \delta} \quad \text{та} \quad L_B = \frac{l_B}{\cos \delta}.$$

Від точок A і B за допомогою двох рулеток відкладають ці відстані та в

точках суміщення їхніх кінців закріплюють точку P .

Слід зазначити, що даний спосіб застосовується дуже рідко і тільки для прив'язки другорядних об'єктів.

Спосіб створів застосовують тоді, коли точка P , що підлягає розбивці, розташована у створі лінії між відомими точками A і B чи на її продовженні. Задача зводиться до відкладання уздовж лінії створу проектної відстані від найближчої точки A (чи B) до точки P у заданому напрямку.

§23. Маркшейдерські роботи при спорудженні ствола і підйомного комплексу

23.1. Основні відомості про розбивки будівель і споруд

Планове положення будівель; споруд і різноманітних комунікацій на промисловому майданчику визначено на генеральному плані поверхні шахти відносно пунктів і сторін розбивочної (будівельної) сітки, яка являє собою мережу пунктів у вигляді системи прямокутників, сторони яких паралельні осям головного шахтного ствола і розміри сторін прямокутників не менше 80 м. В вершинах цих прямокутників закладають основні пункти розбивочної мережі, які закріплюють постійними знаками. Допоміжні пункти задають у створах між основними. Осьові пункти головного шахтного ствола включають в систему розбивочної мережі.

Координати основних і допоміжних пунктів розбивочної мережі визначають шляхом прокладання між ними полігонометричних ходів.

Положення деяких будівель і споруд, що прилягають до ствола шахти, визначають безпосередньо відносно осей ствола. Розміри і взаємна ув'язка окремих вузлів і деталей будівель (споруд) даються у робочих кресленнях.

Планову розбивку будівель здійснюють у наступному порядку (рис. 49).

Від точки A осі ствола до шахти або розбивочної мережі за заданими в проекті значенням кута β_1 і довжини l виносять і закріплюють точку O перетину головних осей будівлі.

Встановлюють теодоліт в точці O і по куту β_2 , обчисленому по різниці дирекційних кутів напрямків OA і BC виносять головну вісь будівлі точками B і C . Другу головну вісь DE будівлі виносять перпендикулярно до лінії BC . Потім від точки O за напрямком головних осей відкладають відстані, які відповідають вказаним у робочому кресленні і закріплюють точки b , c , d і e на осях фундаментів будівлі. Потім теодоліт встановлюють послідовно в точках b , c , d і e . Під кутом 90° до головних осей виносять осі решти фундаментів будівлі і закріплюють точки 1, 2 і 3 їх перетину. Але крім точок B , C , D і E , решта усіх точок при проведенні будівельних робіт буде знищена. Зважаючи на це, осьові точки фундаментів виносять за межі будівлі. Для цього на відстані 2...3 м від зовнішніх кутів стін встановлюють обноски, на які виносять осьові точки 1', 1'', 2', 2'', 3', 3'', b' , b'' . Для винесення цих осей на дні котловану між осьовими точками натягують шнури, які служать орієнтирами для будівельників.

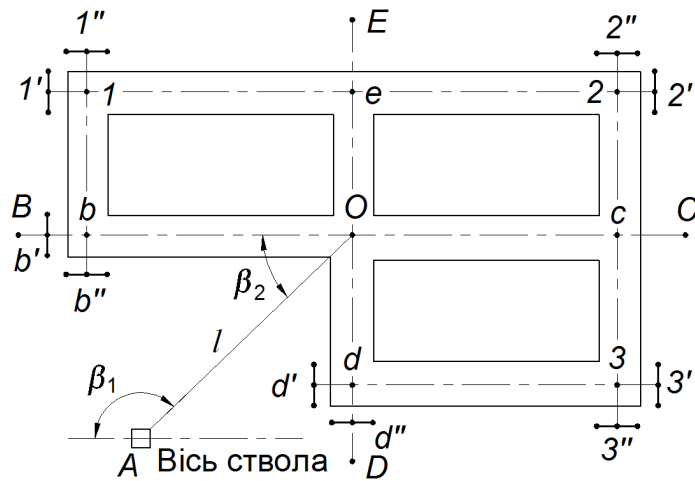


Рис. 49. Схема розбивки осей будівлі

Вертикальну розбивку фундаментів проводять від найближчих реперів одним із методів, що описані раніше.

Після завершення робіт на рівні умовної нульової відмітки (рівень підлоги першого поверху) здійснюють повторне винесення осей стін і колон.

Розбивочні роботи при будівництві під'їзних колій і автомобільних шляхів мають свої особливості. Маркшейдер передусім перевіряє на місцевості наявність точок, що закріплені при пошуках траси. Загублені точки відновлюють і проводять контрольне нівелювання.

Після завершення земляних робіт відновлюють вісь траси, від якої проводять розбивку елементів проїзної частини автодоріг або рейкових шляхів залізниць.

23.2. Розбивка при проведенні шахтного ствола і встановленні підйомного комплексу

На території промайданчика шахти початком для розбивки технологічного комплексу служать головні осі ствола.

Головними осями вертикального ствола називають дві взаємно перпендикулярні прямі, одна з яких паралельна, а інша перпендикулярна до основних несучих розстрілів цього ствола.

Центром вертикального шахтного ствола називають точку перетину його осей, які є, як правило, осями симетрії його горизонтального перерізу.

Перш за все роботи розпочинають з розбивки і закріплення головних осей ствола. Розбивка їх проводиться від пунктів опорної мережі по заданих їх дирекційних кутах та координатах центра ствола. Головні осі ствола повинні зберігатись на протязі усього терміну служби шахти, тому повинні бути закріплені належним чином.

Кожна вісь закріплюється з обох боків ствола не менш ніж *трьома* постійними знаками (рис. 50) у вигляді забетонуваних у ґрунті або стінах фундаментальних будівель металевих штирів, або обрізків рейок з позначеними на них штрихами (рисками), які вказують на положення осі в плані.

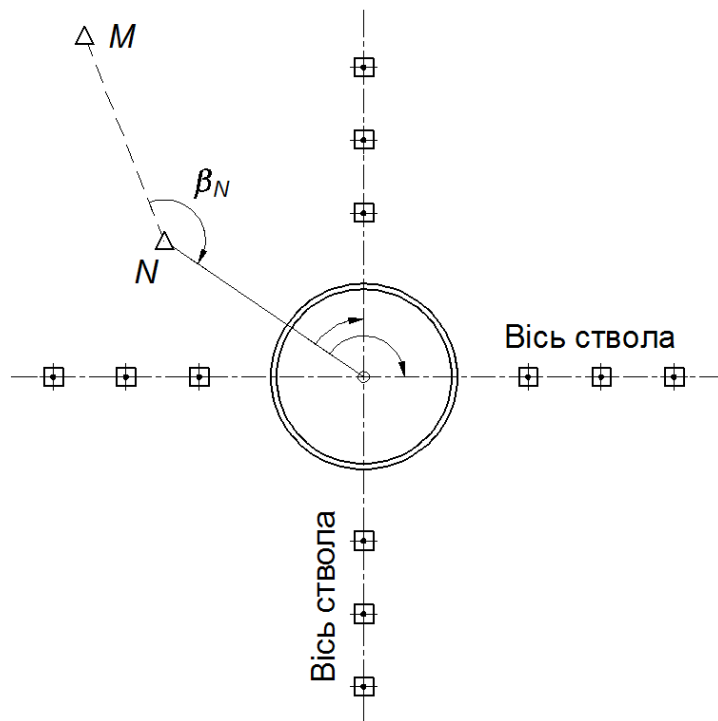


Рис. 50. Схема розбивки і закріплення головних осей вертикального ствола

Після закладки осьових пунктів визначають координати і дирекційні кути осей ствола.

Кутова похибка розбивки головної осі не повинна перевищувати $\pm 3'$, а похибка розбивки іншої вісі, що перпендикулярна першій, не повинна перевищувати $\pm 45''$.

Перед початком проходки ствола встановлюють раму-шаблон, на якій задалегідь розмічаються і закріплюються осьові скоби, які при установці на місце суміщаються з головними осями ствола.

Усі розбивки в стволі при його проведенні і кріпленні виконують від прохідницьких висків, для яких на рамі закріплюють пластини з отворами. Визначивши координати всіх прохідницьких висків і знаючи координати центра ствола і дирекційні кути головних осей, а також проектні розміри ствола у будь-якому горизонтальному перерізі, маркшейдер обчислює відстань від кожного виска до стінок ствола начорно і начисто, чим керуються прохідники і кріпильники.

Після закінчення проходки і кріплення ствола приступають до його армування і встановлення постійного підйомного комплексу. Армування починають з встановлення першого (верхнього) ярусу розстрілів, по якому за допомогою висків проводиться встановлення інших ярусів розстрілів, навішування провідників та інших елементів армування.

Перед встановленням підйомного комплексу, на місцевості проводять розбивку і закріплення осей підйому, від яких потім виконують розбивку елементів комплексу згідно з проектом. Усі роботи виконують за допомогою теодоліту, рулетки і нівеліру.

В геометричному сенсі розбивка будь-якого елемента являє собою

достатньо просту задачу. Однак вирішення таких елементарних задач на практиці нерідко пов'язане з великими труднощами у зв'язку з високими вимогами до точності розбивок, які досить часто доводиться виконувати в дуже несприятливих умовах.

Розглянемо деякі основні елементи вертикального шахтного підйому.

Висота копра H – це відстань по вертикалі від нульової площадки шахтного ствола до осі обертання верхнього направляючого шківів.

Центр підйому ЦП – це точка, що розділяє навпіл відстань між осями підйомних канатів, котрі йдуть у ствол.

Центр валу підйомної машини ЦМ – це точка на осі головного валу підйомної машини, яка розташована усередині між внутрішніми ребрами барабану.

Вісь підйому – це пряма лінія, яка проходить через центр підйому ЦП і перпендикулярна до осі валу підйомної машини. Вісь підйому може бути паралельна осі ствола або утворювати з нею деякий кут.

Розбивку будівлі підйомної машини проводять від осей підйому і головного валу підйомної машини. На осі підйому тимчасово закріплюють центр підйомної машини ЦМ. Встановивши над цією точкою теодоліт, відкладають на осі підйому кут 90° і на продовженні візирної лінії в обидва боки закріплюють вісь головного валу підйомної машини точками за межами майбутньої будівлі.

Після спорудження стін з внутрішніх боків закріплюють скоби, на які переносять точки осі головного валу машини і осі ствола.

Розбивку фундаменту підйомної машини і гнізд для закладки анкерних болтів проводять від закріплених всередині будівлі осей підйому і головного валу.

Маркшейдерський контроль при укладанні рами машини полягає у визначенні її горизонтальності і правильності її розташування в плані. Відхилення рами по висоті від її проектного положення не повинно перевищувати ± 100 мм, а максимальна різниця відміток кутів рами не більше ± 15 мм.

Контрольну перевірку підйомного комплексу проводять при здачі шахти в експлуатацію і періодично виконують маркшейдерською службою у процесі роботи.

§24. Маркшейдерські роботи при розсічці приствольного двору

При проходженні ствола у зоні, що розташована близько до місця розсічки приствольного двору, на рівні останнього опорного вінця закладають контрольний репер і визначають його висотну відмітку Z_R . Потім за відомою проектною відміткою Z_{II} підосви розсічки визначають перевищення $h = Z_R - Z_{II}$ від контрольного репера до горизонту сполучення з приствольним двором.

Після закінчення проходки ствола до проектної глибини, на опорному вінці закріплюють осьові скоби. Створ осьових висків фіксує напрямок осі ствола на горизонті розсічки. По цьому створу проводять початкову розсічку на

5...10 м в обидва боки від ствола. Закріпивши на пройдених ділянках вісь ствола, проводять орієнтування через один вертикальний ствол.

24.1. Орієнтування підземної зйомки через один вертикальний ствол

Підземні маркшейдерські зйомки в загальних рисах майже не відрізняються від зйомок на земній поверхні.

Тут, як і на поверхні, розвивають планову та висотну зйомки. В результаті обчислюють координати пунктів обґрунтування та від них наносять на план подробиці зйомки. Щоб складений план гірничих робіт був ув'язаний з планом поверхні, необхідно щоб координати пунктів підземної зйомки були визначені в системі координат, що прийнята на земній поверхні. Для цього необхідно визначати дирекційний кут α деякої сторони підземної зйомки і координати X, Y деякого пункту у системі, що прийнята на земній поверхні.

Задача орієнтування підземної зйомки вирішується за наступною схемою. У приствольному дворі поблизу ствола на деякій відстані один від одного закріплюються два пункти A і B (рис. 51). Задача зводиться до визначення дирекційного кута α_{AB} лінії AB і координат X_A і Y_A пункту A .

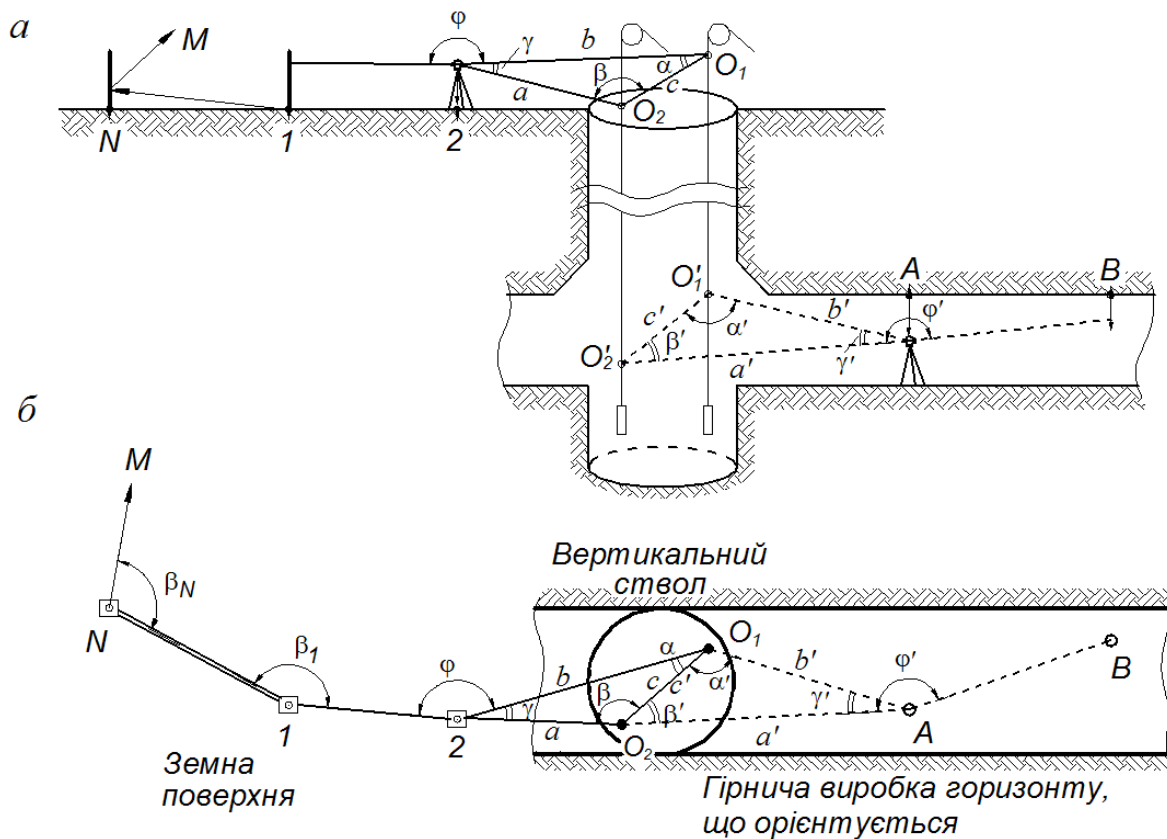


Рис. 51. Схема примикання до висків способом з'єднувальних трикутників:
 a – на вертикальному розрізі; b – на плані

За вихідні (початкові) для цього приймаються відомі пункти M і N триангуляції або полігонометрії, які закріплені на земній поверхні.

Для переходу від відомих пунктів до тих, що визначаються, у ствол шахти опускають два виски O_1 і O_2 і визначають їх координати і дирекційний кут лінії створу висків. Для цього від найближчого пункту N прокладають підхідний полігон $N-1-2$, у якому вимірюють кути β_N , β_1 , і φ , а також довжини сторін. Так як кути біля висків α і β виміряти неможливо, то для їхнього визначення вимірюють елементи трикутника, що примикає $2-O_1-O_2$ (кут γ і сторони a , b і c). На цьому закінчуються всі необхідні виміри на поверхні, які у сукупності називають примиканням до створу висків на земній поверхні.

Одночасно з примиканням на земній поверхні проводять примикання на горизонті, де вимірюють елементи трикутника, що примикає $A-O_1-O_2$ (кут γ' і сторони a' , b' і c') і кут, що примикає φ' , чим і закінчуються промірювання, необхідні для розв'язання задачі.

Розв'язуючи трикутники, що примикають, визначають кути біля висків α і β на поверхні та α' і β' у шахті за такими формулами:

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \sin \gamma; \sin \beta = \frac{b}{c} \sin \gamma; \sin \alpha' = \frac{a'}{c'} \sin \gamma'; \sin \beta' = \frac{b'}{c'} \sin \gamma'.$$

Маючи виміряні і обчислені дані, переходять нарешті до шуканих величин α_{AB} , X_A і Y_A .

Так із примикання на поверхні знаходимо:

$$\begin{aligned} \alpha_{N-1} &= \alpha_{MN} + \beta_N \pm 180^\circ; \\ \alpha_{1-2} &= \alpha_{N-1} + \beta_1 \pm 180^\circ; \\ \alpha_{2-O_1} &= \alpha_{1-2} + \beta_2 \pm 180^\circ; \\ \alpha_{O_1-O_2} &= \alpha_{2-O_1} + (360^\circ - \alpha) \pm 180^\circ. \end{aligned}$$

Оскільки виски у стволі займають вертикальне положення, то дирекційний кут $\alpha_{O_1-O_2}$ їх створу можливо прийняти незмінним на будь-якій глибині. У зв'язку з цим отримаємо:

$$\alpha_{O_2-A} = \alpha_{O_1-O_2} + \beta' \pm 180^\circ,$$

і нарешті

$$\alpha_{AB} = \alpha_{O_2-A} + \varphi' \pm 180^\circ.$$

Знаючи дирекційні кути і довжини сторін ходу $N-1-2-O_1-O_2-A$, легко визначити координати пункту A , користуючись відомими формулами:

$$\begin{aligned} X_A &= X_N + \Delta X_{N-1} + \Delta X_{1-2} + \Delta X_{2-O_2} + \Delta X_{O_2-A} = X_N + \sum_N^A \Delta X; \\ Y_A &= Y_N + \Delta Y_{N-1} + \Delta Y_{1-2} + \Delta Y_{2-O_2} + \Delta Y_{O_2-A} = Y_N + \sum_N^A \Delta Y. \end{aligned}$$

На цьому і закінчують орієнтування.

Тепер, приймаючи сторону AB за початкову, можливо прокласти теодолітні ходи по усіх гірничих виробках, де для цього є умови і зйомка таких виробок буде ув'язана зі зйомками на земній поверхні у плані.

24.2. Вимоги до точності орієнтування підземної зйомки та шляхи її підвищення

Розглядаючи схему вирішення задачі орієнтування, ми не говорили про те, з якою точністю необхідно проводити ті або інші вимірювання, які, як відомо, завжди супроводжуються похибками. Крім того, припускалось, що кожний із висків займає у стволі вертикальне положення, на основі чого дирекційний кут їх створу приймався незмінним на будь-якій глибині. Але під дією різноманітних сил (рух повітряного потоку, капез) кожен із висків здійснює коливання, а це призводить до повороту лінії їх створу, тобто зміненню дирекційного кута $\alpha_{O_1-O_2}$.

Все це нарешті відображається на точності підземних зйомок.

Розглянемо на прикладі.

Припустимо що усі вимірювання при примиканні на поверхні і в шахті зроблені безпомилково.

Припустимо далі, що один із висків, наприклад O_2 зайняв у стволі вертикальне положення і висить нерухомо, а інший – O_1 , відхилився на горизонті на величину $l = 3$ мм і зайняв планове положення O'_1 (рис. 52).

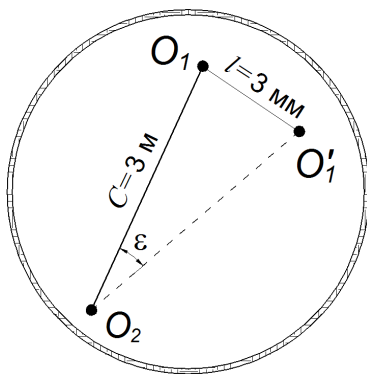


Рис. 52. Схема відхилення виска O_1 у стволі

Обчислимо, на який кут ε повернеться лінія створу висків, якщо відстань між ними $c = 3,0$ м. Безпосередньо з рисунка маємо:

$$\varepsilon'' = \frac{l}{c} \rho'' = \frac{3\text{мм}}{3000\text{мм}} 206265'' \cong 206'',$$

де $\rho = 206265''$ – величина радіану, вираженого у секундах.

Очевидно, що таку ж величину похибки ε буде мати визначений дирекційний кут α_{AB} лінії AB .

Якщо на цьому горизонті необхідно зробити зйомку гірничої виробки, то теодолітний хід повернеться на такий же кут і точка, що відстоїть від пункту A на відстані $z = 3$ км відхилиться на величину l :

$$l = \frac{z\varepsilon''}{\rho''} = \frac{3000\text{мм} \cdot 206''}{206265''} \cong 3\text{м}.$$

Як бачимо, величина відхилення значна, і якщо з цієї точки задавати напрямок зустрічному вибою, то невідомо, чи збіглися б ці виробки.

У наведеному прикладі припускалось, що відхилився тільки один висок. Другий теж може відхилитися, як у той, так і в протилежний бік, внаслідок чого збільшиться і похибка орієнтування. Крім того, на точність визначення координат впливають також похибки вимірювання кутів і довжин. З цього випливає, що задача орієнтування має першочергове значення при підземному способі розробки родовищ.

Найбільш важливою є задача проектування точок із земної поверхні в шахту за допомогою висків, так як при цьому необхідно, щоб величина відхилення кожного виска не перевищувала 1 мм.

Для цього приймають цілий ряд заходів:

- а) дріт для висків вибирають діаметром 1,0...1,5 мм з високою міцністю на розрив, а вага вантажу 100...150 кг і більше;
- б) на період орієнтування виключають шахтний вентилятор;
- в) при невеликих глибинах (до 100 м) вантажі висків занурюються у заспокоювачі;
- г) при великих глибинах спостерігають за висками, що коливаються, для чого застосовують теодоліт і спеціальні шкали.

24.3. Орієнтування підземної зйомки через два вертикальних стволи

Кутова похибка ε , що викликана відхиленням висків, може бути зменшена або за рахунок зменшення величини відхилення l , або за рахунок збільшення відстані між висками s .

Але довести до прийняттого мінімуму величину відхилення виска l , як відомо, практично неможливо. Відстань між висками s також обмежується діаметром ствола. Проте ці труднощі можливо усунути у випадках, коли горизонт гірничих робіт розкритий двома вертикальними стволами, які сполучені між собою гірничими виробками. У цьому випадку відстань між висками збільшується в декілька разів і в стільки ж разів зменшується кутова похибка ε . У цьому випадку задача вирішується за наступною схемою.

В кожний ствол опускають по одному виску і шляхом прокладання до кожного з них теодолітного ходу на поверхні (рис. 53) визначають їх координати $(X_{O_1}; Y_{O_1})$; $(X_{O_2}; Y_{O_2})$.

