

СОЈУЗ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ ИНЖЕНЕРИ НА Р. МАКЕДОНИЈА



I<sup>во</sup> СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:  
"ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА КСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ"

***ПОДЕКС '07***

- со меѓународно учесѝво -

# ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ



06 - 07. 12. 2007 година  
ПРОБИШТИП, хот. Црешово топче



**I<sup>VO</sup> СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ** НА ТЕМА:  
**"ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ"**

**ПОДЕКС '07**

**ПРОБИШТИП**  
**06 - 07. 12. 2007 година**



**ОРГАНИЗАТОР:**

**СОЈУЗ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ  
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

**I<sup>VO</sup> СОВЕТУВАЊЕ ОД ОБЛАСТА НА  
ПОДЗЕМНАТА ЕКСПЛОАТАЦИЈА со меѓународно  
учество**

**“ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА  
МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ”**

**ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ**

**ПРОБИШТИП**

**Хотел “Црешово топче”, 06-07. 12. 2007 год.**

**Република Македонија**

Зборник на трудови:

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА  
НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

Издавач:

**АД Печатница “Киро Дандаро” - Битола**

Главен и одговорен уредник:

**Проф. д-р Ристо Дамбов**

За издавачот:

**Љупчо Трајковски, дипл. руд. инж.**

Техничка подготовка:

**Дејан Николовски**

**Душица Фодулова**

Печати:

**АД Печатница “Киро Дандаро” - Битола**

Година:

**2007**

Тираж:

**150 примероци**

СР - Каталогизација во публикација Матична и универзитетска библиотека „Св. Климент Охридски”, Битола

622.23:622.3(063)

**ПРВО**

I -во Советување од областа на подземната експлоатација со меѓународно учество „Технологија на подземна експлоатација и минерални сировини” : зборник на трудови : ПОДЕКС '07, Пробиштип 06-07.12.2007 година / [главен и одговорен уредник Ристо Дамбов]. - Битола : ”Киро Дандаро”, 2007. - 195 стр. : илустр. ; 24 см.

Текст на мак, ср. и англ. јазик. - фусноти кон текстот. - Тираж 150. - Библиографија и summaries кон одделни трудови

1. Гл. ств. насл.

а) Рударство - Подземна експлоатација -

Минерални сировини - Зборници

COBISS.MK – ID 18100801

*Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите.*

*Не е дозволено да нишу еден дел од оваа книга биде репродуциран, снимен или фототрафиран без дозвола на авторите и издавачот.*





## ОРГАНИЗАТОР:

СОЈУЗ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ  
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

## ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:

1. Проф. д-р Ристо Дамбов, претседател, СРГИМ - ФРГП - Штип
2. Љупчо Трајковски, извршен секретар, СРГИМ - Скопје
3. И. Мехта, потпретседател, ИММ - Скопје
4. Филип Петровски, потпретседател, Рудници САСА ДООЕЛ, М. Каменица
5. проф. д-р Зоран Десподов, член, ФРГП - Штип
6. ас. М-р Дејан Мираковски, член, ФРГП - Штип
7. Драган Насевски, член, СРГИМ - Скопје
8. Мише Кацарски, член, ИММ, Рудници Злетово, Пробиштип
9. м-р Раде Станковски, член, ИММ, Рудник Тораница, Крива Паланка
10. Борче Гоцевски, член, САСА ДООЕЛ, Мак. Каменица

## ИЗДАВАЧКИ СОВЕТ:

1. проф. д-р Ристо Дамбов, претседател,

### Членови:

2. Љупчо Трајковски
3. м-р Стефко Бошески
4. Благој Горгиевски
5. Драган Насевски
6. м-р Горан Стојкоски
7. Коста Пренцов
8. Герасим Конзулов
9. м-р Костадин Јованов
10. проф. д-р Зоран Десподов
11. Ас. М-р Дејан Мираковски
12. Зоран Богдановски
13. Ацо Насевски
14. Зоран Костоски
15. Слободан Марковски
16. м-р Златко Илиевски
17. Драге Ѓурчиновски
18. Ефтим Мицевски
19. Слободан Димески



