

ГОДИШНИК
НА
МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ
“СВ. ИВАН РИЛСКИ” – СОФИЯ

Том **59**
СВИТЪК III: МЕХАНИЗАЦИЯ,
ЕЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
НА МИНИТЕ

ANNUAL
OF
UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY
“ST. IVAN RILSKI” – SOFIA

Volume **59**
PART III: MECHANIZATION, ELECTRIFICATION AND
AUTOMATIZATION IN MINE



Издателска къща “Св. Иван Рилски”
Publishing House “St. Ivan Rilski”
София, 2016
Sofia, 2016

ISSN 1312-1820

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

доц. д-р Павел Павлов – главен редактор
проф. д-р Вяра Пожидаева – зам. главен редактор
доц. д-р Антоанета Янева – председател на редакционен съвет
доц. д-р Елена Власева – председател на редакционен съвет
проф. д-р Йордан Кортенски – председател на редакционен съвет
проф. д-р Десислава Костова – председател на редакционен съвет
инж. Александрина Пачалова – секретар

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

на Свитък III – Механизация, електрификация и автоматизация на мините

доц. д-р Антоанета Янева – председател
проф. д-р Васил Ангелов
доц. д-р Здравко Илиев
доц. д-р Ангел Зъбчев
доц. д-р Румен Исталиянов
доц. д-р Николай Янев

СЪДЪРЖАНИЕ

Иван Минин	Зависимост на коефициента на напълване с топки на барабанните мелници от изразходваната мощност с цел определянето му по време на движение	7
Петко Недялков Иван Минин Симеон Савов Христо Шейретов	Относно оценката на ресурса на многокофови багери	10
Христо Шейретов	Определяне на предавателните отношения на зъбните предавки на вална скоростна кутия на шарнирно съчленен самосвал	15
Христо Шейретов	Изследване влиянието на различни фактори върху натоварването на ролките на лентови транспортъори	20
Кристиян Цветков Юлиян Димитров	Структуриране и унифициране на системата от базови елементи на челюстните трошачки	25
Юлиян Димитров Кристиян Цветков	Геометрично моделиране при оптимизиране на параметри на челюстните трошачки	30
Любен Тасев	Интензивност на износването на бандажите в рудничните локомотиви за подземен извоз	34
Николай Динев Райна Вучева Виолета Трифонова-Генова	Относно численото моделиране на натоварване върху нож на кофа	38
Николай Динев Райна Вучева Виолета Трифонова-Генова	Изследване върху напрегнатото състояние на нож на кофа	41
Юрий Иванов Светлозар Токмакчиев	Изследване шума и вибрациите на автомобилите „КРАЗ-2516“ в условията на рудник „Асарел Медет“	45
Стефан Чобанов	Внедряване на система за МТЗ с комбинирана логическа и посочна селективност в РУСН на АУРУБИС България	49
Стефан Чобанов	Проблеми на първичната комутация при ретрофит на КРУ	55
Влад Михай Паскулеску Николае Йоан Власин Мариус Корнел Сувар Даниел Флореа	Изследване на защита от заземяване при съоръжения с високо напрежение чрез заземена неутрална точка	60
Красимир Велинов	Изследване на ефективността на светодиоди	64
Красимир Велинов	WEB базирана база данни за осветители	68

Румен Исталиянов Николай Лаков Венцислав Спасов	Оценка к.п.д. на фотоволтаични панели при продължителна експлоатация	71
Тодор Върбев	Токове на еднофазно земно съединение в електроснабдителните системи на подвижните подстанции в „МИНИ МАРИЦА-ИЗТОК“ ЕАД	74
Тодор Върбев	Анализ на условията за електробезопасност при експлоатация на електроснабдителни системи захранвани от подвижни подстанции в „МИНИ МАРИЦА-ИЗТОК“ ЕАД	77
Теодора Христова	Приблизителен метод за определяне мощността на двигателите на челюстните трошачки използвани за едро трошене	80
Мила Илиева-Обретенова	Макет за изследване на операционен усилвател	84
Лоранд Тот Анджелика Каламар Георге Артур Гаман Сорин Симион Мариус Ковач	Проверка на размерите на мостове чрез използването на лимнометричен ключ	89
Мариана Трифонова Лина Драганова	Едно допълнение към SCATTER-диаграмите в EXCEL	93
Асен Стоянов	Изследване движението на механична система с две степени на свобода в матрична форма	97
Асен Стоянов	Решаване на статически определими пространствени ферми в матрична форма	100

