

АНАЛИЗ НА ФАКТОРИТЕ, ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ ИЗБОРА НА ПРОЕКТНА ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТ НА ОТКРИТИ РУДНИЦИ

Илиян Джобов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: idjobov@hotmail.com

РЕЗЮМЕ. В резултат на извършения анализ се установи, че върху производствената мощност на минното предприятие оказват влияние следните показатели: транспортни възможности на пътищата, интензивност на развитие на минните работи, брой и производителност на багерите, търсене на съответното полезно изкопаемо, фактори на икономическата ефективност и времеви фактори. Предложен е графичен метод за определяне на препоръчителната годишна производителност на рудника в зависимост от големината на запасите.

ANALYSIS OF THE FACTORS HAVING INFLUENCE UPON THE CHOICE OF OPEN PITS PRODUCTIVITY WITH MINE PROJECTING

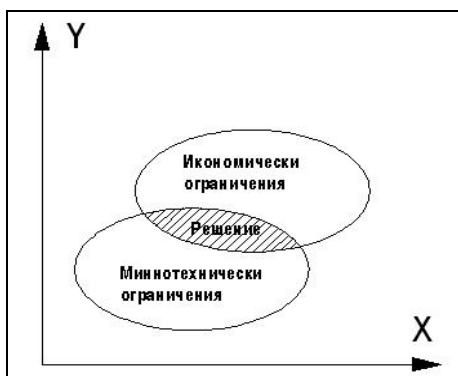
Ilian Djobov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: idjobov@hotmail.com

ABSTRACT. It has been found by analysis that the following factors have influence upon open pits output: road capacity, mining work intensity, number of shovels and their productivity, raw material demand, factors of economical efficiency and timing factors. A graphic method is suggested for determination of the advisable annual open pit output depending on the reserves amount.

Въведение

Основен показател за работата на минните предприятия е постигнатата производителност по полезно изкопаемо (п.и.) и откривка. Тя се изчислява за смяна, денонощие, месец и година. Точното и определяне е от особена важност при проектирането на минните предприятия. Реалната производителност много често се различава от производствената мощност на рудника поради промяна в търсенето, миннотехническите условия, ценовата политика, състоянието на техниката и др.



Фиг.1. Област на решение на задачата

Производствената мощност на рудника зависи основно от няколко групи фактори (Аначков, 1985; Арсентьев, 1961):

- миннотехнически: форма, големина и условия на залягане на находището, географско положение, схема на

разкриване и система на разработване, вид на транспорта, начин на насипообразуване и др.;

- икономически: състояние на пазара, цена на суровината, приходи и разходи на предприятието, себестойност на продукцията, отчитане на фактора време и др.

Според Коузенс (Couzens, 1979) в зависимост от разглеждания времеви интервал съществуват два метода за планиране работата на откритите рудници:

- краткосрочно планиране (оперативно);
- дългосрочно планиране – използва се за технико-икономическа оценка на проектирания рудник, като се отчита големината на запасите полезно изкопаемо и влиянието на пазарната среда върху бъдещата работа на минното предприятие.

Следователно определянето на производствената мощност за условията на даден открит рудник е задача, решението на която се ограничава от редица миннотехнически и икономически фактори (фиг.1), които ще бъдат разгледани по – долу.

Миннотехнически фактори

Производителността на рудника по полезно изкопаемо и откривка се ограничава от няколко основни фактора: транспортни възможности, интензивност на развитие на

минните работи и брой и производителност на багерите (Аначков, 1985; Арсентьев, 1961; Хохряков, 1980).

Транспортни възможности

Превозната способност на пътищата в открития рудник се ограничава от обема на транспортираната откритка и полезно изкопаемо. Отчитайки това условие, годишната производителност на рудника по минна маса се определя от израза (Хохряков, 1980):

$$A_{зод.}^{М.М.} = N_m \cdot M, \text{ m}^3, \quad (1)$$

където: N_m – брой на товаропотоците в рудника;
 M – превозна способност на товаропотока, m^3 .

Броят на товаротранспортните входове и изходи зависи от разположението им в рудника, а пропускателната им способност се определя от конструкцията им и параметрите на използвания транспорт (табл.1).

