

Лекція 3. Проектування контурів кар'єру

1. Основні задачі проектування контурів

Розробка родовищ КК може здійснюватися: тільки відкритим способом, наприклад при пологому заляганні і невеликій потужності розкриву, тільки підземним способом, наприклад при малій потужності і глибокому заляганні, і комбінованим – верхня частина родовища відкритим, а нижня частина підземним способом, наприклад при похилому і крутому заляганні. При комбінованій розробці можливі одночасно відкриті і підземні роботи або їх послідовне виконання.

Відкриті роботи порівняно з підземними характеризуються більшою динамічністю і масштабністю, вищою продуктивністю і кращими умовами праці (соціальний фактор), більш повним використанням надр. А ведення підземних робіт сприяє кращому збереженню навколишнього середовища, меншому забрудненню атмосфери і відчуженню менших площ землі (екологічних фактор).

У проєкті необхідно вибрати такий спосіб розробки родовища, при якому можна досягти найбільшої економічної ефективності, тобто найбільшого прибутку або, в окремому випадку, якнайменших витрат за весь оцінюваний термін. У проєктних організаціях при встановленні меж кар'єрів об'єми порід, що розробляються, і коефіцієнти розкриву підраховують за умови, що кути укосу бортів мають максимальні величини, рівні кутам укосу на момент погашення відкритих розробок.

Визначення меж відкритих робіт при комбінованому або тільки відкритому способі розробки (переважно для родовищ будівельних матеріалів) полягає в рішенні ряду таких завдань:

- визначення граничного коефіцієнта розкриву;
- визначення кутів укосів бортів кар'єру в кінцевому положенні за умовами стійкості і врахування розкриття родовища;
- вибір принципу оконтурювання і визначення меж кар'єру на поперечних розрізах (профілях);
- нівелювання дна кар'єру;
- побудова плану кар'єру на кінець розробки без схеми розкриття;
- трасування схеми капітального розкриття, облік негативного впливу на кінцеві контури;
- побудова плану кар'єру з схемою розкриття.

Багато дослідників замість коефіцієнта розкриву пропонують нові критерії оцінки співвідношення розкриву і корисних копалин у кар'єрі, взаємопов'язані з коефіцієнтом розкриву:

- **коефіцієнт гірничої маси** (за В.Г. Близнюковим) – відношення одиниці об'єму гірничої маси, що видаляється, до одиниці корисного компоненту, що виймається з надр;

– **показник кількості відходів** (за В.С. Хохлаковим) – об'єм розкриття плюс відходи збагачення, що припадають на одиницю корисного компоненту в товарній продукції;

– **коефіцієнт видобування** (за Г.А. Холодняковим) – відношення об'ємі корисних копалин до об'єму гірничої маси, що розробляється.

При проектуванні розв'язується задача вибору способу розробки або визначення межі між відкритими і підземними розробками. При рішенні обох задач необхідно оконтурювання кар'єрів, тобто встановлення контурів кар'єрів на плані і геологічних профілях.

Серед проектних контурів кар'єру виділяють:

- **кінцеві контури**, по яких, згідно проекту, повинні бути погашені відкриті гірничі роботи. Вони повинні бути визначені з високим ступенем точності;

- **перспективні контури**, до яких, згідно проекту, передбачається, але не обов'язковий розвиток відкритих робіт. Вони визначаються наближено і в процесі розробки коректуються;

- **проміжні контури**, які, згідно проекту, повинні бути досягнуті до певного моменту розробки. Вони повинні бути визначені з високим ступенем точності.

При врахуванні впливу чинника часу на точність техніко-економічних розрахунків кінцеві контури, як правило, можуть бути визначені лише для відносно невеликих і добре розвіданих родовищ або в проекті реконструкції для останнього етапу розробки крупного родовища, а також в інших випадках, коли термін розробки не перевищує 10-12 років. Для глибоких родовищ, а також для всіх інших умов, коли термін техніко-економічної оцінки перевищує 12-15 років, можливе визначення не кінцевих, а перспективних і проміжних контурів, які у міру розробки повинні уточнюватися.

2. Геометричні коефіцієнти розкриття

Коефіцієнт розкриття – це відношення об'єму або маси розкриття до об'єму або маси корисних копалин, що видобуваються. Іншими словами, коефіцієнт розкриття показує кількість порід, яку потрібно вийняти і перемістити у відвали для того, щоб видобути одиницю маси або об'єму корисних копалин. **Об'ємний коефіцієнт розкриття** є відношенням об'єму розкриття до об'єму корисних копалин ($\text{м}^3/\text{м}^3$), а **масовий коефіцієнт розкриття** – відношенням маси розкриття до маси корисних копалин (т/т). Об'ємний коефіцієнт розкриття використовують при проектуванні кар'єрів і в розрахунках кінцевої глибини кар'єру аналітично (за формулами) і графічним методом.

У практиці експлуатації і проектування кар'єрів найбільше використовуються такі **геометричні коефіцієнти розкриття** – показники, які встановлюються вимірюванням кількості розкриття і корисних копалин:

– **середній промисловий коефіцієнт розкриву k_{cn}** (рис. 1, а), який показує відношення всього об'єму розкриву V (m^3) до об'єму корисних копалин P (m^3) в контурах кар'єру при даній глибині розробки

$$k_{cn} = \frac{V}{P};$$

– **середній експлуатаційний коефіцієнт розкриву k_{ce}** (рис. 1, б), який визначається як відношення об'єму розкриву $V - V_0$, винятого в контурах кар'єру за період експлуатації (без врахування гірничо-капітальних робіт V_0), до об'єму корисних копалин $P - P_0$, видобутих в той же період в тих же контурах

$$k_{ce} = \frac{V - V_0}{P - P_0};$$

– **контурний коефіцієнт розкриву k_k** (рис. 1, г), який визначається як відношення об'єму розкриву ΔV до об'єму копалин ΔP , винятих за рахунок розширення контурів кар'єру під кутами погашення бортів кар'єру

$$k_k = \frac{\Delta V}{\Delta P};$$

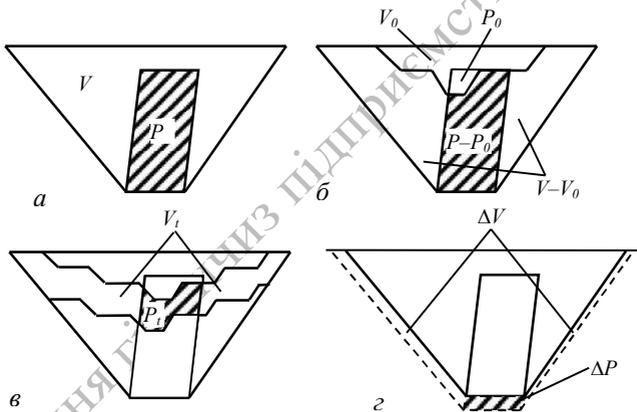


Рис. 1. Схеми до визначення коефіцієнтів розкриву

– **поточний (експлуатаційний) коефіцієнт розкриву k_n** (рис. 1, в), який визначається як відношення об'ємів розкриву, винятих за певний період часу (рік, місяць тощо), до фактично видобутих корисних копалин за той же період

$$k_n = \frac{V_t}{P_t}.$$

Поточний коефіцієнт розкриву характеризує прийнятий порядок розвитку гірничих робіт на діючому або проектуваному підприємстві за місяцями, кварталами і роками, а також є підставою для планування виробничої собівартості корисних копалин. На практиці поточний коефіцієнт розкриву зменшують за рахунок скорочення ширини робочого майданчика, здвоювання горизонтів для збільшення висоти уступу, застосування панельної схеми відпрацювання горизонтів з напрямком

