



Надутьий В. П.

Левченко П. В.

Маланчук Е. З.

*Институт
геотехнической
механики
им. Н.С. Полякова
НАН Украины*

Nadutyuy V. P.

Levchenko P. V.

Malanchuk E. Z.

*M.S. Polyakov Institute of
Geotechnical Mechanics
under the NAS of Ukraine*

УДК 622.74: 621.928.235

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА ВЕРТИКАЛЬНОГО ВИБРАЦИОННОГО ГРОХОТА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ БАЗАЛЬТОВОГО СЫРЬЯ

В работе представлена конструкция вертикального вибрационного грохота, а также его работа в технологической схеме научно-производственного участка по комплексной безотходной переработке базальтового сырья в условиях Рафаловского базальтового карьера. В ходе экспериментальных исследований были установлены зависимости эффективности разделения минерального сырья (туфа, базальта, лавобрекчии) и производительности вертикального вибрационного грохота при влиянии режимных и конструктивных параметров машины. Полученные данные позволяют определять рациональные параметры грохота на стадии его проектирования с заданными технологическими условиями работы.

Ключевые слова: вертикальный вибрационный грохот, эффективность разделения, производительность грохота, режимные и конструктивные параметры, базальт.

Результаты исследований базальтовых месторождений Волыни обнаружили их богатый элементный состав, указывающий на необходимость комплексной безотходной переработки. Уникальность месторождения заключается в наличии высокого содержания самородной меди. Основными составляющими месторождения являются непосредственно базальт и сопровождающие породы в виде туфа и лавобрекчии. Если в настоящее время добытый базальт используют для строительства, то туф и лавобрекчия складываются в отвалах. При этом все три составляющие имеют высокое содержание самородной меди и титаномагнетита, а отвалы по своим объемам и содержанию представляют собой техногенные месторождения. Поэтому изучался вопрос возможности комплексной переработки базальтового сырья [1, 2].

Представленная авторами технологическая схема научно-производственного участка по комплексной переработке базальтовых месторождений Волыни [3, 4] диктует определённые требования к сортировочному оборудованию в

связи с малой площадью экспериментального участка и невысокими эксплуатационными затратами на оборудование. Подразумевается поочередная переработка базальта, лавобрекчии и туфа.

Выполненные исследования закономерностей распределения меди по классам крупности в указанных породах показали, что для базальта и лавобрекчии наиболее высокое её содержание находится в классах крупности от 1,0 мм до 10,0 мм. Причем, экстремум содержания находится в основном в пределах 3÷8 мм крупности [5, 6]. Кроме этого одними из возможных операций в технологической схеме извлечения меди является электростатическая и магнитная сепарация подготовленной горной массы крупностью 0,5÷1 мм.

Как отмечалось выше, туф, базальт и лавобрекчия содержат медь, титаномагнетит и силикаты, только в разных количествах и разной крупности включений. Это позволяет использовать одинаковое оборудование для их переработки.

Целью работы является определение зависимостей технологических показателей



вертикального вибрационного грохота новой конструкции при изменении его режимных и конструктивных параметров.

При разработке технологии извлечения самородной меди из базальтового сырья в процессе рудоподготовки используются операции дробления, измельчения, классификации и сепарации на магнитных сепараторах магнитовосприимчивой части базальтового сырья, а на электрических сепараторах – включений самородной меди.

Конструкция вертикального вибрационного грохота (ВВГ) [7],

представленная на рис. 1, была спроектирована и изготовлена в условиях Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины для внедрения в технологическую схему комплексной безотходной переработки базальтового сырья. Данная машина позволяет совмещать в себе несколько технологических операций (транспортирование, разделение и бункеризацию) с получением нескольких необходимых классов крупности в одном аппарате.