**СРГИМ**

Сојуз на рударски и  
геолошки инженери  
на на Р. Македонија

**I<sup>во</sup> СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**

**"ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА КСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ"**

**ПОДЕКС'07**

**ПРОБИШТИП**

**06 - 07. 12. 2007 година**

Избор на економски најефективна метода за откопување според критериумот на оптималност, со обзир на рударско-геолошките услови на наоѓалиштето

**Selection of the best economic method of excavation by criteria of optimum with regard of the mining and geological conditions**

*З.Десџодов, Н.Донева, Факултет за рударство, геологија и политехника, Универзитет "Гоце Делчев", ШТИП*

**Апстракт:**

Изборот на соодветна метода за подземно откопување на рудното наоѓалиште е одговорна и најтешка задача која се поставува испред проектантот односно истражувачот. Одговорноста произлегува од фактот дека трошоците на откопување имаат најголемо учество во вкупните трошоци на експлоатација на рудното наоѓалиште.

Во овој труд е презентирани еден нов пристап при изборот на економски најефективна метода на откопување во металично рудно наоѓалиште со примена на математичко-економска метода за повеќекритериумско одлучување односно методата на критериум на оптималност. Методата е применета на проблемот на избор на откопна метода во условите на ревирот "Свиња Река" во рудникот за олово и цинк "Саса".

**Abstract**

The selection of the most appropriate method of excavation of ore deposit is an important and a very serious task for the Project designer or the explorer. Responsibility is the result from the fact that the costs of the excavation have the largest portion in the overall costs of the exploitation of the ore deposits.

This paper presents a new approach in the choice of the most economical method of excavation on the metallic ore deposit with application of the mathematical-economic method for multicriterium decision or the method of optimum criteria. The method is application at the problem of the choice of mining method in the revir "Svinja reka", "Sasa" mine for lead and zinc.

**Клучни зборови:** метода на откопување, критериум на оптималност.

**1.Вовед**



Влијанието на трошоците на откопување на вкупните трошоци на експлоатација на наоѓалиштето може да биде директно и индиректно.

Директното влијание се остварува преку директните трошоци на откопувањето, како што се: трошоците за подготовка, дупчење и минирање, товарење и транспорт на рудата, осигурување на откопите и др.

Индиректното влијание се остварува преку загубите на рудата при откопувањето, односно искористувањето на рудните резерви и осиромашувањето на рудата поради мешање на руда и јаловинја.

Загубите на рудата освен тоа што претставуваат неповратен губиток на националното богатство, предизвикуваат и индиректно зголемување на трошоците на експлоатација по тон откопана руда поради вложените средства за истражување на рудното наоѓалиште, средства потрошени за инвестициона подготовка, откопување, проектирање и изградба на рудникот.

Осиромашувањето на рудата резултира со намалување на квалитетот на рудата, т.е. до намалување на содржината на корисните компоненти во однос на содржината во рудните резерви. Затоа, осиромашувањето има огромно влијание на зголемувањето на трошоците за откопување, транспорт и извоз и преработка на рудата во флотација. Намалената содржина на корисните компоненти во рудата, има како последица намалено флотациско искористување на корисните компоненти, со што се создаваат нови загуби.

Честопати во рударската практика, или поконкретно при изработката на проекти, избор на најповолна метода на откопување, се врши врз основа на анализа на помал број на техничко-економски фактори и тоа најчесто врз основа на оние фактори кои ги репрезентираат директните трошоци на откопување, додека пак влијателните фактори кои ги репрезентираат индиректните трошоци на откопување поради сложената пресметка на нивното влијание, се занемаруваат. Ваквата постапка при избор на најекономична метода на откопување, е непотполна и честопати доведува до погрешен избор. Тоа особено се случува кога се врши избор помеѓу методи на откопување со ниски производни трошоци, големи загуби и осиромашување, и откопна метода со високи производни трошоци, мали загуби и мало осиромашување. Одлука за најекономична метода на откопување се донесува многупати врз основа само на споредбата на директните трошоци на откопување, кои по правило и даваат предност на првите наведени откопни методи.

Во овој труд се презентирани основните принципи на методата за критериум на оптималност за избор на најекономична метода на откопување, и истата е примената на проблемот за избор на најекономична метода за откопување во рудното наоѓалиште "Свиња Река".

## 2. Критериуми на оптималност

Ќе го прикажеме начинот на пресметка на поединечните критериуми на оптималност и метода ќе ја примениме на еден конкретен пример на рудно наоѓалиште.