розвалу всередині широкої заходки. При проектуванні для зменшення поточного коефіцієнта розкриву передбачається розробка родовищ етапами, з проміжними положеннями контурів борту кар'єру під кутами погашення.

3. Плановий і граничний коефіцієнти розкриву

При проектуванні і розробці родовищ корисних копалин використовують також і економічні коефіцієнти розкриву – плановий коефіцієнт розкриву і граничний коефіцієнт розкриву.

Плановий коефіцієнт розкриву (коефіцієнт погашення розкриву) $k_{пл}$ встановлює величину погашення витрат на розкривні роботи в період експлуатації і використовується для планування виробничої собівартості корисних копалин на певний календарний час

$$C_{KK} = C_B + C_P k_{пл},$$

де C_B – витрати на видобування 1 м³ корисних копалин без врахування витрат на розкривні роботи, грн.;

C_P – витрати на виймання 1 м³ розкриву, грн.

Тобто повна собівартість видобування одиниці корисних копалин при відкритих роботах складається з собівартості видобування власне корисних копалин і собівартості виймання розкриву, який потрібно видалити для того, щоб добути одиницю корисних копалин. Розробка родовища відкритим способом буде економічна лише у тому випадку, коли повна комерційна собівартість видобування одиниці корисних копалин при відкритих роботах буде менша або рівна економічно допустимій або граничній.

Плановий коефіцієнт розкриву приймається за величиною рівним поточному коефіцієнту розкриву за період, на який він розраховується.

За граничним коефіцієнтом розкриву оцінюють порівняльну ефективність відкритої розробки і знаходять кінцеві і перспективні контури кар'єру, зокрема кінцеву глибину кар'єру. **Граничний коефіцієнт розкриву** – максимально допустимий за умовою економічності відкритих робіт коефіцієнт розкриву. Це розрахунковий показник, що показує найбільшу економічно допустиму кількість одиниць розкриву, яку необхідно виїняти для видобування одиниці корисних копалин відкритими гірничими роботами. Іноді граничний коефіцієнт розкриву називають допустимим, економічно допустимим, критичним, розрахунковим тощо.

Як гранична величина використовується комерційна собівартість видобування 1 м³ (1 т) корисних копалин рівної якості підземними роботами $C_{П}$ або допустима собівартість $C_{Д}$, під якою розуміють максимально можливе значення собівартості руди, що забезпечує роботу кар'єру з нормальною економічною ефективністю:

$$k_{гр} = \frac{C_{П} - C_B}{C_P} = \frac{C_{Д} - C_B}{C_P}.$$

де C_B – собівартість 1 м³ корисних копалин, добутих відкритим способом, без урахування вартості видалення розкривних порід, але включаючи погашення

гірничо-капітальних робіт; C_p – собівартість видалення 1 м^3 розкривних порід в період нормальної експлуатації.

Значення C_p , C_b , C_r , C_d обчислюють шляхом багатофакторної статистичної обробки практичних даних, отриманих в той же момент часу з шахт і кар'єрів, гірничотехнічні умови яких аналогічні умовам кар'єру, який проектується [АПК].

Оскільки достовірність початкових даних порівняно невелика і звичайно складає при визначенні запасів $\pm (20\text{--}40\%)$, при визначенні кутів укосів бортів погашення $\pm (10\text{--}30\%)$, при визначенні вартісних показників $\pm (15\text{--}20\%)$, то граничний коефіцієнт розкриву може бути визначений лише приблизно, його точність не перевищує $\pm 20\%$.

Розрахункові формули граничних коефіцієнтів розкриву не враховують залежність економічних показників підприємства від запасів кар'єрного поля, тому обґрунтування для включення в контур кар'єру відносно крупних покладів і дільниць рекомендується вести не за граничним коефіцієнтом, а методом варіантів.

Значення граничного коефіцієнту розкриву залежно від умов залягання і інших факторів коливаються в широких межах, але в середньому складають [АПК, БиП]: при розробці вугільних родовищ по транспортній системі $8\text{--}12 \text{ м}^3/\text{т}$, по безтранспортній системі $14\text{--}18 \text{ м}^3/\text{т}$; при розробці міднорудних та інших поліметалевих родовищ $10\text{--}25 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ($3\text{--}8 \text{ м}^3/\text{т}$); при розробці залізрудних родовищ $6\text{--}12 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ($2\text{--}4 \text{ м}^3/\text{т}$).

Граничний коефіцієнт розкриву при розробці горизонтальних пластоподібних родовищ залежить і від технології гірничих робіт (табл. 3). З даних таблиці видно, що найбільші витрати при розробці родовища з перевезенням розкриву в зовнішні відвали, значення граничного коефіцієнта розкриву при цьому мінімальні.

Таблиця 3

**Коефіцієнти розкриву у проектах вугільних кар'єрів
(за Ю.І. Аністратовим) [АПК]**

Технологія розробки	Коефіцієнт розкриву, $\text{м}^3/\text{т}$	
	середній	граничний
Перевалка розкриву у вироблений простір драглайном	5–8	15–25
Кратна перевалка розкриву у вироблений простір драглайнами	5–8	10–15
Переміщення розкриву відвалоутворювачем і транспортно-відвальним мостом	6–10	10–15
Перевезення розкриву у вироблений простір	5–7	9–10
Перевезення розкриву на зовнішні відвали	4–6	8–9

3. Розрахункові принципи визначення кінцевих контурів відкритих робіт

Кінцеві контури кар'єру можуть визначатися порівнянням граничного коефіцієнта розкриву з контурним, середнім або поточним. Основою цих принципів є порівняння допустимої собівартості КК відповідно з собівартістю КК на кінцевому контурі кар'єру, з середньою собівартістю КК і з собівартістю в експлуатаційний період.