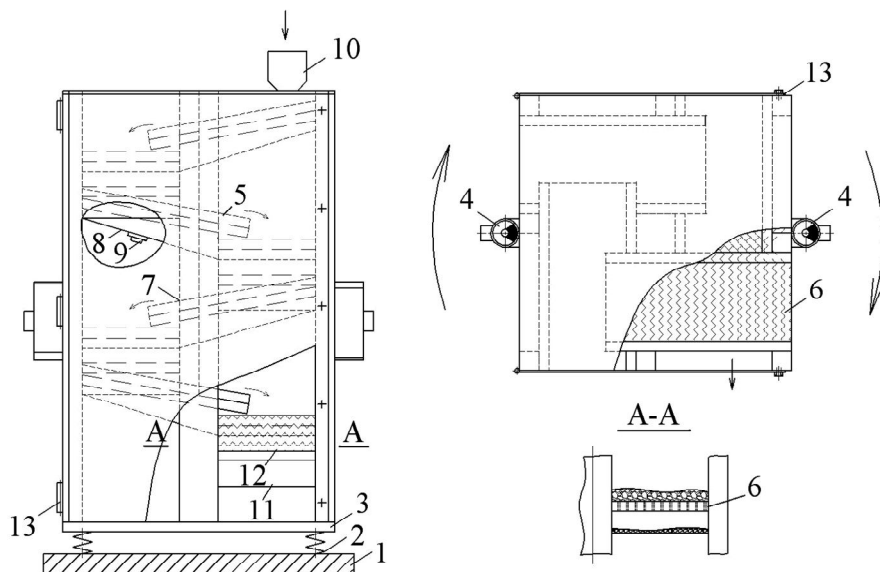
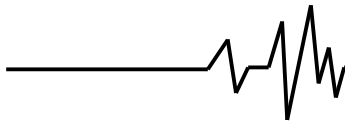


Рис. 1. Конструктивная схема вертикального вибрационного грохота:
1 – рама; 2 – амортизаторы; 3 – несущая колонна; 4 – вибровозбудитель;
5 – рабочий орган; 6 – карта РЛСС; 7 – механизм изменения угла наклона карт;
8 – желоб; 9 – шиберная задвижка; 10 – приёмный бункер;
11, 12 – разгрузочная течка подрешётного и надрешётного продуктов; 13 – кожух

Технологическая схема научно-производственного участка представлена на рис. 2. Перерабатываемое сырье через бункер 1 вибропитателем 2 подается в щековую дробилку 3. Дробленая горная масса ленточным перегружателем 4 подается в валковую дробилку 5, разгрузка которой осуществляется на вертикальных виброгрохотах 7 для снижения нагрузки на валковую мельницу 6. Надрешетный материал подается на доизмельчение в мельницу, а подрешетный – непосредственно на магнитный сепаратор 8. Магнитовосприимчивый продукт в дальнейшем отправляется на склад промпродуктов, немагнитный подается на электродинамический сепаратор 9, из которого медь отправляется на склад медного концентрата, а силикатная часть – на склад силиката. Промышленные испытания

вертикального вибрационного грохота в технологической линии проводились при переработке всех трёх составляющих базальтового сырья: туфа ($\rho_t = 1,4 \text{ г/см}^3$), лавобрекчии ($\rho_l = 1,8 \text{ г/см}^3$) и базальта ($\rho_b = 2,6 \text{ г/см}^3$). Суммарное извлечение классов крупности (ϵ , %) представлено на рис. 3. Масса каждого материала составляла 300 кг.

При переработке влажного базальтового сырья ($W \approx 5 \%$) на вертикальном вибрационном грохоте с целью получения трёх, необходимых по технологии, классов крупности с максимальным содержанием полезных компонентов, рабочий орган был разбит на секции с различными размерами ячеек просеивающих поверхностей: 1) $L_1 = 1,6 \text{ м}$, $d_1 = 5 \text{ мм}$; 2) $L_2 = 2,4 \text{ м}$, $d_2 = 1 \text{ мм}$; 3) $L_3 = 2,4 \text{ м}$, $d_3 = 0,5 \text{ мм}$. Следует отметить, что все секции были представлены резонирующими ленточно-



струнными ситами (РЛСС), поверх которых уложена металлическая сетка с квадратными ячейками. В этом случае РЛСС выполняет поддерживающую функцию и интенсифицирует

процесс в целом за счёт динамического усиления возмущающей силы при работе в резонансе с виброприводом.

