

ГЕОТЕХНОЛОГІЯ

УДК 622.235

С. В. Диняк, асп., **К. В. Андрасович**, студент (НТУУ «КПІ»)**ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ТИПУ ДРОБАРНОГО
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ЦИКЛІЧНО-ПОТОЧНОЇ
ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЩЕБЕНЮ ТА ПІДВИЩЕННЯ
ПРОДУКТИВНОСТІ ЙОГО РОБОТИ****S. V. Dyniak, K. V. Andrasovych** (National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute»)**RATIONAL TYPE OF CRUSHING EQUIPMENT SUBSTANTIATION
FOR CYCLICALLY-CURRENT TECHNOLOGY PRODUCTION OF
CRUSHED STONE AND IMPROVEMENT IT'S WORK EFFICIENCY**

Проведено аналіз технологічних ліній підприємств гірничодобувної промисловості України та виділено ряд недоліків. На прикладі Пинязевицького родовища гранітів розглянуто можливість удосконалення циклічно-поточної технології виробництва щебеню за рахунок застосування і встановлення в зоні проведення гірничих робіт сучасної гираційної дробарки у комплексі з крутопохилим конвеєром. Встановлено залежність продуктивності дробарки від форми та розмірів шматків гірничої маси. Запропонований об'єм шматків гірничої маси неправильної форми визначати за допомогою рівняння овалу Кассіні. Доведено, що найбільш доцільною формою шматків для подрібнення в дробарці і досягнення максимальної продуктивності її роботи є паралелепіпед.

Ключові слова: гірнича маса, дробарка, об'єм шматків, подрібнення, продуктивність, рівняння овалу Кассіні, форма шматків.

Проведен анализ технологических линий предприятий горнодобывающей промышленности Украины и выделен ряд недостатков. На примере Пинязевитского месторождения гранитов рассмотрена возможность усовершенствования циклично-поточной технологии производства щебня за счет применения и установки в зоне проведения горных работ современной гирационной дробилки в комплексе с крутонаклонным конвейером. Установлена зависимость производительности дробилки от формы и размеров кусков горной массы. Предложен объем кусков горной массы неправильной формы определять с помощью уравнения овала Кассини. Доказано, что наиболее целесообразной формой кусков для измельчения в дробилке и достижения максимальной производительности ее работы является параллелепипед.

Ключевые слова: горная масса, дробилка, объем кусков, измельчение, производительность, уравнение овала Кассини, форма кусков.

The analysis of production lines of mining industry in Ukraine is made, a number of deficiencies is identified. Opportunity of improving cyclic-flow technology of crushed stone production (Pinyazevitsky rock quarry) due to the using and installation in the mining area modern crushers in combination with high-angle conveyor is considered. Dependence of the crusher

performance on the shape and size of rock mass pieces is set. Determining the amount of rock mass pieces with irregular shape using equation of Cassini oval is suggested. The most appropriate form of pieces for crushing in a crusher and receiving maximum performance of its work is parallelepiped.

Keywords: rock mass, crusher, the volume of pieces, shredding, performance, equation of Cassini oval, shape of pieces.

Вступ. Аналіз сучасного стану гірничодобувної промисловості України показав, що більшість підприємств галузі знаходиться на стадії активної розробки розвіданих покладів корисних копалин на значних глибинах [1, 2, 3]. Технологічний процес їх видобування відкритим шляхом включає в себе: розкривні, бурові та підривні роботи; подрібнення гірничої маси; навантаження, транспортування та розвантаження підірваної та подрібненої гірничої маси. Для кожної складової цього процесу характерним є значне техногенне навантаження на природне середовище, зокрема через викиди забруднюючих речовин та пилу. Через транспортування гірничої маси вантажними автомобілями підприємства здійснюють значні фінансові витрати на паливо та паливно-мастильні матеріали. Для зниження негативного ефекту необхідно проводити зміни в технологічних процесах підприємств.