CONTENTS

Ivan Minin	Establishment of the dependence of the coefficient of filling with balls for drum mills on the power consumption in order of its determination during motion	7
Petko Nedyalkov Ivan Minin Simeon Savov	Concerning on resource assessment of bucket wheel excavators	10
Hristo Sheiretov	Determination of the gear ratios in the automatic gearbox of an open pit dump truck	15
Hristo Sheiretov	Examination of the influence of different factors on the rollers loading of a belt conveyor	20
Kristian Cvetkov Julian Dimitrov	Structurization and unification the system of jaw crusher basic elements	25
Julian Dimitrov Kristian Cvetkov	Geometric modeling at optimization of jaw crushers parameters	30
Lyuben Tasev	Intensity of wear of the bracelet in the mine locomotives for underground transportation	34
Nikolai Dinev Raina Vucheva Violeta Trifonova – Genova	Appearance of plastic deformations in tube, loaded by interior force	38
Nikolai Dinev Raina Vucheva Violeta Trifonova – Genova	Study on the stressed state of knife basket	41
Yuri Ivanov Svetlozar Tokmakchiev	Testing the noise and vibrations of KRAZ-2516 vehicles in Asarel Medet mine	45
Stefan Chobanov	Implementing a system for overcurrent protections with a combined logic and directional discrimination in mv distribution systems at AURUBIS Bulgaria	49
Stefan Chobanov	Problems that occurs at the primary commutation in the reconstruction of switchgears	55
Vlad Mihai Pasculescu Nicolae Ioan Vlasin Marius Cornel Suvar Daniel Florea	Study on the protection to earthings in high voltage installations with ground-isolated neutral point	60
Krasimir Velinov	Study of the efficiency of leds	64

Krasimir Velinov Svetlana Velinova	WEB-based database for luminaries	68
Rumen Istalianov Nikolay Lakov Ventsislav Spasov	Evaluation efficiency photovoltaic modules in continuous service	71
Todor Vabev	Investigation of a currents via single-phase grounded connection in electrical power supply systems from the mobile subsystems of "MINI MARITSA IZTOK" EAD	74
Todor Vabev	An analysis of the electrical safety conditions during a maintenance of the electrical power supply systems from the mobile subsystems of "MINI MARITSA-IZTOK" EAD	77
Teodora Hristova	Approximate method for determination of engine power of jaw crushers for coarse	80
Mila Ilieva-Obretenova	Test model for operation amplifier research	84
Lorand Toth Angelica Călămar George Artur Găman Sorin Simion Marius Kovacs	Dimensional inspection of bridges by using the limnimetric key	89
Mariana Trifonova Lina Draganova	An amplification to SCATTER diagrams in MS EXCEL	93
Asen Stoyanov	Analysis of the motion of a mechanical system with two degrees of freedom in matrix form	97
Asen Stoyanov	Resolving the staticall determinate three dimensional trusses in a matrix form	100

ЗАВИСИМОСТ НА КОЕФИЦИЕНТА НА НАПЪЛВАНЕ С ТОПКИ НА БАРАБАННИТЕ МЕЛНИЦИ ОТ ИЗРАЗХОДВАНАТА МОЩНОСТ С ЦЕЛ ОПРЕДЕЛЯНЕТО МУ ПО ВРЕМЕ НА ДВИЖЕНИЕ