Ги усвојуваме следниве критериуми на оптималност:

$U_o = K_1$  - откопен учинок

$T_{ot} = K_2$  - трошоци на откопување



$K_i = K_3$  - коефициент на искористување на рудата

$r = K_4$  - коефициент на осиромашување на рудата

$Cr = K_5$  - вредност на откопаната руда

$Eg = K_6$  - економски загуби поради непотполно искористување на рудата

$Eo = K_7$  - економски загуби поради осиромашување на руда

$T = K_8$  - вкупни трошоци за добивање 1 t руда

## 2.1. Откопен учинок

Откопниот учинок претставува продуктивност на работникот во процесот на откопување. Изразувањето е во тони по надници. Откопниот учинок се пресметува според формула:

$$U_o = \frac{A}{N_s + N_f} \left( \frac{t}{nadn.} \right) \quad (1)$$

каде е:

$A$  - сменско, дневно, месечно или годишно производство во тони,

$N_s$  - ефективни надници потрошени за производството  $A$ ,

$N_f$  - неефективни надници плаќани на товар на трошоците за производство и предизвикани со флукуација на работната сила кај откопувањето (болување, годишен одмор и други отсуства)

Вредноста за  $N_f$  се утврдува за секој работник посебно.

Во рударското производство големината  $N_f$  ги има следните вредности:

$$N_f = (0,15 + 0,25) \cdot N_s \quad (2)$$

Ако во равенката (1) се внесе вредноста за  $N_f$  од равенката (2) ќе се добие:

$$U_o = \frac{A}{N_s + (0,15 + 0,25) \cdot N_s} = \frac{A}{(1,15 + 1,25) \cdot N_s} \quad (t/hadnica) \quad (3)$$

## 2.2. Трошоци на откопување

Трошоците на откопувањето претставуваат вредност на потрошениот материјал, работна сила и енергијата во процесот на откопување и подготовка. Вака пресметаните трошоци се нарекуваат директни трошоци на откопување. Обично се пресметуваат на 1 t откопана руда и се изразуваат во (\$/t).

Ако на директните трошоци на откопување се додадат и трошоците на амортизација, погонската и управувачката режија ќе се добијат вкупните трошоци на откопување. Директните и вкупните трошоци на откопување може да се искажат по фази на технолошкиот процес на откопување.

Ако ги означиме со:



$t_1$  - трошоците за подготовка;

$t_2$  - трошоците за дупчење и минирање;

$t_3$  - трошоците за товарење на рудата и одвоз до рудните сипки ;

$t_4$  - трошоците за подградување на откопот ;

$t_5$  - трошоците за засипување на откопните простори;

$t_6$  - останатите трошоци за помошни работи на откопот;

$t_a$  - трошоците за амортизација на инвестиционите објекти, машини и уреди во процесот на откопување;

$t_r$  - трошоците кои припаѓаат на погонската и управувачката режија;

$T_{ot}$  - директните трошоци на откопување;

$T_{vk.ot}$  - вкупните трошоци на откопување.

Тие ќе бидат:

$$T_{ot} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 \quad (\$/t) \quad (4)$$

$$T_{vk.ot} = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6) + (t_a + t_r) \quad (\$/t) \quad (5)$$

или

$$T_{vk.ot} = T_{ot} + (t_a + t_r) \quad (\$/t) \quad (6)$$

Трошоците означени со  $t_5$  се земаат во предвид само кога се применува метода за откопување со пополнување на празните простори. Кога се применува метода на откопување со зарушување во пресметката на директните и вкупните трошоци на откопување треба да се вклучат и трошоците на зарушување ако такви трошоци постојат.

Ова посебно се нагласува затоа што често пати овие трошоци при изработката на проектот, се разгледуваат и прикажуваат посебно од трошоците за откопување, а тоа е неправилно бидејќи фазата на засипување и зарушување во основа му припаѓаат на процесот на откопување.

### 2.3. Коэффициент на искористување на рудата

Коефициентот на искористување претставува однос на откопаната руда од наоѓалиштето и вкупното количество на руда во наоѓалиштето.