Викладення матеріалу досліджень. На прикладі Пинязевицького родовища гранітів розглянуто можливість удосконалення циклічно-поточної технології виробництва щебеню за рахунок застосування і встановлення в зоні проведення гірничих робіт сучасної гіраційної дробарки у комплексі з крутопохилим конвеєром.

Основне обладнання, яке на сьогодні використовується для подрібнення гірничої маси на підприємстві – щокова дробарка СМД-118, яка призначена для первинного подрібнення граніту [4]. У зв'язку з тим, що дробарка з економічної точки зору при зростанні продуктивності підприємства втрачає актуальність, постала необхідність розгляду альтернативних варіантів обладнання для подрібнення гірських порід. При його виборі необхідно враховувати такі основні технологічні показники як продуктивність кар'єра та дробарки, показник по крупності фракцій на виході, екологічні та економічні показники тощо.

Аналіз сучасного дробарного обладнання згідно необхідного гранулометричного складу, можливості розширення мережі свердловин, цінкових показників [5] показав, що найбільш доцільними та раціональними для даних умов є дробарки марок Metso Superior МК-II 54-75 та Sandvik CG820. Порівняльний аналіз їх основних характеристик наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Основні характеристики дробарок Metso Superior МК-II 54-75 та Sandvik CG820

Показник	Metso Superior МК-II 54-75	Sandvik CG820
Продуктивність, т/год	2000	2000

Продовження табл. 1

Показник	Metso Superior МК-II 54-75	Sandvik CG820
Діапазон зазору, мм	125-200	130-205
Приймальний отвір, мм	1370	1350
Вага дробарного комплексу, т	242	262
Встановлена потужність, кВт	450	450
Об'єм приймального бункера, м ³	95	-
Об'єм розвантажувального бункера, м ³	250	-
Ширина розвантажувального бункера, мм	2000	1600
Довжина розвантажувального бункера, мм	2500	3000
Футеровка дна/бічної поверхні розвантажувального бункера, мм	40/30	20/10
Кран з поворотною стрілою	Так	Ні
Сходові секція	Так	Ні
Опція роботи при низьких температурах (-35°C)	Так	Ні
Поворот стріли гідравлічного молота, град	350	170
Привод	Ремінний	Прямий
Конструкція для встановлення на фундамент	Так	Ні
Вартість, тис. у.о.	9554	9447

Порівняльний аналіз основних характеристик дробарок Metso Superior МК-II 54-75 та Sandvik CG820, згідно даних табл. 1 [6, 7], показав, що при однакових значеннях продуктивності та встановленої потужності, дробарка Metso Superior МК-II 54-75 має ряд переваг. До недоліків дробарного комплексу Metso Superior МК-II 54-75 можна віднести меншу довжину його розвантажувального бункера, у порівнянні з Sandvik CG820. Цей недолік компенсується відповідно його більшою шириною, тому корисна площа розвантажувального бункера двох порівнювальних комплексів є приблизно однаковою. Вартість дробарного комплексу Metso Superior МК-II 54-75 вища, ніж Sandvik CG820, лише на 1,12 % при великій кількості його очевидних переваг. Отже, дробарка Metso Superior МК-II 54-75 є більш доцільною та ефективною для даних умов.

Основним показником роботи дробарки є її продуктивність. Чим вона більша, тим вищою є ефективність роботи. Значення продуктивності P можна визначити за формулою:

$$P = V/t, \text{ де:} \quad (1)$$

V – об'єм шматків гірської маси, м³; t – час, потрібний на подрібнення гірської маси, с.

Шматки граніту після проведення буропідричних робіт мають, здебільшого, неправильну форму. Заповнення дробарки шматками подрібненої гірської маси різної форми буде займати різний об'єм приймальної робочої порожнини. Тому, продуктивність теоретично буде залежати від форми шматка. Метою розрахунків є встановлення залежності продуктивності дробарки від форми завантажуваних шматків гірської маси. Аналіз залежностей, які математично описують фігури неправильної форми показав, що найбільш точно шматок в масиві описаний рівнянням овалу Кассіні (рис.1):

$$(x^2+y^2)^2 - 2c^2(x^2-y^2) = a^4 - c^4, \quad \text{де:} \quad (2)$$

x, y – координати точки; c – половина відстані між фокусами; a – добуток відстаней від фокусів до будь-якої точки кривої.

