



РЕЖИМЪТ НА МИННИТЕ РАБОТИ – БАЗА ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА ОТКРИТИ РУДНИЦИ

Георги Константинов – e-mail: konstantinovgp@abv.bg
Огнян Кованджийски – e-mail: kovandjiiska@yahoo.com

РЕЗЮМЕ

Разглежда се режимът на минните работи като основа за проектиране на открити рудници. Дава се изчислителен пример за усредняване на експлоатационния коефициент на откривка чрез построяване на кумулативните криви на нарастващите обеми на откривката и полезното изкопаемо при минимални и максимални стойности на ъглите на работния борд на открит рудни, разработващ стръмно западащо рудно тяло.

THE MINING REGIME – A BASIS FOR OPEN – PIT MINES DESIGN

Georgi Konstantinov – e-mail: konstantinovgp@abv.bg
Ognian Kovandjiiski – e-mail: kovandjiiska@yahoo.com

ABSTRACT

The mining regime is considered as a basis for open – pit mines design. A computational example is given for averaging the stripping ratio by plotting the cumulative curves. These curves depict inerealising volumes of the overburden and the mineral at some minimum and maximum values of board angles of an open – pit mine, which develops a steeply declining ore body.

1. Общи положения

Проектирането на открити рудници е творчески процес, който ангажира усилията, знанията и уменията на много специалисти в областта на минното дело.

Сложният процес при развитието на минните работи във времето и пространството (рудничното пространство) се подчинява на строго определени закономерности, които задължително трябва да бъдат спазвани [1, 2, 3].

Режимът на минните работи, в процеса на удълбаването им в границите на рудника, може да се изрази чрез нарастващите обеми на откривката (ΣV) и нарастващите обеми на полезното изкопаемо (ΣP). Или:

$$\Sigma V = f(\Sigma P) \quad (1)$$

Известно е, че минните работи се развиват само в обсега на т. нар. работна зона (РЗ), ъгълът φ , на която се получава от наклона спрямо хоризонталата на равнината, преминаваща през долните ръбове на най-долното и най-горното стъпало от РЗ. Или:

$$tg\varphi = \frac{\Sigma_2^k h}{\Sigma_2^k hctg\alpha + \Sigma_2^k B} \quad (2)$$

Ако $B = B_2 = B_3 = \dots = B_k$ - са ширините на работните площадки, m;

$h = h_2 = h_3 = \dots = h_k$ - са височините на стъпалата, m;

$\alpha = \alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_k$ - са ъглите на откосите на работните стъпала,



тогава формула (2) се трансформира в:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{h \operatorname{ctg} \alpha + B} \quad (3)$$

Ширината на работните площадки в съвременните открити рудници варира от 25 – 35 m до 100 – 130 m и се определя от приетата технология и организация на минните работи.

Отношението между откривката и полезното изкопаемо се определя от т. нар. коефициент на откривка. **Експлоатационен коефициент на откривка** наричаме изчисленият (проектен) коефициент на откривка, показващ изчисленото съотношение между обемите на откривката и обемите на полезното изкопаемо (като се отчитат загубите и обедняването), за определен експлоатационен период. Ако се вземе целият експлоатационен период на рудника, тогава се получава т. нар. **среден експлоатационен коефициент на откривка**. Фактическото отношение между откривката и рудата за определен експлоатационен период от живота на рудника, се нарича **текущ коефициент на откривка**. В проектната практика често се използва понятието **средноексплоатационен коефициент на откривка** ($K_{\text{СР.Е}}$):

$$K_{\text{СР.Е}} = \frac{V - V_0}{P - P_0}, \text{ m}^3/\text{m}^3 \quad (4)$$

Където V – е напълно извлечен обем на откривката от котлована на рудника, m^3 ;

P – също, но за полезното изкопаемо;

V_0 – обем на откривката, добита през строителния период за сметка на капиталните разходи, m^3 ;

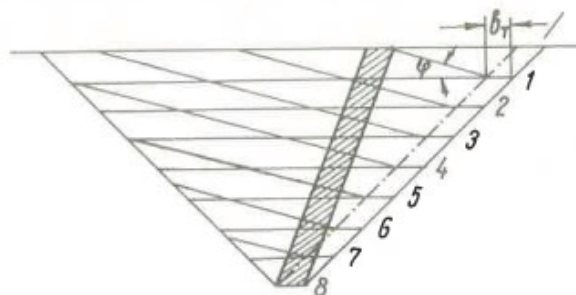
P_0 – попълно добито полезно изкопаемо през строителния период на рудника, m^3 .