Ако ги означиме со:

$Q$  - рудните резерви во блокот, ( $t$ );

$Q_c$  - количеството на руда кое сме го откопале, со содржина на метал како во рудните резерви, ( $t$ );

$Q_l$  - вкупно количество на откопана руда ( $t$ );

$m$  - содржина на метал во рудните резерви и во откопаната руда, означена со  $Q_c$ ;

$m_1$  - содржина на метал во откопаната руда, изразена во (%), тогаш е:



$$K_i = \frac{Q_c}{Q} \quad \text{или} \quad (7)$$

$$K_i = \frac{Q_1 \cdot m_1}{Q \cdot m} \quad (8)$$

Во случај кога со рудата доаѓа и јаловина со одреден процент на метал, коефициентот на искористување се пресметува по формулите:

$$K_i = \frac{Q_1 - Q_2}{Q} \quad \text{или} \quad (9)$$

$$K_i = \frac{Q_1(m_1 - m_2)}{Q(m - m_2)} \quad (10)$$

$Q_2$  - количество на придојдена јаловина во рудата, ( $t$ );  
 $m_2$  - содржина на метал во јаловината, (%).

#### 2.4. Коефициент на осиромашување

Коефициентот на осиромашување на рудата представува однос на придојдената и со рудата помешана јаловина, и вкупното количество на равна руда.

$$r = \frac{Q_2}{Q_1} \quad (11)$$

при што равната руда е:  $Q_1 = Q_c + Q_2$ .

Коефициентот на осиромашување може да се пресмета и како однос на намалувањето на содржината на метал во откопаната руда и содржината на металот во рудните резерви, односно:

$$r = \frac{m - m_1}{m} \quad (12)$$

Во случај кога придојдената јаловина содржи извесен процент на метал коефициентот на осиромашување се пресметува по следниот образец:

$$r = \frac{m - m_1}{m - m_2} \quad (13)$$

#### 2.5. Вредност на откопаната руда



Вредноста на откопаната руда претставува нето вредност на корисната компонента содржана во 1 t руда, после флотациската и металуршка преработка, намалена за трошоците од металуршката преработка.

Ако ги означиме со:

$m$  - содржина на метал во рудните резерви (%);

$m_1$  - содржина на метал во откопаната руда (%);

$\delta$  - содржина на метал во готовиот производ добиен со металуршка преработка (%);

$m_k$  - содржина на метал во концентратот (%);

$\eta = \frac{m_k}{m_1 \cdot J_f}$  - степен на концентрација на флотациската преработка;

$C_m$  - пазарна цена на металот (\$);

$C_r$  - нето вредност на откопаната руда (\$/t);

$T_m$  - трошоци за металуршка преработка на 1 t концентрат (\$);

$J_f$  - флотациско искористување на металот;

$J_t$  - металуршко искористување на металите;

тогаш е:

$$C_v = \sum_1^n \frac{m_1 \cdot J_f \cdot J_t}{\delta} \cdot C_m - \frac{T_m}{\eta} \quad (\$/t) \quad (14)$$

каде е:

$n$  - број на корисни компоненти во рудата. Ако во образецот (14) вредноста за  $m_1$  ја изразуваме преку коефициентот за осиромашување "r", односно за коефициентот на искористување на металот при откопување се добива:

$$C_r = \sum_1^n \frac{m \cdot (1-r) \cdot J_f \cdot J_t}{\delta} \cdot C_m - \frac{T_m}{\eta} \quad (\$/t) \quad (15)$$

## 2.6. Економска загуба поради непотполно искористување од наоѓалиштето

Загубите на руда, настанати при откопување предизвикуваат економски загуби во работењето на рудникот од две причини:

➤ Инвестиционите средства вложени во истражувачки работи, капитални рударски работи за отворање, разработка и подготовка, производство на руда и останатата изградба на рудникот претставува за секој рудник една одредена големина. Висината на овие трошоци по тон откопана руда е во директна зависност од количеството на откопаната руда, ако се има во предвид дека вложените средства за изградба на рудникот не се менуваат. Тоа значи во колку се намалат загубите на руда, односно зголеми искористеноста на наоѓалиштето, се зголемува количеството на откопана руда и намалуваат трошоците на инвестиционите вложувања по тон произведена руда.