При визначенні глибини кар'єру за контурним коефіцієнтом розкриву ($k_k = k_{cp}$) економічно граничним вважають той контур, при якому контурний коефіцієнт розкриву рівний граничному. Витрати на видобування КК відкритим і підземним способом при цьому рівні лише на кінцевому контурі. Тому розмежування відкритих і підземних робіт за цим принципом обумовлює мінімальні витрати засобів на розробку всього родовища.

При визначенні кінцевої глибини кар'єру за середнім коефіцієнтом розкриву ($k_c = k_{cp}$) економічно граничним вважають той контур, при якому середній коефіцієнт розкриву рівний граничному. Тобто собівартість видобування корисних копалин в контурі кар'єру відкритими і підземними роботами однакова. Цей принцип застосовують у тому випадку, коли через невеликі запаси або горизонтальне залягання пласта використання двох способів розробки неможливе, і родовище повинно розроблятися лише одним способом – або підземним, або відкритим. Якщо середній коефіцієнт розкриву менший або рівний граничному, застосовують відкритий спосіб розробки родовища. Не дивлячись на те, що витрати на відкриті роботи при цьому можуть бути однаковими з підземними, відкрита розробка більш доцільна, оскільки при ній створюються більш безпечні і кращі санітарно-гігієнічні умови праці.

При визначенні за поточним (експлуатаційним) коефіцієнтом розкриву ($k_n = k_{cp}$) економічно вигідною глибиною вважається така, при якій поточний коефіцієнт розкриву рівний граничному. Для визначення глибини розширюють контури кар'єру під кутом робочого борту до тих пір, поки поточний коефіцієнт розкриву досягне граничного. Таким прийомом встановлюють точки верхнього контуру, від яких під кутами погашення бортів γ_n і γ_v проводять лінії, що визначають кінцевий контур і глибину кар'єру.

4. Аналітичний метод визначення кінцевих контурів кар'єру

Аналітичний метод має велике теоретичне значення, оскільки дозволяє в математичній формі встановити основні взаємозв'язки між параметрами кар'єру. Врахувати всі фактори, необхідні для точного вирішення задачі про глибину кар'єру, в одній аналітичній залежності практично неможливо. Тому аналітичні вирази для визначення кінцевої глибини кар'єру можуть бути складені стосовно найбільш простих випадків розробки або шляхом ідеалізації дійсних природних умов. На практиці він може бути використаний тільки в умовах правильної форми покладу КК і рівнинного рельєфу та для попереднього визначення глибини відкритих робіт на початкових етапах проектування кар'єру.

Попередній (наближений) аналітичний розрахунок основних параметрів кар'єра при ооконтурюванні на похилих і крутих родовищах можна виконувати і в такій послідовності [АПК].

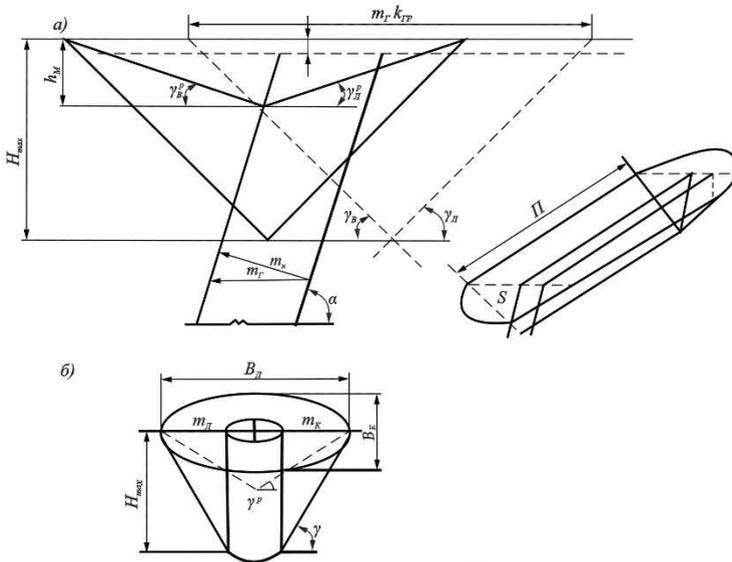


Рис. 14. Схема до розрахунку основних параметрів кар'єрного поля при розробці покладів (за Ю.І. Аністратовим):

a – похилих і крутих настиподібних, витягнутих по простяганню;

б – обмежених і округлих в плані

1. Визначення кінцевої глибини кар'єру (рис. 14, *a*):

- для пластоподібних витягнутих по простяганню

$$H_K = \frac{m_n k_{ap} \operatorname{tg} \beta_{\max}}{2} = \frac{m_r k_{ap} \operatorname{tg} \beta_{\max}}{2 \sin \gamma},$$

де m_n – горизонтальна потужність покладу, м;

m_n – нормальна потужність покладу по геологічним розрізам, м;

γ – кут нахилу покладу;

- для округлих в плані жильних і штокоподібних (рис.14, *б*)

$$H_K = \frac{1}{2} m_k k_{ap} \operatorname{tg} \beta_{\max},$$

де m_k – розмір рудного тіла по його короткій осі, $m_k = m_n$ (також визначається розмір і по довгій осі m_d).

2. Розрахунок об'єму гірничої маси в кар'єрному полі, м³:

- для кар'єру у формі усіченого конуса, дно якого є випуклим багатокутником, а глибина H приблизно однакова по всьому кар'єру

$$V = SH + \frac{1}{2} H^2 P \operatorname{ctg} \beta_{cp} + \frac{\pi}{3} H^3 \operatorname{ctg} \beta_{cp};$$

- для пластових похилих і крутих витягнутих по простяганню покладів

$$V = \frac{1}{4} m_a^2 k_a^2 \operatorname{tg} \beta_{\max} \left(\frac{\pi}{6} m_a k_a + \dot{I} \right) = \frac{m_i^2 k_a^2 \operatorname{tg} \beta_{\max}}{4 \sin \gamma} \left(\frac{\pi m_i k_a}{6 \sin \gamma} + \dot{I} \right);$$

- для обмежених в плані покладів при $m_D : m_K > 2$

$$V = \frac{1}{24} B_K^3 \operatorname{tg} \beta_{\max} + \frac{1}{4} B_K^2 (B_A - B_K) \operatorname{tg} \beta_{\max};$$

- для округлих в плані покладів при $m_D : m_K < 2$

$$V = \frac{\pi}{24} B_A B_K \operatorname{tg} \beta_{\max},$$

де S – площа дна кар'єру, м²;

P – периметр дна кар'єру, м;

β_{cp} – середній кут укосу бортів кар'єру, °;

Π – простягання рудного тіла, м;

B_D і B_K – максимальне рознесення бортів кар'єру по поверхні під робочими кутами по довгій і короткій осях покладу відповідно

$$B_D = m_D k_{cp}, B_K = m_K k_{cp} = m_K k_e.$$

3. Розрахунок об'єму корисних копалин в контурах кар'єра:

- для пластових похилих і крутих витягнутих по простягання покладів

$$V = m_a \dot{I} \left(H_K - h_p - \frac{1}{4} m_a \operatorname{tg} \beta_{\max} \right) = \frac{m_i \dot{I}}{\sin \gamma} \left(H_K - h_p - \frac{\operatorname{tg} \beta_{\max}}{4 \sin \gamma} m_i \right); \text{ для}$$

обмежених в плані покладів при $m_D : m_K > 2$

$$V = \left(m_A m_K - m_K^2 + \pi m_K^2 \right) \left(H_K - h_p - \frac{1}{2} m_K \operatorname{tg} \beta_{\max} \right) + \frac{1}{4} m_K^2 \operatorname{tg} \beta_{\max} (m_A - m_K) + \frac{\pi}{24} m_K^3 \operatorname{tg} \beta_{\max};$$

- для округлих в плані покладів при $m_D : m_K < 2$

$$V = \frac{1}{4} m_A m_K \left(H_K - h_p - \frac{1}{2} m_K \operatorname{tg} \beta_{\max} \right) + \frac{\pi}{24} m_K^2 m_A \operatorname{tg} \beta_{\max},$$

де Π – потужність розкриття, м.

Контурний коефіцієнт розкриття може бути розрахований за формулою Трубецького

$$k_K = \frac{2Hctg\gamma_{cep}(2Hctg\gamma_{cep} + L + M + m_{nm})}{L + M} + \frac{m_{nm}}{M},$$

де H – досліджувана глибина кар'єру, м; L – простягання родовища, що відповідає глибині кар'єру, що досліджується, м; M – горизонтальна потужність родовища по корисним копалинам на тій же глибині, м; m_{nm} – горизонтальна потужність родовища

породних включень усередині корисних копалин, м; $\gamma_{сер}$ – середній результуючий кут нахилу бортів кар'єру, °.

“Поточна” глибина кар'єру характеризує положення на профілі верхніх брівок кінцевого контуру кар'єру. Кінцева глибина кар'єру є функцією встановленого положення верхніх брівок і кутів укосу бортів на момент погашення (рис. 6):

$$H_K = \frac{(B - \text{Ш}_\delta) \sin \gamma_{Л} \sin \gamma_B}{\sin(\gamma_B + \gamma_{Л})}, \text{ м;}$$

де B – розмір верхнього контуру кар'єру в плані на даному геологічному профілі, м;
 Ш – ширина дна кар'єру (ширина підосви розрізної траншеї), м.

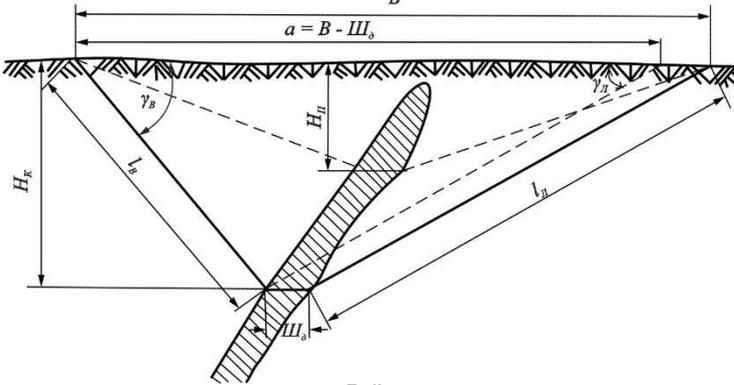


Рис. 6. Схема до визначення кінцевої глибини кар'єру

З урахуванням рельєфу місцевості висота борту кар'єру з боку лежачого і всячого бокам покладу визначається з виразів (рис. 6):

$$H_B = \frac{(B - \text{Ш}_\delta) \sin(\gamma_{Л} - \alpha) \sin \gamma_B}{\cos \alpha \cdot \sin(\gamma_B + \gamma_{Л})}, H_{Л} = \frac{(B - \text{Ш}_\delta) \sin(\gamma_B + \alpha) \sin \gamma_{Л}}{\cos \alpha \cdot \sin(\gamma_B + \gamma_{Л})} + \frac{\text{Ш}_\delta \sin \alpha \sin \gamma_{Л}}{\sin(\gamma_{Л} - \alpha)}, \text{ м;}$$

де α – кут нахилу узгір'я, град.

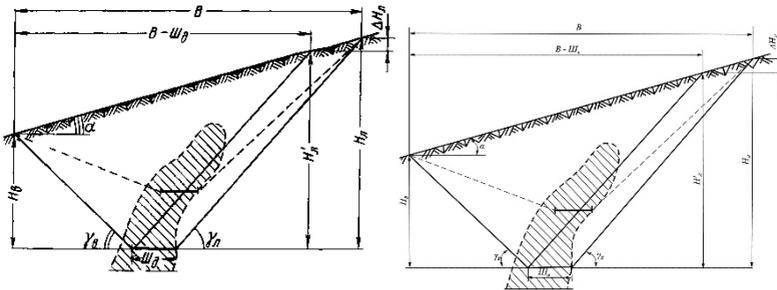


Рис. 7. Визначення глибини кар'єру по всячому і лежачому бокам покладу

5. Визначення кінцевих контурів кар'єру методом варіантів

Метод варіантів (рис. 8) використовують при складних елементах залягання родовища, а також при потребі великої точності розрахунків. На поперечному розрізі

родовища викреслюють контури кар'єру для ряду варіантів глибин (для кожного горизонту чи через декілька горизонтів). Для кожного контуру – кожного прийнятого варіанту глибини кар'єру – визначають запаси КК, об'єм розкриву і коефіцієнт розкриву. Порівнюючи коефіцієнти розкриву по варіантам глибини з граничним коефіцієнтом розкриву визначають кінцеву глибини на даному поперечному розрізі. Запаси КК і об'єми розкриву визначають як площі, коефіцієнти розкриву можуть бути виражені як середні, контурні чи експлуатаційні, в залежності від розрахункового принципу визначення кінцевої глибини кар'єру.

Приріст об'єму розкриву між двома суміжними варіантами глибини визначають як різницю між приростом об'єму гірничої маси і приростом об'єму корисних копалин. Приріст об'єму корисних копалин визначають методом горизонтальних паралельних перерізів. Приріст об'єму гірничої маси визначається як різниця між об'ємами двох кар'єрів, що відрізняються глибиною.

Різновид методу варіантів – *метод послідовних наближень*. Будується кар'єр першого наближення (контур I на рис. 8), підраховуються об'єми порід і КК, визначається коефіцієнт розкриву і порівнюється з граничним. Якщо коефіцієнти не співпадають, змінюють межі кар'єру (піднімають або опускають дно, контур II на рис. 8). І так до тих пір, поки не буде досягнута рівність (контур III на рис. 8).

