

## ОПРЕДЕЛЯНЕ СТОЙНОСТТА НА РАЗРЕЗИТЕ ПРИ ДОБИВАНЕ НА СКАЛНИ БЛОКОВЕ С КАМЕНОРЕЗНИ МАШИНИ

*Атанас Атанасов, Ивайло Копрев*

*Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София*

**РЕЗЮМЕ.** В статията се предлага формулен апарат за определяне стойността на разрезите при добиване на скални блокове с каменорезни машини. С отчитане стойността на разрезите за добиване на 1 m<sup>3</sup> скална маса при проектирането на кариери по-лесно могат да се сравняват и избират рационални технологии с различни типове каменорезни машини и параметри на системите на разработване.

### DETERMINATION OF THE VALUE FOR SECTION OF STONE BLOCKS WITH CUTTING MACHINES

*Atanas Atanasov, Ivaylo Koprev*

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia*

**ABSTRACT.** In this article is propound an analytical device for determination of the value for section of stone blocks with cutting machines for extraction. Reading the value of the section per 1 m<sup>3</sup> rocks in quarries projecting, makes easier the comparison and selection of a rational technologies using different types of cutting machines and parameters of the system.

### Въведение

При добива на скални блокове с каменорезни машини основен технологичен процес е рязането на скалите. За добиване на един скален блок от масива е необходимо отделянето му чрез разреза в три взаимно перпендикулярни направления. За това с каменорезни машини се извършват напречни вертикални разреза, надлъжни вертикални разреза и хоризонтални разреза на всяко добивно стъпало. Редът на извършването им може да бъде различен в зависимост от типа на каменорезната машина. Най-често се прокарват два или един напречен разрез, след това хоризонталния и накрая вертикалните надлъжни разреза с една или две каменорезни машини. При дисково-фрезните машини се прокарват редица напречни разреза по дължината на работния блок (фронт), а след това едновременно другите два разреза. При верижните каменорезни машини последователно се извършват хоризонталните и вертикални разреза, като машината която извършва хоризонталните разреза трябва да изпреварва най-малко с 5 m тази, която извършва вертикалните надлъжни разреза. Накрая се прокарват вертикалните напречни разреза. При каменорезните машини с "диамантено" въже (въжените каменорезни машини) една машина последователно извършва всички разреза, като първо се извършват напречните вертикални разреза, после хоризонталните и накрая вертикалните надлъжни разреза след прокарване на сондажи за въжетото.

При прокарване на нарезни траншеи (флангови или централни) с триъгълно или правоъгълно (трапецовидно) сечение първо се прокарват напречните вертикални

разреза, а след това хоризонталните. Вертикалните надлъжни разреза се извършват по пробивно-клинов начин или по взривен начин. По-малко се прилагат безвзривни начини за извършването им. Когато траншеите имат правоъгълно сечение те се извършват първи, а след тях хоризонталните разреза.

При комбинираните технологии за добив на блокове хоризонталните разреза се извършват с верижни каменорезни машини, а вертикалните с въжени каменорезни машини, като първо се прокарват вертикалните разреза.

### Математическа формулировка на задачата. Методика за изследване

Площта на разрезите за добиване на един скален блок от масива е:

- на вертикалните напречни разреза

$$S_e = bh, \text{ m}^2 \quad (1)$$

- на вертикалните надлъжни разреза

$$S_{en} = l_{ol}h, \text{ m}^2 \quad (2)$$

- на хоризонталните разреза

$$S_x = bl_{ol}, \text{ m}^2 \quad (3)$$

където:  $l_{ol}$ ,  $b$ ,  $h$  са параметрите на добивания блок, дължина, ширина и височина, m;  $h$  е най-често

височината на добивното стъпало,  $m$ ;  $b$  е широчината на ламелата по дължината на работния фронт на стъпалото,  $m$ .

Обемът на добивания блок скална маса е:

$$V_{\bar{o}l} = l_{\bar{o}l}hb, m^3 \quad (4)$$

където:  $l_{\bar{o}l}$  може да бъде и дължината на един работен блок на стъпалото или част от дължината на работния фронт на стъпалото,  $m$ .