Во општ случај количеството на откопаната руда од едно наоѓалиште се пресметува по образецот:

$$Q_i = \frac{Q \cdot k_i}{(1-r)} \quad (16)$$

Ако ги користиме следните ознаки:

S - инвестициони вложувања при изградба на рудникот;

S<sub>p</sub> - инвестициони трошоци по тон руда,

тогаш следува:

$$S_p = \frac{S}{Q_1} \quad (\$/t) \quad (17)$$

Од образецот 16 се гледа дека количеството на откопана руда е во директна зависност од коефициентот на искористување. Ако земеме на пр., дека десниот дел од образецот не се менува, освен коефициентот на искористување, со зголемување на вредноста на коефициентот на искористување, односно усвојуваме  $k_{in} > k_{in-1} > k_{in-2} \dots > k_{in-m}$ , добиваме количество на равна руда  $Q_{1n} > Q_{1n-1} > Q_{1n-2} \dots > Q_{1n-m}$ . Најголеми количества на равна руда би се добиле во случај кога  $k_{in} = 1$ . Меѓутоа ова е практично не можно, бидејќи одредени загуби се неизбежни. Од образецот (17) се гледа дека со зголемување на Q<sub>1</sub> - количеството на равна руда, доаѓа до намалување на инвестиционите трошоци.

➤ Познато е дека кај секое економично - рентабилно производство се создава одредена акумулација за репродукција на производството односно профит. Во случај на рударската индустрија, профитот е разлика помеѓу вредноста на произведената руда и цената на чинење, односно трошоците за производство на таа руда.

Ако ги означиме со:

C<sub>r</sub> - вредност на произведената руда (\$/t);

T - вкупни трошоци за добивање на рудата (\$/t);

Q<sub>g</sub> - количина на загуба на чиста руда (t);

P - профит по тон произведена руда (\$/t),

тогаш се добива дека:

$$P = C_r - T \quad (\$/t) \quad (18)$$

Вкупната загуба на профит заради загуба на руда по тон произведена руда изнесува:

$$P = C_r - T \cdot \frac{Q_g \cdot k_i}{(1-r)} \quad (\$/t) \quad (19)$$

Економскатите штети (загуби) заради загуба на руда ќе изнесуваат:

$$E_g = (C_r - T) \cdot k_g \quad (\$/t) \quad (20)$$

каде е: k<sub>g</sub> - коефициент на загуби на руда.



## 2.7. Економски загуби поради осиромашување на рудата

Вредноста на произведената руда зависи од нејзиниот квалитет, односно од содржината на корисната компонента во рудата. Доколку осиромашувањето расте, квалитетот на рудата опаѓа, а со тоа и нејзината вредност. Исто така со опаѓање на квалитетот на рудата се намалува искористувањето на метал при флотациската преработка, заради што во однос на осиромашување на рудата потребни се дополнителни количини на руда за да се добие единечна количина на конечен производ, со што се намалува економичноста на производството.

Во општ случај вредноста на произведената руда во функција од осиромашувањето може да се изрази со образецот:

$$C_r = C_{ro} \cdot \left(1 - \frac{r}{100}\right) \quad (\$/t) \quad (21)$$

Ако го земеме во предвид и флотациското искористување и тоа влијание го изразиме преку коефициент  $K$ , претходниот образец ќе ја добие следнава форма:

$$C_r = C_{ro} \cdot \left(1 - \frac{r}{100}\right) \cdot K \quad (\$/t) \quad (22)$$

каде е:

$C_{ro}$  - вредност на рудата со содржина на метал како во рудните резерви ( $\$/t$ );

$r$  - коефициентот за осиромашување (променлива величина);

$K$  - фактор кој го изразува влијанието на флотациското искористување на вредноста на рудата.

Почетната вредност на рудата ( $C_{ro}$ ) може лесно да се пресмета од металот во рудата, односно концентратот земајќи ги во предвид трошоците за металуршка преработка и металуршкото искористување.

Вредноста на факторот  $K$  се одредува експериментално за секој конкретен случај.

Разликата меѓу почетната вредност на рудата ( $C_{ro}$ ) и вредноста  $C_r$  претставува загуба предизвикана од осиромашувањето.