Различаваме още: първоначален коефициент на откривка, граничен коефициент на откривка, контурен коефициент на откривка, усреднен експлоатационен коефициент на откривка, слоеви коефициент на откривка и др.

В процеса на експлоатацията на рудника работната зона се движи по посоката на удълбаване в рудничния котлован, като обхваща все по-нови и нови обеми откривка и полезно изкопаемо. Тяхното ефективно преразпределение се определя от режима на минните работи (РМР). Постигането на рационален РМР се осъществява чрез промяна на ъглите на работната зона. Всичките необходими операции, които задължително трябва да се изпълняват в хронологична последователност ще бъдат разгледани чрез подходящ числен пример-

2. Числен пример за определяне режима на минните работи за открит рудник.

На фиг.1 е показан открит рудник, разработващ стръмно западащо рудно тяло.



Фиг. 1. Изменяне положението на линиите на откоса на работния борд на открит рудник при удълбаване на минните работи ($\varphi = \text{const.}$).



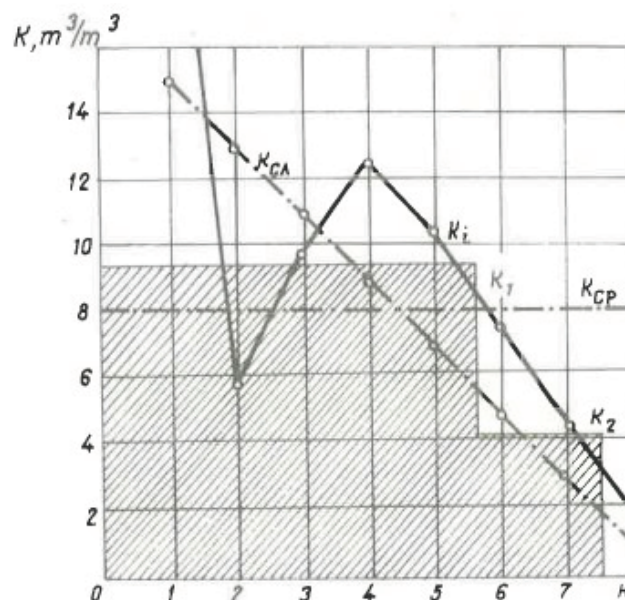
Удълбаването на минните работи (указано със стрелка) е по неработния борд откъм долнището на рудното тяло. Разкриването на хоризонтите е с глухоколовозни (тупикови) траншеи с ширина по дъното им (b_T). Работните стъпала и площадките в работната зона са заменени с ъгъла $\psi = \text{const}$. Ъгълът ψ се изчислява по формула (3).

Всичките изчислени обеми на минната маса, рудата и откривката са дадени в табл.1 в графи 2, 3 и 4, съответно при ъгъл на наклона на работния борд $\varphi = 15^\circ$, и в графи 6, 7 и 8 – при $\varphi = 0$.

Таблица 1. Изчислени обеми на рудата и откривката при удълбаване на рудника.