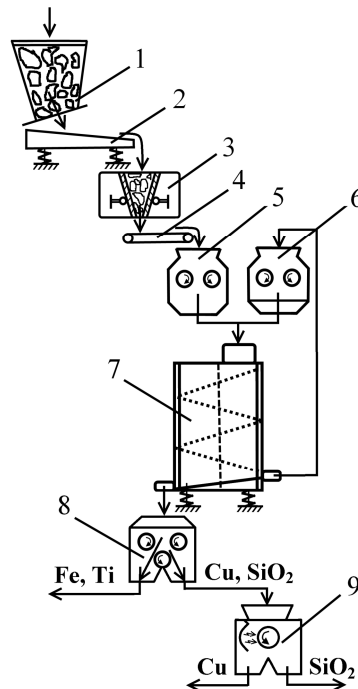


Рис. 2. Технологическая схема научно-производственного участка переработки базальтового сырья: 1 – загрузочный бункер, 2 – вибропитатель, 3 – щековая дробилка, 4 – ленточный перегружатель, 5 – валковая дробилка, 6 – валковая мельница, 7 – вертикальный вибрационный грохот, 8 – магнитный сепаратор, 9 – электрический сепаратор

Заданными параметрами при испытаниях являлись: удельная нагрузка на грохот $q = 2 \text{ т/ч}\cdot\text{м}^2$, процентное содержание соответствующих классов крупности ε в исходном материале (рис. 3), амплитуда колебаний $A = 2 \text{ мм}$, угол наклона плоскости вращения дебалансных масс относительно горизонта $\beta = 45 \text{ град}$.

При проведении экспериментальных

исследований определялось влияние частоты вращения вала вибровозбудителя (ω , об/мин), угла наклона (α , град.) и длины просеивающей поверхности (L , м), а также размера ячейки сита (d , мм) на технологические показатели работы вертикального вибрационного грохота (Q , т/ч – производительность и E , % – эффективность разделения).

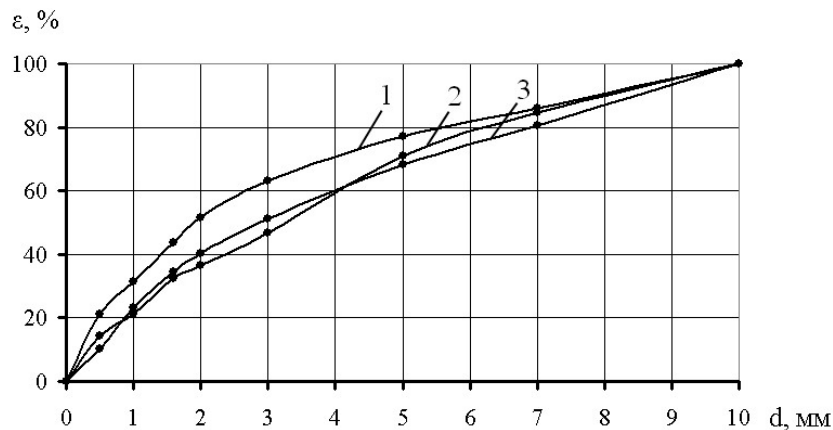


Рис. 3. Суммарное извлечение классов крупности базальтового сырья: 1 – лавобрекчия; 2 – базальт; 3 – туф



На рис. 4 представлений графік залежності ефективності і продуктивності ВВГ від параметра ω для всіх трьох складових базальтового сиров'язу: базальта (Q_b, E_b), лавобрекчії (Q_l, E_l) і туфа

(Q_t, E_t). Из графіків видно, що з збільшенням частоти ефективність знижується, а продуктивність підвищується по нелінійному закону.