По цих координатах, користуючись відомими формулами, обчислюють:

- 1) дирекційний кут $\alpha_{O_1-O_2}$ лінії створу висків

$$\operatorname{tg} \alpha_{O_1-O_2} = \frac{Y_{O_2} - Y_{O_1}}{X_{O_2} - X_{O_1}};$$

- 2) відстань S між висками

$$S = \sqrt{(X_{O_2} - X_{O_1})^2 + (Y_{O_2} - Y_{O_1})^2}.$$

На цьому закінчуються усі вимірювання і обчислення на земній поверхні. Одночасно на горизонті орієнтування між висками прокладають з'єднувальний полігон $O_1 - a - b - c - O_2$.

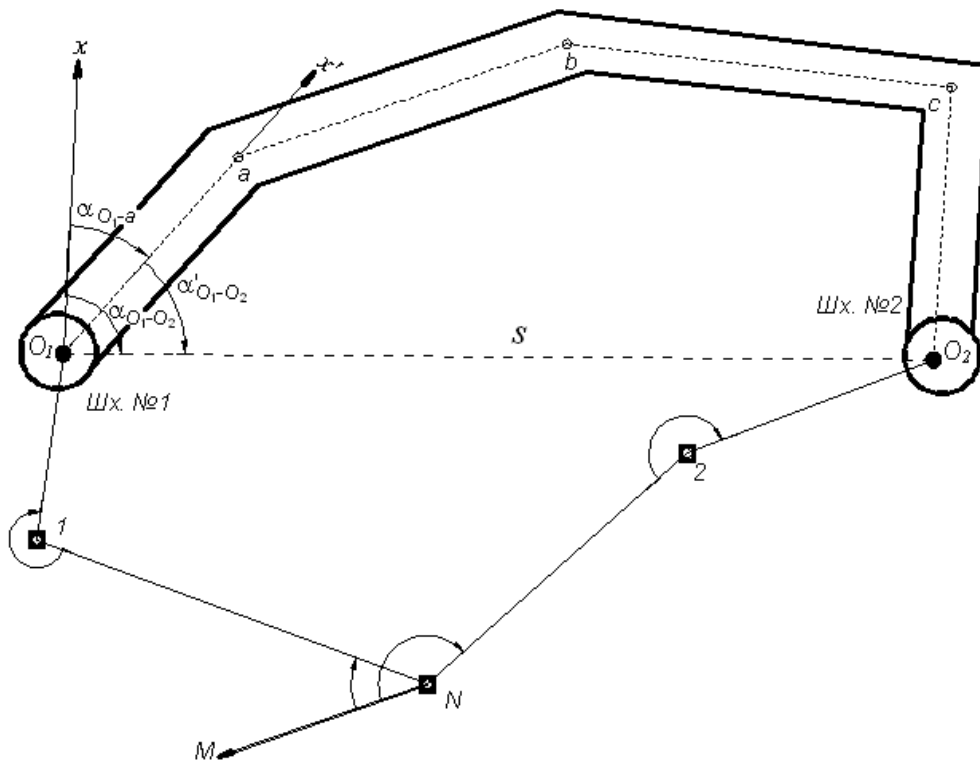


Рис. 53. Схема орієнтування через два вертикальні шахтні стволи

Щоб обчислити підземний полігон в системі координат, прийнятій на земній поверхні, необхідно знати у цій системі: координати висків (а вони відомі нам із примикання на поверхні) і дирекційний кут деякої сторони, наприклад $O_1 - a$, тобто α_{O_1-a} (рис. 53), який нам невідомий.

Для визначення цього кута вводиться умовна система координат, за початок якої приймають висок O_1 , а за позитивний напрямок умовної осі абсцис X' – сторону з'єднувального ходу O_1-a . В цій умовній системі звичайним чином обчислюють координати усіх вершин з'єднувального полігону, у тому числі і висків і отримують $X'_{O_1}; Y'_{O_1}$ і $X'_{O_2}; Y'_{O_2}$.

Це дає можливість визначити:

3) умовний дирекційний кут $\alpha'_{O_1-O_2}$ лінії створу висків

$$\operatorname{tg} \alpha'_{O_1-O_2} = \frac{Y'_{O_2} - Y'_{O_1}}{X'_{O_2} - X'_{O_1}};$$

4) відстань між висками

$$S' = \sqrt{(X'_{O_2} - X'_{O_1})^2 + (Y'_{O_2} - Y'_{O_1})^2}.$$

Після порівнювання відстаней S та S' , що є контролем правильності вимірювань і обчислень, визначають шуканий дирекційний кут α_{O_1-a} .

Як видно з рисунка

$$\alpha_{O_1-a} = \alpha_{O_1-O_2} - \alpha'_{O_1-O_2}.$$

Тепер знову обчислюють з'єднувальний полігон, але вже у системі координат, що прийнята на поверхні. В результаті отримують координати всіх точок, у тому числі і виска O_2 і порівнюють їх з тими, які були отримані для цього виска на поверхні, що є остаточним контролем вірності виконаного орієнтування.

Даний спосіб забезпечує більш високу точність орієнтування, ніж через один ствол.

24.4. Гіроскопічне орієнтування підземної зйомки

Гіроскопом називають симетричне тіло, головна вісь обертання якого може змінювати своє положення у просторі. Найпростішим видом гіроскопа є звичайна дзига (вовчок), вісь обертання якої при великій кількості обертів прагне зайняти вертикальне положення.

На цьому принципі створені численні прилади, у тому числі і гіроскопічний компас, за допомогою якого можливо визначити напрямок географічного меридіану, подібно тому, як за допомогою магнітного компасу визначають напрямок магнітного меридіану.

На базі гіроскопу сконструйовано маркшейдерський гірокомпас (гіробусоль), який успішно використовується для орієнтування підземної зйомки. Це вибухобезпечний гіроскопічний прилад, який складається з гіроблоку, вимірювального блоку і блоку живлення. Використовується для визначення дирекційних кутів сторін при орієнтуванні підземної маркшейдерської зйомки, розвитку, поповненні і реконструкції підземних маркшейдерських мереж, а також при маркшейдерсько-геодезичних роботах на поверхні.

Для визначення дирекційного кута α_{AB} деякої лінії AB , закріпленої в шахті (рис. 54), попередньо визначають кут Δ між напрямком меридіану у даному місці землі і напрямком осьового меридіану в зоні, який приймається за вісь X .

Для цього за допомогою гірокомпаса визначають кут α_{MN}^{Γ} між напрямком меридіану у даному місці землі і лінією MN , закріпленої на поверхні, дирекційний кут α_{MN} якої відомий (наприклад, з триагуляції)

$$\Delta = \alpha_{MN}^{\Gamma} - \alpha_{MN}.$$

Очевидно, якби пункт M знаходився на лінії осьового меридіану зони, то ми б отримали $\alpha_{MN}^{\Gamma} = \alpha_{MN}$ і очевидно $\Delta = 0$.

Потім за допомогою того ж гірокомпаса визначають кут α_{A-B}^{Γ} в шахті.

Якщо відстань в плані між пунктами M і A невелика, то практично можна вважати, що напрямки меридіанів у цих пунктах паралельні між собою і в такому разі шуканий дирекційний кут лінії AB визначається просто:

$$\alpha_{AB} = \alpha_{A-B}^{\Gamma} - \Delta.$$

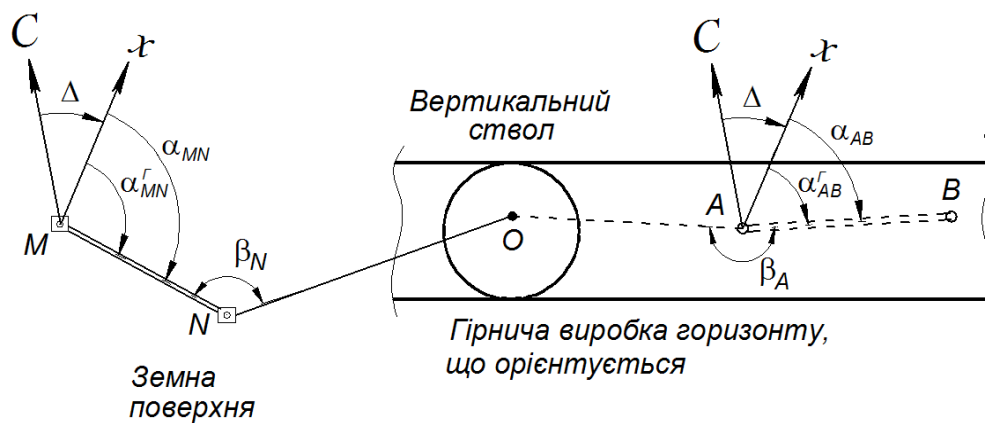


Рис. 54. Схема гіроскопічного орієнтування

Для визначення координат X_A і Y_A пункту A у ствол шахти опускають один висок O і прокладають до нього полігон: на поверхні – від відомих пунктів M і N визначають його координати X_0, Y_0 , потім у шахті, заміривши довжину $l = AO$ і примичний кут β_A , спочатку визначають дирекційний кут OA і потім обчислюють координати пункту A за формулами:

$$X_A = X_0 + l \cos \alpha_{OA}, \quad Y_A = Y_0 + l \sin \alpha_{OA}.$$

24.5. Вертикальна з'єднувальна зйомка

Розглянутими вище способами орієнтування підземної зйомки ми досягаємо ув'язки планів гірничих робіт з планами поверхні в горизонтальній площині, що недостатньо для вирішення багатьох гірничо-технічних задач. Необхідною умовою просторової ув'язки є надійний зв'язок поверхні з підземними виробками і по висоті. Цю задачу вирішують за допомогою вертикальної з'єднувальної зйомки.

Схема вирішення цієї задачі дуже проста, що видно із рис. 55. Необхідно визначити $Z_{R_{III}}$ пункту R_{III} , що закладений на горизонті гірничих робіт. Для цього на поверхні поблизу ствола закладають пункт R_{II} і визначають його висотну відмітку $Z_{R_{II}}$. Якщо перевищення між пунктами R_{II} і R_{III} позначити через h , то згідно рисунка, отримаємо:

$$Z_{R_{III}} = Z_{R_{II}} - h.$$

Задача таким чином зводиться до визначення перевищення h . Для цього в ствол шахти опускають довгу стрічку з поділками, а у пунктах R_{II} і R_{III} встановлюють нівелірні рейки. За допомогою нівелірів одночасно на поверхні і в шахті беруть відліки M і N по стрічці та a і b по рейках і за цими даними обчислюють перевищення:

$$h = M - N + b - a.$$

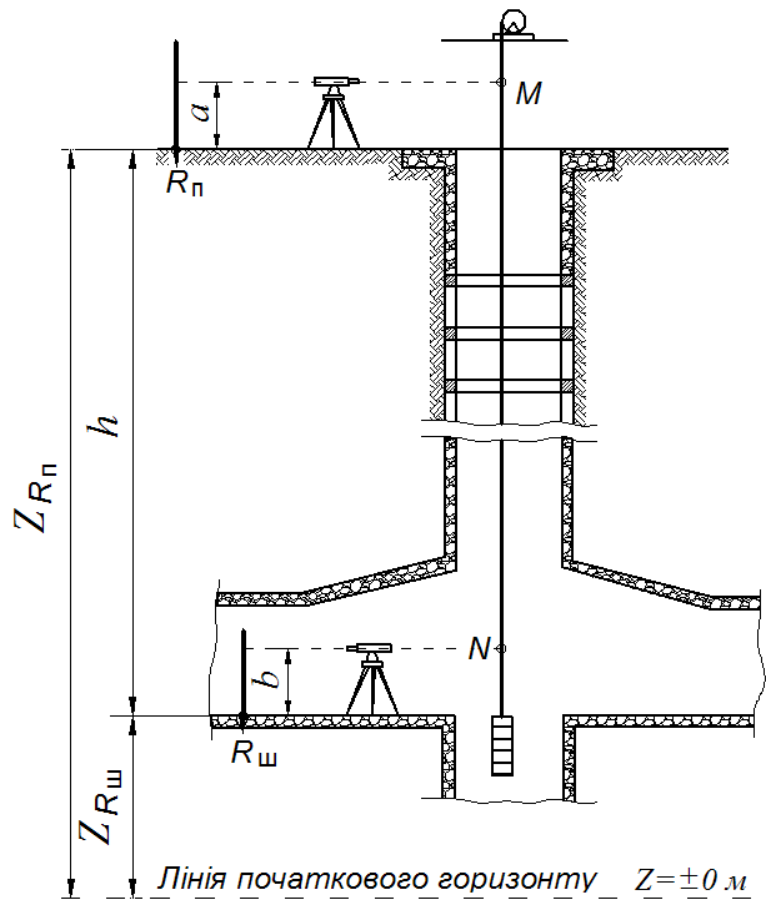


Рис. 55. Схема передачі висотної відмітки в шахту

Стрічку можна замінити дротом з підвішеною до його кінця невеличкою вагою. У цьому випадку замість відліків M і N на дроті роблять мітки і вимірюють відстань між ними, пропускаючи дріт при його витягуванні із шахти через спеціальний пристрій, який називають компаратором.

Для спрощення цієї операції сконструйований довжиномір (рис. 56), який являє собою лебідку із мірним диском, що посаджений на одній осі з барабаном лебідки.

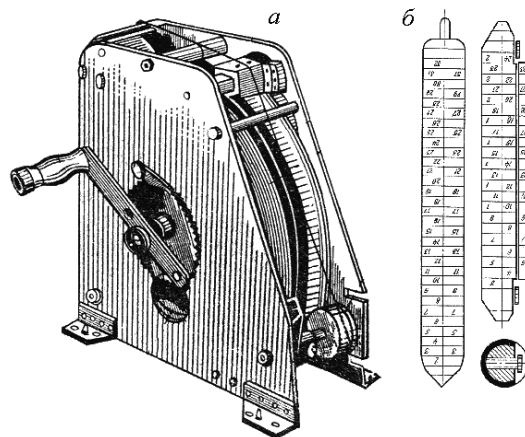


Рис. 56. Довжиномір ДА-2 (а), рейка-вантаж та контрольна рейка (б)

Дріт при опусканні в шахту проходить через мірний диск, довжина кола якого дорівнює 1 м і розділена на сантиметрові поділки. До кінця дроту підвішують спеціальну рейку-вантаж з сантиметровими поділками.

Для визначення перевищення h дріт опускають до тих пір, доки рейка-вантаж не з'явиться на рівні візирного променя нівеліра, який знаходиться на поверхні. Після цього беруть відліки по мірному диску M , по рейці-вантажу m , a – по нівелірній рейці, встановленій на R_{II} . Після цього дріт спускають у шахту, доки рейка-вантаж не з'явиться на рівні візирного променя нівеліра, що встановлений в шахті, і беруть відліки N – по мірному диску, n – по рейці-вантажу; b – по нівелірній рейці R_{III} , яка встановлена на шахтному репері R_{III} .

За цими даними знаходять шукане перевищення за такою формулою:

$$h = (N + n) - (M + m) + b - a.$$

У визначення тим або іншим способом перевищення h потім вводять такі поправки: за неточність мірного приладу, за подовження дроту від власної ваги та ваги вантажу, за температуру. Орієнтування підземної зйомки і передачу висотної відмітки Z проводять на кожному горизонті гірничих робіт не менше ніж двічі. Періодично такі роботи повторюють, оскільки внаслідок зрушення гірських порід пункти зміщуються, а отже і змінюються їх координати.

24.6. Розсічка приствольного двору і задавання напрямків гірничим виробкам

Звичайно вісь частини приствольних виробок, які безпосередньо прилягають до ствола, співпадає з однією із головних його осей, тому при визначенні напрямку розсічки приствольного двору користуються двома відповідними осьовими висками, які опущені із земної поверхні.

Перед підходом вибою ствола до горизонту розсічки на останньому опорному вінці закріплюють контрольний репер R , визначають його висотну відмітку Z_R та відстань від нього до відмітки підошви виробки сполучення Z_{II} , тобто

$$h = Z_R - Z_{II},$$

за якою і встановлюють місце розсічки (рис. 57).

Після закінчення проходки на опорному вінці скобами A і B закріплюють вісь ствола, цей напрям фіксують на горизонті розсічки і проводять розсічні виробки на відстані 5...10 м, а тимчасовими маркшейдерськими точками закріплюють вісь ствола. Користуючись цими точками, проходять розсічні виробки на відстань до 40 м, там закладають постійні маркшейдерські пункти C і D і на них переносять з опорної мережі на поверхні шахти дирекційний кут і координати. Від закладеної таким чином мережі $I-D-C-II$ задають напрямок іншим виробкам приствольного двору.

Усі виробки з точки зору задавання напрямків можна розділити на два основних типи.

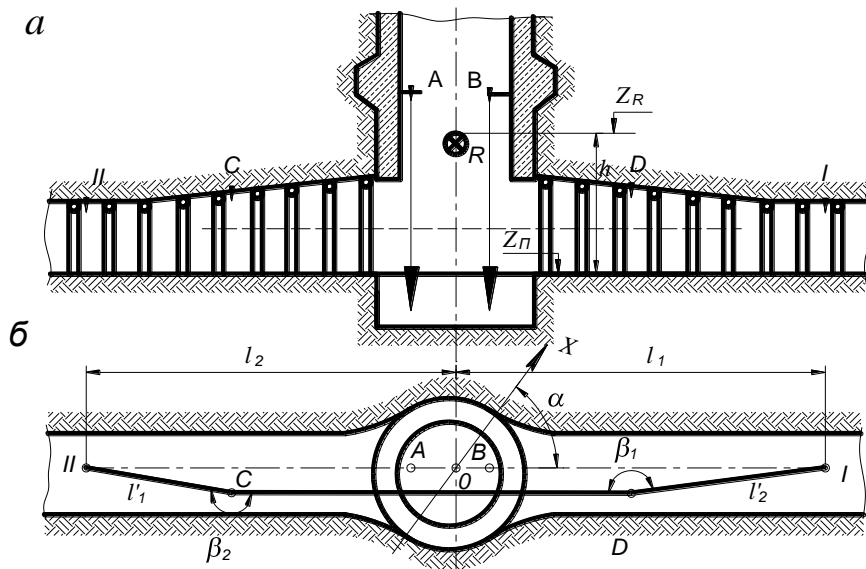


Рис. 57. Схема розсічки приствольного двору (а) і перенесення вісі ствола (б)

До першого типу відносять виробки, що проводяться по провіднику, тобто по пласту корисної копалини або чітко вираженому шару породи (уклон, бремзберг, розрізна піч, штрек тощо). Очевидно, така виробка при проходці не виходить із провідника і нам необхідно подбати лише про те, щоб вона займала необхідне положення у провіднику. Так при проведенні уклону або бремзберга достатньо задати йому напрямок у плані. Навпаки при проведенні штреку, його положення в плані буде визначатись положенням провідника (пласта) і наша задача полягає у тому, щоб штрек був пройдений з необхідним уклоном, тобто ми повинні контролювати його напрямок у вертикальній площині.

До другого типу відносять виробки, які проводяться, не дотримуючись провідника. Це квершлагги, виробки приствольного двору тощо.

Очевидно кожній такій виробці необхідно задавати напрямок як у плані, так і у вертикальній площині. Всі можливі інші виробки являють собою комбінації названих двох основних типів.

Будь-яка гірнича виробка може проводитись одним або декількома зустрічними або доганяючими вибоями. У ряді випадків, наприклад в приствольному дворі, деякі частини виробок повинні бути прямолінійними, а деякі – криволінійними із заданим радіусом заокруглення. Все це вимагає різних способів задавання напрямків різним гірничим виробкам. Далі розглянемо деякі приклади вирішення цих задач.

24.6.1. Задавання напрямку в горизонтальній площині

А. Напрямок прямолінійній виробці – задають за допомогою теодоліта і фіксують не менше ніж трьома точками (рис. 58, а, б), які надійно закріплюють у покрівлі виробки тимчасовими маркшейдерськими знаками. По мірі просування виробки по створу висків а, в, с напрям проектують на площину вибою і

відкладають відстані l_1 та l_2 .

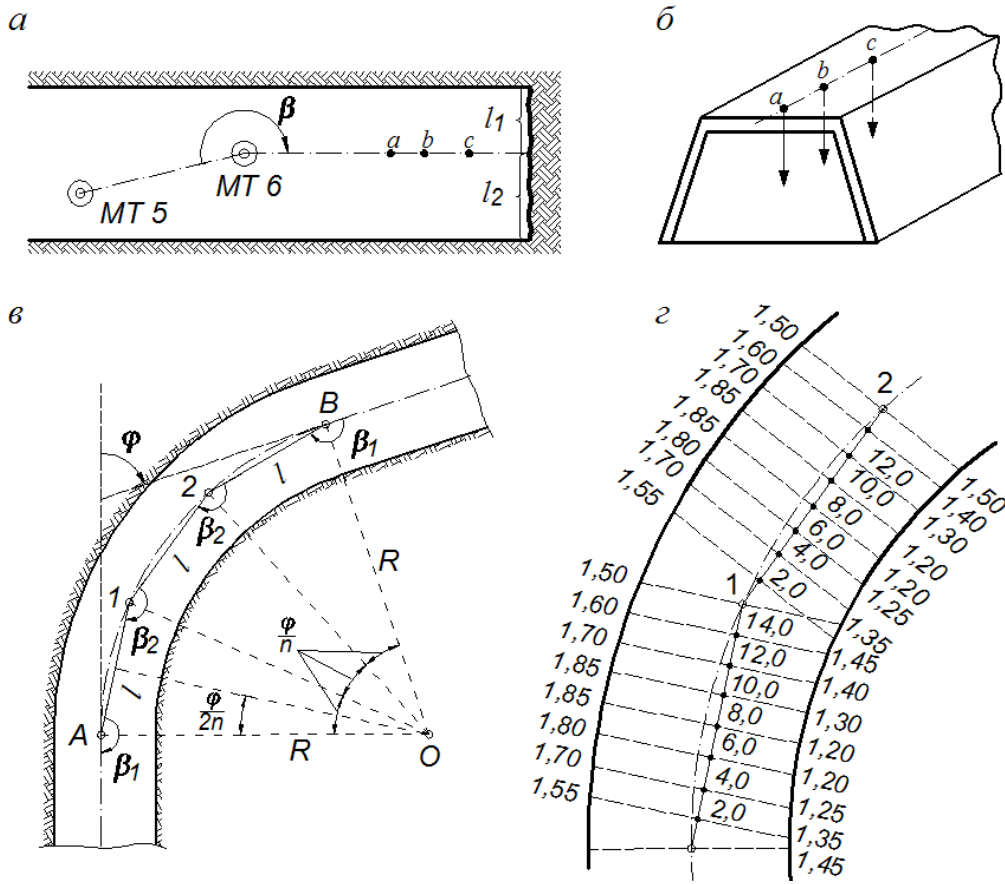


Рис. 58. Задавання напрямку виробці в горизонтальній площині

Кут β відкладають від вихідної сторони 5–6. Після проходки вибою на відстань у 30...40 м напрямок вибою перевіряють інструментально.

Задавання напрямку прямолінійній виробці може бути здійснено також світловим покажчиком напрямку типу УНС-2 або лазерним ЛУН-7. Для цього під маркшейдерською точкою закріплюють кронштейн, на який виставляють покажчик напрямку. На приладі можна виставляти і величину ухилу виробки.

Б. Задавання напрямку криволінійній частині виробки. Задавання напрямку для криволінійної ділянки виробки AB (рис. 58,в) з радіусом R і кутом повороту φ здійснюють шляхом заміни криволінійної частини AB хордами $A-1-2-B$.