Табл. 1. Превозна способност на товаропотока, в зависимост от типа на използвания транспорт

Тип на използвания транспорт в рудника	Параметри на транспорта	Възможна превозна способност на товаропотока	
		хил. t/h	мил. t/год.
Автомо-билен	Товароподемност, t		
	27 ÷ 40	2,7 ÷ 3,6	17 ÷ 22
	65 ÷ 80	6,5 ÷ 8	40 ÷ 50
	120 ÷ 180	10 ÷ 16	60 ÷ 80
Конвейерен	Ширина, mm		
	Скорост на лентата, m/s		
	800 ÷ 1000	4 ÷ 5,5	18 ÷ 25
	6 ÷ 8		
	1600 ÷ 2400	7 ÷ 14	30 ÷ 50
	4 ÷ 6		

Интензивност на развитие на минните работи

Интензивността на развитие на минните работи зависи от условията на залагане на находището. При наклонени и западащи находища тя се влияе от скоростта на понижаване на минните работи и ограничава максималната възможна производителност на рудника по полезно изкопаемо (Аначков, 1985):

$$A_{зод.}^{н.и.} = V_o \cdot S \cdot \delta \cdot \eta \cdot (1 + \rho), \text{ t/год.}, \quad (2)$$

където: V_d – средно годишно понижаване на добивните работи в открития рудник, m/год. ;

S – хоризонтална площ на п.и. в границите на открития рудник, m^2 ;

δ – обемна плътност на п.и., t/m^3 ;

η – коефициент на извличане на полезното изкопаемо;

ρ – коефициент на обедняване.

В резултат на обобщаване на практически наблюдения е установено, че при стръмнозападащи находища и ж.п. транспорт $V_d = 10 \div 12 \text{ m/год.}$, а при авто транспорт $V_d = 20 \div 30 \text{ m/год.}$ (Трубецкой, 1994).

При полегати и хоризонтални находища интензивността на развитие на минните работи се ограничава от скоростта на придвижване на фронта, а максималната възможна производителност на рудника по п.и. се получава по формулата (Хохряков 1974):

$$A_{зод.}^{н.и.} = V_{пр.} \cdot m \cdot L_{п.и.} \cdot \delta \cdot \eta \cdot (1 + \rho), \text{ t/год.}, \quad (3)$$

където: $V_{пр.}$ – средна годишна скорост на придвижване на работния фронт по п.и., m/год. ;

m – средна дебелина на пласта п.и., m ;

$L_{п.и.}$ – дължина на добивния фронт, m .

Скоростта на придвижване на добивния фронт $V_{пр.}$ не може да е по-голяма от скоростта на придвижване на фронта по откритка V_o , която се определя от израза (Хохряков, 1980):

$$V_o = \frac{Q_{год.}}{h_o \cdot l_o}, \text{ m/год.}, \quad (4)$$

където: $Q_{год.}$ – годишна производителност на багера, $\text{m}^3/\text{год.}$

h_o – височина на откритото стъпало, m ;

l_o – дължина на багерния блок, m .

Брой и производителност на багерите

Броят на добивните багери е фактор, който ограничава производителността на минното предприятие и зависи от размера на работната зона на рудника. В периода на експлоатация се формират откритна и добивна работна зона. При разработване на наклонени и западащи находища площта на добивната работна зона $S_{р.з.}$ съвпада с площта на залежа, а работната зона на багера е равна на (Хохряков, 1980):

$$S_o = \text{Ш}_{р.п.} \cdot l_o, \text{ m}^2, \quad (5)$$

където: $\text{Ш}_{р.п.}$ – широчина на работната площадка, m .

Определянето на броя на багерите в работната зона на рудника се извършва по формулата:

$$N_o = \frac{K_3 \cdot S_{р.з.}}{S_o}, \text{ бр.}, \quad (6)$$

където: K_3 – коефициент на използване на работната зона.

Изследването на изменението на площта на добивната работна зона за дълъг период от време позволява определянето на максималния брой багери и възможната производителност на рудника за периода.

В резултат от извършения анализът на разгледаните минотехнически фактори, които ограничават производителността на рудника по п.и. се установи че всеки един от тях зависи от производителността на работещите в предприятието багери. Техният тип се избира според очакваното потребление на добиваното полезно изкопаемо.

Икономически фактори

Пазарно търсене на полезното изкопаемо

Потребността от дадена суровина се определя от икономическото развитие на региона, пазарната цена на добивания продукт, разходите за транспорт до потребителя, ценообразуващи фактори и др. В практиката производителността на рудника по п.и. се избира, чрез отчитане възможностите на пазара.

При регионални и ограничен на брой консуматори, добитата суровина е много трудно да се реализира на външен пазар и минните предприятия са изключително зависими от потребителите. Пример за това у нас са мини "Марица Изток" и кариерите за добив на инертни материали.

Когато продуктите от преработката на полезното изкопаемо се търгува на международния пазар, на практика предприятията са независими от конкретен потребител. Производителността им обаче се влияе от цените на суровините, които при металите се изменят циклично през интервал от 4 до 7 години (Hustrulid, 2006). В България такъв тип рудници са „Асарел“ и „Елаците“.