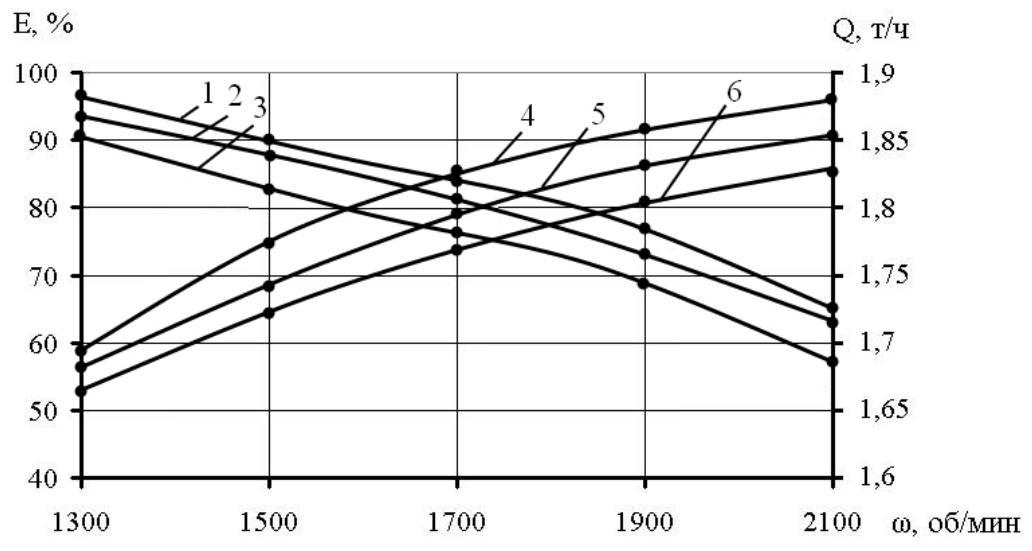


Рис. 4. Експериментальна залежність технологічних показників ВВГ від частоти вращення вала вибровозбудителя:
1 – $E_b(\omega)$; 2 – $E_l(\omega)$; 3 – $E_m(\omega)$; 4 – $Q_b(\omega)$; 5 – $Q_l(\omega)$; 6 – $Q_m(\omega)$

Представленная на рис. 5. экспериментальная зависимость технологических показателей ВВГ от угла наклона просеивающей поверхности относительно горизонта носит слабонелинейный характер. Убывающий характер функций $E_b(\alpha)$, $E_l(\alpha)$ и $E_t(\alpha)$ в

варьируемом диапазоне значений параметра α связан с тем, что увеличение угла наклона рабочего органа приводит к увеличению скорости перемещения материала (продуктивности) и, соответственно, к снижению времени его пребывания на сите.

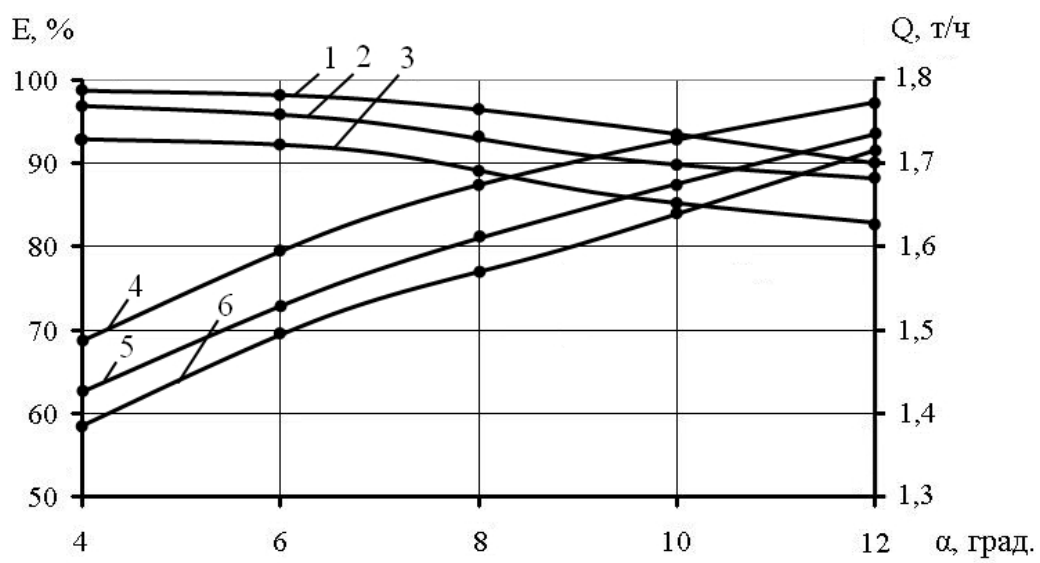


Рис. 5. Експериментальна залежність технологічних показників ВВГ від угла наклона просеивающей поверхности:
1 – $E_b(\alpha)$; 2 – $E_l(\alpha)$; 3 – $E_m(\alpha)$; 4 – $Q_b(\alpha)$; 5 – $Q_l(\alpha)$; 6 – $Q_m(\alpha)$



Зависимость эффективности грохочения и производительности ВВГ от размера ячейки сита, которые были представлены тремя

типоразмерами сит с $d = 0,5$ мм, $1,0$ мм и $5,0$ мм, показана на рис. 6. Все функции имеют слабонелинейный возрастающий характер.