Необходимата площ на разрезите за добиване на  $1 m^3$  скална маса (относителен разход на разрези) е:

- на вертикалните надлъжни разрези

$$l_{овн} = \frac{S_{вн}}{V_{\bar{o}l}} = \frac{l_{\bar{o}l}h}{l_{\bar{o}l}hb} = \frac{1}{b}, m^2/m^3 \quad (5)$$

- на хоризонталните разрези

$$l_{ох} = \frac{S_x}{V_{\bar{o}l}} = \frac{bl_{\bar{o}l}}{l_{\bar{o}l}hb} = \frac{1}{h}, m^2/m^3 \quad (6)$$

- на вертикалните напречни разрези

$$l_{ов} = \frac{S_{\bar{o}}}{V_{\bar{o}l}} = \frac{bh}{hl_{\bar{o}l}} = \frac{1}{l_{\bar{o}l}}, m^2/m^3 \quad (7)$$

Времето за извършване на разрезите за добиване на  $1 m^3$  скална маса от едно стъпало (работен блок) е:

- на вертикалните надлъжни разрези

$$t_{\bar{o}} = \frac{l_{ов}}{Q_{чв}}, h/m^3 \quad (8)$$

- на хоризонталните разрези

$$t_x = \frac{l_{ох}}{Q_{чх}}, h/m^3 \quad (9)$$

- на вертикалните надлъжни разрези

$$t_{вн} = \frac{l_{овн}}{Q_{чвн}}, h/m^3 \quad (10)$$

където:  $Q_{чв}$ ,  $Q_{чх}$  и  $Q_{чвн}$  са часовите производителности на каменорезната машина при извършване на вертикални напречни, хоризонтални и вертикални надлъжни разрези,  $m^2/h$ .

Стойност на разрезите за добиване на  $1 m^3$  скална маса от едно стъпало (работен блок):

- на вертикалните напречни разрези

$$C_{\bar{o}} = t_{\bar{o}} \frac{P_{мсм}}{T_{см}} = \frac{l_{ов}P_{мсм}}{Q_{чв}T_{см}} = \frac{P_{мсм}}{l_{\bar{o}l}Q_{чв}T_{см}}, лв/m^3 \quad (11)$$

- на хоризонталните разрези

$$C_x = t_x \frac{P_{мсм}}{T_{см}} = \frac{l_{ох}P_{мсм}}{Q_{чх}T_{см}} = \frac{P_{мсм}}{hQ_{чх}T_{см}}, лв/m^3 \quad (12)$$

- на вертикалните надлъжни разрези

$$C_{вн} = t_{вн} \frac{P_{мсм}}{T_{см}} = \frac{l_{овн}P_{мсм}}{Q_{чвн}T_{см}} = \frac{P_{мсм}}{bQ_{чвн}T_{см}}, лв/m^3 \quad (13)$$

където:  $P_{мсм}$  са разходите на машината за смяна (стойността на машиносмяната на една каменорезна машина),  $лв/см$ ;  $T_{см}$  е продължителността на работната смяна (работно време на смяната в даден рудник или кариера),  $h$ .

Общото време за извършване на разрезите за добиване на  $1 m^3$  скална маса от едно стъпало (работен блок) е:

- при добиване на скални блокове с верижни каменорезни машини

$$t_{\bar{o}\bar{o}\bar{o}} = t_{\bar{o}} + t_x + t_{вн} = \frac{l_{ов}}{Q_{ч\bar{o}}} + \frac{l_{ох}}{Q_{чх}} + \frac{l_{овн}}{Q_{чвн}} = \frac{1}{l_{\bar{o}l}Q_{ч\bar{o}}} + \frac{1}{hQ_{чх}} + \frac{1}{bQ_{чвн}}, h/m^3 \quad (14)$$

ако приемем, че  $Q_{ч\bar{o}} \approx Q_{чвн}$ , получаваме:

$$t_{\bar{o}\bar{o}\bar{o}} = \frac{1}{hQ_{чх}} + \frac{b + l_{\bar{o}l}}{Q_{ч\bar{o}}bl_{\bar{o}l}}, h/m^3 \quad (15)$$

- при добиване на скални блокове с въжени каменорезни машини с "диамантено въже"

$$t_{\bar{o}\bar{o}\bar{o}\bar{ж}} = t_{\bar{o}} + t_x + t_{вн} = \frac{1}{l_{\bar{o}l}Q_{ч\bar{o}}} + \frac{1}{hQ_{чх}} + \frac{1}{bQ_{чвн}}, h/m^3 \quad (16)$$

Определяне на общата стойност на разрезите за добиване на  $1 m^3$  скална маса от едно стъпало (работен блок) с верижни каменорезни машини:

$$C_{\bar{o}\bar{o}\bar{o}\bar{ж}} = t_{\bar{o}\bar{o}\bar{o}\bar{ж}} \frac{P_{мсм}}{T_{см}} = \left( \frac{1}{hQ_{чх}} + \frac{b + l_{\bar{o}l}}{bl_{\bar{o}l}Q_{ч\bar{o}}} \right) \frac{P_{мсм}}{T_{см}}, лв/m^3 \quad (17)$$

където:  $Q_{чх}$ ,  $Q_{ч\bar{o}}$  – часовата производителност на верижната каменорезна машина при извършване на хоризонтални и вертикални разрези,  $m^2/h$ .