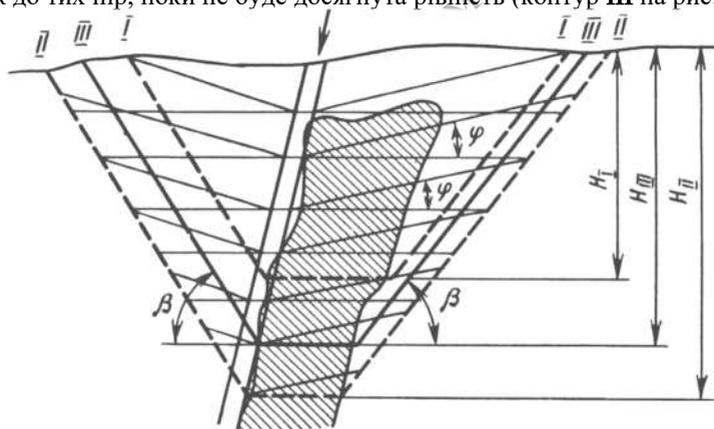


Рис. 8. Схеми до визначення кінцевої глибини кар'єру методом варіантів

6. Графічний та геометричний методи визначення кінцевих контурів кар'єру

Для графічного визначення кінцевої глибини кар'єру за поточним коефіцієнтом розкриву поперечний профіль родовища ділять по висоті горизонтальними прямими, відстань між якими кратна або рівна висоті уступу (рис. 9). Відповідно до прийнятого порядку розвитку гірничих робіт на кожному горизонті вибирається місце закладення розрізної траншеї і фіксуються точки дна кар'єру для кожного етапу роботи (a' , b' і т.

д.). Від цих точок під кутами укосу робочих бортів кар'єру зі сторони лежачого γ_E^δ і γ_A^δ висячого боків проводяться похилі прямі до перетину з земною поверхнею. Далі заміряється розкриття бортів ($A'B'$ і т. д.) по кожному етапу. Отримана величина ділиться на відповідну сумарну горизонтальну потужність рудного тіла для даного етапу (M_I і т. д.).

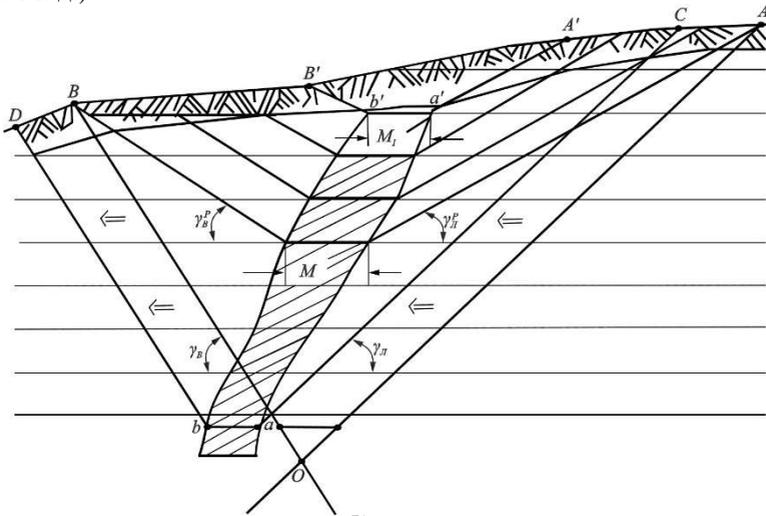


Рис. 9. Графічне визначення глибини кар'єру за поточним коефіцієнтом розкриття (метод Ржевського) [МСпр]

Горизонт, на якому $\frac{AB}{M} = K_{\text{ад}}$, відповідає “поточній” глибині кар'єру; при

цьому фіксуються верхні брівки кінцевих контурів кар'єру A і B . Потім з точок A і B проводяться похилі прямі під кутами погашення гірничих робіт γ_B і γ_L . У загальному випадку перетин прямих Bb і Aa може відбуватися на нижніх горизонтах за межами покладу. У таких випадках уточнюються контури кар'єру на рівні поверхні, для чого з точок, що фіксують дійсне положення дна на встановленій глибині кар'єру, проводяться похилі прямі під кутами γ_B і γ_L до перетину з денною поверхнею.

Для графічного визначення кінцевої глибини кар'єру за контурним коефіцієнтом розкриття (рис. 10) на орієнтовній можливій глибині кар'єру виміряється горизонтальна потужність покладу M . Від будь-якої точки A на поверхні відкладається відрізок, рівний добутку $AB = K_{\text{кр}} \cdot M$, що фіксує точку B . З точок A і B проводяться похилі прямі під прийнятими кутами укосу бортів на момент погашення кар'єру γ_B і γ_L . Точка перетину прямих O відповідає відмітці кінцевої глибини кар'єру. Для уточнення рішення вимірюють горизонтальну потужність покладу на рівні точки O :

- якщо потужність покладу M_1 мало відрізняється від прийнятої потужності M , то кінцева глибина кар'єру встановлена правильно;
- якщо величина M_1 різко відрізняється від M , то побудову повторюють, для чого від точки A відкладають відрізок $AB_1 = K_{зр} \cdot M_1$.

Відмітка отриманої точки O_1 звичайно відповідає уточненій кінцевій глибині кар'єру, якщо ж ні – побудову повторюють ще раз.

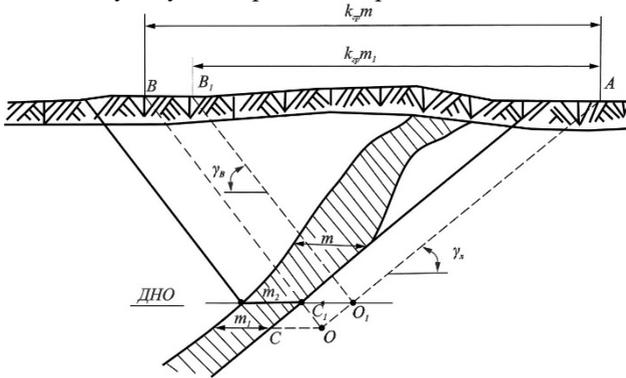


Рис. 10. Графічне визначення глибини кар'єру за контурним коефіцієнтом розкриття [МСпр]

Для побудови контуру кар'єру на даному профілі висотне положення точки O_1 по горизонталі переноситься на лежачий бік покладу (точка C_1), викреслюється дно кар'єру і дійсні лінії укосів бортів, паралельні лініям AO_1 і BO_1 . Якщо кути укоси бортів кар'єру значно змінюються з глибиною, під кутами γ_B і γ_A мають на увазі кути укоси бортів на досліджуваній глибині, а похилі лінії BO і AO служать тільки для пошуку кінцевої глибини кар'єру. Дійсні укоси бортів викреслюються після встановлення глибини кар'єру.