| Дълбочина на минните работи (хоризонт) | Обем, млн. m^3 , при ъгъл на наклона на работния борд на открития рудник | | | | | | | |
|--|--|------|----------|--|---------------|------|----------|--|
| | $\varphi = 15^\circ$ | | | | $\varphi = 0$ | | | |
| | Минна маса | Руда | Откривка | Експлоатационен коефициент на откривка | Минна маса | Руда | Откривка | Експлоатационен коефициент на откривка |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 12,9 | 0,3 | 12,6 | 42,0 | 64 | 4 | 60 | 15 |
| 2 | 32,0 | 4,7 | 27,3 | 5,8 | 56 | 4 | 52 | 13 |
| 3 | 50,6 | 4,7 | 45,9 | 9,8 | 48 | 4 | 44 | 11 |
| 4 | 64,0 | 4,7 | 59,3 | 12,6 | 40 | 4 | 36 | 9 |
| 5 | 54,0 | 4,7 | 49,3 | 10,5 | 32 | 4 | 28 | 7 |
| 6 | 39,5 | 4,7 | 34,8 | 7,4 | 24 | 4 | 20 | 5 |
| 7 | 24,5 | 4,4 | 20,1 | 4,6 | 16 | 4 | 12 | 3 |
| 8 | 10,5 | 3,8 | 6,7 | 1,8 | 8 | 4 | 4 | 1 |
| Всичко: | 288,0 | 32,0 | 256,0 | - | 288,0 | 32 | 256,0 | - |

В графа 5 са записани експлоатационните коефициенти на откривка при $\varphi = 15^\circ$, а в графа 9 – слоевите коефициенти на откривка при $\varphi = 0$. Тяхната графична интерпретация е показана на фиг.2.

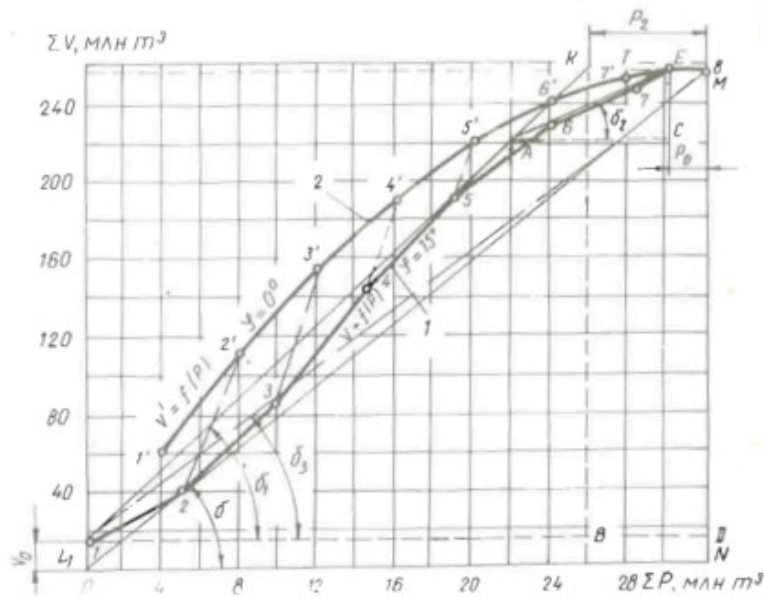


Фиг. 2. Изменение на коефициентите на откривка при удълбаване на минните работи.



От фигурата се вижда силната променливост на експлоатационния коефициент на откривка. Започвайки от $42 \text{ m}^3/\text{m}^3$, до дълбочина $H = 2$ той вече е намалял до $5,8 \text{ m}^3/\text{m}^3$, Следва ново увеличение до стойност $12,6 \text{ m}^3/\text{m}^3$ при $H = 4$, след което следва ново рязко намаляване до $1,8 \text{ m}^3/\text{m}^3$ при дълбочина на рудника $H = 8$. Работата с такъв коефициент на откривка практически е невъзможна, тъй като се изискват значителни капиталовложения.

Експлоатацията на рудника при такава конфигурация на рудното тяло и непрекъснато намаляващи от $15 \text{ m}^3/\text{m}^3$ до $1 \text{ m}^3/\text{m}^3$ стойности на слоевия коефициент на откривка, от технико-икономическа гледна точка също е неприемлива. От фиг.2 се вижда че най-подходящо е да се работи със средния експлоатационен коефициент на откривка $K_{CP} = 8 \text{ m}^3/\text{m}^3$. За съжаление такъв вариант на развитие на минните работи е невъзможен (виж фиг. 3).



Фиг. 3. Изменение на нарастващите обеми на откривката ΣV в зависимост от нарастващите обеми на полезното изкопаемо ΣP при $\varphi \rightarrow 0$ и $\varphi = 15^\circ$.