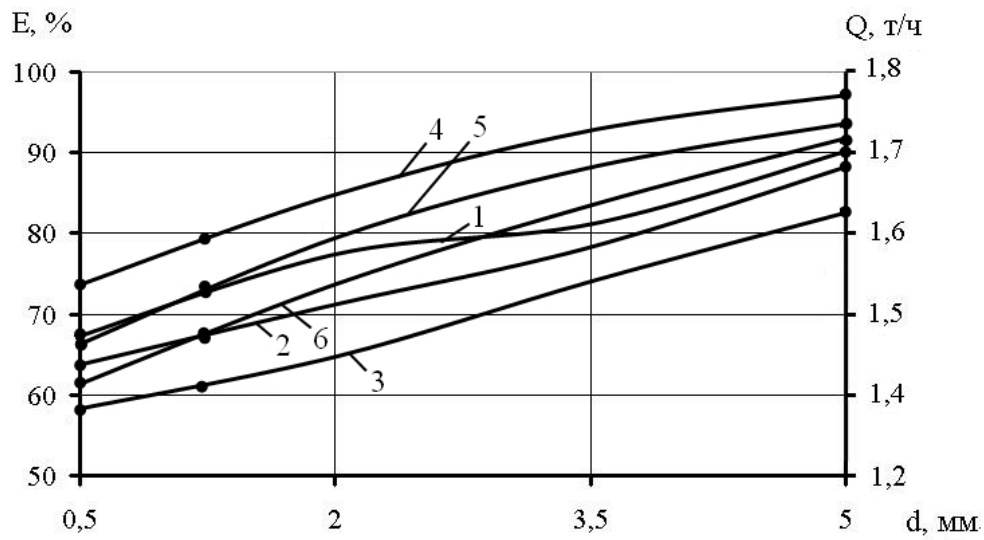


Рис. 6. Экспериментальная зависимость технологических показателей ВВГ от размера ячейки просеивающей поверхности:
1 – $E_{\sigma}(d)$; 2 – $E_{\pi}(d)$; 3 – $E_{m}(d)$; 4 – $Q_{\sigma}(d)$; 5 – $Q_{\pi}(d)$; 6 – $Q_{m}(d)$

На рис.7 изображена экспериментальная зависимость эффективности грохочения и производительности ВВГ от длины просеивающей поверхности, которая для всех перерабатываемых материалов носит нелинейно-возрастающий характер для функций $E(L)$ и убывающий – для функций $Q(L)$, различных по свойствам материалов. Следует отметить, что наиболее интенсивный рост эффективности классификации наблюдается в диапазоне значений $0,8 \leq L \leq 4$ м, а дальнейшее увеличение фактора L

практически не сказывается на увеличении функции E . Однако следует учесть, что данный параметр в первую очередь зависит от производительности по исходному материалу (бункера-питателя), так как материал при высоких значениях q более полно распределяется по всей просеивающей поверхности и грохочение осуществляется в “толстом слое”. При этом на эффективность классификации в большей степени оказывает влияние процесс сегрегации материала.

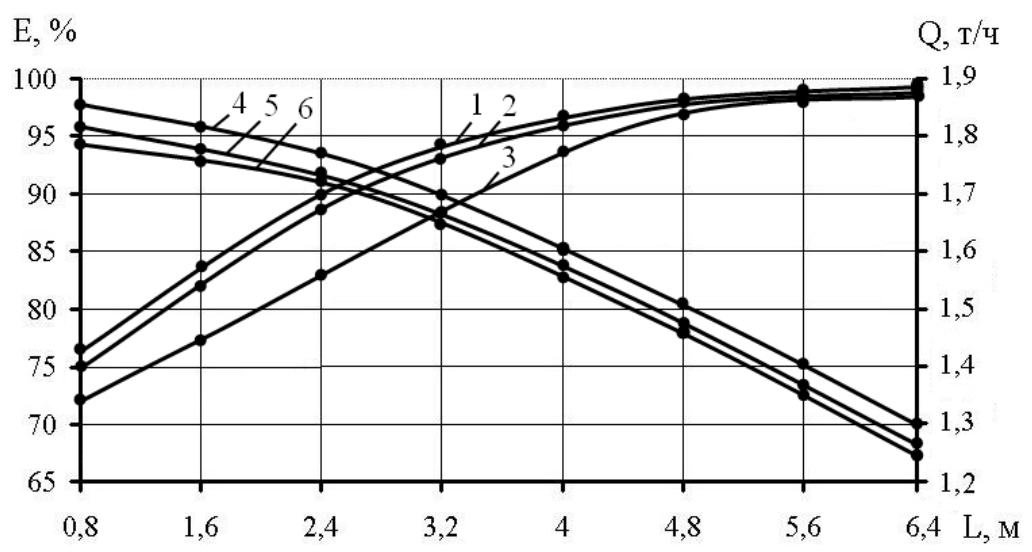
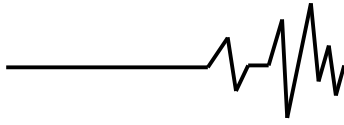