Якщо поверхня представлена некрутим узгір'ям, то слід проводити допоміжний «середній» горизонт на рівні відмітки поверхні, що відповідає виходам покладу.

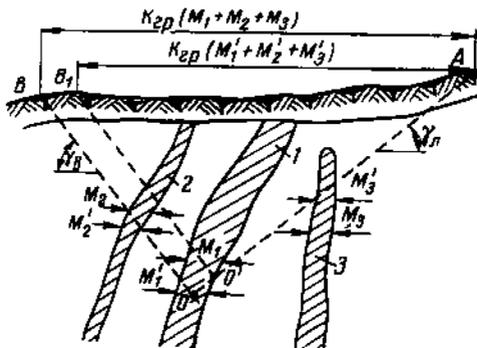


Рис. 11. Графічне визначення глибини кар'єру при декількох покладах

Кінцева глибина кар'єру графічним методом досить просто визначається і за наявності декількох покладів в даному геологічному профілі (рис. 11). В цьому випадку визначення глибини кар'єру проводиться стосовно головного, найбільш потужного покладу *1*, а розробка покладів *2* і *3* розглядається як попутна. Порядок побудови залишається тим самим. Від довільної точки *A* на поверхні (або на допоміжному горизонті при узгір'ї) відкладається відрізок *AB*, чисельно рівний добутку $k_{sp} \cdot (M_1 + M_2 + M_3)$. З точок *A* і *B* під кутами γ_B і γ_L проводяться похилі прями, точка перетину яких *O* розташована на кінцевій відмітці глибини кар'єру. На рівні точки *O* заміряються горизонтальні потужності *M*₁, *M*₂, *M*₃ і перевіряється відповідність їх прийнятим значенням. Інакше побудову повторюють і знаходять уточнену глибину кар'єру, що відповідає висотному положенню точки *O*.

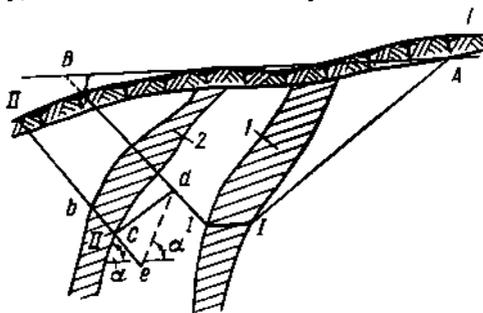


Рис. 12. Схема до графічного визначення глибини при складному контурі кар'єру

Якщо в контури кар'єру потрапляють однаково потужні поклади, віддалені один від одного настільки, що профіль кар'єру може вийти ламаним (рис. 12), побудову слід проводити для одного з покладів (наприклад *1*), розглядаючи розробку покладу *2* попутною. Після встановлення контуру кар'єру *I-I* необхідно перевірити доцільність поглиблення кар'єру по покладу *2*. Для наближеного, але достатньо точного знаходження межі по лівому борту (*II-II*) слід перемішати косинець

$\frac{ab + ce}{dc}$ паралельно борту до положення, при якому лінійне співвідношення відрізків *dc* (контурний коефіцієнт розкриву) буде рівний заданій величині граничного коефіцієнта розкриву. При цьому лінія *de*, що визначає точку *e*, є допоміжною. Вона нахилена до горизонту під кутом, рівним куту падіння покладу.

За контурним коефіцієнтом розкриву кінцева глибина кар'єру геометричним методом визначається так. На кожному геологічному розрізі з сторони висячого і лежачого боків покладу проводять лінії під кутом до горизонту, рівним розрахунковому куту укосу борту кар'єру в кінцевому положенні (рис. 13). Точка перетину ліній *O* повинна знаходитися в межах покладу. Переміщаючи ці лінії по вертикалі і горизонталі (при обов'язковому дотриманні прийнятих кутів укосів бортів), знаходять таке їх положення, при якому відношення довжини відрізка *L*_n кожної лінії, що йде по вмещаючих породах, до довжини відрізка *L*_p, що йде по

корисним копалинам до перетину з такою ж лінією протилежного нахилу, буде рівне граничному коефіцієнту розкриву, тобто $K_K = L_{nd} / L_{pd} = K_{\delta\delta}$, $K_K = L_{ni} / L_{pi} = K_{\delta\delta}$. Таке положення похилих ліній відповідатиме положенню кінцевих лінійних бортів кар'єру при прийнятому значенні граничного коефіцієнта $k_{\text{сп}}$. Дно кар'єру на кожному розрізі визначається горизонтальною лінією, проведеною в межах покладу. Довжина цієї прямої d на рис. 13, а виражає ширину кар'єру по дну і визначається нормами технологічного проектування.

Для спрощення визначення меж розглянутим способом в проектній практиці часто використовують трафарет, що є викресленими на кальці укосами борту кар'єру в кінцевому положенні з точкою перетину на горизонтальній опорній лінії, наявність якої забезпечує постійність розрахункових кутів укосів кінцевих бортів. Переміщаючи вершину трафарету в зоні покладу і дотримуючи горизонтальність опорної лінії, знаходять вказані вище співвідношення на бортах.

У тих випадках, коли поклад представлений декількома тілами корисних копалин (рис. 13, б), знайденим мевам повинні відповідати співвідношення:

$$K_{\delta\delta} = \frac{L'_{i i} + L''_{i i}}{L'_{\delta i} + L''_{\delta i}}; \quad K_{\delta\delta} = \frac{L'_{i d} + L''_{i d}}{L'_{\delta d} + L''_{\delta d}}, \quad \text{або в загальному вигляді}$$

$$K_{\delta\delta} = \frac{\sum_{j=1}^k L_{i j}}{\sum_{j=1}^k L_{\delta j}}$$

де k – кількість тіл корисних копалин.

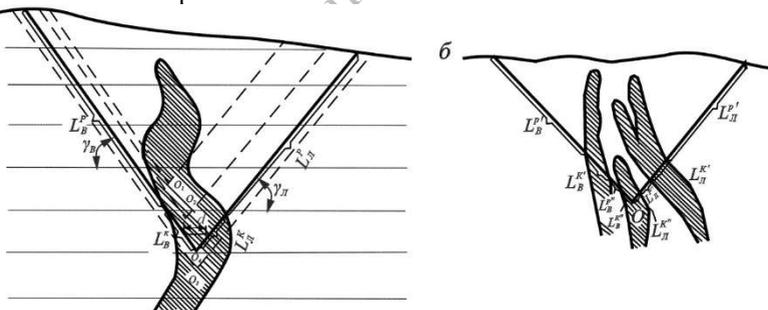


Рис. 13. Геометричний метод визначення глибини кар'єру за контурним коефіцієнтом розкриву

а – при одиничному покладі; б – при групі покладів

За поточним коефіцієнтом розкриву кінцева глибина кар'єру геометричним методом визначається таким чином (рис.14): відповідно до прийнятого напрямку розвитку гірничих робіт на глибину на поперечних розрізах викреслюються положення робочих бортів кар'єру при максимальних кутах укосів φ_1 і φ_2 (може бути застосований трафарет). Визначаються значення поточного коефіцієнта по

$$K_T = \frac{L_{nd}}{L_{pd}}, \quad K_T = \frac{L_{ni}}{L_{pi}}$$

відношенню відрізків , і порівнюються з граничним коефіцієнтом розкриву.