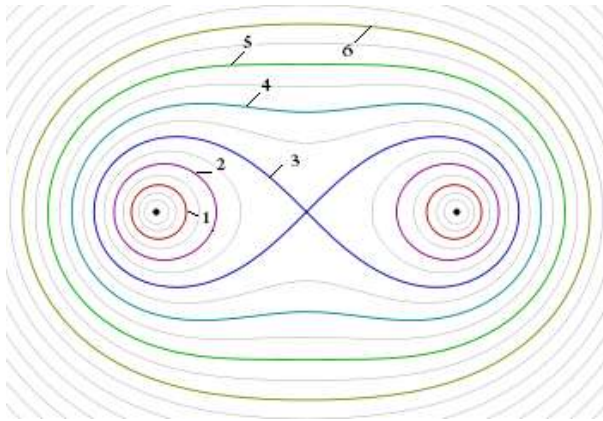


Рис. 1. Розрахункова схема овалів Кассіні:
 $1 - a = 0,6 c$; $2 - a = 0,8 c$; $3 - a = c$;
 $4 - a = 1,2 c$; $5 - a = 1,6 c$

Використовуючи формули переходу до полярної системи координат $x = \rho \cos \varphi, y = \rho \sin \varphi$, отримуємо [8]:

$$\begin{aligned} (\rho^2 \cos^2 \varphi + \rho^2 \sin^2 \varphi)^2 - 2c^2(\rho^2 \cos^2 \varphi - \rho^2 \sin^2 \varphi) &= a^4 - c^4; \\ \rho^4 - 2c^2 \rho^2 (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi) &= a^4 - c^4; \\ \rho^4 - 2c^2 \rho^2 \cos 2\varphi &= a^4 - c^4; \\ \rho^4 - 2c^2 \rho^2 \cos 2\varphi + c^4 \cos^2 \varphi &= a^4 - c^4 + c^4 \cos^2 \varphi; \\ (\rho^2 - c^2 \cos 2\varphi)^2 &= a^4 + c^4 (\cos 2\varphi - 1). \end{aligned}$$

Оскільки існує встановлене обмеження: $a^4 + c^4 (\cos^2 2\varphi - 1) \geq 0$; $a^4 \geq c^4 (1 - \cos^2 2\varphi)$, то рівність набуде вигляду:

$$\rho^2 - c^2 \cos 2\varphi = [a^4 + c^4 (\cos^2 2\varphi - 1)]^{1/2} \quad \text{або} \quad \rho^2 = c^2 \cos 2\varphi + [a^4 + c^4 (\cos^2 2\varphi - 1)]^{1/2}.$$

Формула для визначення площі в полярній системі координат буде мати вигляд:

$$S = \int_0^{\pi} \rho^2(\varphi) d\varphi. \quad (3)$$

Розрахунок об'єму шматка гірничої маси можна провести за формулою:

$$V=S \cdot h, \text{ де:} \quad (4)$$

S – площа поперечного перерізу шматка, м^2 ; h – висота шматка, м.

Припускаємо, що форма шматків гірської маси близька до правильної та досліджуємо три типи фігур, до яких вона найбільш наближена: куб, паралелепіпед, циліндр. Приймальний отвір дробарки Metso Superior МК-II 54-75 виготовлений у формі кола діаметром 1370 мм. Об'єм приймального бункеру – 95 м^3 .