Определяне на общата стойност на разрезите за добиване на  $1 m^3$  скална маса от едно работно стъпало (работен блок) с въжени каменорезни машини:

$$C_{\bar{o}\bar{o}\bar{ж}} = t_{\bar{o}\bar{o}\bar{ж}} \frac{P_{мсм}}{T_{см}} = \left( \frac{1}{hQ_{чх}} + \frac{1}{l_{\bar{o}l}Q_{ч\bar{o}}} + \frac{1}{bQ_{чвн}} \right) \frac{P_{мсм}}{T_{см}}, лв/m^3 \quad (18)$$

където:  $Q_{чх}$ ,  $Q_{ч\bar{o}}$ ,  $Q_{чвн}$  са часовите производителности на въжената каменорезна машина при извършване на хоризонтални, напречни и надлъжни вертикални разрези,  $m^2/h$ .

Таблица 1.

Технически характеристики на каменорезните машини

Тип на машината	Вид на добивания материал	Мощност, Нр	Часова производителност при вертикално рязане, m <sup>2</sup> /h	Часова производителност при хоризонтално рязане, m <sup>2</sup> /h	Скорост на движение на режещия инструмент, m/s	Тегло, kg	Цена, лв
Въжена резачка Benetti VIP 910	Варовик	50 – 75	8 – 12	6 – 8	0 – 40	1650	28000
Въжена резачка Pellegrini TD 50	Мрамор	53 – 63	8 – 10	6 – 8	0 – 40	1400	25000
Верижна каменорезна машина Benetti CSM 962	Варовик	85	6 – 8	6 – 8	0 – 12	7000	160000
Верижна каменорезна машина Pellegrini Ch 60	Мрамор	72	6 – 8	6 – 8	0 – 12	6000	160000

Параметри на работния блок:

1. При добиването на скални блокове с въжена резачка
  - 1.1 Дължина L = 5 ÷ 7,5 m
  - 1.2 Ширина B = 1,2 ÷ 1,7 m
  - 1.3 Височина H = 2,5 ÷ 7 m

2. При добиването на скални блокове с верижни каменорезни машини

- 2.1 Дължина L = 10 ÷ 20 m
- 2.2 Ширина B = 1,2 ÷ 1,4 m
- 2.3 Височина H = 2,5 ÷ 3,0 m

**Резултати от изследването**

Определяне общата стойност на разрезите (лв/м<sup>3</sup>) извършвани с въжени каменорезни машини Benetti VIP-910 при добиване на блокове с различни параметри и при продължителност на смяната T<sub>см</sub> = 8 h от врачански варовик в кариерите на "Хемус-М" АД, гр. Мездра.

Таблица 2.

№ по ред	R <sub>мсм</sub> , лв/мсм	Q <sub>чк</sub> , m <sup>2</sup> /h	Q <sub>чв</sub> , m <sup>2</sup> /h	H <sub>ст</sub> , m	l <sub>бл</sub> , m	b <sub>бл</sub> , m	I <sub>отн</sub> , m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	C <sub>в</sub> , лв/м <sup>3</sup>	C <sub>х</sub> , лв/м <sup>3</sup>	C <sub>вн</sub> , лв/м <sup>3</sup>	C <sub>об</sub> , лв/м <sup>3</sup>	V <sub>блок</sub> , m <sup>3</sup>	C <sub>бл</sub> , лв/м <sup>3</sup>	V <sub>оф.бл.</sub> , m <sup>3</sup>
1.	210	8	10	5	5	1,2	1,233	0,53	0,66	2,19	3,37	30	8,42	12
2.	210	8	10	5	5	1,4	1,114	0,53	0,66	1,88	3,06	35	7,64	14
3.	210	8	10	5	5	1,7	0,988	0,53	0,66	1,54	2,73	42,5	6,81	17
4.	210	8	10	5	6	1,2	1,200	0,44	0,66	2,19	3,28	36	8,20	14,4
5.	210	8	10	5	6	1,4	1,081	0,44	0,66	1,88	2,97	42	7,42	16,8
6.	210	8	10	5	6	1,7	0,955	0,44	0,66	1,54	2,64	51	6,59	20,4
7.	210	8	10	5	7,5	1,2	1,167	0,35	0,66	2,19	3,19	45	7,98	18,0
8.	210	8	10	5	7,5	1,4	1,048	0,35	0,66	1,88	2,88	52,5	7,20	21,0
9.	210	8	10	5	7,5	1,7	0,922	0,35	0,66	1,54	2,55	63,75	6,38	25,5