Після побудови мінімального числа хорд n на плані виробки визначають значення центрального кута φ для одної з хорд, яке дорівнює φ/n . Довжина хорди у цьому випадку становитиме

$$l = 2R \sin(\varphi/2n).$$

Внутрішні кути β_1 і β_2 у точках A , B і проміжках 1, 2, 3 будуть дорівнювати:

$$\beta_1 = 180^\circ - \varphi/2n \quad \text{і} \quad \beta_2 = 180^\circ - \varphi/n.$$

Від прямолінійних ділянок хорд будують нормалі через 1...2 м і на плані масштабів 1:20÷1:50 визначають графічно відстані до боків виробки (рис. 59,з). У шахті з точки A відкладають кут β_1 і, таким чином, задають напрямок першої ділянки виробки.

24.6.2. Задавання напрямку в вертикальній площині

Для задавання напрямку гірничій виробці у вертикальній площині, для прокладання колій із заданим уклоном використовують різноманітні шаблони, в яких реалізується уклон i через катети h та l , та які визначають уклон: $i = h/l$ (рис. 59,б), $h = h_1 - h_2$.

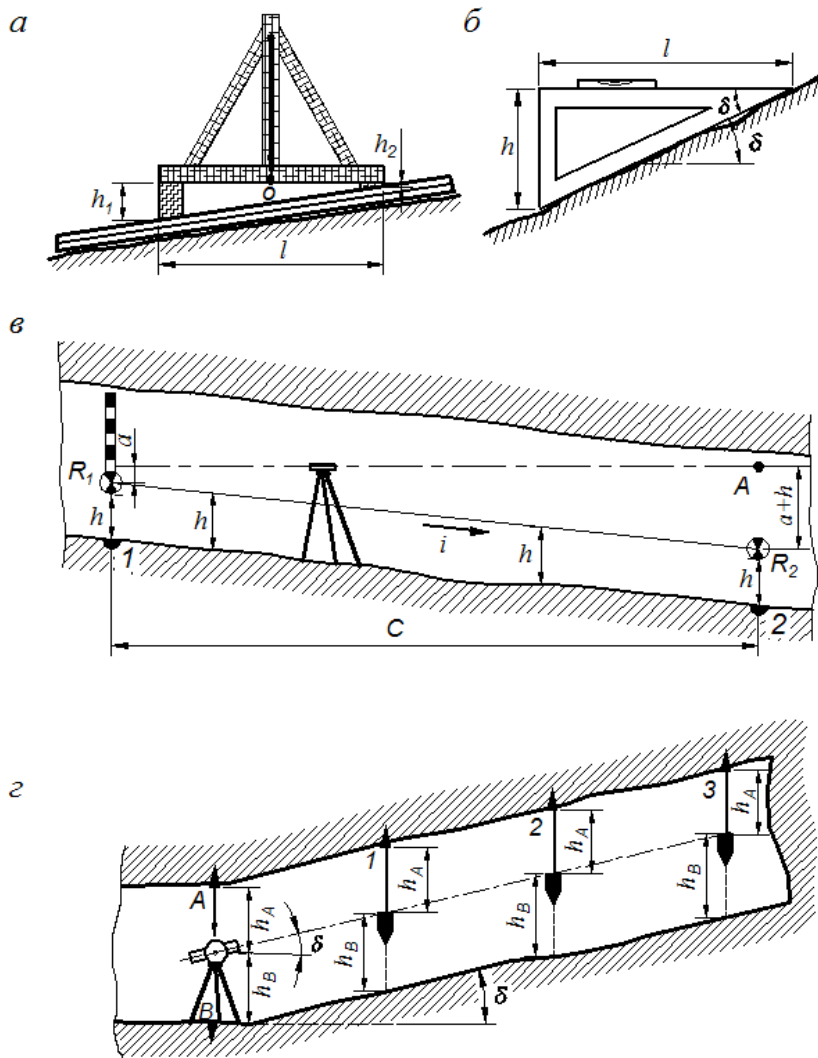


Рис. 59. Задавання напрямку виробці у вертикальній площині:
 а – шаблоном із виском; б – шаблоном у вигляді трикутника; в – нівеліром;
 з – теодолітом

Досить широко застосовують шаблони у вигляді бруса довжиною $l = 1...2$ м і ватерпаса з виском (рис. 59,а), або шаблони у вигляді трикутника з гострим кутом (рис. 59,б), який дорівнює заданому куту або $i = h/l$.

Для задавання напрямку використовують також нівеліри із застосуванням бокових реперів (рис. 59,в). Для дотримання проектного уклону i на висоті h над точкою 1 закладають репер R_1 , нівеліром беруть по задній рейці відлік a . Над точкою 2 відмічають горизонт інструмента, у т. A і від неї на вертикальній відстані $(a+il)$ визначають місце закладки репера R_2 . Проектне положення головки рейок або підосви виробки у будь-якій точці визначають відстанню h , яку відкладають вниз від лінії R_1R_2 .

Для виробки з нахилом більше $5...8^\circ$ задати напрям виробки у вертикальній площині можна за допомогою теодоліта. Для контролю відміток підосви виробки над точкою B з відомою відміткою встановлюють теодоліт, вимірюють висоту h_b (рис. 59,г), орієнтують теодоліт у горизонтальній площині, а по вертикальному кругу виставляють кут δ (з урахуванням місця нуля) і візирують на висок у т.3; висок опускають до візирної вісі теодоліта і від неї відкладають величину h_b . Те ж саме виконують в точках 1 і 2.

Для контролю положення покрівлі вимірюють відстань h_A під точкою A і відкладають її в точках 1, 2, 3 (рис. 59,г).

24.6.3. Задавання напрямку для виробок, які проводять зустрічними вибоями

Для прискорення терміну здачі виробки в експлуатацію її можна проходити двома вибоями назустріч один одному. При проведенні виробки по пласту достатньо задати напрям лише у горизонтальній площині, якщо ж не по пласту – тоді треба задавати напрям і у вертикальному напрямку. Виконання задачі потребує дотримання високої точності вимірювань і обчислень.

Вихідні дані: координати точок M і K , з яких заплановано проводити виробку, дирекційні кути α_{M-8} і α_{K-5} (рис. 60).

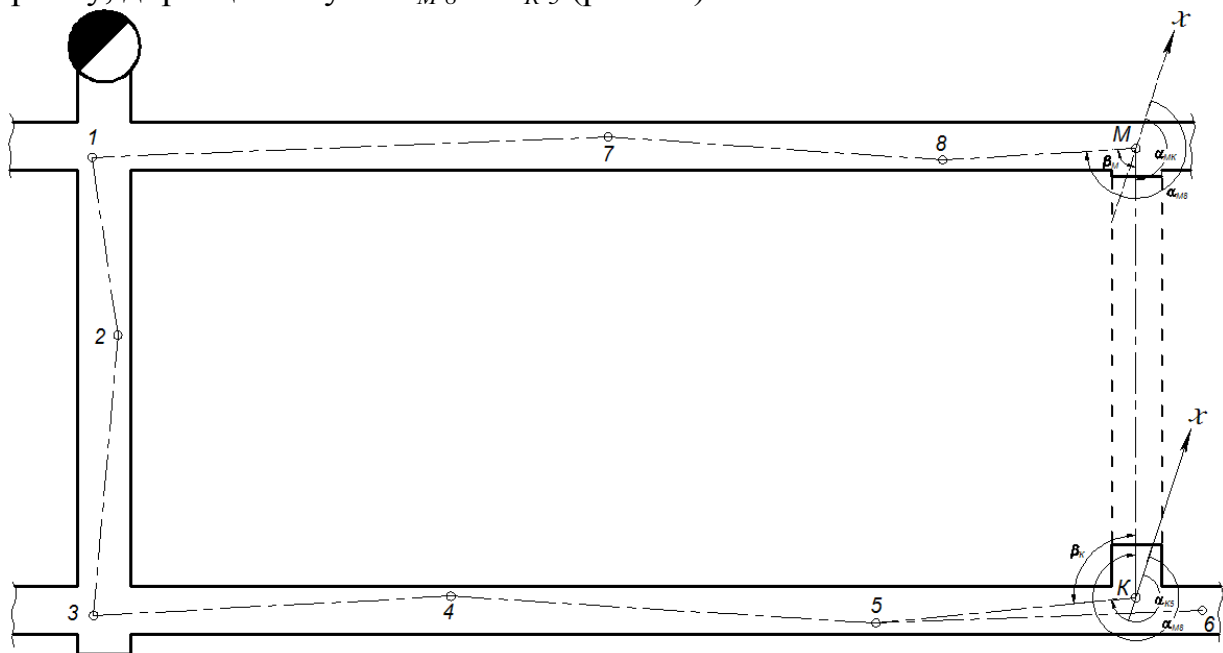


Рис. 60. Схема до задавання напрямку для виробок, які проходять зустрічними вибоями

Обчислюють: у точці M – дирекційний кут за формулою:

$$\operatorname{tg} \alpha_{MK} = \frac{Y_K - Y_M}{X_K - X_M} \quad (\text{у даному випадку } \alpha_{MK} = \alpha_{KM} \pm 180^\circ);$$

примичний кут:

$$\beta_M = \alpha_{M8} - \alpha_{MK}.$$

У точці K обчислюють: дирекційний кут

$$\alpha_{KM} = \alpha_{MK} \pm 180^\circ;$$

примичний кут:

$$\beta_K = \alpha_{K5} - \alpha_{KM}.$$

Для задавання напрямку виробок у вертикальній площині обчислюють горизонтальну відстань між точками M і K :

$$d = (Y_M - Y_K) / \sin \alpha_{KM};$$

і перевищення:

$$h_{KM} = Z_M - Z_K = \Delta Z.$$

Тоді

$$i_{KM} = \frac{h_{KM}}{d_{KM}} = \frac{\Delta Z}{d} = \operatorname{tg} \delta.$$

У точці M кут нахилу буде відрізнятися знаком.

§25. Маркшейдерська документація при здачі шахти в експлуатацію

Після завершення робіт з будівництва будівель і споруд на поверхні, а також проходки ствола шахти і передбачених проектом підземних гірничих виробок організація, що проводить будівництво шахти, здає, а гірниче підприємство приймає усю основну документацію з шахтного будівництва.

Серед цих документів особливе місце займає комплект маркшейдерської документації, яку приймає головний маркшейдер гірничого підприємства для подальшого використання при експлуатації родовища.

Комплект маркшейдерської документації, що передається, складається із проектної, первинної маркшейдерської, обчислювальної і графічної документації.

До проектної документації відносять такі: плани, розрізи, профілі та інші креслення.

До первинної маркшейдерської документації відносять такі: польові журнали вимірювання кутів і довжин при спорудженні опорних геодезичних пунктів на земній поверхні, польові журнали підземних маркшейдерських

зйомок (орієнтування, передача координати Z , полігонометрія, нівелювання тощо), журнали вимірювань при розбивці підйомного комплексу і т.і.

До обчислювальної маркшейдерської документації відносять наступне: матеріали обробки результатів польових вимірювань, каталог координат і висот опорних пунктів на поверхні і в шахті.

До графічних маркшейдерських документів відносять такі: план поверхні усієї території гірничого підприємства в масштабах $1:1000 \div 1:5000$; план проммайданчика шахти в масштабах $1:500 \div 1:1000$; маркшейдерські плани підземних гірничих виробок в масштабах $1:500 \div 1:2000$, складені по кожному пласту або основному горизонту; вертикальні розрізи родовища в масштабі $1:2000$ із зображенням всіх геологічних особливостей; план приствольного двору в масштабі $1:200$; профілі по основних відкатних виробках; плани і розрізи до розрахунку охоронних ціликів і т.і.

Питання для самоперевірки

1. Які основні задачі маркшейдерської служби при будівництві шахт ?
2. Назвіть методи перенесення геометричних елементів проекту в натуру.
3. Що називають головними осями вертикального ствола ?
4. Що таке орієнтування підземної зйомки через один вертикальний ствол ?
5. Що таке орієнтування підземної зйомки через два вертикальні стволи ?
6. Що називають гіроскопом ?
7. Як задають напрямок в горизонтальній площині ?
8. Як задають напрямок в вертикальній площині ?
9. Як задають напрямок для виробок, які проводять зустрічними вибоями ?
10. Що відносять до проектної документації ?
11. . Що відносять до графічних маркшейдерських документів ?
12. . Що відносять до обчислювальної маркшейдерської документації ?

Після вивчення матеріалу цього розділу студент має розуміти обсяг і перелік маркшейдерських робіт при будівництві шахт та підземних споруд. Отримані ним знання з попередніх розділів забезпечують уміння виносити в натуру геометричні елементи споруд, підйомного комплексу, здійснювати технічно грамотну перевірку шахтного підйому.

РОЗДІЛ 7. МАРКШЕЙДЕРСЬКІ РОБОТИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РОДОВИЩ

Матеріал розділу спрямований на опанування студентом теоретичних знань щодо порядку створення підземних маркшейдерських опорних мереж; способів і точність кутових і лінійних вимірів; елементів підземної полігонометрії і теодолітної зйомки; закріплення пунктів полігонометричного і теодолітного ходу постійними і тимчасовими маркшейдерськими знаками; конструкції знаків і їхнього розташування. В розділі приводяться загальні відомості про з'єднувальні зйомки гірничих виробок; мета і задачі орієнтирно-з'єднувальні зйомок; значення з'єднувальних зйомок для раціонального і безпечного виконання гірничих робіт; методи геометричного і фізичного орієнтування підземної маркшейдерської опорної мережі.

§ 26. Особливості зйомки при відкритому способі розробки

Якщо усю територію гірничого відводу розглядати з точки зору зйомки, то її можливо розділити на дві частини. Одна частина – це територія, яка не займана гірничими роботами, і зйомка тут нічим не відрізняється від звичайної зйомки на поверхні, що розглянута у першому розділі. Друга частина – це територія, на якій велись раніше або ведуться у теперішній час гірничі роботи, включаючи і зовнішні відвали порід розкриття. Питання, таким чином, зводиться до розглядання способів зйомки цієї другої частини кар'єрного поля, об'єктами якої є штучні виїмки і насипи, транспортні шляхи, лінії електропередач, дренажні споруди, геологічні елементи уступів, свердловини тощо.

Названі об'єкти і умови їх зйомки також мало чим відрізняються від тих, які зустрічаються при зйомці поверхні. Але суттєвою особливістю зйомки відкритих гірничих робіт є безперервна зміна положення деяких об'єктів зйомки (робочі уступи, відвали, транспортні шляхи та ін.).

У зв'язку з цим складаються умови, за яких зйомка діючої частини кар'єрного поля періодично повинна повторюватись практично на тому ж місці з метою відображення на планах і розрізах тих змін, які проходять у процесі розробки.

З іншого боку, за даними зйомки визначають об'єми гірничих робіт, як розкривних, так і очисних.

Тому зйомка діючих дільниць кар'єрів проводиться обов'язково у кінці кожного місяця, а у ряді випадків – і частіше, наприклад, до та після кожного вибуху.

26.1. Способи обґрунтування зйомки на кар'єрах

Основою для проведення маркшейдерських робіт на кар'єрах є опорні мережі (триангуляція, полігонометрія, нівелювання). Пункти опорної мережі закладають на бортах і поблизу бортів, намагаючись забезпечити видимість

кожного з них, по можливості, більшої площі кар'єру.

На додаток до пунктів опорної мережі, яких недостатньо для зйомки, між ними розвивають знімальне обґрунтування. Густота пунктів знімального обґрунтування залежить від складності форми об'єкту і масштабу плану. Так, при зйомці у масштабі 1:2000 максимальна відстань між пунктами повинна складати не більше 300 м, а при масштабі 1:500 – 100 м. Координати пунктів обґрунтування визначають способом триангуляції або способом полігонометрії.

Враховуючи сказане, пункти обґрунтування намагаються рівномірно розташовувати по площі та за певною системою. Це значно спрощує проведення зйомки і складання планів гірничих робіт.

У залежності від конкретних умов зйомки можуть застосовуватись наступні види знімального обґрунтування:

- аналітичні мережі;
- теодолітні ходи;
- експлуатаційні мережі (сітки);
- профільні лінії.

Аналітичні мережі – це система пунктів, координати яких визначають способом триангуляції, опираючись на пункти опорної мережі як вихідні. Для цього їх розташовують в вершинах трикутників із сторонами 100...1000 м, близьких за формою до рівнобічних. Застосовують такі мережі в умовах, де неможливі або ускладнені лінійні вимірювання.

Теодолітні ходи – це найбільш розповсюджений спосіб розвитку знімального обґрунтування на відкритих розробках. Вони являють собою систему полігонометричних ходів зниженої точності, що прокладаються звичайно на площадках уступів.

Експлуатаційні сітки – це система пунктів, що розташовані у вершинах квадратів і прямокутників із сторонами 20..50 м.

Експлуатаційні сітки розбивають на місцевості за заздалегідь складеним проектом, враховуючи умови місцевості і план розвитку гірничих робіт. Простіший спосіб розбивки такої сітки в натурі показаний на рис. 61.

Закріпивши на місцевості одну з вершин майбутньої сітки (точка 2), у межах контуру кар'єра прокладають замкнутий полігонометричний хід 2, 3, 4, 5 і обчислюються координати його вершини. Для цього хід прив'язують до пунктів триангуляції або полігонометрії M і N полігонометричним ходом $N-1-2$. Знаючи координати точки 2, проектні дирекційні кути ліній сітки та, задаючись довжиною сторони квадрата сітки L , обчислюють координати кутових точок I, II, III, IV, як у звичайному полігоні. За координатами вершин полігону і кутових точок сітки обчислюють горизонтальні кути $\beta_1 - \beta_8$, за якими за допомогою двох теодолітів визначають положення кожної кутової точки на місцевості.

Закріпивши на місцевості кутові точки, приступають до детальної розбивки сітки, користуючись теодолітом, віхами та стрічкою. Причому, спочатку розбивають основну сітку із стороною квадрату 100...200 м, а потім усередині кожного такого квадрату будують сітку, що заповнює, із стороною квадрата 20...50 м.

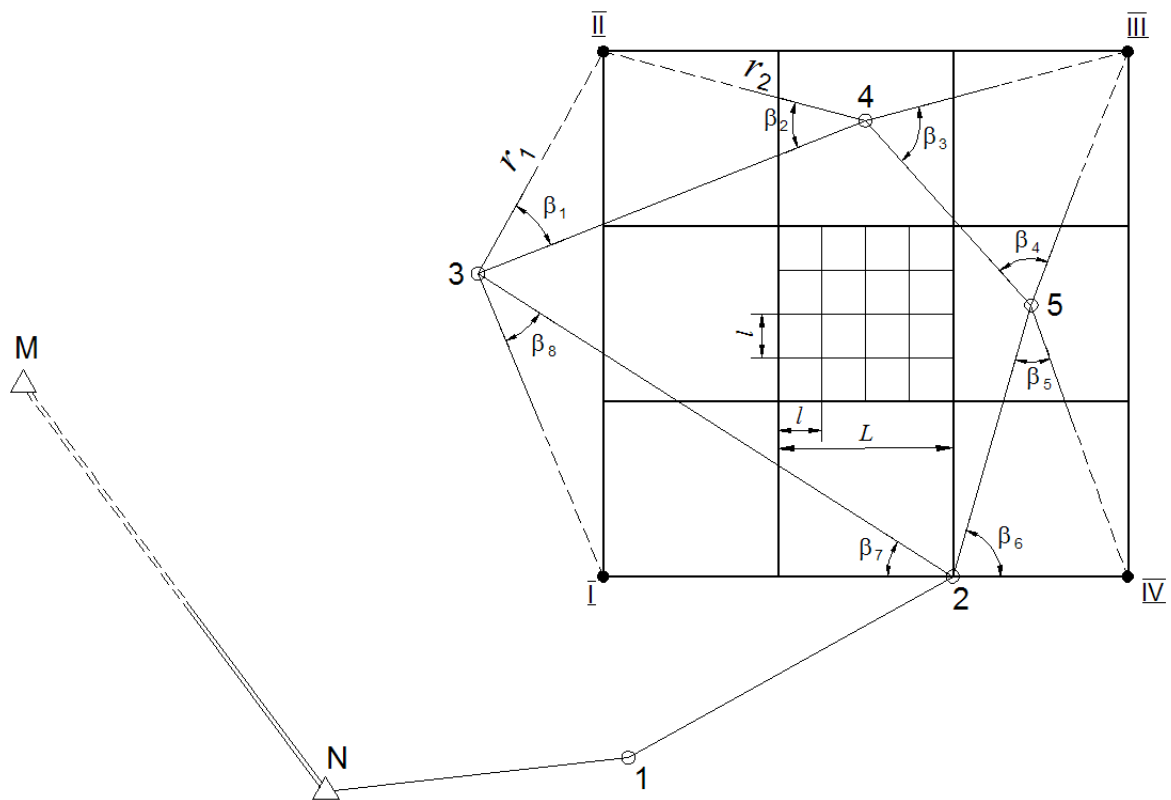


Рис. 61. Схема розбивки експлуатаційної сітки

Для визначення висотних відміток Z точок сітки проводять нівелювання. Punkти, що розташовані по основній сітці, закріплюють постійними знаками, а решта – тимчасовими.

Профільні лінії – це один із варіантів розташування пунктів знімального обґрунтування у визначеній системі. Застосовують при розвитку гірничих робіт в одному напрямку з нерухомим положенням одного з бортів і неглибоких розробках. Профільні лінії розташовують на деякій відстані одна від одної перпендикулярно рухомому борту. Кожну лінію закріплюють на боці нерухомого борту мінімум двома створними пунктами.

26.2. Зйомка подробиць кар'єру

Якщо у якості знімального обґрунтування на кар'єрі застосовують аналітичні мережі, то зйомку подробиць від цих точок звичайно проводять тахеометричним способом.

При наявності теодолітних ходів можливо застосувати тахеометричний спосіб і спосіб ординат.

Якщо обґрунтування представлене експлуатаційною сіткою або профільними лініями, то зйомку подробиць у більшості випадків можна виконувати за допомогою рулетки.

Так, наприклад, для визначення положення уступів в плані і по висоті достатньо заміряти уздовж кожної профільної лінії відстань до брівки від пунктів знімального обґрунтування. Виміряні відстані легко відкласти від

відповідних пунктів на плані гірничих робіт, де вони нанесені за координатами, а знаючи відмітки цих пунктів, легко побудувати профілі гірничих робіт за будь-якою профільною лінією. Таким же способом можливо зняти й інші подробиці кар'єру, наприклад, залізничні колії, водостічні канали тощо.

У тих випадках, коли брівки уступів невидимі внаслідок наявності осипів, після вибухів або зсувів уступів – застосовують тахеометричний спосіб зйомки.

На кар'єрах зі складною конфігурацією уступів, окрім цього, можливо застосовувати стереофотограмметричний спосіб зйомки, заснований на принципі вимірювання фотографії і який дозволяє за двома знімками одного і того ж об'єкту, зроблених з різних точок, скласти план.

Такий спосіб забезпечує об'єктивність і високу точність зйомки і зводить до мінімуму польові роботи, але вимагає значної камеральної обробки знімків.

§27. Підземні маркшейдерські роботи

27.1. Призначення підземних маркшейдерських зйомок і вимоги до них

При розробці корисних копалин підземним способом, у нас немає змоги бачити безпосередньо яким чином розташовані різноманітні гірничі виробки як по відношенню одна до одної, так і по відношенню до поверхні, навіть у тих випадках, коли до них є доступ. Тим більше ми не в змозі безпосередньо оглянути старі завалені виробки. Знання ж просторового положення як діючих, так і завалених виробок незалежно від терміну їх проведення досконало необхідне для вибору напрямку наступного раціонального і безпечного розвитку гірничих розробок.

За цих умов єдина можливість отримання необхідної уяви про просторове положення гірничих виробок є плани гірничих робіт та деякі креслення, що можуть бути складені тільки за даними підземних зйомок.