Иван Минин

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София, minin@dir.bg

РЕЗЮМЕ. Коефициентът на напълване с топки на барабана на топковите мелници е основен параметър. От него зависят основните технологични параметри на барабанните топки мелници като: относителен енергоразход за единица готов продукт, относителна производителност, добив на разчетна класа, циркуляционен товар и др. Поради непрекъснатото износване на облицовките на барабана на мелницата и износването на самите топки и добавянето на нови, той се променя и е необходимо да бъде измерван и контролиран. Измерването му става най-често при спиране на мелницата, а това не е възможно да се прави често по технологични и икономически причини. Този проблем не съществува при съвременните мелници, оборудвани с товарна клетка. В настоящата статия е показан начин за аналитично определяне на коефициента на напълване само с измерване на мощността, черпена от двигателя на мелницата без да е необходимо спиране на съоръжението.

Ключови думи: мелница, относителна скорост, коефициент на напълване, топков товар.

ESTABLISHMENT OF THE DEPENDENCE OF THE COEFFICIENT OF FILLING WITH BALLS FOR DRUM MILLS ON THE POWER CONSUMPTION IN ORDER OF ITS DETERMINATION DURING MOTION

Ivan Minin

University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski“, 1700 Sofia, E-mail: minin@dir.bg

ABSTRACT. The coefficient of filling with balls of the drum of ball mills is a key parameter. It depends on the basic technological parameters of drum ball mills such as relative energy consumption per unit of product, relative productivity, yield of estimated fraction, circulating load and others. Due to the constant abrasion wear of drum linings and of the balls themselves, as and the addition of new ones, it changes and it is necessary to be measured and controlled. Its measurement most frequently is during a cessation of operation of the mill and this can not be done often for some technological and economic reasons. This problem does not exist in modern mills that are equipped with load cell. This article shows the way of analytical determination of the coefficient of filling only through measurement of the power for the mill engine with no need to stop the facility.

Keywords: mill, relative speed, coefficient of filling, ball load.

Теоретична постановка

Механичният режим на работа на барабанните мелници се характеризира с два основни параметъра:

1. Коефициент на запълване с топки в барабанните мелници - определя се съгласно израза:

$$\varphi = \frac{V_{mc}}{V} = \frac{4 \cdot M_{mc}}{\rho_{mc} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot L} \quad (1)$$

където:

- $M_{mc,t}$ - маса на мелещите тела;
- $\rho_{mc}, t/m^3$ - насипна плътност на мелещите тела;
- D - диаметър на барабана, m;
- L - дължина на барабана, m.

Насипната плътност на мелещите тела зависи от техния фракционен състав и плътността на материала, от който са изработени. При приближени разчети насипната плътност на топките (1) е приета $\rho_{mc} = 4,514t/m^3$.

Мелещата среда в барабанните мелници се увеличава в движение от силите на триене, които възникват между въртящата се вътрешна повърхност на барабана (облицовката) и прилягащата ѝ сила на мелещата среда, а също и вследствие на триенето между останалите слоеве от мелещи тела.

2. Относителна ъглова скорост на барабана ψ , равна на отношението на фактичката ъглова скорост ω към условната критична ъглова скорост $\omega_{кр}$.

$$\psi = \frac{\omega}{\omega_{кр}} \quad (2)$$

Влизащата във формула (2) условна критична ъглова скорост на въртене на барабана на мелницата съответства на такава скорост на въртене, при която силата на инерцията на въртеливото движение на мелещото тяло с център на тежестта на вътрешната повърхност на барабана е равна на силата на тежестта на това тяло. В този случай мелещото тяло е с безкрайно малки размери, повдигнато е в най-горната точка на барабана, намира се в