Фактори на икономическа ефективност

Основен момент при планиране на дейността на минното предприятие е определянето на икономически целесъобразната му производствена мощност (Велев, 1994). Тя показва максималното количество полезно изкопаемо, което може да се добие и продаде, а също така и максималния размер на получените приходи. В минната практика се използва следният израз (Hustrulid, 2006):

Печалба = Продадено п.и. X (Цена на единица п.и. – Разходи за единица п.и.); (7)

Друг важен икономически показател е установяването на т.нар. критична точка – минимално допустимата производителност на рудника по п.и., под която предприятието работи на загуба. Тя се определя чрез израз, който е приложим и за минната промишленост (Велев, 1994):

$$K_m^n = \frac{R_n}{C - R_{np}^1}, t, \quad (8)$$

където: R_n – постоянни разходи за добив на цялото планирано количество п.и., лв.;

C – цена на тон продадено полезно изкопаемо, лв./т;

R_{np}^1 - променливи разходи за тон добито полезно изкопаемо, лв./т.

Времеви фактор

Освен изброените фактори в литературата много често се разглежда връзката между производителността и срокът на съществуване на рудника. Този проблем е изследван от различни автори (Hustrulid, 2006; Long, 2009; Taylor, 1977). Тейлър пръв е установил съществуването на емпирична зависимост след проучване на данни от 30 минни проекта (планирани и осъществени), която е известна като правило на Тейлър. То е потвърдено от Мак

Спаден, Снап, Лонг и Сингер след изследване на дейността на 90 медни открити рудника. През 2009 г. Лонг анализира данните от 1195 обекта и отново установява валидността на емпиричната зависимост, като внася в нея някои корекции. Според правилото на Тейлър срокът на съществуване на рудника е в пряка зависимост от запасите полезно изкопаемо в находището $W_{п.и.}$ и се получава от израза (Hustrulid, 2006):

$$T = 0,2 \cdot \sqrt[4]{W_{п.и.}}, \text{ год.} \quad (9)$$

За практически цели се приема, че големината на запасите $W_{п.и.}$ е в мил. т, а получената стойност за T ще варира в интервал от $\pm 20\%$. Следователно формула (9) може да се преобразува по следния начин (Hustrulid, 2006):

$$T = (1 \pm 0,2) \cdot 6,5 \cdot \sqrt[4]{W_{п.и.}}, \text{ год.} \quad (10)$$

След определянето на T годишната производителност на рудника се получава от израза:

$$A_{год}^{п.и.} = \frac{W_{п.и.}}{T}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (11)$$

Правилото на Тейлър се използва много често в американската и канадската минна практика при проектирането на рудници.

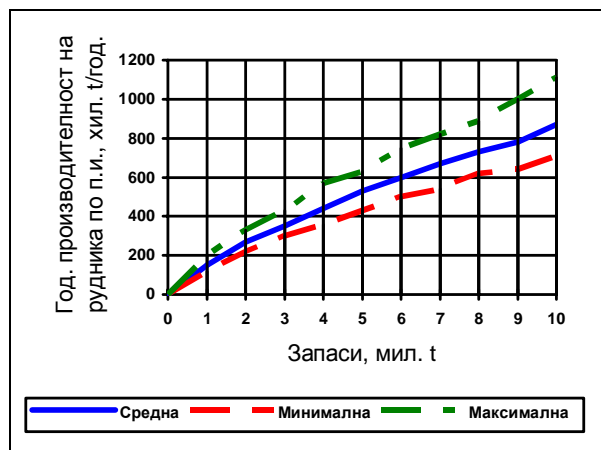
Чрез формули (9), (10) и (11) са изчислени препоръчителния срок на съществуване на открития рудник и годишната му производителност в зависимост от големината на запасите полезно изкопаемо (табл.2). Част от получените резултати са представени на фигури 2 и 3. Графиките могат да се използват за определяне на препоръчителната производителност на открития рудник, отчитайки големината на запасите п.и. в находището.

Таблица 2. Препоръчителен срок на съществуване на рудника в зависимост от големината на запасите п.и.