Тому одне із головних призначень підземних маркшейдерських зйомок полягає у тому, що за їх даними складають плани гірничих робіт, які є єдиним документом, за яким вирішують найважливіші питання, що пов'язані із підземною розробкою родовищ.

Усі без винятку гірничі виробки мають певне призначення і тому кожна з них повинна проводитись у певному місці і у певному напрямку, що звичайно передбачено проектом розробки.

Правильне визначення місця закладення і задавання напрямку новій гірничій виробці можливо тільки за даними відповідних маркшейдерських зйомок. Цим визначається друга важлива роль, яку відіграють підземні зйомки.

Із сказаного зрозуміло, що вирішення різноманітних питань і задач, пов'язаних з підземними розробками можливе тільки за умови, коли на плані гірничих робіт правильно нанесені усі без винятку гірничі виробки. Це означає, що зйомки гірничих виробок необхідно виконувати своєчасно, тобто в міру їх проведення і з необхідною повнотою та точністю.

Важливо, окрім того, враховувати, що одне і те ж родовище звичайно розробляється не однією, а декількома шахтами. Очевидно, що плани гірничих

робіт повинні бути складені таким чином, щоб за ними можливо було бачити і визначати положення виробок як по відношенню до земної поверхні, так і по відношенню до виробок сусідніх шахт. Це означає, що плани гірничих робіт різних шахт і плани земної поверхні повинні бути ув'язані між собою відповідним чином. Така ув'язка буде досягнута, якщо і плани гірничих робіт різних шахт, і плани земної поверхні складати в єдиній системі координат.

Ув'язку підземних зйомок із зйомками земної поверхні здійснюють шляхом орієнтування, методика якого була розглянута раніше у §24.

Методи підземних зйомок багато у чому подібні з методами зйомок на земній поверхні. Деякі відмінності однак мають місце, що пояснюється особливістю умов, у яких проводяться знімальні роботи в шахті.

Стискуватість обстановки, відсутність освітлення і можливості огляду знімальних об'єктів, велика крутизна нахилів гірничих виробок, великі розміри важкодоступних пустот (камер) тощо вимагають особливих інструментів, прийомів і методів зйомки. Ці особливості відносять, головним чином, до зйомки нарізних та очисних виробок.

Загальними для більшості шахт є методи зйомок основних (капітальних і підготовчих) виробок через загальність умов зйомки.

27.2. Горизонтальна зйомка капітальних і підготовчих гірничих виробок

Для того, щоб нанести на план гірничих робіт капітальну або підготовчу гірничу виробку (квершлаг, штрек, бремзберг, уклон) достатньо виконати зйомку її стінки.

Незначна ширина цих виробок дозволяє застосувати для цього найбільш простий і досить точний спосіб ординат.

Для цього по виробці прокладають теодолітний хід, вершини якого закріплюють у покрівлі або у підшві виробки та за допомогою теодоліта вимірюють горизонтальні кути між лініями ходу, а за допомогою рулетки – відстані між суміжними пунктами.

В похилих виробках, окрім того, заміряють кути нахилу ліній ходу з метою приведення їх до горизонту.

Потім від кожної вершини ходу на висоті, що дорівнює приблизно половині висоти виробки, вимірюють відстані до її стінок і записують в абрис польового журналу (рис. 62).

Зйомку стінок виробки проводять за допомогою рулетки на кожній точці ходу, а також в характерних точках поворотів, тектонічних порушень, контактів порід тощо. Положення кожної точки визначають відносно найближчих пунктів і сторін теодолітного ходу.

Для нанесення знятої виробки на план спочатку обчислюють координати X , Y вершин теодолітного ходу і наносять їх на план, а потім, користуючись абрисом зйомки, за допомогою масштабної лінійки на план наносять зняті подробиці.

Пункти теодолітних ходів, що прокладені в капітальних та підготовчих виробках, можливо використовувати для задавання напрямків іншим виробкам,

а також можуть служити у якості початкових вихідних даних для зйомки нарізних і очисних виробок.

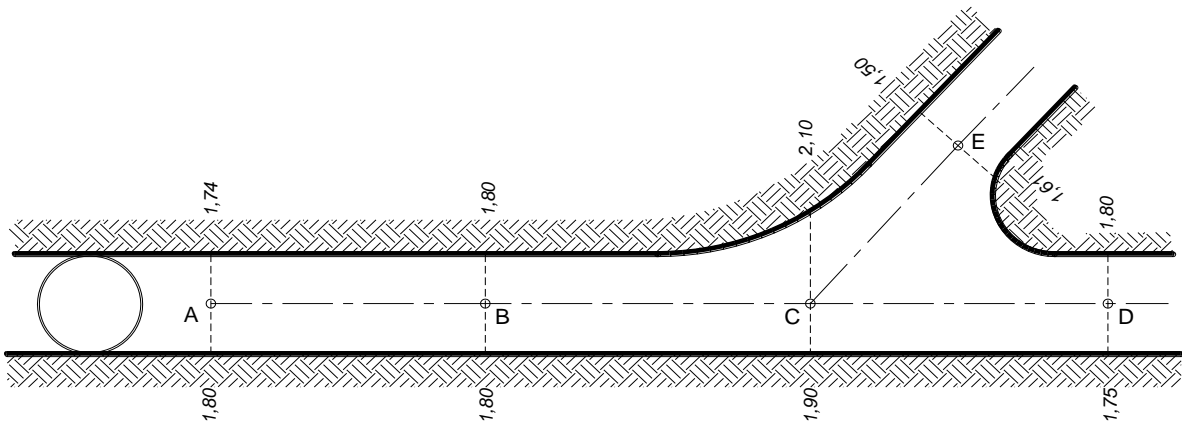
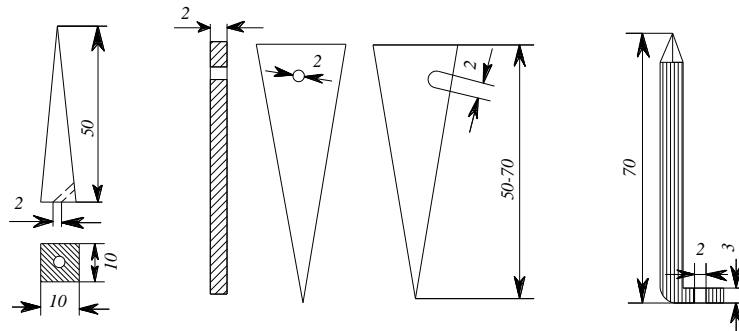


Рис. 62. Абрис зйомки

У зв'язку з цим важливо надійно закріплювати пункти теодолітних ходів і точно визначати їх координати.

Закріплення пунктів теодолітних ходів здійснюють тимчасовими (рис. 63,а) або постійними (рис. 63,б) знаками, які закладають у покрівлі або у підшві виробки у місцях, які зручні для установок теодоліта над або під знаком.

а



б

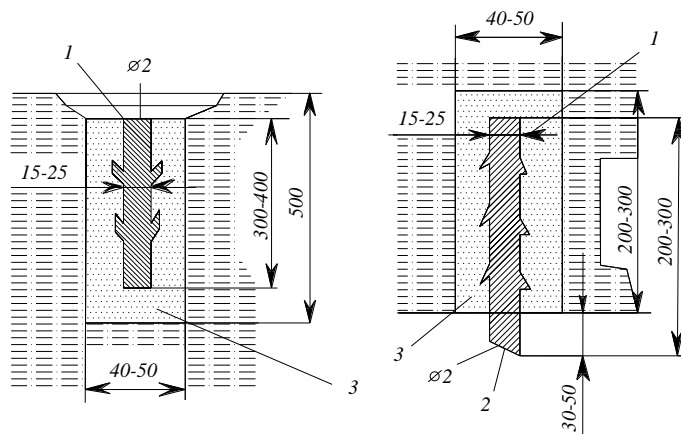


Рис. 63. Конструкції центрів пунктів теодолітних ходів

Якщо у виробці кріплення дерев'яне, тимчасові знаки звичайно забивають у верхняки, а у виробках без кріплення – забивають у дерев'яні пробки, попередньо забурені у покрівлю. Постійні знаки звичайно закріплюють за допомогою розчину цементу на більш значну глибину.

27.3. Інструменти для підземної теодолітної зйомки

Необхідними інструментами для проведення підземної зйомки є теодоліт, рулетка, виски.

Гірничі теодоліти за обладнанням, в основному, аналогічні теодолітам, які застосовують в геодезії. Але у зв'язку із специфічними умовами підземних робіт гірничі теодоліти мають ряд особливостей, що викликані умовами їх застосування:

1. Гірничий теодоліт повинен мати зверху на поверхні зорової труби верхній центр у вигляді заглиблення діаметром близько 0,5 мм для центрування теодоліта під точкою, що закріплена у покрівлі гірничої виробки.

2. Сторони підземних теодолітних ходів звичайно короткі і складають декілька десятків метрів і тому теодоліти і візирні знаки повинні мати пристосування для центрування їх з великою точністю.

3. Гірничі виробки, де виконують зйомки, можуть бути як горизонтальні, так і пройдені під великими кутами нахилу. Отже, гірничі теодоліти повинні

мати пристосування для візування під великим кутом нахилу (для цього застосовують ексцентричну зорову трубу).

4. Умови підземних гірничих виробок дуже несприятливі для захисту від вологи і запилювання повітря. Усі частини гірничих теодолітів повинні бути закриті спеціальними оболонками, вони повинні мати невеликі габарити, невелику масу і освітлювальне облаштування.

Теодоліти Т5К і Т15 успішно застосовують в підземних умовах. Харківський завод маркшейдерських інструментів раніше випускав оптичний гірничий теодоліт Т30М (рис. 64), яким можливо вимірювати кути способом прийомів і повторювань, він має скляні лімби з градусними поділками. Відліки беруть за допомогою мікроскопа. Ціна поділки шкали 1', точність відліку 15".

Шахтні рулетки. При виконанні підземних маркшейдерських зйомок вимірювання відстані між точками проводять для вирішення різноманітних

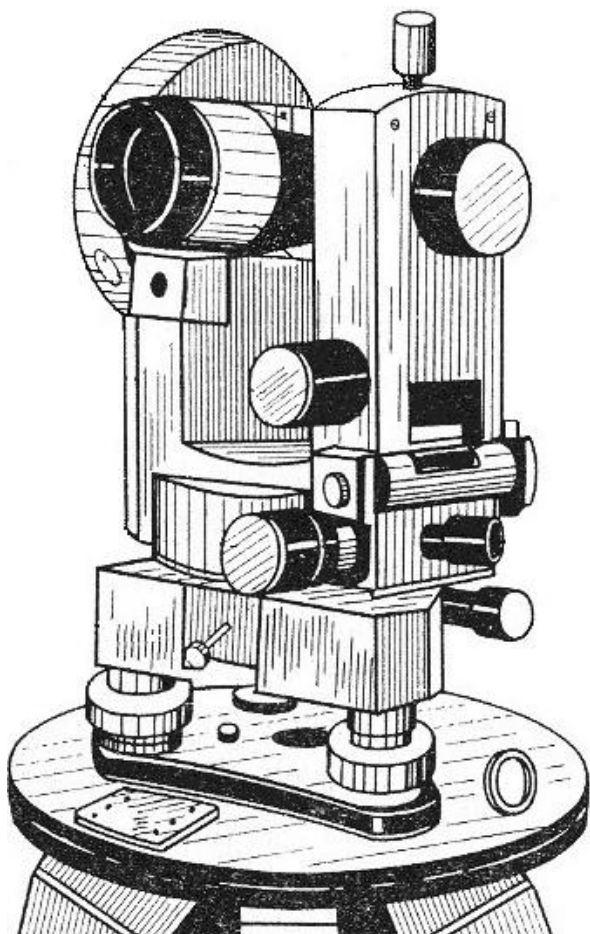


Рис. 64. Теодоліт Т30М

задач, які вимагають відповідно різної точності вимірювання, починаючи від 1:200 (при зйомці очисних вибоїв) до 1:15000 при вирішенні відповідальних маркшейдерських задач. Ці обставини визначають ті вимоги, яким повинні задовольняти шахтні рулетки. Перед усім, вони повинні бути легкими і достатньо міцними та жорсткими.

Поділki рулетки повинні забезпечувати проведення відліків до 1 мм. Для цього поділki на деяких рулетках наносять з інтервалом через 1 см, а на деяких – через 1 мм. При вимірюванні відстаней на вісу має місце провисання рулетки, величина якого залежить від сили натягу, у зв'язку з чим допускається деяка похибка у вимірюванні довжин. Для того, щоб уникнути впливу цього фактору, в рулетку вмонтовують пружинний динамометр (рис. 65), який дозволяє витримувати завжди постійний натяг (10 кг).

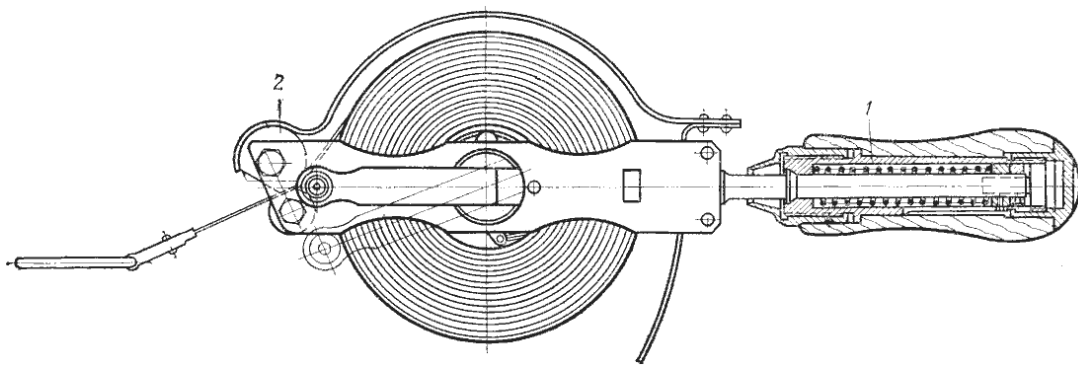


Рис. 65. Рулетка РГД з динамометром

При такому натягуванні рулетку компарують, тобто звіряють з еталоном і у виміряні довжини вводять поправки за компарування. При відповідальних зйомках заміряють температуру у виробці і у виміряні довжини вводять поправки за температурне подовження рулетки.

Шахтні виски. Роль, яку відіграють виски при зйомках на поверхні, відома з курсу геодезії. При підземних зйомках їх роль значно підвищується, і до шахтних висків пред'являються незрівнянно більш високі вимоги. Пояснюється це тим, що при зйомках на поверхні ми маємо справу з відносно великими відстанями між пунктами обґрунтування, які сягають десятків і сотен метрів.

У шахті ці відстані значно коротші і нерідко складають 2...3 м. Якщо шахтний висок буде мати недостатньо симетричну форму, а шнур, на якому він підвішується, вибраний невдало, то за допомогою такого виска неможливо забезпечити необхідну точність центрування теодоліта під або над знаком. Наприклад, при довжині сторони вимірюваного кута 10 м і лінійній похибці центрування теодоліта у 2 мм, похибка вимірювання кута тільки за рахунок центрування теодоліта складе близько 90'', що більше необхідної точності вимірювання кута.

У зв'язку з цим шахтні виски мають більш досконалу та більш складну

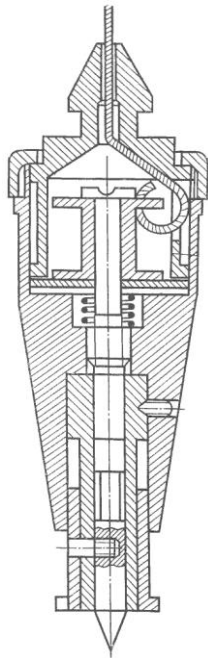


Рис. 66.
Центрувальний
висок ОР-2

конструкцію (рис. 66). Таким чином, центрування теодоліта проводять, в основному, шнуровим виском ОР-2.

27.4. Загальні положення вертикальної зйомки гірничих виробок

Вертикальну зйомку або нівелювання у підземних гірничих виробках проводять для наступних основних цілей:

1. Визначення відміток пунктів (реперів) знімального обґрунтування.
2. Контролю уклонів відкотних шляхів.
3. Задавання у вертикальній площині напрямку виробкам, що проводяться доганяючими або зустрічними вибоями.

Вихідними реперами при спорудженні підземної висотної опорної мережі є реperi, які закладені у приствольному дворі та відмітки яких обчислені за даними вертикальної з'єднувальної зйомки.

Репери висотних мереж закладають у підшві, в бокових стінах і покрівлі основних гірничих виробок. У якості реперів можливо використовувати постійні пункти планової опорної мережі. Для контролю нерухомості реперів їх закладають парами на відстані 20...50 м один від одного. Відстань між парами реперів не повинна перевищувати 500 м.

Підземну висотну зйомку проводять методами геометричного і тригонометричного нівелювання.

Геометричне нівелювання застосовують в гірничих виробках з кутом нахилу не більше 5...8°. В підземних умовах застосовують нівеліри невеликої маси і невеликих габаритів, які добре захищені від вологи та пилу.

На практиці широке розповсюдження отримали глухі нівеліри з елеваційним гвинтом і циліндричним рівнем при трубі, а також нівеліри з компенсатором кутів нахилу візирної лінії. На рис. 67,а показано загальний вигляд нівеліра НЗ, у якого є круглий установчий і циліндричний рівні при трубі для установки візирної лінії в горизонтальне положення. Зображення кінців пухирця циліндричного рівня передається системою призм в поле зору труби і спостерігається виконавцем у момент взяття відліків на рейці (рис. 67,б). Маса цього нівеліра близько 2 кг.

В шахті застосовують і інші марки нівелірів вітчизняного та закордонного виробництва.

Нівелірні рейки, які використовують в підземних роботах, аналогічні рейкам для технічного нівелювання на земній поверхні, але їх роблять або коротшими (1,7 м), або розсувними (2,1 м).

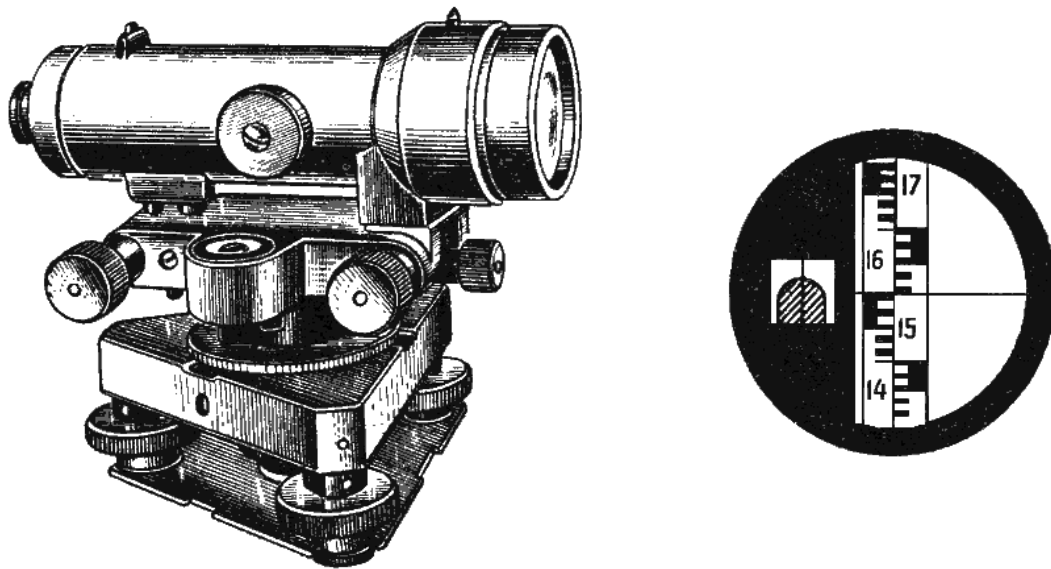


Рис. 67. Нівелір НЗ та поле зору його труби:
a – загальний вигляд нівеліру, *б* – поле зору труби

Геометричне нівелювання проводять методом «із середини» з установкою нульової поділки нівелірної рейки (п'ятки) на нівелірні точки. При цьому перевищення передньої точки над задньою дорівнює «погляду назад» мінус «погляд вперед», тобто $h = a - b$.

Однак нівелювальні точки в гірничих виробках можуть бути розташовані як у підшві, так і в покрівлі. В усіх випадках наведена вище формула справедлива, але відліки по рейках, встановлених на підшві виробки, мають знак «плюс», а відліки по рейках, поставлених нулем до пунктів, закріплених у покрівлі, мають знак «мінус».

На рис. 68 зображено станції № 1, 2, 3, 4 з чотирма можливими комбінаціями розташування рейок на задній і передній точках.

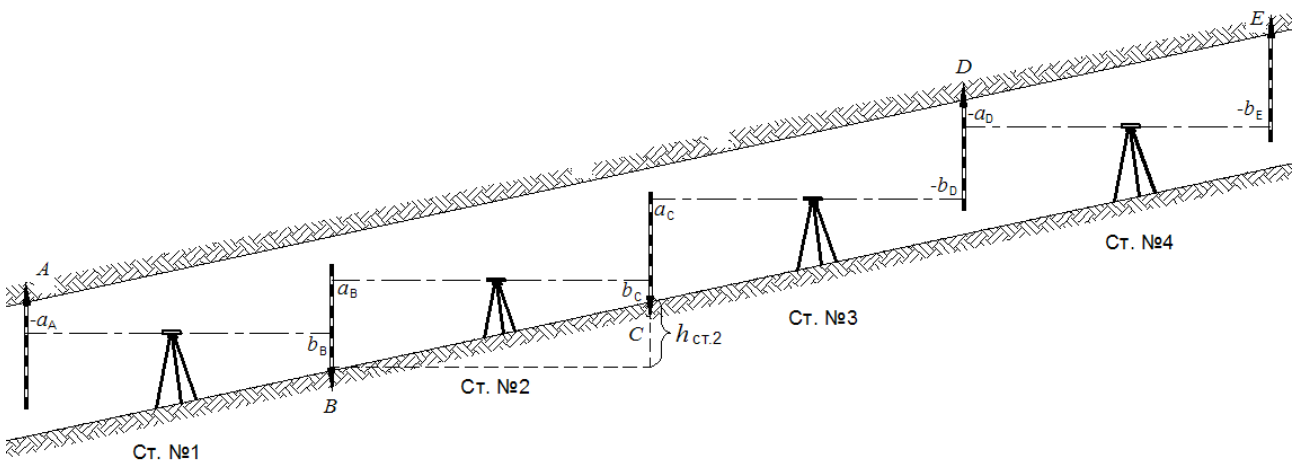


Рис. 68. Чотири можливих випадки взаємного розташування задньої і передньої рейок

Згідно правила, вказаного вище, перевищення на цих станціях будуть

відповідно дорівнювати:

$$h_{cm.1} = -a_A - b_B = -(a_A + b_B);$$

$$h_{cm.2} = a_B - b_C;$$

$$h_{cm.3} = a_C - (-b_D) = a_C + b_D;$$

$$h_{cm.4} = -a_D - (-b_E) = b_E - a_D.$$

Геометричне нівелювання, яке проводять для побудови поздовжнього профілю відкритого шляху, виконують по пікетаж, відстань між якими 10 або 20 м. При цьому допустима нев'язка не повинна перевищувати $\pm 30 \text{ мм} \sqrt{L}$, де L – довжина нівелірного ходу у сотнях метрів. Отримані висотні нев'язки розподіляють із зворотним знаком між виміряними перевищеннями.

За відомою відміткою вихідної (початкової) точки і виправленими перевищеннями обчислюють відмітки усіх нівелірних точок за формулою:

$$Z_i = Z_{i-1} + h.$$

Тригонометричне нівелювання проводять у похилих виробках з кутом нахилу більше 8° і у більшості випадків призначене для передачі висотних відміток на пункти теодолітних ходів, що необхідно для висотної ув'язки суміжних горизонтів гірничих робіт.