Загубата од осиромашувањето може да се изрази и преку тошоците за дополнителна количина на руда во однос на количината на неосиромашена руда, потребна за добивање на единица финален производ (тон метал). Во основа економскиот губиток еднаков е на трошоците за добивање и преработка на дополнителните количини руда, зголемени за вредноста на зголемениот губиток на метал кај флотациската преработка.

Ако означиме со:

$E_0$  - економска загуба заради осиромашување;

$Q_d$  - дополнителна количина на руда за производство на единица финален производ;

$T_{от}$  - трошоци за откопување на руда, ( $\$/t$ );

$T_t$  - трошоци за транспорт на рудата, ( $\$/t$ );

$T_i$  - тошоци за извоз на рудата, ( $\$/t$ );

$T_f$  - тошоци за флотациска преработка, ( $\$/t$ );

$T_d$  - дополнителни трошоци за преработка на 1 т осиромашена руда, ( $\$/t$ );



V - вредност на зголемената загуба на метал кај флотациската преработка, (\$), тогаш е:

$$E_0 = Q_d \cdot (T_{ot} + T_t + T_i + T_f) + (T_d \cdot V) \cdot \frac{\delta}{m_1 \cdot J_f \cdot J_t} \quad (23)$$

Големината  $Q_d$  ја пресметуваме од односот:

$$Q_d = \frac{\delta}{m_1 \cdot J_{f1} \cdot J_t} + \frac{\delta}{m \cdot J_f \cdot J_t} \quad (t) \quad (24)$$

каде што е:

$J_{f1}$  - флотациско искористување на осиромашената руда со содржина на метал  $m_1$ ;

$J_f$  - флотациско искористување на неосиромашената руда со содржина на метал  $m$ .

Вредноста за (V) ја добиваме на следниов начин:

$$V = (J_f - J_{f1}) \cdot P \quad (\$/t) \quad (25)$$

Економската загуба од осиромашувањето, пресметано на 1 т произведена равна руда може да се одрди по образецот:

$$E_{ot} = \frac{E_0 \cdot m_1 \cdot J_{f1} \cdot J_f}{\delta} \quad (\$/t) \quad (26)$$

## 2.8 Вкупни трошоци за производство на руда -цена на чинење

Вкупните тошоци за производство на еден тон руда се нарекуваат „цена на чинење“. Значи, под поимот цена на чинење кај производството на руда се подразбира збир од сите трошоци за производство и флотациска преработка на рудата.

Ако ги означиме со:

$T_p$  - трошоци за подготовка;

$T_{ot}$  - трошоци за откопување;

$T_t$  - трошоци за транспорт;

$T_i$  - трошоци за извоз;

$T_{od}$  - трошоци за одводнување;

$T_v$  - трошоци за вентилација;

$T_s$  - сите останати трошоци (режиски работници во јама и рудник, законски и други обврски и др.);

$T_f$  - трошоци за флотациска преработка на рудата;

T - вкупни трошоци - цена на чинење, тогаш е:

$$T = (T_p + T_{ot} + T_t + T_i + T_{od} + T_v + T_s + T_f) \quad (\$/t) \quad (27)$$

Големината на трошоците по фази од технолошкиот процес на експлоатација е различна, и е во директна зависност од применетата технологија на експлоатација.



### 3. Основни принципи на методата на критериум на оптималност за избор на најекономична откопна метода

Оваа математичка метода се користи во завршната фаза од изборот на метода на откопување односно кога можните методи на откопување изберени врз основа на рударско-техничките и геолошките услови на рудното наоѓалиште се обработени и кога се познати нивните техничко-економски параметри. Во постапката за избор на најекономична метода за откопување како влезни големини се користат техничко-економските параметри на поединечните методи на откопување, добиени со предходна обработка на откопните методи. Оваа метода исто така е погодна за пресметување на големината на влијанието на поедини критериуми (техничко-економски параметри) на методата на откопување на нејзината вкупна економичност.

Принципите на методата на критериумот на оптималност се состојат во следното:

1. За секоја метода на откопување, која се споредува и чија економичност се оценува, се пресметува вредноста на поедините критериуми:

$$K_1, K_2, \dots, K_i, \dots, K_n.$$

2. Врз основа на добиените вредности и во зависност од тоа дали се работи за максимизација или минимизација на критериумот, се одредува оптималната вредност помеѓу истоимените критериуми  $K_{i,lo}$ .