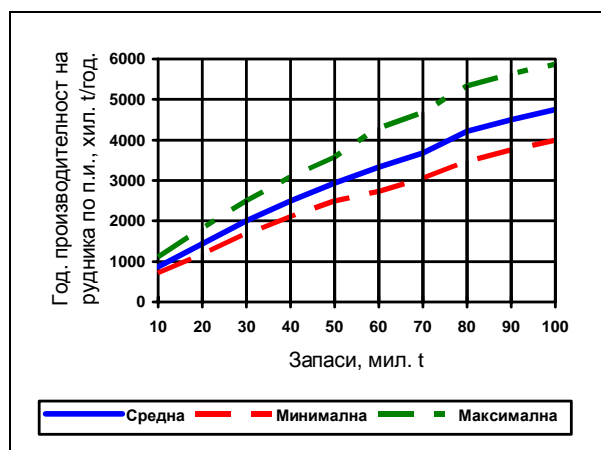
Запаси п.и., мил. т	Срок на съществуване на рудника, год.		Годишна производителност на рудника, мил. т/год.	
	Средно	Мин. и макс.	Средно	Мин. и макс.
0,5	5,5	4,5 ÷ 6,5	0,09	0,08 ÷ 0,1
1	6,5	5 ÷ 8	0,15	0,12 ÷ 0,2
5	9,5	8 ÷ 11,5	0,53	0,43 ÷ 0,63
10	11,5	9,5 ÷ 14	0,87	0,7 ÷ 1
25	14,5	11,5 ÷ 17,5	1,7	1,4 ÷ 2,2
50	17	14 ÷ 21	2,9	2,4 ÷ 3,6
100	21	16 ÷ 25	4,8	4 ÷ 6,3
250	26	21 ÷ 31	9,6	8 ÷ 12
350	28	22 ÷ 34	12,5	10 ÷ 16
500	31	25 ÷ 37	16,1	13 ÷ 20
700	33	27 ÷ 40	21,2	17 ÷ 26
1000	37	29 ÷ 44	27	23 ÷ 35

Анализът на икономическите фактори показва, че избора на производителност на открития рудник по п.и. се ограничава главно от пазарното търсене и икономическата

ефективност при добива на суровината. И двата разгледани показателя са силно зависими от цената на продаваемия продукт. Времевият фактор, отразява връзката между производителността, срокът на съществуване на рудника и големината на запасите. Установен е след статистическа обработка на практически и проектни данни за голям брой минни предприятия. Следователно времевият фактор отчита както икономическите, така и миннотехническите ограничения, поради което е широко разпространен в практиката.



Фиг. 2. Годишна производителност на рудника в зависимост от запасите



Фиг. 3. Годишна производителност на рудника в зависимост от запасите

Заклучение

В резултат на извършеният анализ се установи, че върху производствената мощност на минното предприятие оказват влияние следните показатели: транспортни

Препоръчана за публикуване от Катедра "Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни работи", МТФ

възможности на пътищата (x_1), интензивност на развитие на минните работи (x_2), брой и производителност на багерите (x_3), пазарното търсене на съответното полезно изкопаемо (x_4), фактори на икономическата ефективност (x_5) и времеви фактори (x_6). Следователно годишната производителност на открития рудник по полезно изкопаемо може да се опише чрез израза:

$$A_{год.}^{п.и.} = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) \quad (12)$$

Изчислената производителност на рудника по миннотехнически условия, може да не е икономически ефективна, а определената по икономически съображения не винаги е технически възможна. Следователно при вземането на решение е необходимо да се отчитат миннотехническите и икономическите ограничения за специфичните условия на всеки конкретен открит рудник.

За бърза оценка при проектирането е предложен графичен метод, чрез който се определя препоръчителната годишна производителност на рудника в зависимост от големината на запасите.

Литература

- Аначков, А., Константинов, Г., 1985. *Проектиране на открити рудници*. Техника. София, 1 – 445.
- Арсентьев, А., 1961. *Определение производительности и границ карьеров*. ГНТИЛГД. Москва, 1 – 243.
- Велев, М., 1993/1994. Мениджмънт на малкия бизнес. София, 68 – 69.
- Трубецкой, К. и др., 1994. *Справочник открытые горные работы*. Горное бюро. Москва, 58 – 66.
- Хохряков, В., 1974. *Открытая разработка месторождений полезных ископаемых*. Недра. Москва, 223 – 256.
- Хохряков, В., 1980. *Проектирование карьеров*. Недра. Москва, 228 – 236.
- Couzens, T.R., 1979. *Aspects of production planning: Operating layout and phase plans*. Open pit mine planning and design. Taylor & Francis Group. London. UK, 483.
- Hustrulid, W & co., 2006. *Open pit mine planning and design*. Taylor & Francis Group. London. UK, 493 – 494.
- Long, K., 2009. *A test and re-estimation of Taylor's empirical capacity – reserve relationship*. Natural Resources Research. Volume 18. March, Number 1/March. USA.
- Taylor, H.K., 1977. *Mine valuation and feasibility studies*. Mineral Industry Costs. Spokane, WA: Northwest Mining Association. USA.