З метою скорочення об'єму робіт його проводять звичайно одночасно з прокладанням теодолітних ходів.

Для визначення перевищення ΔZ_{AB} точки B над точкою A (рис. 69) на них підвішують виски, під одним з яких центрують гірничий теодоліт, а потім заміряють похилу відстань l_{AB} , кут нахилу δ_{AB} і вертикальну відстані P_1 і P_2 .

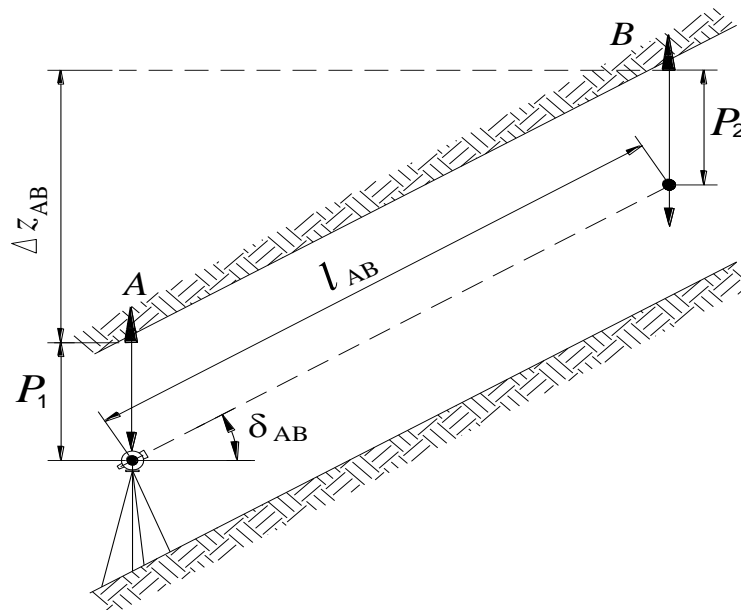


Рис. 69. Схема тригонометричного нівелювання

Шукане перевищення визначають за формулою:

$$\Delta Z_{AB} = l_{AB} \sin \delta_{AB} + P_2 - P_1.$$

Для контролю це перевищення вимірюють і у зворотному напрямку. Різниця між перевищеннями у прямому і зворотному напрямках не повинна перевищувати величини $0,05L$, см, де L – довжина лінії в метрах.

За точністю цей спосіб грубіший, ніж спосіб геометричного нівелювання.

27.5. Вертикальна зйомка відкатних гірничих виробок

Кожна відкатна гірнична виробка повинна мати визначений профіль, що відповідає виду транспорту, який у ній застосовують, і забезпечувати нормальний відтік води, яка до неї надходить. Окрім того, виробка повинна мати визначену висоту, що забезпечувала б безпечний рух транспортних засобів з корисними копалинами та матеріалами.

На практиці часті випадки, коли виробку проходять з порушеннями проектного уклону. Доволі часті випадки піддування підосви і опускання покрівлі виробки, що призводить до труднощів у роботі транспорту.

З метою визначення ділянок з незадовільним уклоном або висотою на усіх відкатних виробках періодично проводять вертикальну зйомку, за даними якої будують, як правило, профіль відкатного шляху, а в необхідних випадках і профіль покрівлі. Перед зйомкою у кожній виробці розбивають пікетаж. Довжину пікету частіше усього приймають 20 м. Усі пікети нумерують і позначають на стінках виробки фарбою або табличками. Нумерація пікетів в усіх випадках ведеться від ствола або іншої розкриваючої виробки до границь шахтного поля.

Після розбивки пікетів проводять вертикальну зйомку виробки, в результаті якої напроти кожного пікету визначають висотні відмітки головки рейок і покрівлі. За цими даними потім будують профіль виробки, методика складання якого нічим не відрізняється від побудови профілю місцевості, розглянутого у §4.

Маючи профіль фактичного положення виробки, наносять червоним кольором необхідний (проектний) профіль і визначають місця, де слід провести підривку або перекріплення виробки.

27.6. Зйомка очисних і нарізних гірничих виробок

У всіх випадках зйомка очисних і нарізних гірничих виробок ведеться від пунктів теодолітних ходів, прокладених в найближчих капітальних або підготовчих виробках, завдяки чому забезпечується ув'язка цих зйомок із загальношахтними зйомками.

На відміну від зйомки капітальних і підготовчих виробок, тут не вимагається дуже висока точність і тому зйомки очисних виробок у більшості випадків проводять спрощеними способами і інструментами.

При пологому і похилому заляганні пласта і при достатній величині потужності, що виймається, зйомку очисного вибою інколи проводять як і зйомку підготовчої виробки шляхом прокладання уздовж лінії вибою теодолітного ходу, від якого способом ординат знімають груди вибою та інші деталі.

У тих випадках, коли мала потужність пласта погіршує застосування для цього дорогого теодоліту, користуються спрощеними інструментами, наприклад, кутомірами У-3, УТГ, УТБ, УТ-3.

Одним із таких інструментів є кутомір У-3, який призначений для зйомки очисних і допоміжних виробок з кутом падіння до 70° . Він у декілька разів менший і легший теодоліта, а надзвичайна простота його конструкції у сполученні з легким розсувним штативом і консолями дозволяють проводити зйомку в лавах з гранично мінімальною робочою потужністю пласта.

Теодолітний кутомірний хід прокладають уздовж лінії вибою, який спирається на пункти теодолітних ходів на відкатному і вентиляційному штреках. Обчисливши координати точок ходу, їх наносять на план та від них наносять подробиці, користуючись ескізом зйомки.

В крутонадаючих очисних виробках провести зйомку за допомогою теодоліта або кутoměра неможливо. В таких умовах зйомку вибою проводять рулеткою.

Рулетку послідовно протягають поблизу кожного уступу за напрямком падіння і простягання пласта, від якого по перпендикулярах проміряють відстані до характерних точок грудей вибою, заносючи усі результати замірів в абрис (рис. 70).

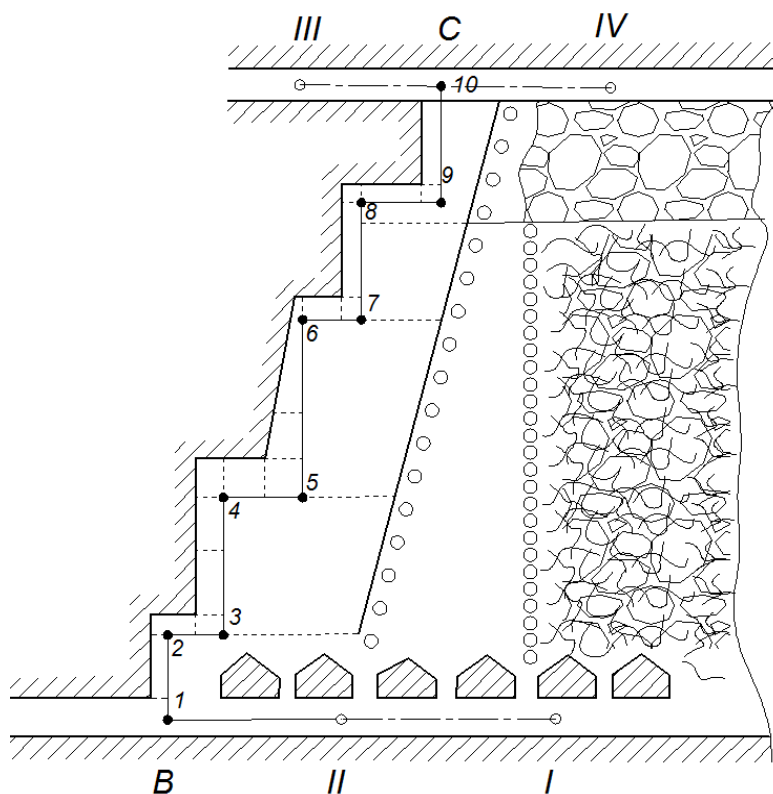


Рис. 70. Схема зйомки вибою крутого пласта рулеточним заміром

При розробці *потужних рудних тіл* інколи утворюються недоступні підземні камери великих розмірів. Зйомку характерних контурних точок цих камер проводять приладами, заснованими на наступних принципах.

При тахеометричному принципі на знімальну точку стінки камери спрямовують світловий сигнал (замість рейки) від приладу, що встановлений біля камери і направляють візирну лінію труби на цю світлову точку. Горизонтальний і вертикальний кути цього напрямку заміряють кутомірною частиною приладу, а відстань до точки заміряють безрейковим далекоміром подвійного зображення. До таких приладів відносяться «Телемарк», «Телетоп», BRT-6, тахеометр проєкційний базисний ТПБ та ін.

Фотограмметричний принцип заснований на визначенні просторового положення точок за даними вимірів їх зображень на парних фотознімках (стереознімках). Для цього використовують спарені фотокамери, що закріплені на базисній штанзі постійної довжини.

Звуколокаційний принцип заснований на визначенні відстані до стінки камери під час проходження звуку від приладу до знімальної точки і назад. До таких приладів відносяться УЗП-2, ЗПР та станція «Луч», яка знайшла широке застосування при профілюванні стволів і рудоспусків, а також зйомці підземних пустот, заповнених соляним розчином.

§ 28. Маркшейдерські заміри підземних гірничих виробок

Маркшейдерські заміри підземних гірничих виробок проводять наприкінці кожного звітного періоду, але не рідше одного разу на місяць. Вони являють собою спрощені зйомки і виконуються для наступних цілей:

- визначення довжини і фактичних площ перерізів капітальних, підготовчих і нарізних гірничих виробок;
- визначення величини просування вибоїв і об'єму гірничо-підготовчих робіт за звітний період;
- встановлення об'єму очисних робіт за звітний період;
- отримання даних, необхідних для деталізації маркшейдерських планів і розрізів, обліку запасів і втрат корисних копалин, а також уточнення її структурних і якісних характеристик.

Результати замірів капітальних, підготовчих і нарізних гірничих виробок служать безпосередньою основою для нарахування заробітної плати робітникам, встановлення плану виконання робіт за звітний період, відповідності проекту площ поперечного перерізу виробок.

Заміри цих виробок зводяться до вимірювання площ поперечного перерізу і рулеточного вимірювання відстані по осі вибою до найближчого маркшейдерського пункту. Різниця цих відстаней на кінець і початок звітного періоду дає величину просування за цей період.

Вимірювання площ поперечних перерізів незакріплених виробок звичайно, що мають форму трапеції, зводяться до вимірювання ширини виробок за покрівлею і підшвою, а також їх висоти.

У книзі замірів складають ескізи виробок із занесенням даних цих

вимірів.

Якщо гірничі виробки перетинають поклад на усю потужність, то роблять її зарисовку, на якій відмічають породні прошарки і результати вимірювань повної, корисної та вийманої потужності, а також місця узяття проб.

Заміри очисних виробок проводять наприкінці кожного звітнього періоду і на момент погашення останніх. Вони складаються із таких основних операцій:

– визначення відстані від маркшейдерських точок на відкатному і вентиляційному штреках до вибоїв лави і обчислення просування лави за звітний період;

– вимірювання довжини лави і контуру вибою, а також потужності пласта з зарисовкою його будови і вказуванням розмірів породних прошарків;

– визначення випередження очисного вибою відкатними і вентиляційними штреками;

– встановлення величин випередження очисних вибоїв в сусідніх пікетажах, а також сусідніх шарах (при шаровій виїмці).

Об'єм очисної виїмки обчислюють за формулою:

$$V = S_i m_{cb},$$

де S_i – істинна площа, що виймається, очисного простору за звітний період; m_{cb} – середня потужність пласта, що виймається. Якщо площа, що виймається, виміряна за планом S_n , або за проекцією на вертикальну площину S_g , то істинна виймана площа очисного простору буде дорівнювати:

$$S_i = S_n / \cos \delta; \quad S_i = S_g / \sin \delta,$$

де δ – кут падіння пласта.

Заміри очисних виробок рудної шахти проводять з метою визначення кількості відбитої руди і об'єму пустот, які утворилися, а також відображення їх стану на планах, вертикальних проекціях і розрізах.

Способи замірів і зйомок залежать від геологічних умов і прийнятої системи розробки. Об'єми виробленого простору і видобувних робіт визначають на основі маркшейдерської графічної документації.

У деяких випадках, коли вироблений простір недосяжний для проведення більш-менш точних вимірювань його контурів, об'єм видобувних робіт у таких камерах визначають тільки за даними оперативного обліку видобутку.

§ 29. Поняття про попередній розрахунок очікуваної похибки зйомки і вибору необхідної точності маркшейдерських вимірів

Із опису методів маркшейдерських зйомок випливає, що усі вони засновані здебільшого на вимірюваннях кутових та лінійних величин.

Будь-які вимірювання супроводжуються похибками, що неминуче повинно відобразитись на точності отримуваних результатів зйомки. Очевидно, що в кожному конкретному випадку вимірювання повинні бути виконані з

такою точністю, яка б забезпечила нам отримання кінцевого результату із необхідним ступенем наближення.

Ступінь наближення завжди визначають метою і умовами зйомки. Так, наприклад, якщо зйомку проводять для складання плану місцевості або гірничих робіт, то точність, з якою необхідно проводити вимірювання окремих елементів, буде залежати, головним чином, від масштабу плану і характеру призначення об'єкту, який знімається. Графічна точність, з якою можливо нанести на план або визначити за планом той чи інший елемент, складає приблизно 0,2 мм.

При масштабі плану 1:1000 це відповідає в натурі відрізок довжиною 0,2 м. При масштабі плану 1:10000 ця графічна точність складає в натурі 2,0 м. Звідси очевидно, що на плані масштабу 1:10000 ми не в змозі зобразити ті деталі, розміри яких менші, ніж 2,0 м. І, якщо при зйомці, наприклад, полярним способом допущена помилка, що не перевищує 2,0 м, то на плані ми цього не помітимо.

Навпаки, при масштабі плану 1:1000 така помилка є неприпустимою. З цього випливає, що чим більший масштаб плану, тим точніше і повніше необхідно проводити зйомку, і тим точніше будуть нанесені на ньому подробиці місцевості або гірничих виробок. Однак, з цього не випливає, що усі зображені на плані деталі зняті і нанесені з однаковим ступенем точності. Пояснюється це таким чином.

Серед об'єктів, які знімаються, є більш важливі і менш важливі. Наприклад, капітальні і нарізні або очисні виробки. Очевидно, що стінка капітального квершлага повинна бути знята більш точно, ніж лінія очисного вибою або стінки бутового штрека.

На точність зйомки, окрім того, суттєво впливає чіткість контурів, які знімаються. Чим чіткіший контур зйомки, тим точніше він може бути знятий.

Все це враховується при виборі точності вимірювань у процесі маркшейдерських зйомок.

Цим же визначається і ступінь достовірності маркшейдерських планів і їх деталей, а також коло задач, які можливо вирішувати по них.

Раніше вказувалось, що за даними маркшейдерських зйомок, окрім того, вирішується безліч таких задач гірничої справи, дані яких неможливо взяти з плану гірничих робіт.

Найбільш відповідальними з них є розбивки в натурі об'єктів, що будуються і задавання напрямків гірничим виробкам.

Особливість цих задач полягає у тому, що в ряді випадків помилка, зроблена при їх розв'язанні, може бути виявлена тільки після того, коли виправити її дуже важко або взагалі неможливо. Прикладом може служити збійка зустрічними вибоями вертикального ствола. Якщо при збійці центри ствола розійшлись на неприпустиму величину, то виправити таку помилку у більшості випадків неможливо.

Особливість таких задач вимагає від маркшейдера індивідуального підходу до кожної з них, підбираючи такі методи і точність вимірювань, щоб недопустимі похибки результатів були виключені.

Для цього проводять попередні розрахунки необхідної точності вимірювань, яка здатна забезпечити наперед необхідну задану точність результату.

При цьому вплив на кінцевий результат чинить похибка кожного вимірюваного елемента (кута, довжини лінії), а також обчислень на поверхні і в шахті.

Питання у тому, як врахувати спільний вплив похибок усіх елементів зйомки: орієнтування на точність кінцевого результату вимагає знання *закону накопичення похибок* вимірювань, який вивчається в теорії похибок і за зрозумілими причинами тут не розглядається.

Вплив похибки окремо кожного елемента можливо визначити приблизно так, як це нами було зроблено при визначенні відхилення пункту підземної зйомки, що викликане відхиленням одного із висків при орієнтуванні (див. п.24.2). Там ми знайшли, що відхилення виска на величину $l = 3$ мм призвело до зміщення точки на величину $L = 3$ м. При тих же значеннях L і c відстані 800 м отримаємо:

$$L = \frac{206'' \times 800 \text{ м}}{206265''} = 0,8 \text{ м},$$

що явно неприпустимо при збійці вертикального ствола.

Окрім того, якийсь вплив зроблять похибки і інших вимірюваних елементів.

Розглядаючи таким чином вплив похибок вимірюваних елементів окремо кожного, а потім спільний їх вплив, підбирають необхідну точність їх вимірювань, а отже відповідні інструменти і методику вимірювань. При цьому враховується, що будь-які вимірювання супроводжуються похибками грубими, систематичними і випадковими.

Грубі похибки є результатами прорахунків, наприклад, пропущена ціла довжина рулетки (стрічки) або цілі метри при вимірюванні довжини, неправильне узяття відліку по теодоліту (цілі або десятки градусів) та ін.

Систематичні похибки у більшості випадків є результатом недостатньо точного виготовлення інструмента. Наприклад, двадцятиметрова рулетка виявилась довшою на 1...1,5 см, і при кожному застосуванні її при вимірюванні довжин буде повторюватись одна і та ж похибка, накопичуючись в один і той же бік.

Випадкові похибки залежать від безлічі факторів: умов вимірювань, точності інструментів, стану наших органів сприйняття тощо.

Виходячи з цього, вимірювання при маркшейдерських зйомках намагаються проводити таким чином, щоб за можливістю ліквідувати повністю або зменшити до необхідного мінімуму усі можливі похибки.

Для виявлення і усунення грубих похибок відповідальні вимірювання проводять, як правило, двічі і, за можливістю, незалежно одне від одного. Знімальні ходи намагаються робити замкнутими, або прокладати між відомими пунктами.

Для виявлення і усунення систематичних похибок усі вимірювальні

інструменти і прилади ретельно вивіряють і порівнюють з еталоном, тобто компарують і у вимірянні величини вводять поправки за компарування.

Про наявність і величину у вимірюваннях випадкових похибок, які звичайно є невеликими і з'являються з різними знаками, можливо вирішувати тільки по коливаннях окремих багатократних вимірювань однієї і тієї ж величини.

З метою попереднього розрахунку їх визначають експериментальним шляхом із обробки багаточисельних вимірювань в аналогічних умовах.

Таким чином, у кожному конкретному випадку в залежності від мети і умов зйомки підбирають відповідні інструменти і методи зйомки, які повинні забезпечити необхідну точність результату.

Для більшості типових маркшейдерських задач шляхом тривалих досліджень встановлені відповідні норми точності, підібрані відповідні інструменти, методика вимірювань і викладені в інструкціях з проведення маркшейдерських робіт [6, 9]. В окремих випадках маркшейдер сам повинен вирішувати ці питання, виходячи із конкретної обстановки і характеру задач.

Питання для самоперевірки

1. Які Ви знаєте види знімального обґрунтування ?
2. Які особливості побудови аналітичних мереж ?
3. Які особливості побудови теодолітних ходів ?
4. Які особливості побудови знімального обґрунтування способом експлуатаційної сітки ?
5. Які Ви знаєте типи гірничих теодолітів ?
6. Які Ви знаєте типи шахтних рулеток ?
7. У чому сутність геометричне нівелювання ?
8. У чому сутність тригонометричного нівелювання ?
9. Що називають грубими похибками при вимірюваннях ?
10. Що називають систематичними похибками при вимірюваннях ?
11. Що називають випадковими похибками при вимірюваннях ?
12. Для чого проводять попередні розрахунки необхідної точності вимірювань ?
13. За якою формулою обчислюють об'єм очисної виїмки ?
14. Як виконують зйомку при пологому і похилому заляганні пласта ?
15. Як виконують зйомку в крутопадаючих очисних виробках ?

Спираючись на матеріали розділу, студент повинен уміти:

- визначати об'єкти маркшейдерської зйомки;
- застосовувати відповідні види маркшейдерської зйомки залежно від завдань і призначення зйомки;
- визначати доцільні схеми побудови знімальних мереж;
- визначати доцільний спосіб виконання кутових і лінійних вимірів;
- визначати методику виконання вимірів і необхідні для цього прилади і обладнання;
- визначати висотні позначки пунктів знімальної мережі;
- виконувати розбивку пікетажу у гірничих виробках;
- виконувати вертикальну зйомку транспортних шляхів і конвеєрних установок у гірничих виробках.

РОЗДІЛ 8. МАРКШЕЙДЕРСЬКА ГРАФІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

Навчальний матеріал розділу містить загальні відомості про графічну документацію гірничих виробок: призначення креслень і їхня роль для безпечного ведення гірничих робіт, раціонального і комплексного використання корисних копалин, охорони надр і природи. У розділі наведена класифікація гірничої графічної документації за її змістом: плани поверхні, креслення гірничих виробок, проектні плани, схеми, паспорти й інші креслення; розглядаються основні, спеціальні й обмінні креслення; дається роз'яснення номенклатури основних маркшейдерських креслень, складанню, поповненню і розмноженню маркшейдерської документації.

§30. Види графічної документації і вимоги до неї

Усі плани, які складені за даними маркшейдерських зйомок, дають подібне і наочне зображення знятих об'єктів в натурі. Усі гірничі і геологорозвідувальні підприємства повинні мати обов'язковий комплект документів, які складаються з первинної, обчислювальної і графічної документації.

Під графічною документацією розуміють креслення, що складені прийнятим методом геометричних проекцій за результатами топографічних, маркшейдерсько-геологічних зйомок.

Маркшейдерські графічні документи повинні задовольняти наступним основним вимогам:

1. Бути точними, тобто давати зображення геометричних елементів з необхідною для їх масштабу точністю, тобто ступінь зменшення зображуваних на плані об'єктів визначається вибраним масштабом плану.

Стандартними масштабами планів є такі: 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000. У деяких випадках для зображення окремих об'єктів застосовують більш крупні масштаби 1:200 або 1:100, а для огляду ділянок значних розмірів плани складаються у більш дрібних масштабах: 1:10000 і рідше 1:25000.

2. Давати повне зображення елементів ситуації і рельєфу земної поверхні, гірничих виробок, форми і елементів залягання корисної копалини на момент її складання і систематично поповнюватись в міру проведення гірничих виробок.

3. Бути наочними і зручно вимірювальними, тобто мати можливість проводити на них вимірювання лінійних і кутових величин з необхідною точністю без допомоги додаткових побудов і обчислень.

4. Виготовляться на високоякісних матеріалах і основі, які забезпечують довгострокове їх існування, а також повинні бути акуратно і красиво оформлені.

5. Складатись з дотриманням та застосуванням умовних позначок.

Види маркшейдерських креслень та їх зміст на діючих гірничих підприємствах залежать від типу родовища, геологічної будови і способу його

розробки.

Маркшейдерська графічна документація складається із наступних основних видів креслень.

Проекції – це креслення, на яких зображають необхідні об'єкти простору на площину. В маркшейдерській практиці використовують, в основному, проекції з числовими відмітками на одну площину. Для більш наочного просторового зображення окремих ділянок гірничих виробок інколи застосовують аксонометричні, афінні і перспективні проекції.