3. Од познатите вредности на критериумите се пресметува големината на векторот  $X_m^n$ , по формулата:

$$X_m^n = \Delta K_i = \frac{K_{i,lo} - K_{i,m}}{K_{i,lo}} \quad (28)$$

$$m = 1, 2, \dots, l;$$

$$n = 1, 2, \dots, k;$$

4. Се пресметува големината на норма-векторот  $R_i$  според изразот:

$$R_i = \sqrt{(X_1^n)^2 + (X_2^n)^2 + (X_3^n)^2 + \dots + (X_m^n)^2} \quad (29)$$

5. Се пресметува минималната вредност на векторот  $R_i$ .

Минималната вредност на норма-векторот ја дефинира оптималната вредност на економичноста.

Влијанието на поедините критериуми на економичноста на методата на откопување  $l$  изразено во %, се пресметува врз основа на модифицираната равенка (2), која сега го има следниот облик:

$$l = \frac{(X_1^n)^2}{R_i^2} + \frac{(X_2^n)^2}{R_i^2} + \frac{(X_3^n)^2}{R_i^2} + \dots + \frac{(X_m^n)^2}{R_i^2} \quad (30)$$

### 4. Примена на методата за избор на најекономична метода за откопување на орудувањето во ревиорот "Свиња Река"

Врз основа на рударско-техничките и геолошките услови на рудното наоѓалиште "Свиња Река" се предложени следните откопни методи:

- Хоризонтално слојно откопување со хидрозаполнување одоздола - нагоре - Варијанта I,



- Хоризонтално слојно откопување со пополнување со слаб бетонски засип одозгора - надолу - Варијанта II,
- Подетажна метода со зарушување по протегање на рудното тело-Вар. III,
- Подетажна метода со зарушување (Шведска варијанта) - Варијанта IV .

Со обработка на овие откопни методи, како и од искуствени сознанија при претходна примена и пробни откопи се одредени нивните техничко-економски параметри односно критериумите на оптимизација, и тие се прикажани во таб. 1.

Табела 1.

Р.б	критериум $K_i$	ознака	мерка	метода на откопување			
				запол. со хидро-засип	запол. со слаб бетон	подет. со заруш.по протегање	подет. со зарушув. (шведска вариј.)
1	Откопен учинок	$U_o$	т/над	29.05	26.44	11.5	7.81
2	Тошоци на откоп. со подготовка	$T_{от}$	$\$/t$	10.89	14.55	14.8	13.44
3	Коефициент на искористување на рудата	$K_i$	%	86.0	95.0	75.30	62.0
4	Коефициент на осиромашување на рудата	$O_r$	%	13.0	9.0	26.0	26.0
5	Вредност на откопаната руда	$C_r$	$\$/t$	147.7	154.5	125.7	125.7
6	Економски загуби поради губиток на руда	$E_g$	$\$/t$	17.37	6.46	26.35	39.37
7	Економски загуби поради осиромашување на рудата	$E_o$	$\$/t$	18.68	12.93	37.35	37.35
8	Вкупни трошоци за 1 тон руда - цена на чинење	$T$	$\$/t$	23.6	25.3	19.0	22.1

Вредностите на векторот  $X_m^n$  и норма векторот  $R_i$  се пресметани според претходно наведената методологија и се представени во табела 2.

Табела 2

критериум $K_i$	вредност на векторот $X_m^n$			
	метода на откопување			
	вариј. I	вариј. II	вариј. III	вариј. IV
1	0	0.090	0.604	0.731
2	0	0.336	0.264	0.234
3	0.095	0	0.207	0.347
4	0.444	0	1.889	1.889
5	0.044	0	0.186	0.186
6	0.086	0	0.647	1.461
7	0.445	0	1.889	1.889
8	0.242	0.332	0	0.163
$\Sigma \Delta K_i^2$	0.472	0.231	8.066	10.040
$R_i$	0.687	<b>0.481</b>	2.840	3.169