Рис. 7. Экспериментальная зависимость технологических показателей ВВГ от длины просеивающей поверхности: 1 – $E_{\sigma}(L)$; 2 – $E_{\pi}(L)$; 3 – $E_{m}(L)$; 4 – $Q_{\sigma}(L)$; 5 – $Q_{\pi}(L)$; 6 – $Q_{m}(L)$



Эффективность грохочения, в зависимости от необходимого класса крупности, для всех перерабатываемых влажных ($W \approx 5\%$) составляющих базальтового сырья составила 78-90 %. Таким образом, нагрузка, а соответственно, и энергозатраты на измельчительное оборудование снижаются на 15-20 %.

Выводы. В результате проведенной работы экспериментально установлен характер зависимостей эффективности разделения базальтового сырья и производительности вертикального вибрационного грохота от частоты возмущающей силы, угла наклона секций и суммарной длины просеивающей поверхности, размера ячеек сита. Полученные данные позволяют выбирать рациональные параметры виброгрохота новой конструкции на стадии его проектирования по заданным исходным требованиям.

Список использованных источников

1. Надутый В. П. Закономірність розміщення самородної міді в базальтовій лавобрекчії при різному її гранулометричному складі / В. П. Надутый, З. Р. Маланчук, Т. Ю. Гринюк, С. Є. Стець // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування : Зб. наук. праць / Рівне, 2005. – Вип. 4(32). – С. 215–220.

2. Гринюк Т. Ю. Характеристика покладів міді в Рівненсько-Волинському регіоні / Т. Ю. Гринюк, Р. П. Рачковський, С. Р. Боблях, Є. З. Маланчук // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування : Зб. наук. праць / Рівне, 2006. – Вип. № 3(35). – С. 217–225.

3. Прокопюк О. Н. Физико-механическое обоснование параметров процесса добычи и комплексной переработки медьсодержащих туфов: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.15.09 "Геотехническая и горная механика" / Олег Николаевич Прокопюк; Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепрпетровск, 2012. – 20 с.

4. Гринюк Т. Ю. Визначення закономірностей розкриття базальтів Волині, що містять самородну мідь, у процесі передпромислової підготовки родовища до комплексної переробки: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.09 "Геотехнічна і гірнична механіка" / Тетяна Юріївна Гринюк; Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2009. – 20 с.

5. Надутый В. П. Определение трещиноватости уступа базальтового карьера / В. П. Надутый, А. М. Эрперт, Т. Ю. Гринюк // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ, 2007. – Вип. 68. – С. 40–48.

6. Надутый В. П. Определение элементного состава вскрышных и основных пород Рафаловского базальтового карьера / В. П. Надутый, Е. З. Маланчук, Т. Ю. Гринюк // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ, 2007. – Вип. 68. – С. 28–32.

7. Патент на корисну модель № 53632 UA, МПК⁸ В 07 В 1/40 (2006.01). Вертикальний вібраційний грохот / Надутый В. П., Левченко П. В., Кіжло Л. А.; заявник і патентовласник ІГТМ НАНУ; Заявл. 26.04.2010; Опубл. 11.10.2010, Бюл. № 19. – 3 с.

Список источников в транслитерации

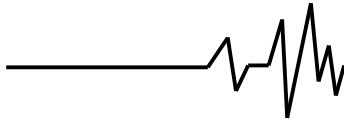
1. Naduty V. P. Zakonomimist rozmishchennia samородnoi midi v bazaltovii lavjbrekchii pry riznomu yii hranulometrychnomu skladi / V. P. Naduty, Z. R. Malanchuk, T. Yu. Hryniuk, S. Ye. Stets // Visnyk Natsionalnogo universytetu vodnoho hoshodarstva ta pryrodokorystuvannia : Zbirka nauk. prats. – Rivne, 2005. – Vyp. 4(32). – S. 215–220.