Плани – це проекції об'єктів земної поверхні і гірничих виробок, що складені в ортогональній проекції на горизонтальну площину з вказуванням на них числових відміток (координати Z) окремих точок або горизонталей зображуваної поверхні.

Вертикальні проекції – це креслення, які побудовані в ортогональній проекції на вертикальну площину. Такі креслення застосовують, коли проектування на горизонтальну площину дуже спотворює реальний об'єкт (наприклад гірничих виробок, що пройдені на крутому покладі).

Проекції на похилу площину розташовують паралельно похилій площині пласта (жили).

Розрізи являють собою зображення деталей об'єктів, розташованих у деякій січній площині. До складу маркшейдерських креслень входять вертикальні і горизонтальні розрізи, на яких зображують геологічну будову гірських порід і гірничі виробки.

Вертикальні розрізи будують за лініями розвідувальних і гірничо-експлуатаційних виробок, а також за простяганням і ухрест простягання покладу.

Масштаби розрізів приймають однаковими в горизонтальному і вертикальному напрямках.

Профілі являють собою креслення, на яких зображують на даній січній площині тільки необхідні лінії контуру об'єкту. Профілі складають, в основному, уздовж витягнутих об'єктів – підосви або покрівлі гірничої виробки, осі залізничних і автомобільних шляхів тощо.

Для більшої наочності вертикальний масштаб профіля звичайно приймають у 10 разів крупніше горизонтального.

Згідно інструкцій з виконання маркшейдерських робіт [8, 9] гірничу графічну документацію (креслення) за своїм призначенням розподіляють на два комплекти креслень:

1. Креслення земної поверхні.
2. Креслення гірничих виробок.

Окрім того, за характером складання усі креслення розподіляють на початкові (оригінали) та похідні (копії і репродукції).

Під початковим необхідно розуміти креслення, що складені безпосередньо за результатами вимірювань і обчислень, а під похідними – креслення, отримані шляхом репродукції або зменшення початкових креслень і доповнених спеціальним змістом відповідно їх призначенню.

Похідні креслення використовують для розв'язання поточних задач

гірничого підприємства.

Основні плани земної поверхні і гірничих виробок складають у єдиній загальнодержавній системі координат у вигляді окремих планшетів розмірами 500×500 мм, інші креслення можуть бути складені на аркушах інших форматів.

Основою для нанесення на план знятих об'єктів є координатна сітка із стороною квадрата 10 см. Числові значення координат біля лінії сітки надписують в кілометрах у правому і нижньому полях планшету.

Повне значення координат вказують у правому нижньому, у правому верхньому і у лівому нижньому кутах (для інших ліній сітки вказують лише десятки і одиниці кілометрів з точністю до сотих долей).

Маркшейдерські креслення оформлюють у відповідності з діючими умовними позначками для гірничої графічної документації [10]. Плани гірничих виробок поповнюють один раз на місяць (звичайно на перше число кожного місяця).

Початкові маркшейдерські креслення повинні зберігатись в негорючих шафах в горизонтальному стані. Скручувати і складати їх забороняється.

30.1. Маркшейдерські плани земної поверхні

До складу креслень земної поверхні (комплект 1) входять наступні:

- а) креслення, які відображують рельєф і ситуацію земної поверхні;
- б) креслення, які відображують забезпеченість гірничого підприємства пунктами маркшейдерської опорної і знімальної мереж;
- в) креслення гірничого відводу підприємства.

На креслення земної поверхні зображують рельєф місцевості і ситуацію в межах границь економічних інтересів гірничого підприємства. Усі об'єкти, які підлягають охороні від можливих порушень при розробці, окрім того, наносять на план гірничих робіт.

Крім основного плану поверхні складаються спеціальні плани, наприклад план промислового майданчика (звичайно в масштабі 1:500) на який наносять всю ситуацію, включаючи підземні (закриті) мережі комунікацій і споруд.

Зовні маркшейдерські плани земної поверхні нічим не відрізняються від планів, які складають при геодезичній зйомці.

30.2. Маркшейдерські плани гірничих виробок

До складу креслень гірничих виробок (комплект 2) входять наступні:

- а) креслення гірничих виробок, які відображують розкриття, підготовку і розробку родовища;
- б) креслення капітальних гірничих виробок і транспортні шляхи в них;
- в) креслення зі складання і розрахунку охоронних ціликів.

В інструкціях [8, 9] наводяться основні види креслень, які входять до даної групи для відкритих і підземних розробок. Більш того, креслення при підземному способі розробки мають різні види і зміст у залежності від типу родовища (пластові, потужні, рудні).

30.3. Маркшейдерські креслення відкритих гірничих робіт

Плани гірничих виробок складають окремо на кожному горизонті кар'єру на основі безпосередніх даних зйомки. У залежності від розмірів кар'єру ці плани складають в масштабах 1:500 або 1:1000 і рідше 1:2000.

Поуступні плани (рис. 71) служать для планування і визначення об'ємів виконаних робіт на кожному уступі. Тому на кожному поуступному плані наносять технічні границі кар'єру: верхні і нижні брівки уступу, а також їх висотні відмітки, геологічні дані (сорти руд, геологічні порушення і т.і.), охоронні цілики, пункти планового і висотного обґрунтування зйомок.

Положення брівок уступів на план наносять на перше число кожного місяця. Верхню брівку зображують суцільною лінією, нижню – пунктирною. Відроблену площу уступу за місяць штрихують і римською цифрою вказують місяць відробки.

Крім того, на відробленій частині вказують дані, які характеризують якість видобутої корисної копалини (вміст корисних або шкідливих компонентів).

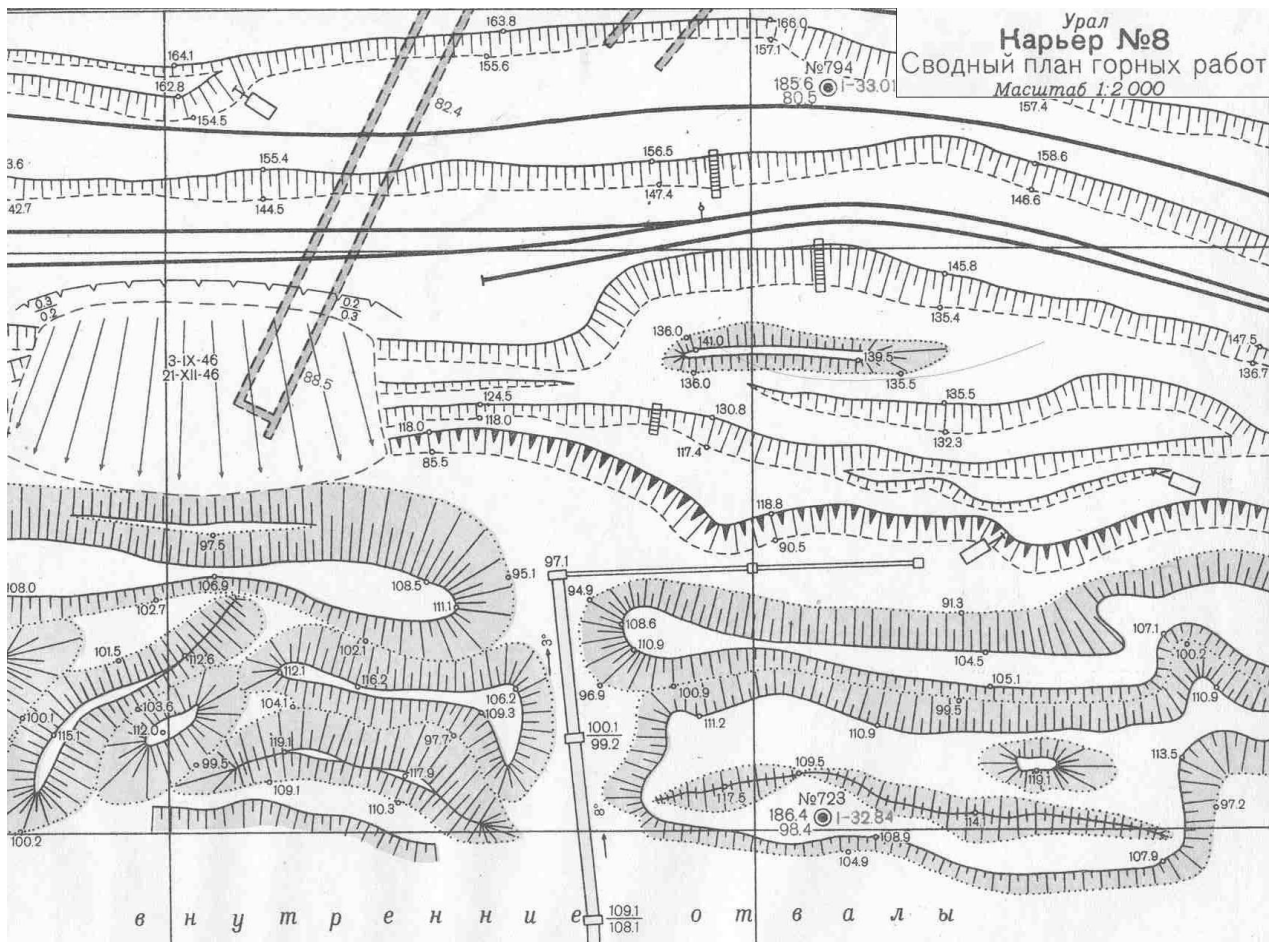


Рис. 71. Поуступний план вугільного кар'єру

Для визначення об'ємів гірничих робіт, окрім поуступних планів, складають вертикальні розрізи за профільними лініями (рис. 72).

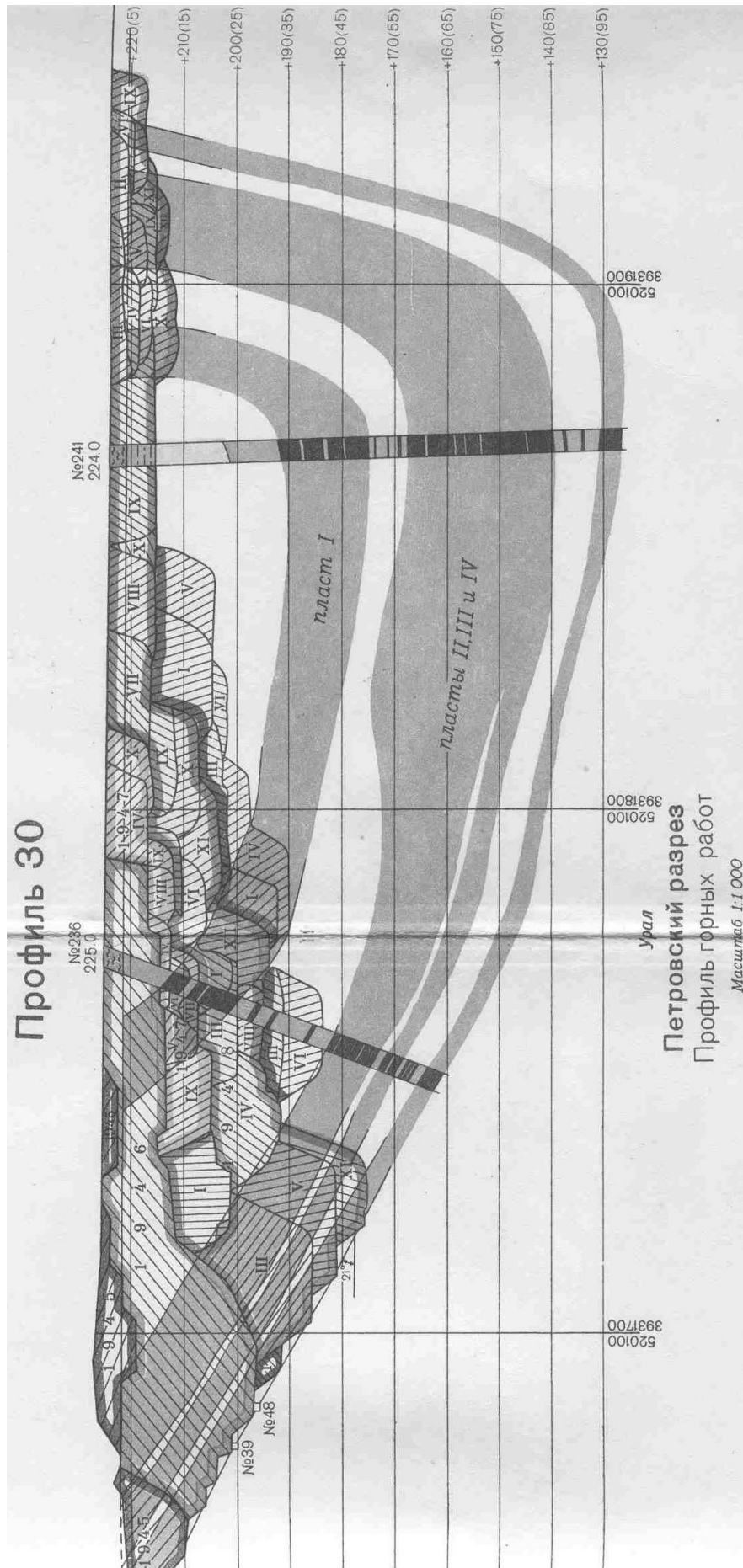


Рис. 72. Вертикальный разрез вугільного кар'єру

Кількість таких розрізів залежить від складності конфігурації вибою в плані, а також від складності будови родовища.

До спеціальних планів на кар'єрі, у першу чергу, відносять зведений план гірничих робіт кар'єру. На цьому плані наносять границі кар'єрного поля, рельєф і ситуацію на земній поверхні, всі уступи, внутрішні відвали розкривних порід, в'їзні і виїзні траншеї, транспортні шляхи, силові лінії і підстанції, дренажні виробки і водозливні установки, геологорозвідувальні виробки, пункти планового і висотного обґрунтування зйомок.

До спеціальних планів і креслень на кар'єрах відносять, крім того, такі:

- плани і розрізи, які характеризують геологічну будову родовища, форму і умови його залягання, якість і розподіл різних сортів корисної копалини тощо;
- план проммайданчика;
- плани та профілі транспортних шляхів, промислових водогонів.

Перелік і різновидність спеціальних планів визначається конкретними гірничо-геологічними умовами і системою розробки родовища, і тому на різних кар'єрах вони можуть бути різними.

Так при відкритій розробці розсипних родовищ складають плани гірничих виробок полігонів (загальні і оперативні), а також вертикальні розрізи гірничих виробок полігонів (упоперек та уздовж розсипу, що приурочені до розвідувальних ліній).

30.4. Маркшейдерські плани гірничих робіт шахт

При підземній розробці родовищ, основні плани гірничих робіт можливо розподілити на два види в залежності від величини кута падіння покладу.

При пологому і похилому заляганні корисної копалини основні плани гірничих робіт складають по кожному пласту (шару) в проекції на горизонтальну площину. На них зображують усі без винятку капітальні, підготовчі, нарізні і очисні виробки, а також інші відомості, що відносять до цього пласта (шару) (рис. 73).

При крутому заляганні корисної копалини основні плани гірничих виробок складають по кожному основному горизонту гірничих робіт, загальному для всіх пластів (шарів), також в проекції на горизонтальну площину. На цих планах зображують тільки гірничі виробки основного горизонту (квершлагги, штреки, орти тощо) і не зображують нарізні і очисні гірничі виробки.

Нарізні і очисні гірничі виробки зображують на вертикальних проекціях, які складають для кожного пласта (шару). На цих проекціях зображують також виробки основних горизонтів, проведених по даному пласту (шару) або польові, які призначені для відробки даного пласта. Крім того, як при пологому і похилому заляганні, на вертикальних проекціях зображують різні відомості, які притаманні до даного пласта (шару).

Положення вертикальної площини проекції в плані визначається середнім кутом простягання пласта.

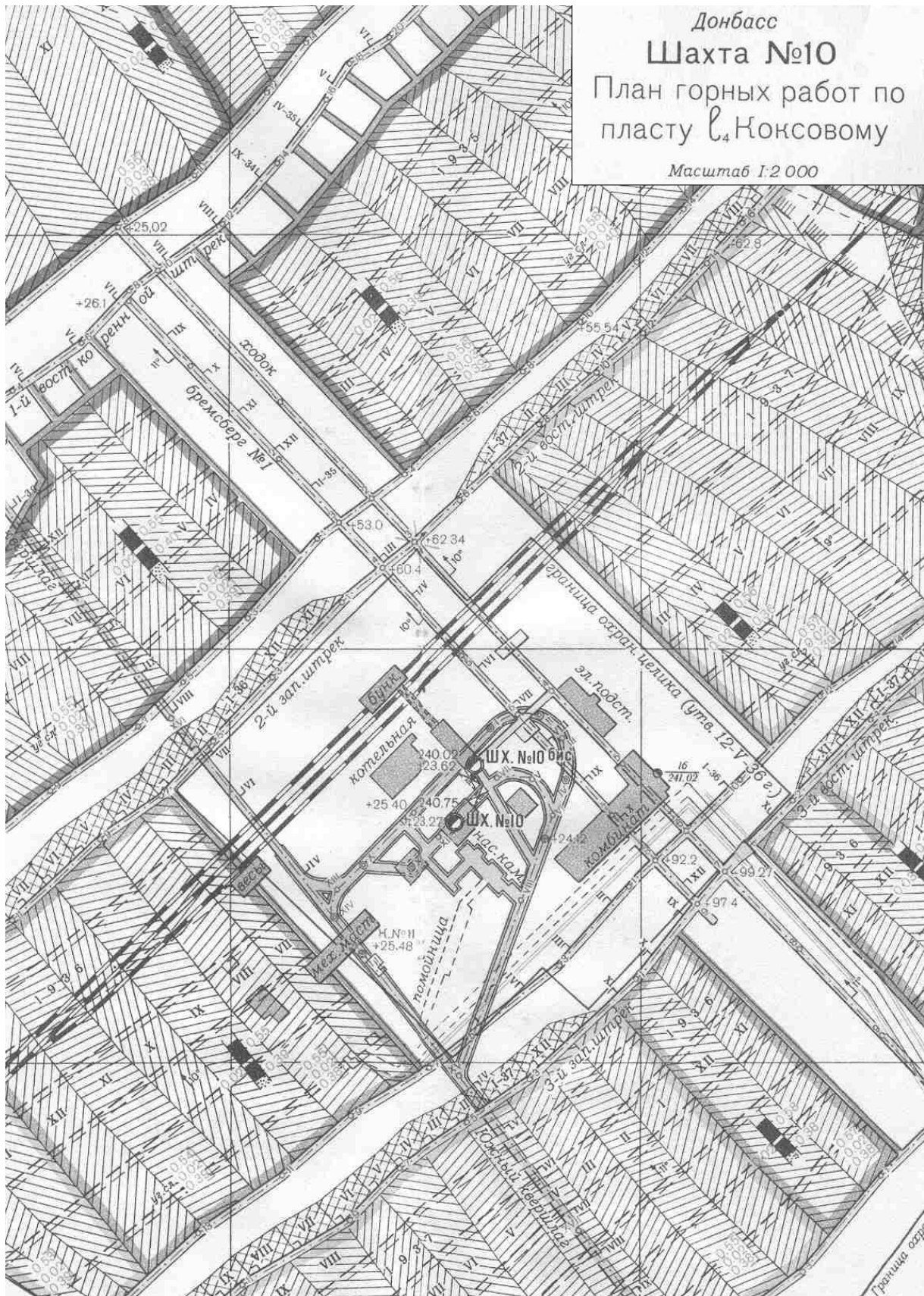


Рис. 73. Частина плану гірничих виробок пологопадаючого пласта

При розробці крутопадаючих покладів великої потужності, крім вертикальних проєкцій, складають вертикальні розрізи (рис. 74), які направлені

ухрест простягання покладів. Кількість таких розрізів залежить від складності форми покладу і системи розробки. До спеціальних планів шахт відносять такі: плани гірничих робіт, проєкції і розрізи окремих експлуатаційних ділянок, які складають у більш крупних масштабах (1:200; 1:500); план гірничих робіт шахти М 1:5000 або 1:10000; профілі відкатних гірничих виробок; плани вентиляції; плани ліквідації аварій.

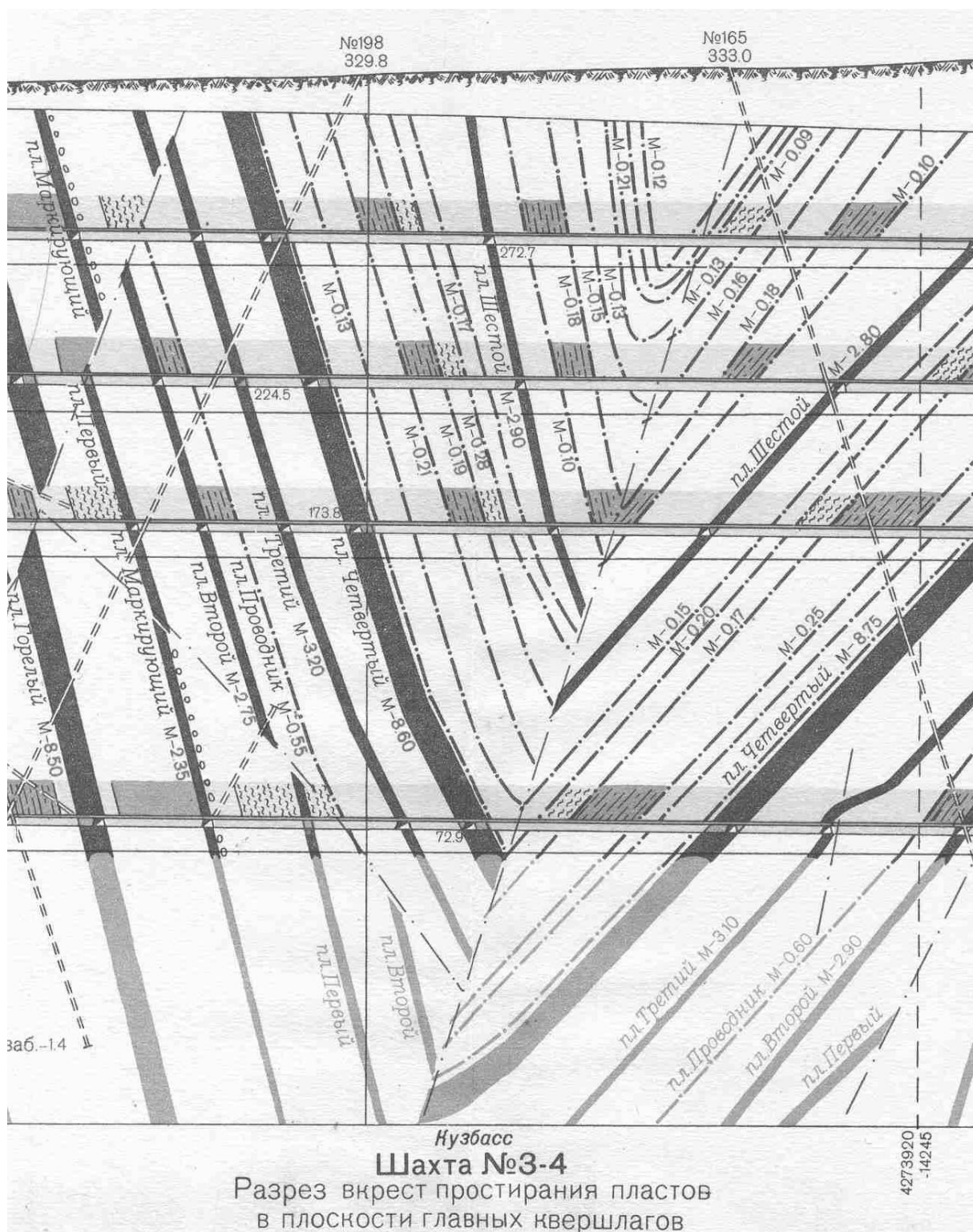


Рис. 74. Вертикальный разрез ухрест простягання покладу

§31. Розв'язування задач за маркшейдерським планом

Переважає більшість практичних задач, які часто доводиться вирішувати гірничому інженеру, не вимагають високої точності і тому можуть легко вирішуватися за маркшейдерськими планами і розрізами.