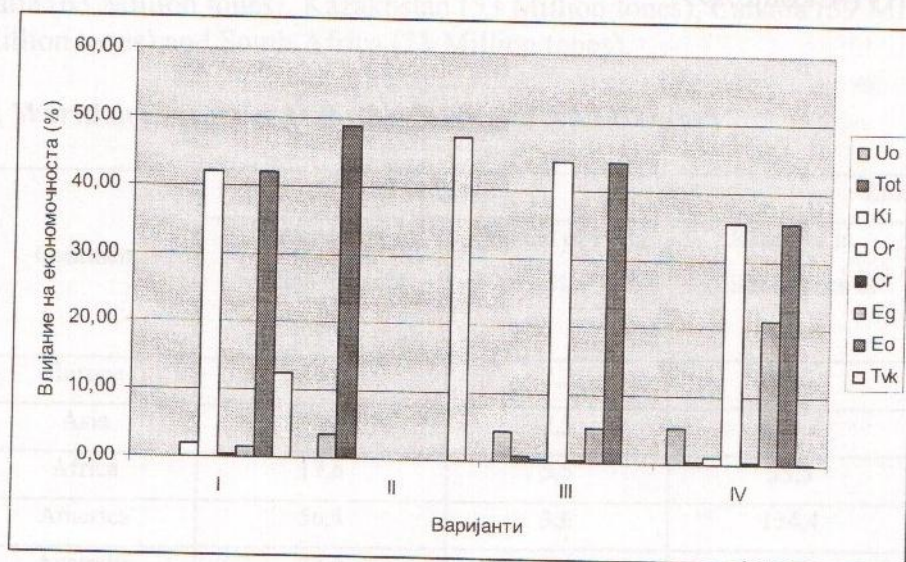


Од претходната табела се гледа дека за откопување на рудното наоѓалиште "Свиња Река", најекономична откопна метода е: откопната метода со хоризонтално слојно откопување со бетонски засип - (вариј. II), бидејќи вредноста на норма векторот  $R_i$  е минимална.

Вредностите на влијанието на поедините критериуми односно техно-економски параметри на економичноста на методата на откопување за поедините методи се пресметани и прикажани таб. 3, а графички на слика 1. Од слика 1 се забележува дека најголемо влијание на економичноста на методите со пополнување имаат трошоците на откопување, додека пак кај методите со зарушување најголемо влијание на економичноста имаат осиромашувањето и економските загуби поради осиромашувањето на рудата и загубите на руда при откопувањето.

Табела 3.

критериум $K_i$	вредност на влијанието на економичноста (%)			
	метода на откопување			
	вариј. I	вариј. II	вариј. III	вариј. IV
1	0.00	3.51	4.52	5.32
2	0.00	48.90	0.87	0.55
3	1.90	-	0.53	1.20
4	41.84	-	44.23	35.54
5	0.41	-	0.43	0.35
6	1.55	-	5.19	21.25
7	41.89	-	44.22	35.53
8	12.41	47.60	-	0.27
вкупно	100	100	100	100



сл.1 Влијание на критериумите на економичноста за различни методи на откопување



## Заклучок

Профитабилноста при работењето е императив на секое рударско претпријатие. Новосоздадените услови на стапанисување во рударството налагаат остварување на што е можно подобри економски резултати со цел да се опстои во циклусот на производство. За таа цел, е потребно да се воведуваат економични и продуктивни методи во процесот на подземната експлоатација на минералните сировини. Свој придонес во таа насока има и претходно предложената и применета на конкретните услови во наоѓалиштето "Свиња Река" метода на критериум на оптималност за избор на најекономична метода на откопување. Точноста на методата е дотолку поголема доколку биде усвоен поголем број на критериуми за споредување и доколку е извршено точно пресметување на нивните бројните вредности.

## Литература

1. Милчевски В.: Избор на метод за откопување на рудното наоѓалиште помеѓу хоризонтите XV и XVI – "Свиња Река-запад, дипломска работа.РГФ-Штип, 2000
2. Stanković R.: Izbor metoda otkopavanja primenom kriterijuma optimalnosti, Zbornik radova, RMF-Bor, 1980.
3. Техничко-економска анализа за избор на технологија за откопување со зайолнување во ревириот "Свиња Река" во рудниците "Саса"-М.Каменица, Рударски институт- Скопје, 1992
4. Дојолнишелен рударски проект за избор на оптична метода на лежиштето "Свиња Река" помеѓу хоризонтите XVI и XV во рудниците "Саса"- М.Каменица, Рударски институт-Скопје,1997