На фигурата с данни от табл.1 се построяват кумулативните криви $V = f(P)$ при $\varphi = 0$ и $V = f(P)$ при $\varphi = 15^\circ$. Те ограничават зоната, в която могат да варира експлоатационните коефициенти на откривка. Тяхното усредняване (стабилизиране) става чрез прокарване на тангенти (желателно към по долу стоящата крива). Средният коефициент на откривка се определя като тангенс от отношението между двата катета на триъгълника OMN. Но неговата хипотенуза е извън граничната зона, което прави невъзможна работата с такъв коефициент на откривка.

Този метод за усредняване на експлоатационния коефициент на откривка за пръв път е публикуван в минната литература от проф. А. И. Арсентиев още през 70 – те години на миналия век [1]. Ако на фиг.3 се прекара права отсечка на времето (Т) успоредна на абсцисната ос, тогава много лесно и бързо може да се премине към календарен план и календарен график.

Такъв подход към режима на минните работи и многовариантното усредняване на експлоатационния коефициент на откривка, разкрива пред проектанта широко поле от творчески възможности. От фиг.3 се вижда, че през експлоатационния период може да се работи с четири усреднени коефициенти на откривка. Възможни са и други варианти. Но на фиг.2 е показан вариант за работа с два усреднени експлоатационни коефициенти на откривка: $K_1 = 9,35 \text{ m}^3/\text{m}^3$ и $K_2 = 4,25 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

Като критерий за избор на подходящ вариант за оценка на режима на минните работи, може да се приеме амортизационния срок на изкопно-товарната механизация-



Необходимо е да се отбележи, че когато тангентите в допустимата зона са по-близо до горната ограничителна крива ($\varphi \rightarrow 0$), тогава е възможно добивният фронт по руда да се окаже недостатъчен. Затова в такъв случай се препоръчва да се направи допълнителна проверка за възможната производителност на рудника по полезно изкопаемо.

Предлаганият метод може да се използва като оценъчен при определяне посоката на удълбаване на минните работи и във всички случаи когато е необходимо да се използва многовариантен подход при проектиране на открити рудници.

ИЗВОДИ:

1. Разглежда се режимът на минните работи с препоръка да се използва като основа при проектирането на открити рудници.
2. С помощта на подходящ пример се разкриват възможностите за многовариантен подход при усредняване на експлоатационните коефициенти на откривка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арсентъев А. И. Определение производительности и границ карьеров. М., изд – во „Недра“, 1970.
2. Аначков А., Г. Константинов Проектиране на открити рудници , София, изд-во „Техника“, 1985.
3. Константинов Г., Кованджийски О. Основни закономерности в развитието на минните работи при открит добив на полезни изкопаеми. XVI Международна конференция по открит и подводен добив на полезни изкопаеми. Варна 06 – 10 септември 2021 г.
4. В. Господинова, И. Добрев, Създаване на триизмерен модел и фасадни планове на първото българско педагогическо училище в България чрез метода „структура от движение“, Сп. „Геодезия, картография, земеустройство, кн.3-4, 2022, стр. 30-35, ISSN: 0324-1610.
5. В. Господинова, Р. Нейчева, Безпилотно въздушно заснемане на стадион „Национална спортна академия“ и последващи сравнения между два от най-често използваните софтуери, Сп. „Геодезия, картография, земеустройство, кн.5-6, 2021, стр. 12-17, ISSN: 0324-1610.
6. В. Господинова, М. Бегновска, Изучаване поведението на скалния масив при камерно-стълбова система на разработване в рудни находища чрез маркшайдерски наблюдения. , Сп. „Геодезия, картография, земеустройство, кн.1-2, 2022, стр. 26-32, ISSN: 0324-1610
7. В. Господинова Фотограмметрията и дистанционните изследвания в минното дело, Сборник доклади от XV Международна конференция по открит и подводен добив на полезни изкопаеми., 3 – 7 юни 2019, Варна, България, стр. 205-217, ISSN: 2535-0854.
8. В. Господинова, Петър Георгиев, Създаване на числен фотограметричен модел при редуциране на броя на използваните изображения, Сборник доклади от IX Международна конференция по геомеханика, 7 – 11 септември, 2020, Варна , България, стр. 234-240, ISSN: 1314-6467.