Але першою і цілковито необхідною умовою для цього є наступне – треба досконало знати і розуміти плани гірничих робіт, проекції, розрізи і зображені на них умовні позначки.

Розглянемо декілька типів таких задач.

Перший тип задач зводиться до визначення за планом горизонтальних, похилих і вертикальних відстаней між двома деякими точками.

Для розв'язування цього типу задач необхідно пам'ятати, що план являє собою горизонтальну проекцію і тому тільки горизонтальні і слабо похилі (до 3°) об'єкти зображують на ньому практично без викривлень, наприклад штреки, квершлагги, орти, площадки уступів та ін.

Тому для визначення відстані між будь-якою парою точок, розташованих в *горизонтальних виробках* достатньо виміряти її на плані за допомогою міліметрової лінійки і отриману величину помножити на знаменник масштабу плану

$$l = \frac{d}{M},$$

де d – довжина виробки на плані, мм; l – довжина виробки в натурі, м; M – числовий масштаб.

Якщо $d=32,4$ мм; $M=1:2000$, то $l = 32,4 \times 2000 = 64800$ мм = 64,8 м

Аналогічно визначають довжину штрека або його частини, довжину орту, величину просування очисної лінії вибою за простяганням пласта, довжину шахтного поля за простяганням, довжину уступу на кар'єрі, ширину площадки уступу, довжину залізничної колії, відстань між різними об'єктами на земній поверхні, розміри будівель в плані та ін.

Довжину похилої виробки між двома точками C і D на плані (наприклад довжину уклону) визначають за формулою

$$l = \frac{d}{M \cos \delta},$$

де δ – кут нахилу виробки до горизонту, вказується на плані з боку виробки.

Довжину крутопадаючої виробки між двома точками на вертикальній проекції визначають за формулою

$$l = \frac{d}{M \sin \delta}.$$

Довжину вертикальної виробки (глибину залягання поклада у даній точці, глибину стволів, шурфів, свердловин), тобто необхідно визначити глибину залягання H від точки A в шахті по вертикалі до поверхні Землі. Для

розв'язування даної задачі поступають наступним чином:

1. За маркшейдерським планом гірничих робіт визначають координати X , Y , Z заданої точки A . Координати X , Y знаходять графічно за планом, відмітку Z_A читають на плані або визначають інтерполяцією між сусідніми ізогіпсами.

2. За координатами X , Y наносять точку A на плані земної поверхні, що складений в одній системі координат з маркшейдерським планом. За планом земної поверхні, користуючись горизонталями рельєфу, знаходять Z_A' – відмітку точки A . Тоді

$$H = Z_A' - Z_A.$$

Другий тип задач – це визначення за планом площ різних ділянок: горизонтальних, похилих, вертикальних.

Як довжина лінії, так і величина площі фігури можуть бути зображені на плані без спотворення (при горизонтальному розташуванні ділянки в натурі) так із деяким спотворенням (при похилому розташуванні ділянки в натурі). Тому перш ніж визначити площу тієї або іншої ділянки за планом, необхідно встановити характер її залягання, що легко зробити, користуючись висотними відмітками або кутами нахилу, вказаними на плані безпосередньо на ділянці або поблизу неї.

При горизонтальному розташуванні ділянки її площа в натурі може бути визначена одним із способів, описаних у п.12.2.

Приклад. Визначити площу S_δ виїмки корисної копалини за місяць, якщо довжина очисного вибою у масштабі плану 1:2000 $l_2 = 7$ см, просування вибою за місяць склало $b_2 = 2$ см, а кут падіння пласта $\delta < 3^\circ$.

Враховуючи масштаб плану, визначають дійсні розміри ділянки:

$$l_2 = 7 \times 20 = 140 \text{ м};$$

$$b_2 = 2 \times 20 = 40 \text{ м};$$

$$S_2 = l_2 \times b_2 = 140 \times 40 = 5600 \text{ м}^2.$$

Аналогічно може бути визначена площа будь-якої фігури на вертикальному розрізі.

Якщо ділянка має кут нахилу більше 3° , то його площа на плані суттєво спотворюється, що необхідно враховувати при визначенні дійсної площі S_δ .

Для цього знайдену відомим способом проекцію площі на горизонтальну площину, необхідно розділити на косинус середнього кута нахилу ділянки δ_{cp} , тобто

$$S_\delta = \frac{S_2}{\cos \delta_{cp}}.$$

Третій тип задач – визначення за планом об'ємів, наприклад виробленого простору. Очевидно, для визначення об'єму якоїсь частини простору необхідно знати його розміри у трьох вимірах. Тут можливо зустріти декілька випадків.

Перший випадок – необхідно визначити об'єм V виробленого простору при розробці пластового покладу.

Для цього достатньо визначити за планом площу виїмки горизонтальну S_2 (при $\delta < 3^\circ$) або похилу S_n (при $\delta > 3^\circ$) і нормальну потужність m шару.

Тобто $V = S_2 \times m, \text{ м}^3$ або $V = S_n \times m, \text{ м}^3$.

Потужність пласта корисної копалини завжди вказують на плані гірничих робіт або на вертикальній проекції.

Другий випадок – необхідно визначити об'єм блоку або камери при розробці потужного крутопадаючого покладу. У цих випадках об'єм визначають способом вертикальних або горизонтальних перерізів (розрізів), що викладений у п.13.4.

Четвертий тип задач – являє собою різноманітні комбінації розглянутих вище трьох типів з використанням додаткових даних.

Приклад 1. Визначити за планом видобуток дільниці за місяць, на якій розробляється пласт вугілля продуктивністю $2,7 \text{ т/м}^2$.

Для цього достатньо за планом визначити площу виїмки за місяць і перемножити її на продуктивність пласта.

Приклад 2. Якою повинна бути величина просування вибою лави B_2 , похила довжина якої $L_n = 150 \text{ м}$, щоб видобуток Q склав 15000 т , якщо продуктивність пласта $q = 2 \text{ т/м}^2$.

Розв'язуванням із загальної залежності $Q = S_n \times q = L_n \times B_2 \times q$, знаходимо наступне:

$$B_2 = \frac{Q}{L_n \cdot q} = \frac{15000}{150 \times 2} = 50 \text{ (м)}.$$

Питання для самоперевірки

1. Які основні вимоги до маркшейдерських графічних документів ?
2. Що називають проекціями ?
3. Що називають планом ?
4. Що входить до складу креслень земної поверхні ?
5. Що входить до складу креслень гірничих виробок ?
6. Як розподіляють плани гірничих робіт в залежності від величини кута падіння покладу ?
7. Які задачі можна розв'язувати за допомогою маркшейдерських планів ?
8. Як визначити за планом горизонтальні, похилі і вертикальні відстані між двома деякими точками ?
9. Як визначити за планом площі різних ділянок: горизонтальних, похилих, вертикальних ?
10. Як визначити за планом об'єми виробленого простору ?

Спираючись на матеріали розділу, студент повинен уміти:

- вести первинну маркшейдерську документацію;
- вести обчислювальну маркшейдерську документацію;
- класифікувати гірничу графічну документацію за її змістом;
- виконувати маркшейдерські креслення за результатами зйомки;
- вирішувати прості гірничо-геометричні завдання за допомогою графічної документації гірничого підприємства.

РОЗДІЛ 9. МАРКШЕЙДЕРСЬКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА ПОВНОТОЮ ВИЛУЧЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН З НАДР

Навчальна мета розділу – ознайомити студента з основними принципами контролю за повнотою вилучення корисних копалин з надр, способами обліку і методикою виконання маркшейдерських замірів. Окремо розглядаються питання планування гірничих робіт.

§32. Облік видобутку корисних копалин

На кожному гірничо-видобувному підприємстві визначення кількості видобутої корисної копалини або облік видобутку представляє собою задачу чисельно охарактеризувати стан запасів на початок звітнього періоду і зміни, які мали місце за звітний період з початку розробки.

Первинний облік здійснюють шляхом обліку кількості виданих з корисною копалиною вагонеток на земну поверхню. Перемножуючи кількість виданих посудин на середню вагу вмісту в одній з них, визначають видобуток корисної копалини на кожній експлуатаційній дільниці і по шахті (кар'єру) в цілому. Такий облік називають *оперативним*.

Оперативний облік призначається для забезпечення поточного контролю за ходом виробничого процесу і визначення планових показників за видобутком на виробничих дільницях і шахті в цілому.

Оперативний облік здійснюють у такій послідовності:

гірничий майстер видобувної дільниці → гірничий диспетчер → статистична служба;

гірничий майстер надає регулярно гірничому диспетчеру відомості про об'єм виконаних робіт на даний момент часу;

гірничий диспетчер визначає об'єми видобутку за зміну, добу із кожної виїмкової дільниці і передає відомості до статистичної служби підприємства.

Статистична служба підприємства забезпечує поточною інформацією про стан виробництва усі зацікавлені інстанції.

Достоїнство оперативного обліку полягає у тому, що він дозволяє швидко (оперативно) робити висновок про роботу підприємства і окремих його ланок у будь-який час доби і місяця.

Основним недоліком оперативного обліку є його низька точність в силу різних причин. Для контролю і уточнення даних оперативного обліку в кінці кожного місяця проводять маркшейдерський підрахунок об'ємів виконаних робіт за даними зйомок і замірів очисних і підготовчих виробок.

Заключний контроль оперативного обліку видобутку по шахті (кар'єру) за місяць здійснюють шляхом маркшейдерських замірів залишків корисних копалин на складах на початок і кінець кожного місяця. Так, якщо на початку місяця на складах знаходилась кількість корисної копалини Q_2 , а на кінець – Q_3 і впродовж місяця відправлено споживачу і витрачено на власні потреби Q_1 , то видобуток на шахті (кар'єрі) за місяць складе наступне:

$$Q = Q_1 - Q_2 + Q_3..$$

32.1. Визначення видобутку за маркшейдерськими замірами

В усіх випадках кількість видобутої корисної копалини в очисній або підготовчій виробці у ваговій мірі визначають за формулою:

$$Q = V\gamma,$$

де V – об'єм виробленого простору в корисній копалині; γ – об'ємна вага корисної копалини у цілику.

Для будівельних матеріалів одиницею виміру видобутку приймають м^3 , у зв'язку з чим визначають лише об'єм виїмки. У зв'язку з цим заміри виробок проводять з таким розрахунком, щоб була можливість визначити з необхідною точністю об'єм виїмки корисної копалини.

При розробці пластових родовищ об'єм виїмки визначають за формулою:

$$V = Sm, \text{ м}^3,$$

де S – площа виїмки, м^2 ; m – середня потужність шару, що виймається, кожної ділянки, м.

Площу виїмки в капітальних, підготовчих і нарізних виробках визначають за даними рулеточного вимірювання середньої ширини і місячного просування виробки за корисною копалиною; в очисних виробках – або рулеточними замірами (де такі можливі), або за планом гірничих робіт, як це робиться при підрахунку запасів.

Середнє значення потужності вийнятого шару корисної копалини визначають як середнє арифметичне із окремих значень потужності, заміряних в різних місцях очисного вибою, тобто:

$$m = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n}, \text{ м.}$$

Кількість замірів потужності n повинна бути тим більше, чим більш різко вона змінюється. У потужність, що виймається, не включають прошарки пустих порід.

При розробці родовищ складної форми, коли вироблений простір має значні розміри за висотою, наприклад, камери, об'єм виробки визначають за планами та розрізами, складеними за даними зйомки.

У деяких випадках, наприклад при системі поверхового обвалення, доступ до виробленого простору для здійснення зйомок неможливий. У таких випадках облік видобутку з дільниці ведеться оперативним шляхом.

Об'ємну вагу γ в масиві визначають одним із способів, що наведені у п.12.4.

32.2. Вимірювання залишків корисної копалини на складах

Кількість корисної копалини на складі у ваговій мірі визначають за формулою:

$$Q = V\gamma,$$

де V і γ відповідно об'єм і об'ємна вага корисної копалини на складі.

Об'єм насипки V визначають або за даними рулеточного заміру відповідних елементів фігур насипки, якщо вони мають форму, близьку до правильних геометричних тіл (піраміда, конус, тощо), або за даними зйомки.

У останньому випадку спосіб зйомки вибирають в залежності від форми насипки. Частіше усього застосовують тахеометричну зйомку.

Для цього до насипки корисної копалини на склад, проводять інструментальну зйомку і складають план поверхні складу із зображенням рельєфу його поверхні горизонталями. Потім першого числа кожного місяця проводять тахеометричну зйомку насипки і наносять на план складу, зображуючи його поверхню також горизонталями або ізолініями потужності. На основі суміщеного плану поверхні складу і насипки будують перерізи (розрізи), за якими і визначають об'єм насипки.

Об'ємну вагу корисної копалини на складах (в насипці) визначають шляхом зважування його у посудинах з відомим об'ємом, звідки маємо:

$$\gamma = \frac{Q}{V}, \text{ т/м}^3.$$

В якості посудини можна використовувати залізничні вагони або спеціально виготовлені скриньки (ящики) без дна, об'ємом не менше 1 м^3 . Важливо відзначити, що об'ємна вага однієї і тієї ж корисної копалини в насипці може мати значні коливання в залежності від кускуватості, вологості, терміну і умов зберігання тощо.

У зв'язку з цим отримані значення γ можуть мати значну похибку, якщо не будуть враховані належним чином усі ці фактори.

§33. Визначення розмірів і облік втрат при видобутку

Одним із важливих показників роботи шахти (кар'єру) є ступінь вилучення з надр і збереження природної якості розроблюваної нею корисної копалини. Однак у процесі розробки доводиться деяку частину корисної копалини залишати в надрах, тобто безповоротно її втрачати. Окрім того, при розробці в корисну копалину примішуються пусті породи або некондиційна копалина, в результаті чого в одиниці об'єму видобутої маси вміщується менше корисних компонентів, ніж в надрах. Тобто корисна копалина *розубожується*.

Величина втрат і ступінь розубожування залежать від багатьох факторів, основними з яких є такі: умови залягання тіл корисних копалин і вміщуючих

порід, їхня міцність і спосіб розробки. У залежності від цього при плануванні очисних робіт кожній виробничій дільниці встановлюють норми втрат і розубожування. При правильному плануванні і проведенні гірничих робіт фактичні втрати і розубожування не повинні перевищувати встановлених норм, а зниження цих показників заохочується. Навпаки, перевищення фактичних втрат і розубожування свідчить про неправильне ведення гірничих робіт або планування норм, що вказує на необхідність прийняття відповідних заходів. Серед фактичних втрат слід розпізнавати втрати *корисних копалин при видобутку*, втрати *корисного компоненту і розубожування*.

Втрати корисних копалин – це частина балансових запасів, що не видобута з надр при розробці, або видобута і направлена у породні відвали, або залишена в місцях навантаження, складування і транспортування.

Втрати корисної копалини обчислюють в долях одиниці або в процентах і виражають коефіцієнтом втрат n

$$n = \frac{П}{Б} \cdot 100\% ,$$

де $П$ – кількість погашених запасів; $Б$ – кількість балансових запасів.

Розрізняють загальношахтні втрати (загальнорудникові, загальнокар'єрні), втрати біля геологічних порушень, експлуатаційні втрати.

До загальношахтних втрат відносять втрати в охоронних ціликах біля шахтних стволів, свердловин, розкриваючих і підготовчих виробок, передбачених для відробки блоку, панелі; в охоронних ціликах під будівлями, технічними і господарськими спорудами, водоймищами, комунікаціями, заповідними зонами, в бар'єрних ціликах між шахтами, біля затоплених гірничих виробок тощо.

Втрати біля геологічних порушень – це втрати на ділянках пластів, які ускладнені великою кількістю дрібних геологічних порушень, перехід яких очисними виробками технічно неможливий і небезпечний, на ділянках, у яких дуже нестійкі бічні породи внаслідок генетичних і технічних причин, дуже обводнених і неможливих для осушування.

Експлуатаційними втратами називають втрати, які мають місце безпосередньо в процесі розробки і залежать від системи і технології видобутку. Експлуатаційні втрати розрізняють за площею і за потужністю.

Втрати за площею – це експлуатаційні втрати, що залишаються в ціликах біля підготовчих виробок, в ціликах між виїмковими дільницями, між горизонтами (поверхами) в зонах підвищеного гірничого тиску, в зонах пожеж, в місцях обвалення, завалів тощо.

Втрати за потужністю – це експлуатаційні втрати, які залишаються в покрівлі і подошві пластів у вигляді пачок корисної копалини у відповідності з умовами підтримання очисного простору, а також через невідповідність видобувної техніки геологічній потужності пласта.

Розубожування $P(\%)$ – це зміна (як правило, зниження) вмісту корисних

компонентів у видобутій корисній копалині a порівняно із вмістом їх в балансових запасах C внаслідок домішок до них породи:

$$P = \frac{C - a}{C} 100\% .$$

В загальний комплекс робіт з визначення та обліку втрат і розубожування входить маркшейдерська зйомка і зарисовки гірничих виробок, ціликів, виміри потужності, випробовування корисної копалини і вміщуючих порід у масиві, у відбитому стані, періодичне визначення об'ємної ваги, вологості корисної копалини, підрахунок об'ємів видобутку.

Розміри експлуатаційних втрат визначають прямим методом за результатами маркшейдерських замірів.

§34. Облік руху балансових запасів і розрахунок промислових запасів

34.1. Облік запасів

Згідно правил охорони надр, гірничо-видобувні підприємства повинні вести систематичний облік стану запасів, що підлягають видобутку. При здачі шахти в експлуатацію на баланс підприємства передаються запаси корисної копалини, підраховані в межах технічних границь і затверджених ДКУЗ.

Обліком запасів враховують початкові балансові запаси шахт, зміну початкових балансових запасів, промислові запаси в цілому, а також стан їх готовності до видобутку, забалансові запаси та їх зміну.

На кожному діючому гірничо-видобувному підприємстві ведеться спеціальна книга обліку руху запасів. В ній відображають не тільки кількісні зміни запасів, але і ступінь підготовленості залишкових промислових запасів до видобутку на момент її заповнення.

За ступенем підготовленості до видобутку промислові запаси розподіляють на наступні:

розкриті – це частина промислових запасів шахти (кар'єру), для відробки яких проведені усі передбачені проектом розкривні виробки;

підготовленими називають частину розкритих промислових запасів, для відробки яких проведені підготовчі виробки;

готовими до виїмки називають частину підготовлених промислових запасів, для відробки яких проведені необхідні нарізні виробки і немає інших перешкод для проведення очисних робіт.

В різних басейнах ця загальна класифікація деталізується стосовно реальних умов, схем і систем розробки, для чого складають спеціальні інструкції.

Облік запасів виконує маркшейдерсько-геологічна служба підприємства. Початковими балансовими запасами є запаси, які затверджені ДКУЗ та прийняті за проектом гірничого підприємства у межах технічних границь або

гірничого відводу, що наданий підприємству.

Зміна початкових балансових запасів відбувається внаслідок видобутку, втрат при видобутку, проведення дорозвідки, відхилення фактичних параметрів від прийнятих під час підрахунку запасів, виявлення запасів, недоцільних для видобування з технічно-економічних причин, зміна технічних границь підприємства тощо.

На обліку підприємства знаходяться також *забалансові запаси*. Вони можуть зніматися з обліку у зв'язку із їх видобутком, передачею іншому підприємству, у випадку неможливості їх видобування, а також у зв'язку із зміною кондицій на забалансові запаси.

Зняття з обліку балансових і забалансових запасів оформлюють актом з підписами головного інженера, головного геолога, головного маркшейдера.

34.2. Розрахунок промислових запасів

Промисловими запасами називають частину балансових запасів, які підлягають видобуванню з надр. Їх визначають для діючих підприємств, підприємств що проектуються і будуються у межах технічних границь із запасів категорій *A, B, C₁*. Промислові запаси визначають за кожним пластом, покладом, горизонтом (уступом), користуючись такою формулою:

$$Q_{np} = Q_{бал} - P_{np} - Q_{nr} ,$$

де Q_{np} – промислові запаси; $Q_{бал}$ – початкові балансові запаси; P_{np} – проектні втрати; $P_{np} = P_{зш} + P_{ек}$; $P_{зш}$ – проектні загальношахтні втрати; $P_{ек}$ – експлуатаційні втрати; Q_{nr} – запаси, які нераціональні для розробки.

До проектних загальношахтних втрат $P_{зш}$ відносять запаси в ціликах під об'єктами земної поверхні, які охороняються, в бар'єрних ціликах, в ціликах, які служать для охорони капітальних гірничих виробок.

Якщо проект на залишення окремих ціликів відсутній, то запаси в них приймають на основі орієнтовних розрахунків. Так наприклад, для вугільних родовищ вони складають для пологих пластів 0,5...2,0%, а для крутих пластів 1,5...4,0% від балансових запасів.

До проектних експлуатаційних втрат $P_{ек}$ відносять втрати в ціликах, пов'язаних з системою розробки і технологією гірничих робіт. Проектні експлуатаційні втрати визначають на основі розрахункових нормативів. Орієнтовно для вугільних родовищ їх можна підрахувати за формулою:

$$P_{ек} = (Q_{бал} - P_{зш})k ,$$

де k – коефіцієнт експлуатаційних втрат (при розробці тонких пластів $k = 0,05 \div 0,10$; при розробці пластів середньої потужності $k = 0,10 \div 0,15$).

Запаси, які недоцільні для видобутку Q_{nr} з техніко-економічних причин,

виключають при розрахунках промислових запасів у тих випадках, коли такі запаси виявлені у процесі експлуатації родовища.

Розрахунки промислових запасів проводять щорічно у спеціальній книзі, форма якої повинна відображати викладені вище положення. Ця книга не є звітним документом, а використовується лише з метою управління запасами на гірничому підприємстві.

§35. Планування гірничих робіт

Відповідно до конкретних гірничо-геологічних умов і виробничих можливостей кожній шахті (кар'єру) встановлюють план видобутку корисної копалини, який необхідно виконувати протягом планового періоду – року, кварталу тощо.

Отримавши планове завдання, головний інженер, маркшейдер і фахівець-плановик розподіляють його між виробничими дільницями. Таким чином складається план розвитку гірничих робіт (календарний план), який є технічним обґрунтуванням плану виробництва та реалізації продукції. План виробництва шахти (кар'єру) у натуральному вигляді складають одночасно з планом розвитку гірничих робіт за часом та об'єктами робіт. Найважливіші об'єкти плану виробництва – це підготовчі виробки та очисні роботи, оскільки вони є основними виробниками продукції, яка підлягає реалізації.

Задачами планування гірничих робіт є такі:

– Забезпечення виконання державного плану видобутку у заданому періоді (рік, квартал, місяць).

– Планомірний розвиток гірничих робіт у відповідності з технічним проектом та перспективним планом.

– Раціональне використання запасів корисної копалини, всебічне зменшення втрат при видобутку.

– Забезпечення постійного відновлення розкритих, підготовлених та готових до виїмки запасів для створення необхідних резервів та умов ритмічної роботи дільниць й усього гірничого підприємства.

Щоб забезпечити ці вимоги складають календарний план розвитку гірничих робіт. Такі плани розподіляють на генеральні, перспективні та поточні.

Генеральний план розвитку гірничих робіт шахти (кар'єру) – це загальнотехнічний план (технічний проект), який встановлює основні напрямки розвитку на увесь термін існування гірничого підприємства. Він встановлює кількість робочих пластів, технічні межі підприємства, промислові запаси за пластами (горизонтами) тощо.