Определяне общата стойност на разрезите за добива на 1 м<sup>3</sup> скална маса с верижни каменорезни машини Benetti при различни параметри на работните блокове.

Таблица 3.

№ по ред	R <sub>мсм</sub> , лв/мсм	Q <sub>чк</sub> , m <sup>2</sup> /h	Q <sub>чв</sub> , m <sup>2</sup> /h	H <sub>ст</sub> , m	l <sub>бл</sub> , m	b <sub>бл</sub> , m	I <sub>отн</sub> , m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	C <sub>в</sub> , лв/м <sup>3</sup>	C <sub>х</sub> , лв/м <sup>3</sup>	C <sub>вн</sub> , лв/м <sup>3</sup>	C <sub>об</sub> , лв/м <sup>3</sup>	V <sub>блок</sub> , m <sup>3</sup>	C <sub>бл</sub> , лв/м <sup>3</sup>	V <sub>оф.бл.</sub> , m <sup>3</sup>
1.	350	6	8	2,5	10	1,2	1,333	0,55	2,92	4,56	8,02	30	20,05	12
2.	350	6	8	2,5	15	1,2	1,300	0,36	2,92	4,56	7,84	45	19,6	18
3.	350	6	8	2,5	20	1,2	1,283	0,27	2,92	4,56	7,75	60	19,37	24
4.	350	6	8	3,0	10	1,4	1,148	0,55	2,43	3,91	6,88	42	17,21	16,8
5.	350	6	8	3,0	15	1,4	1,114	0,36	2,43	3,91	6,70	63	16,75	25,2
6.	350	6	8	3,0	20	1,4	1,098	0,27	2,43	3,91	6,61	84	16,53	33,6

Резултатите от табл. 2 показват, че при добива на варовикови блокове при среден рандеман 40 % с въжени каменорезни машини общите разходи за извършване на разрезите за добив на 1 m<sup>3</sup> скална маса се изменят от 3,37 лв/m<sup>3</sup> до 2,55 лв/m<sup>3</sup> в зависимост от параметрите на добиваните блокове. Основен параметър, който влияе най-съществено на тези разходи е широчината на блока ( $b_{оп}$ ) или това означава стойността (относителния разход) на вертикални надлъжни разрезни (табл.2). Разходите за добив на 1 m<sup>3</sup> стандартен блок са от 6,38 лв/m<sup>3</sup> до 8,42 лв/m<sup>3</sup>, при рандеман 40 % и дължина на въжето 30 m (табл.2). Най-ниски стойности се получават при добива на блокове с широчина 1,7 m и дължина 5, 6, 7,5 m при височина на стъпалото  $H = 5$  m. Хоризонталните разрезни имат еднаква стойност ( $H = const.$ )

Резултатите от табл. 3 показват, че при добива на скални блокове с верижни каменорезни машини параметрите на работните блокове се запазва същата тенденция на

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

влияние на общите разходи на 1 m<sup>3</sup> скална маса ( $6,61 \div 8,02$  лв/m<sup>3</sup>) и на 1 m<sup>3</sup> стандартен блок ( $16,53 \div 20,05$  лв/m<sup>3</sup>). Тези разходи са по-големи от 2,59 до 3,14 пъти в сравнение с тези извършвани с въжени каменорезни машини. Най-големи са разходите за вертикалните надлъжни разрезни (табл.3).

Получените резултати са много близки до тези от практиката в кариерите на "Хемус – М" АД, гр. Мездра. Те могат да ориентират специалистите към избор на най-рационални параметри на добиваните блокове.

## Литература

- Атанасов А. 2003. Открит и подводен добив на нерудни полезни изкопаеми. С.
- Атанасов А. 2003. Ръководство за упражнения по открит добив на нерудни полезни изкопаеми. С.