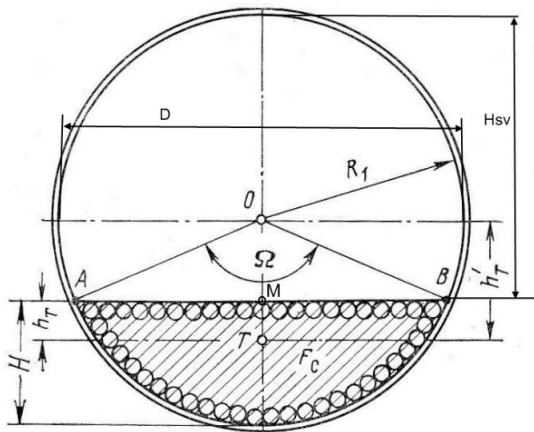
динамично равновесие, т.е. не се отделя от повърхността на барабана (облицовката), върти се заедно с нея като едно цяло (центрофугира). Условната критична скорост се определя по формулата:

$$\omega_{KP} = \frac{42,3}{\sqrt{D}}, \text{rad/s} \quad (3)$$

Където: D е диаметър на барабана на мелницата, m.

Определяне на коефициента на запълване с топки на барабанни мелници тип МШЦ 4,5х6, смилаци медни руди.

Определянето на коефициента на напълване с топки се прави при спряна мелница, когато топковият товар застава както е показано на фиг.1. Съгласно фиг. 1 е възможно да се определят параметрите на напълването на барабана с мелеща среда, както следва:



Фиг. 1. Измерване на размерите на мелницата и определяне на масата на топковия товар

Централен ъгъл, определен от сектора зает с мелеща среда:

$$\cos \frac{\Omega}{2} = \frac{OM}{AO} = \frac{H - \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{2H - D}{D} \quad (4)$$

Площ на сектора, зает с мелеща среда:

$$S_{AB} = \frac{D^2}{4} \arccos \left(\frac{2H_{SV} - D}{D} \right) - \left(H_{SV} - \frac{D}{2} \right) \sqrt{\frac{D^2}{4} - \left(H_{SV} - \frac{D}{2} \right)^2}, \text{m}^2 \quad (5)$$

Обем на сектора, зает с мелеща среда:

$$V_{mc} = V_{AB} = L \cdot S_{AB}, \text{m}^3 \quad (6)$$

Масата на сектора, зает с мелеща среда, може да бъде определена съгласно израза:

$$M_{AB} = \rho_{mc} L S_{AB}, \text{t} \quad (7)$$

където: " ρ_{mc} " е плътността на мелещата среда, приета за средна плътност $\rho_{mc} = 4,514 \text{t/m}^3$ на топки с различни размери в резултат на износването.

Тогава коефициентът на запълване с мелещи тела се определя:

$$\varphi = \frac{V_{mc}}{V} = \frac{4 \cdot L \cdot S_{AB}}{\pi \cdot D^2 \cdot L} = \frac{4 \cdot S_{AB}}{\pi \cdot D^2} \cdot 100, \% \quad (8)$$

Използвайки горната методика, се определи коефициентът на запълване с топки на 8 барабанни мелници тип МШЦ 4,5 х 6 на дати, когато те са спирани за ремонт, профилактика или по технологични причини. Регистрираните данни за коефициента на напълване за една произволно избрана мелница са показани последователно за отделните месеци на фиг.2. Графично и таблично са представени коефициентът на напълване и измерванията на вътрешния диаметър на барабана на избраната мелницата, както и измерената часова средна мощност на двигателя преди спирането таблично в табл.1.



Фиг. 2. Коефициент на напълване на избрана мелница регистриран по дати

От кривата, показана на фигура 2, е видно, че коефициентът на напълване с топки се променя в сравнително големи граници. Това се дължи от една страна на износване на топките в зависимост от количеството и едрината на постъпващата в мелницата руда, а от друга - на неравномерно подаване на нови топки в барабана на мелницата. Това става по методика, която отчита само количеството преработена руда и не отчита физико-механичните свойства на рудата, които често са различни в рамките на едно рудно находище. Много често на процеса влияят и субективни фактори като неравномерни доставки на нови топки в обогатителните фабрики, доставка на топки с различна твърдост и състав и т.н.