Перспективні плани відображають найближчу перспективу розвитку підприємства та забезпечують безперервність планування. Перспективні плани є основою для складання більш точних поточних планів на рік.

Річний план гірничого підприємства враховує усі сторони виробничо-господарської діяльності та складається із таких розділів, як план виробництва та реалізації продукції, план технічного розвитку й організації робіт. На основі

річного плану складають квартальні плани, а на основі квартальних – місячні.

Перспективні та річні плани розвитку гірничих робіт розробляє служба головного інженера при безпосередній участі маркшейдерської служби підприємства.

Річний і квартальний плани розробляють детально для кожної ділянки і по суті він є робочим проектом, за яким ведуться гірничі роботи протягом усього року (кварталу).

Розглянемо найпростіший приклад складання календарного плану розвитку гірничих робіт, який забезпечує нормальну роботу експлуатаційної ділянки.

Станом на 1.01.2005 р. положення очисного вибою ділянки №5 відмічено на плані гірничих робіт лінією АВ (рис. 75). Згідно загального плану розвитку гірничих робіт шахти, ділянка №5 після відробки запасів на даному поверсі, повинна перейти на нижчележачий поверх цього ж крила. Але для цього необхідно попередньо розкрити новий горизонт, пройти деяку частину штреку №3 та розрізну піч.

Очевидно, при переході з одного поверху на інший, безперебійна робота ділянки буде забезпечена у тому випадку, якщо на момент підходу очисних робіт до границі шахтного поля на вищележачому поверсі, на нижчележачому поверсі буде підготовлено усе для початку очисної виїмки.

Для цього необхідно встановити *терміни* проведення усіх передбачених проектом гірничих виробок.

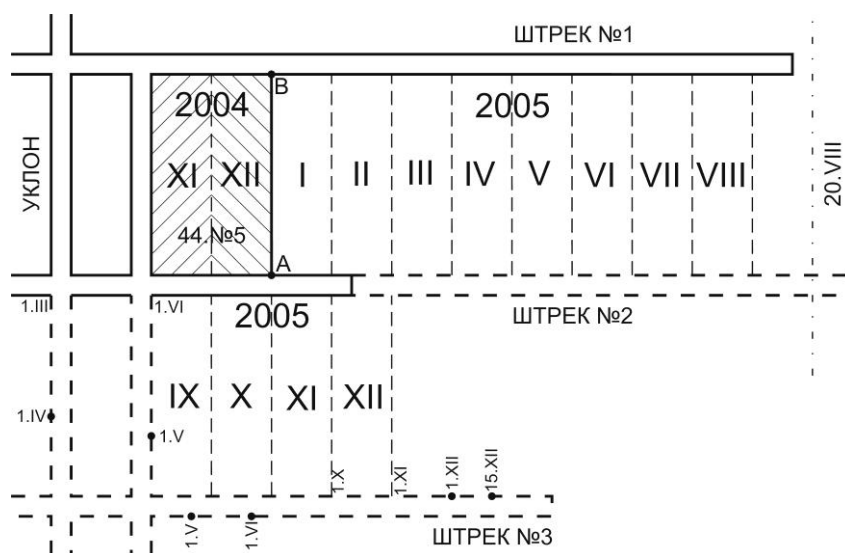


Рис. 75. Календарний план гірничих робіт ділянки №5 на 2005 рік

У наведеному прикладі (рис. 76) ці терміни можуть бути визначені наступним чином:

1. Виходячи із похилої довжини діючої лави, корисної ширини захвату і норм циклічності, розраховують місячне просування вибою l . Відкладаючи від лінії АВ уздовж штреків ці відрізки, визначають через скільки місяців вибій лави дійде до границі шахтного поля. У наведеному прикладі це станеться через 8 місяців.

2. Виходячи з похилої висоти поверху, мінімально необхідної довжини штреку №3 і розрахованого середньомісячного просування уклону l_2 штреку l_3 і розрізної печі l_4 , визначають термін (час), необхідний для їх проведення.

Так, якщо похила висота поверху $L_2 = 150$ м, а $l_2 = 90$ м, то час, який необхідно для проведення уклону, буде складати наступне:

$$t_2 = \frac{30 \times 150}{90} = 50 \text{ (днів)}, \text{ тобто } t_2 = 50 \text{ днів.}$$

При мінімальній довжині штреку №3 отримаємо наступні параметри: $L_3 = 120$ м, $l_3 = 90$ м, $t_3 = 40$ днів.

Для проведення розрізної печі $L_4 = 150$ м і $l_4 = 120$ м необхідно $t_4 = 36$ днів.

Якщо врахувати, що проведення розрізної печі можливо проводити одночасно з проведенням частини штреку, то загальний термін, який необхідний для проведення вказаних виробок, буде складати:

$$T = t_2 + t_3 = 90 \text{ днів.}$$

Згідно правил технічної експлуатації (ПТЕ) підготовка нового поверху повинна бути закінчена за 3 місяці до введення його в експлуатацію.

А тому у нашому прикладі роботи необхідно розпочати 1.III.2005 р. За цими розрахунковими даними і складають календарний план нового поверху.

Як видно, календарний план дає нам уяву про напрямок і послідовність відробки шахтного поля.

З цього випливає, що кожна шахта, виходячи із конкретних гірничих умов, плану видобутку та рівня механізації повинна мати в будь-який момент мінімально необхідну кількість розкритих, підготовлених та готових до виїмки запасів, без чого не може бути забезпечена її планомірна робота.

Правильне планування розвитку гірничих робіт шахти є запорукою успішної ритмічної роботи і навпаки – невдале планування може загальмувати нормальну роботу підприємства на довгостроковий період.

Питання для самоперевірки

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. Що називають експлуатаційними втратами корисної копалини ?
6. Що називають розкритими запасами шахти (кар'єру) ?
7. Що називають підготовленими запасами ?
8. Що називають готовими до виїмки запасами ?
9. Що називають промисловими запасами ?
10. Назовіть основні задачі планування гірничих робіт ?
11. Що таке генеральний план розвитку гірничих робіт шахти (кар'єру) ?
12. Що таке перспективний план розвитку гірничих робіт шахти (кар'єру) ?
13. Що таке річний план гірничого підприємства ?

Опанування матеріалом розділу дає змогу студенту визначати з чого складаються втрати корисної копалини, як здійснюється облік і контроль запасів. Студент має вміти виконувати прості розрахунки і графічні побудови для планування гірничих робіт.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Геодезія // Поклад Г.Г. – М.: Недра, 1988. – 304 с.
2. Маркшейдерское дело // Р.Р.Синянин. – М.: Недра, 1982. – 333 с.
3. Ушаков И.Н. Маркшейдерское дело. Часть I. – М.: Недра, 1989. – 311 с.
4. Маркшейдерское дело: Учебник для вузов // Д.Н.Оглоблин, Г.И.Герасименко, А.Г.Акимов и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М., Недра, 1981. – 704 с.
5. Антипенко Г.О. Гірнична геометрія. – Дніпропетровськ, НГУ, 2003.– 265 с.
6. Зрушення земної поверхні при підземних розробках вугільних родовищ: Навч. посібник // Г.О.Антипенко, Г.Ф.Гаврюк, О.С.Кучін, В.О.Назаренко. – Дніпропетровськ: Національна гірнична академія України, 2002. – 140 с.
7. ГСТУ 101.00159226.001 – 2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. – Вид. офіц. – Мінпаливенерго України, 2004. – 128 с.
8. Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах. Інструкція // Редкоміс.: М.Є.Капланець (голова) та ін. – Вид. офіц. – Донецьк : ТОВ “АЛАН”, 2001. – 264 с.
9. Інструкція по производству маркшейдерских работ // Министерство угольной промышленности СССР. – М.: Недра, 1987. – 240 с.
10. Условные обозначения для горной графической документации // Министерство угольной промышленности СССР. – М.: Недра, 1981. – 304 с.
11. Антипенко Г.О., Гаврюк Г.Ф., Назаренко В.О. Маркшейдерські роботи при будівництві шахт та підземних споруд: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів напряму 0903 Гірництво. Дніпропетровськ: НГУ, 2004. – 106 с.

Предметний покажчик

- абрис зйомки, 111
- берма, 76
- блок експлуатаційний, 53
- вага об'ємна, 137
- вибої зустрічні, 104
- вимірювання довжини, 12
- кута, 12
- висок шахтний, 114
- висота візування, 14
- інструменту, 14
- копра, 91
- точки, 12
- відвід гірничий, 58, 107
- земельний, 58
- відмітка точки, 13, 84
- вісь підйому ствола вертикального, 61
- — — похилого, 61
- вісь підйому, 91
- складки, 37
- властивості покладу, 27
- вміст корисного компоненту, 51
- втрати корисної копалини, 57, 139
- — — експлуатаційні, 57
- — — за площею, 139
- — — за потужністю, 139
- — — загальношахтні, 57, 139
- геометризація детально-розвідувальна, 26
- експлуатаційна, 26
- регіональна, 26
- родовища, 25
- складчастих структур, 37
- якісних властивостей, 36
- гірокомпас, 97
- гіроскоп, 97
- глибина розробки безпечна, 72
- горизонт умовний, 20
- горизонталі поверхні, 19
- графік гірничо-геологічний, 25, 27
- — структурний, 25, 27
- — якісний, 25, 27
- деформацій земної поверхні допустимі, 72
- дислокації, 36
- дно мульди плоске, 65
- довжина виробки похилої, 133
- довжиномір, 99
- документація графічна гірнична, 126
- маркшейдерська графічна, 106
- — первинна, 105
- проектна, 105
- елементи залягання покладу, 33
- — складки, 38
- проекту геометричні, 82
- еліпсоїд Красовського, 6
- ескіз виробки, 120
- задавання точки в натурі, 23
- закон накопичення похибок, 123
- замір маркшейдерський, 119
- рулеточний, 119
- замок складки, 37
- запаси корисної копалини, 42
- — — балансові, 43
- — — геологічні, 43
- — — забалансові, 43
- — — підготовлені, 44
- — — промислові, 44, 141
- — — розкриті, 44, 140
- заходи охорони гірничі, 74
- — конструктивні, 74
- зйомка вертикальна, 18
- горизонтальна, 16
- очисних виробок, 118
- підземна, 110
- подробиць, 5, 16, 109
- фактичного положення точки, 23
- зона зрушення, 61, 63
- координатна, 6
- опорного тиску, 63
- повних зрушень, 63
- зрушення гірських порід, 62
- земної поверхні, 61
- зсув, 79
- ізогіпса, 31, 56
- ізолінія висот, 31
- якісного показника, 35
- категорія запасів, 141
- кількість корисного компоненту, 47
- кількість корисної копалини, 46
- — — об'ємна, 47
- кондиції, 43

- контур родовища внутрішній, 47
 — — зовнішній, 47
 координати геодезичні, 7
 — плоскі прямокутні, 7
 — точки, 8
 — устя розвідувальної виробки, 25
 креслення похідне, 126
 — початкове, 126
 кривизна земної поверхні, 64
 крило розривного порушення висяче, 39
 — — — лежаче, 39
 — складки, 37
 кут відкосу борта, 79
 — горизонтальний, 8, 82
 — граничний, 66
 — дирекційний, 7
 — — зворотній, 8
 — зрушення, 66
 — максимального осідання, 67
 — нахилу, 13, 134
 — падіння, 55
 — повних зрушень, 66
 — розривів, 66
 кутомір, 119
- лінія профільна, 108
- маса корисної копалини об'ємна, 50
 масштаб гірничо-геологічного графіка, 26
 — графіків маркшейдерський, 125
 мережа аналітична, 108
 — геодезична, 10
 — експлуатаційна, 108
 меридіан осьовий, 6
 метод геологічних розрізів, 27
 — ізоліній, 31
 — полігонометрії, 11
 — трилатерації, 11
 — триангуляції, 10
 мульда зрушення, 62, 64
- напрямок виробки, 101
 — — криволінійної, 102
 — лінії, 7, 83
 нахил земної поверхні, 64
 нівелір 115
 нівелювання геометричне, 13, 115
 — поздовжнє, 20
 — тригонометричне, 14, 117
- об'єм простору виробленого, 134, 137
 обґрунтування зйомки, 107
- облік запасів, 56, 140
 — оперативний, 136
 обрушення, 79
 оконтурювання покладу корисної копалини, 47
 опливіна, 80
 орієнтування гіроскопічне, 97
 — підземної зйомки, 92
 осип, 79
 осі головні ствола вертикального, 60, 89
 — — — похилого, 61, 89
 осідання земної поверхні, 62
- палетка, 19, 48
 — квадратна, 48
 — точкова, 48
 перевищення між точками, 13
 передача висотної відмітки, 98
 підкид, 40
 підробка земної поверхні, 61
 — — — повна, 65
 план, 126
 — гіпсометричний, 31
 — гірничих робіт генеральний, 142
 — — — календарний, 143
 — — — перспективний, 142
 — — — річний, 142
 — ізоглибин, 35
 — ізопотужностей, 34, 54
 — кар'єру поуступний, 128
 — поверхні, 19
 планування гірничих робіт, 142
 площа охоронна, 76
 позначка умовна, 127
 поклад осаджений, 34
 порушення диз'юнктивне, 36
 — плікативне, 36
 — розривне, 36
 — складчасте, 36
 — тектонічне, 36
 потужність покладу, 29, 49
 — шару, 137
 похибка вимірювання сторони, 11
 похибки випадкові, 123
 — грубі, 123
 — зйомки, 121
 — систематичні, 123
 проєкції, 126
 проєкція вертикальна, 126
 — на похилу площину, 126
 профіль, 18, 126
 — виробки, 118

- пункт теодолітного ходу, 112
- рельєф поверхні, 19
- роботи геологорозвідувальні, 22
- розбивочні, 89
- розвідка детальна, 22
- експлуатаційна, 22
- попередня, 22
- розріз геологічний вертикальний, 29
- — горизонтальний, 29
- розріз, 126
- мульди головний, 65
- розубожування, 139
- рулетка сталева, 113
- рух запасів, 56
- система висот Балтійська, 13
- плоских координат Гауса-Крюгера, 5
- — — загальнодержавна, 5
- скид, 40
- складка антиклінальна, 38
- синклінальна, 38
- спосіб засічок, 17
- кутової засічки, 87
- лінійної засічки, 87
- ординат, 16, 111
- полярний, 86
- спосіб полярних координат, 17
- створів, 88
- спостереження інструментальні, 69
- стадії освоєння родовищ, 4
- станція спостережна, 69
- ступінь вивченості родовища, 26
- теодоліт гірничий, 113
- точність маркшейдерських вимірів, 121
- тривалість процесу зрушення, 68
- ухил лінії, 85
- форма рудного тіла, 28
- функція розміщення показника, 28
- хід теодолітний, 108
- центр валу підйомної машини, 91
- підйому, 91
- пункту теодолітного ходу, 112
- цілик охоронний, 75
- шарнір складки, 37
- ядро складки, 37
- якість мінеральної сировини, 35

Зміст

Передмова	7
Вступ	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МАРКШЕЙДЕРСЬКО-ГЕОДЕЗИЧНІ ЗЙОМКИ	9
§1. Призначення і методи маркшейдерських зйомок.....	9
§2. Визначення напрямку ліній та положення точок в загальнодержавній системі плоских прямокутних координат	11
§3. Основні способи визначення координат точок зйомки	13
3.1. Геодезичні мережі і методи їх побудови	14
3.2. Визначення положення точок та ліній по висоті	16
3.3. Спосіб геометричного нівелювання	17
3.4. Спосіб тригонометричного нівелювання	18
§4. Принципи зйомки подробиць	20
4.1. Горизонтальна зйомка	20

4.2.	Вертикальна зйомка	22
4.3.	Складання плану за даними зйомки	23
РОЗДІЛ 2. МАРКШЕЙДЕРСЬКІ РОБОТИ ПРИ ВИВЧЕННІ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН		
		25
§5.	Маркшейдерське забезпечення геологорозвідувальних робіт	25
5.1.	Основні задачі маркшейдерії при вивченні родовищ	25
5.2.	Задавання в натурі і зйомка фактичного положення розвідувальних виробок	26
§6.	Зміст і призначення гірничо-геометричних графіків	28
РОЗДІЛ 3. ГЕОМЕТРИЗАЦІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН		
		30
§7.	Суть, задачі і методи геометризації	30
§8.	Метод геологічних розрізів	31
8.1.	Побудова вертикального геологічного розрізу за даними розвідки	31
8.2.	Побудова горизонтального геологічного розрізу	32
§9.	Метод ізоліній	34
9.1.	Побудова гіпсометричного плану пластового покладу	34
9.2.	Практичне значення гіпсометричних планів	35
9.3.	План ізопотужностей покладу	36
9.4.	План ізоглибин залягання покладу	38
9.5.	Плани ізоліній якісних властивостей корисної копалини	38
§10.	Короткі відомості про тектонічні порушення	39
10.1.	Геометризація складчастих структур	40
10.2.	Геометричні елементи і параметри розривних порушень	41
РОЗДІЛ 4. ПІДРАХУНОК ЗАПАСІВ ТВЕРДИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН		
		44
§11.	Загальні питання підрахунку запасів	44
11.1.	Класифікація розвіданих запасів корисної копалини	44
11.2.	Класифікація промислових запасів за ступенем їх готовності до видобутку	46
§12.	Параметри підрахунку запасів і способи їх визначення	48
12.1.	Оконтурювання покладу корисної копалини	49
12.2.	Визначення площі підрахунку запасів	50
12.3.	Визначення середньої потужності покладу	51
12.4.	Визначення об'ємної маси корисної копалини	52
12.5.	Визначення середнього вмісту корисного компонента	52
§13.	Способи підрахунку запасів	53
13.1.	Спосіб середнього арифметичного	53
13.2.	Спосіб геологічних блоків	54
13.3.	Спосіб експлуатаційних блоків	54
13.4.	Спосіб паралельних розрізів	55

13.5.	Спосіб ізоліній (проф. П.К. Соболевського)	56
13.6.	Спосіб середнього кута падіння покладу	57
13.7.	Спосіб ізогіпс проф. В.І. Баумана	57
§14.	Облік стану, руху запасів і втрат на гірничих підприємствах	58

РОЗДІЛ 5. ЗАДАЧІ МАРКШЕЙДЕРСЬКОЇ СЛУЖБИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ГІРНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

§15.	Загальні відомості про порядок проектування гірничих підприємств.....	60
§16.	Підготовка маркшейдерських даних для проектування	62
§17.	Загальні відомості про процес зрушення гірських порід і земної поверхні при розробках родовищ корисних копалин	63
§18.	Основні терміни і параметри, які характеризують процес зрушення гірських порід	65
18.1.	Схема зрушення гірських порід і земної поверхні	65
18.2.	Основні поняття, терміни і визначення	66
18.3.	Практичне застосування параметрів зрушення земної поверхні	70
18.4.	Методи вивчення процесу зрушення гірських порід і земної поверхні	71
18.5.	Методика інструментальних спостережень на станції. Прилади і інструменти	72
§19.	Визначення умов безпечної підробки будівель та споруд	74
19.1.	Заходи з охорони споруд та об'єктів при підробках	75
19.2.	Основні правила побудови охоронних ціликів	78
19.3.	Побудова цілика для охорони цивільної будівлі	80
§20.	Зрушення гірських порід при відкритому способі розробки родовищ..	82

РОЗДІЛ 6. МАРКШЕЙДЕРСЬКІ РОБОТИ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ШАХТ ТА ПІДЗЕМНИХ СПОРУД

§21.	Задачі маркшейдерської служби при будівництві шахт	84
§22.	Методи перенесення геометричних елементів проекта в натуру	85
22.1.	Перенесення горизонтального кута	85
22.2.	Побудова проектної лінії (довжини)	86
22.3.	Перенесення в натуру проектної відмітки	87
22.4.	Побудова лінії проектного ухилу	88
22.5.	Перенесення точки за заданими координатами	89
§23.	Маркшейдерські роботи при спорудженні ствола і підйомного комплексу	91
23.1.	Основні відомості про розбивки будівель і споруд	91
23.2.	Розбивки при проведенні шахтного ствола і встановленні підйомного комплексу	92
§24.	Маркшейдерські роботи при розсічці приствольного двору	94
24.1.	Орієнтування підземної зйомки через один вертикальний ствол	95

24.2.	Вимоги до точності орієнтування підземної зйомки та шляхи її підвищення.....	97
24.3.	Орієнтування підземної зйомки через два вертикальних стволи	98
24.4.	Гіроскопічне орієнтування підземної зйомки	100
24.5.	Вертикальна з'єднувальна зйомка	101
24.6.	Розсічка приствольного двору і задавання напрямків гірничим виробкам	103
24.6.1.	Задавання напрямку в горизонтальній площині	105
24.6.2.	Задавання напрямку в вертикальній площині	106
24.6.3.	Задавання напрямку для виробок, які проводяться зустрічними вибоями	107
§25.	Маркшейдерська документація при здачі шахти в експлуатацію	109

РОЗДІЛ 7. МАРКШЕЙДЕРСЬКІ РОБОТИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РОДОВИЩ

§26.	Особливості зйомки при відкритому способі розробки	110
26.1.	Способи обґрунтування зйомки на кар'єрах	110
26.2.	Зйомка подробиць кар'єру	112
§27.	Підземні маркшейдерські зйомки	113
27.1.	Призначення підземних маркшейдерських зйомок і вимоги до них	113
27.2.	Горизонтальна зйомка капітальних і підготовчих гірничих виробок	114
27.3.	Інструменти для підземної теодолітної зйомки	115
27.4.	Загальні положення вертикальної зйомки гірничих виробок	118
27.5.	Вертикальна зйомка відкатних гірничих виробок	121
27.6.	Зйомка очисних і нарізних гірничих виробок	121
§28.	Маркшейдерські заміри підземних гірничих виробок	123
§29.	Поняття про попередній розрахунок очікуваної похибки зйомки і вибору необхідної точності маркшейдерських вимірів	124

РОЗДІЛ 8. МАРКШЕЙДЕРСЬКА ГРАФІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

§30.	Види графічної документації і вимоги до неї	128
30.1.	Маркшейдерські плани земної поверхні	130
30.2.	Маркшейдерські плани гірничих виробок	130
30.3.	Маркшейдерські креслення відкритих гірничих робіт	130
30.4.	Маркшейдерські плани гірничих робіт шахт	133
§31.	Розв'язування задач за маркшейдерським планом	136

РОЗДІЛ 9. МАРКШЕЙДЕРСЬКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА ПОВНОТОЮ ВИЛУЧЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН З НАДР

§32.	Облік видобутку корисних копалин	139
32.1.	Визначення видобутку за маркшейдерськими замірами.....	140
32.2.	Вимірювання залишків корисної копалини на складах	141

§33. Визначення розмірів і облік втрат при видобутку	141
§34. Облік руху балансових запасів і розрахунок промислових запасів	143
34.1. Облік запасів	143
34.2. Розрахунок промислових запасів	144
§35. Планування гірничих робіт	145
Список літератури.....	148
Предметний покажчик.....	146

Навчальне видання

МАРКШЕЙДЕРСЬКА СПРАВА

Підручник

Під редакцією кандидата технічних наук, доцента Антипенка Г.О.

Антипенко Георгій Олексійович
Гаврюк Георгій Федорович
Котенко Володимир Володимирович
Назаренко Валентин Олексійович

Редактор

Підписано до друку . Формат 30×42/4.
Папір офсетний. Ризографія. Умов. друк. арк. 10,5.
Обліково-видавн. арк. 10,5. Тираж 500 прим. Зам. №

Підготовлено до друку та видруковано
у Національному гірничому університеті
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842

49027, м. Дніпропетровськ-27,
просп. К. Маркса, 19.