Проведено розрахунки об'єму шматків гірської породи різних форм за рівнянням овалу Кассіні. Прийнято, що час на подрібнення гірничої маси є сталим, отже на досягнення максимально можливих значень продуктивності впливає об'єм шматків граніту та їх форма. Результати розрахунків наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Теоретичний розрахунок продуктивності дробарки при різних формах шматків граніту

Форма шматка	Розміри шматка (довжина, ширина, висота), м	Час подрібнення, год	Об'єм шматка, м^3	Максимальна продуктивність дробарки, $\text{м}^3/\text{год}$
Куб	1,3x1,3x1,3	1	2,197	94,471
Паралелепіпед	1,3x0,45x0,2	1	0,117	94,887
Циліндр	1,3 (r=0,4)	1	0,653	94,685

Згідно результатів розрахунків проведено аналіз впливу форми шматка граніту на продуктивність роботи дробарки Metso Superior МК-II 54-75. Встановлено, що найбільш доцільним є завантаження у дробарку шматків форми, наближеної до паралелепіпеда, оскільки вони займають найбільший простір з можливого у приймальному бункері, а саме $94,887$ з 95 м^3 . Це дозволяє максимально повно використовувати можливості дробарки, а отже досягати найбільшої ефективності її роботи.

Висновки

1. Аналіз сучасного стану гірничодобувної промисловості України показав, що більшість підприємств галузі знаходиться на стадії активної розробки розвіданих покладів корисних копалин на значних глибинах. Зростання об'ємів видобування призводить до збільшення витратних матеріалів, викидів забруднюючих речовин та пилу, а також створює додаткові фінансові затрати на транспортування гірничої маси.

2. На прикладі Пинязевецького родовища гранітів розглянуто можливість удосконалення циклічно-поточної технології виробництва

щебеню за рахунок застосування і встановлення в зоні проведення гірничих робіт сучасної гіраційної дробарки у комплексі з крутопохилим конвеєром.

3. Аналіз сучасного дробарного обладнання показав, що найбільш раціональними для даних умов є дробарки марок Metso Superior МК-II 54-75 та Sandvik CG820. Після їх порівняльного аналізу для детального розгляду обрано дробарку Metso Superior МК-II 54-75, як більш доцільну.

4. Встановлено залежність продуктивності дробарки від форми та розмірів шматків гірничої маси. Запропоновано об'єм шматків гірничої маси неправильної форми визначати за допомогою рівняння овалу Кассіні.

5. Згідно розрахунків, найбільш доцільним з точки зору продуктивності є подрібнення в дробарці шматків форми, наближеної до паралелепіпеда, оскільки вони займають найбільший простір з можливого у приймальному бункері, а саме 94,887 з 95 м³. Це дозволяє максимально повно використовувати можливості дробарки, а отже досягати найбільшої ефективності її роботи.

Список використаних джерел

1. Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий збірник / Кременчуцький державний політехнічний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2008. – 116 с. – (Вип. 2/2008).
2. Гайко Г.І. Історія гірництва: підруч. / Г.І. Гайко, В.С. Білецький. – Київ-Алчевськ: "ЛАДО" ДонДТУ, 2013. – 542 с.
3. Білецький В. Корисні копалини України / В. Білецький, В. Суярко // Донец. вісн. Наук. т-ва ім. Шевченка. – 2005. – Т. 9 : Техніка, гірнича справа, хімія, медицина, біологія. – С. 6–34.
4. Типовий проект на проведення буровибухових робіт методом свердловинних та шпурових зарядів на кар'єрі ПАТ «Малинський каменедробильний завод». Розроб. гол. інж. ПАТ «Малинський каменедробильний завод» Л.В. Кондратенко 2012 р. – м. Малин, 2012. – 27 с.
5. Смирнов В.О. Підготовчі процеси збагачення корисних копалин / навч. посібник / В.О. Смирнов, В.С. Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім, Донецьке відділення НТШ, 2012. – 284 с.
6. Дробление и сортировка. / Брошюра Metso Minerals. – 2007. – №2178-12-07 – С. 266.
7. Sandvik mining and construction. / Брошюра Sandvik. – 2010 – С. 8.
8. Овал Кассіні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: http://uk.wikipedia.org/wiki/Овал_Кассіні.

Стаття надійшла до редакції 27.03.2015 р.