Коли буде досягнута рівність $k_{zp} = k_T$, фіксуються верхні брівки кар'єру (точки A і B) і від них вниз під кутами погашення β_1 і β_2 проводяться борти кар'єру до перетину в точці O . Потім будується дно кар'єру і визначається його кінцева глибина H_k . Якщо точка O опиниться поза покладом, то кар'єр переносять паралельно самому собі до розміщення вказаної точки в центрі покладу, будують дно і визначають кінцеву глибину. У кар'єрі, глибина якого визначена за поточним коефіцієнтом розкриву, в період експлуатації значення експлуатаційного коефіцієнта розкриву не перевищуватимуть величини граничного коефіцієнта розкриву.

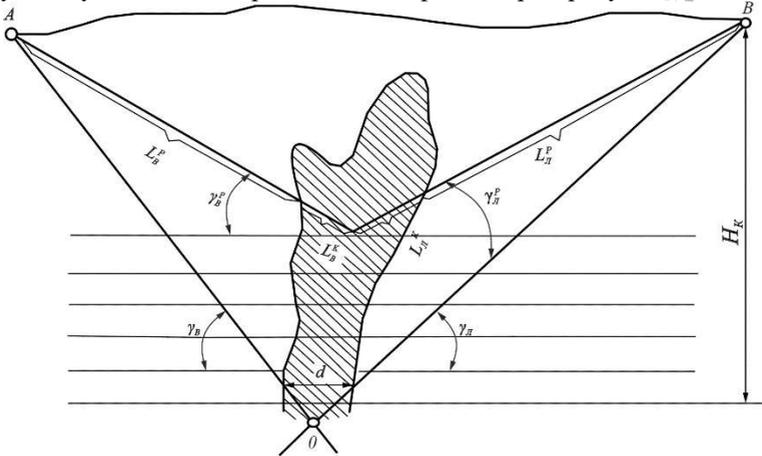


Рис. 14. Геометричний метод визначення глибини кар'єру за поточним коефіцієнтом розкриву

7. Нівелювання дна кар'єру на поздовжньому профілі і коректування меж на поперечних профілях

Незалежно від принципу оконтурювання наступним етапом робіт, що застосовувався після встановлення меж на поперечних розрізах, є нівелювання дна кар'єру, оскільки на кожному розрізі відмітка дна може бути різною через зміни потужності покладу. Для цього будують вертикальну поздовжню проекцію покладу корисних копалин і на неї наносять лінії поперечних розрізів з отриманими відмітками дна (сполучені пунктирною лінією на рис. 15, а). Потім встановлюють єдину усереднену відмітку дна для всього кар'єру (або для окремих його частин) і по ній відбудовують нове дно (суцільна лінія на рис. 15, а). При вирівнюванні необхідно дотримуватись правила, згідно якому запаси, що прирізаються до розрахункового

контуру (пунктирна лінія на рис. 15, а), повинні бути орієнтовно рівні запасам, що відрізаються від нього.

Прийнята усереднена відмітка дна кар'єру переноситься на поперечні профілі та згідно до неї коректуються розрахункові межі (рис. 15, б). Якщо амплітуда зміни відміток дна по розрізах велика, то кар'єр розділяють по довжині на декілька частин, для кожної з яких встановлюється своя усереднена відмітка ($\nabla 120$ і $\nabla 150$ на рис. 15, а). Кожна з таких частин повинна мати довжину, що забезпечує нормальне ведення робіт по розкриттю, розробці і розташуванню транспортних комунікацій (не менше 200 м).

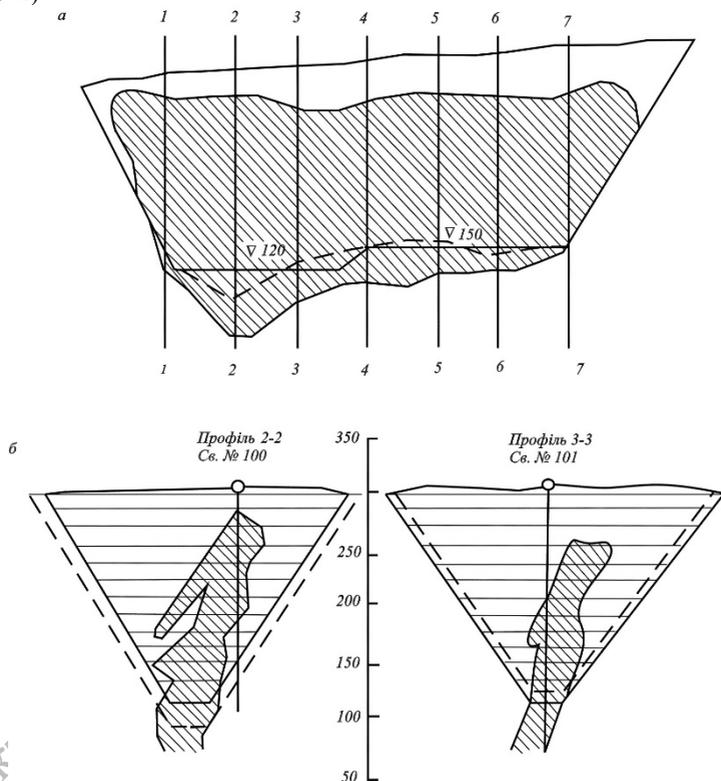
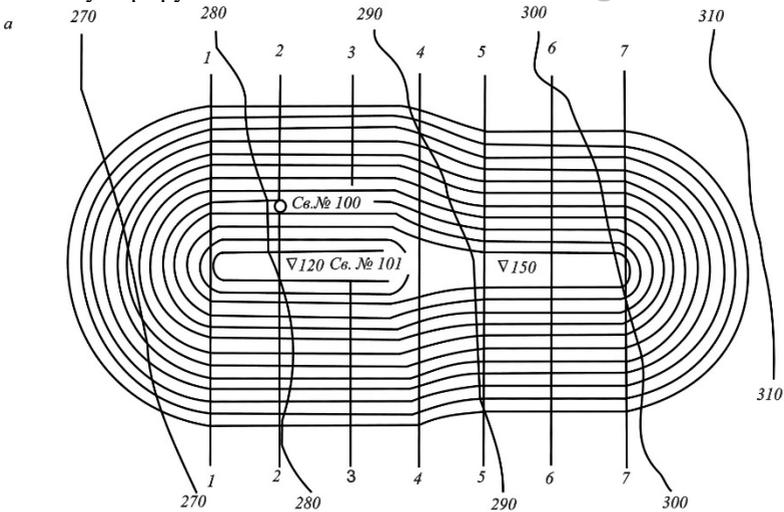