Таблица 1.

Измерени D, H_{SV}, H_{sv} и изчислени φ за избраната мелница

	D	H	φ	M_T	P	ψ
	m	m	%	t	kW	
	1	2	3	4	5	6
1	4.24	2.60	35.7101	139.2	2080	0.8
2	4.30	2.68	34.467	138.1	2110	0.8
3	4.33	2.70	34.4299	139.9	1800	0.8
4	4.23	2.36	42.642	165.4	2065	0.8
5	4.23	2.50	38.4757	149.2	2010	0.8
6	4.24	2.60	35.7101	139.2	2109	0.8
7	4.22	2.35	42.7745	165.1	2200	0.8

Намиране на взаимовръзки между механичните параметри на изследваните мелници

Параметрите на механичния режим на мелницата се определят по три основни параметъра:

- консумирана мощност - P , kW;
- коефициент на напълване на барабана с топки - φ , %;
- относителна ъглова скорост (спрямо критичната) - скоростен фактор на режима на работа на мелницата - ψ ;

Между тези три фактора е възможно да се определи зависимост.

Поради факта, че в процеса на предаване на мощността има фактори, които не са прецизно детерминирани, е избран подход на регистриране на взаимовръзките между коефициента на напълване и консумираната мощност. Тъй като диаметърът на барабана в процеса на износване на облицовките се променя, съответно се повлияват и коефициентът на напълване, и относителната ъглова скорост. В случая влиянието върху скоростния фактор няма как да бъде контролирано или определено, тъй като изследваните мелници нямат регулируемо задвижване. Поради тази причина е търсена взаимовръзка между коефициента на напълване и мощността на консумирана от двигателя на мелницата.

На базата на събраните данни и с помощта на съответните компютърни програми са разкрити зависимости от следния тип:

$$\varphi = A_1 \cdot P + A_2 \cdot P^2, \quad (8)$$

като за всички зависимости са изпълнени статистическите критерии за оценка и адекватност. Данните за функциите за 8-те изследвани мелници са дадени в табл. 2.

Таблица 2.
Зависимост между коефициента на напълване и мощността

	A_1	A_2	φ (P_{min})	φ (P_{mid})	φ (P_{max})
1	0.0233799	-0.0000023	34.53	38.18	40.15
2	0.0186998	-0.0000009	33.75	37.57	39.08
3	-0.0006767	0.0000083	34.01	34.46	39.62
4	0.0282288	-0.0000051	34.41	35.65	36.49
5	0.0095378	-0.0000034	33.40	35.34	37.97
6	0.0281969	-0.0000053	34.01	35.68	36.34
7	0.0452425	-0.0000137	36.48	35.53	34.40
8	0.0183695	-0.0000007	35.36	37.35	40.29

Изводи

Аналитично определената връзка между коефициента на напълване и мощността на двигателя на мелницата с износването на облицовките дава възможност да бъде определен коефициентът на напълване с топки, без да се налага спирането на мелничния агрегат.

Отрицателният знак пред коефициента A_2 отчита намаляването на изразходваната мощност с повишаването на коефициента на напълване в малка зона от изменението му, дължащо се на преместването на центъра на тежестта на изнесените по посока на движение от центробежните сили топки към оста на въртене на мелницата.

При използване на показаната в настоящата статия методика е препоръчително да се направят повече на брой измервания с цел подобряване на статистическите критерии за оценка и адекватност.

Литература

- Божанов Емил С., Иван Н. Вучков, "Статистически методи за моделиране и оптимизиране на многофакторни обекти", София, Техника, 1973.
- Олевский В., „Размольное оборудование обогатительных фабрик”, Москва, 1963.
- Христо Цветков, „Обогатителни машини”, Техника, София 1976.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Механизация на мините”.