2. Hryniuk T. Yu. Kharakterystyka pokladiv midi v Rivnensko-Volynskomu rehioni / T. Yu. Hryniuk, R. P. Rachkovskiy, S. R. Bobliakh, Ye. Z. Malanchuk // Visnyk Natsionalnogo universytetu vodnoho hoshodarstva ta pryrodokorystuvannia : Zbirka nauk. prats. – Rivne, 2006. – Vyp. 3(35). – S. 217–225.

3. Prokopyuk O. N. Fiziko-mekhanicheskoe obosnovanie parametrov protsessa dobychi i kompleksnoy pererabotki medsoderzhaschikh tufov: avtoref. dis. na soiskanie uchenoy stepeni kand. tekhn. nauk: spets. 05.15.09 "Geotekhnicheskaya i gornaya mekhanika" / Oleg Nikolaevich Prokopyuk; Institut geotekhnicheskoy mekhaniki im. N. S. Polyakova NAN Ukrainy. – Dnepropetrovsk, 2012. – 20 s.

4. Hryniuk T. Yu. Vyznachennia zakonomimostey rozkryttia bazaltiv Volyni, shcho mistiat samородnu mid, u protsesi peredpromyslovoi pidhotovky rodovyshcha do kompleksnoi pererobky: avtoref. dis. na zdobuttia nauk. stupenia kand. tekhn. nauk: spets. 05.15.09 "Heotekhnichna i hirnycha mekhanika" / Tetiana Yuriivna Hryniuk; Institut heotekhnichnoi mekhaniki im. M. S. Polyakova NAN Ukrainy. – Dnepropetrovsk, 2009. – 20 s.

5. Naduty V. P. Opredelenie treschinovatosti ustupa bazaltovogo kar'era /



V. P. Nadutyi, A. M. Erpert, T. Yu. Hryniuk // *Heotekhnichna mekhanika : Mizhvid. zb. nauk. prats / IHTM NAN Ukrainy. – Dnipropetrovsk, 2007. – Vyp. 68. – S. 40–48.*

6. Nadutyi V. P. *Opredelenie elementnogo sostava vskryshnykh i osnovnykh porod Rafalovskogo bazaltovogo kar'era / V. P. Nadutyi, Ye. Z. Malanchuk, T. Yu. Hryniuk // Heotekhnichna mekhanika: Mizhvid. zb. nauk. prats / IHTM NAN Ukrainy. – Dnipropetrovsk, 2007. – Vyp. 68. – S. 28–32.*

7. Pat. № 53632 UA, The IPC⁸ B07 B 1/40 (2006.01). *Vertical vibrating screen / Nadutyi V. P., Levchenko P. V., Kizhlo L. A.; declare and owner of the patent IGTM NAS of Ukraine; Declared 26.04.2010; Published 11.10.2010, Bul. No.19. – 3 p.*

РЕЗУЛЬТАТИ ІСПИТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗРАЗКА ВЕРТИКАЛЬНОГО ВІБРАЦІЙНОГО ГРОХОТА ПРИ ПЕРЕРОБЦІ БАЗАЛЬТОВОЇ СИРОВИНИ

Анотація. У роботі представлено конструкцію вертикального вібраційного грохота, а також його робота в технологічній схемі науково-виробничої ділянки з комплексної безвідхідної переробки базальтової сировини в умовах Рафалівського базальтового кар'єру. В ході експериментальних досліджень було встановлено залежності ефективності розділення мінеральної сировини (туфу, базальту, лавобрекчії) і продуктивності

вертикального вібраційного грохота при впливові режимних і конструктивних параметрів машини. Отримані дані дозволяють визначати раціональні параметри грохота на стадії його проектування із заданими технологічними умовами роботи.

Ключові слова: вертикальний вібраційний грохот, ефективність розділення, продуктивність грохота, режимні і конструктивні параметри, базальт.

TEST RESULTS FOR THE EXPERIMENTAL SAMPLE OF VERTICAL VIBRATING SCREEN WHEN PROCESSING BASALT RAW MATERIAL

Annotation. The paper presents the design of vertical vibrating screen, as well as its operating inside of the technological scheme of research and development cluster for complex waste-free processing of basalt raw at the Rafalovsky basalt mining plant. The dependencies of separation efficiency of mineral raw materials (tuff, basalt, lava-breccia) and productivity of vertical vibrating screen under the influence of mode and constructive parameters of the machine have been established during experimental studies. The data obtained allow determining the rational screen parameters at the stage of its design with technological process conditions set.

Key words: vertical vibrating screen, separation efficiency, screen productivity, mode and constructive parameters, basalt.