Рис. 15. Схеми до вирівнювання дна кар'єру: а – поздовжній профіль; б – поперечні профілі; пунктирна лінія – розрахунковий контур кар'єра; суцільна лінія – відкоректований контур кар'єру

10. Побудова плану кар'єру на кінець відробки

План кар'єру на кінець розробки є основою для підрахунку запасів корисних копалин на горизонтах та їх якості, об'єму розкритву за їх різновидами, для визначення геометричних параметрів кар'єру, порядку розробки родовища, для вибору комплексу обладнання для забезпечення заданої потужності кар'єру, вибору систем розробки і розкриття родовища.

До побудови плану кар'єру на кінець розробки приступають після нівелювання дна. На відкоректовані відповідно до прийнятої відмітки дна кар'єру поперечні розрізи (рис. 15, б) наносять лінії горизонтів з інтервалом по вертикалі, рівним висоті уступу в кінцевому положенні, до перетину з бортами кар'єру. Точки перетину відповідають бровці уступу (звичайно нижній). За початкову відмітку горизонтів береться мінімальна відмітка точки на периметрі кар'єру по земній поверхні. Всі горизонти від початкової відмітки до дна є горизонтами замкнутого контура кар'єру. Всі горизонти, що розповсюджуються від початкової відмітки вгору, складають нагірну частину кар'єру.



Проект

б

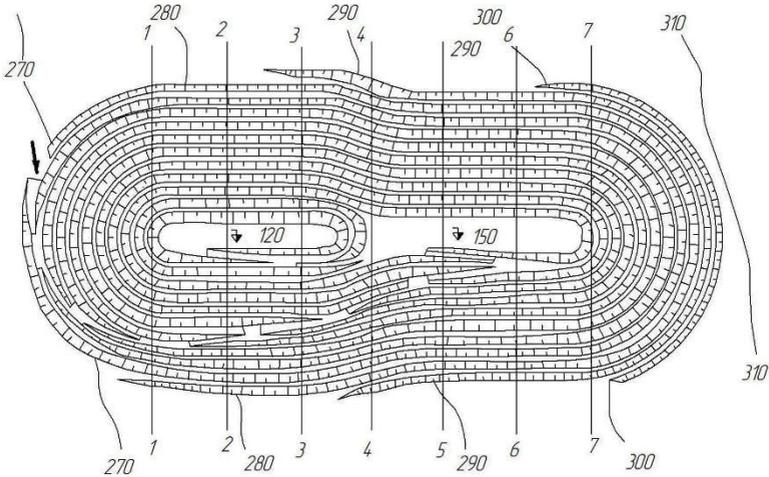


Рис.16. План кар'єру на кінець відробки: а – виражений нижніми брівками уступу; б – в остаточному вигляді з схемою розкриття

Топографічний план поверхні ділянки родовища, що підлягає розробці, знімають на кальку і наносять на нього лінії поперечних розрізів 1-1, 2-2 і т.д. (рис.16, а). На поперечних розрізах вибирають опорні лінії, що мають прив'язку до державної топогеодезичної основи (наприклад, геологічні свердловини, магістральні лінії по простяганню покладів) і наносять їх на лінії розрізів на плані (рис.16, а). На поперечних розрізах (див. рис.15, б) заміряють відрізки від опорної лінії до місця зустрічі лінії кожного горизонту з кінцевими бортами і роблять засічки на відповідних лініях розрізів на плані. Потім засічки з однаковими висотними відмітками на всіх лініях розрізів на плані сполучають між собою і таким чином отримують план кар'єру на кінець відробки, представлений нижніми брівками уступів, що знаходяться в кінцевому положенні (рис.16, а). Відбудувавши закладення уступів і берми безпеки, отримують кар'єр у відпрацьованому вигляді без схеми розкриття.

Для побудови схеми капітального розкриття на плані кар'єру (див. рис.16, а) відбудовують закладення укосів уступів і берми безпеки, а потім трасують схему капітального розкриття, під яким розуміється забезпечення вантажотранспортного зв'язку оконтуреної частини родовища з пунктами прийому корисних копалин (бункери переробних заводів, склади) і розривних порід (відвали), що полягає в проведенні розкриваючих гірничих виробок і розташуванні в них транспортних комунікацій.

Місця розташування розкриваючих виробок (схеми розкриття) вибираються з урахуванням прийнятого напрямку розвитку гірничих робіт, рельєфу поверхні, а реалізація варіантів розкриття повинна забезпечувати дотримання таких умов: мінімальні об'єми гірничо-капітальних робіт і терміни будівництва кар'єру, найменша відстань транспортування вантажів до фабрики і відвалів, раціональний

розвиток гірничих робіт, безпека транспортування гірничої маси. Остаточний варіант розкриття приймається на основі ретельного техніко-економічного порівняння.

Початковими даними для трасування, а потім побудови схеми розкриття є: ширина з'їздів відповідно до прийнятого технологічного транспорту і норм технологічного проектування, ухил з'їздів, параметри майданчика примикання, системи розташування з'їздів – поступальна, спіральна, тупикова, петлева, комбінована (найбільш поширена).

Трасування схеми капітального розкриття починається з точки прогнозованого виходу системи розкриваючих виробок на поверхню на кінцевому контурі кар'єру, а потім слідує вниз до прийнятих донних ділянок кар'єру. Будівництво схеми капітального розкриття здійснюється від низу до верху від дна кар'єру до точок передбачуваного виходу траси на земну поверхню (на кінцевий контур кар'єру). Кінцевий результат побудови розкриття – план кар'єру на кінець відробки з схемою розкриття – показаний на рис.16, б. Викладений порядок трасування і побудови капітального розкриття використовується проектними організаціями при складанні проектів на розробку витягнутих крутопадаючих родовищ відкритим способом.

При побудові схеми розкриття, як правило, потрібне додаткове рознесення бортів кар'єру, на яких вона розташована. З цієї причини до кар'єру залучаються додаткові об'єми розкривних порід при збереженні запасів корисних копалин, що позбавляє кінцеві контури економічної доцільності.

Проектування гірничиз підприємств Серій С і Д