

Надутый В. П.
Левченко П. В.
Костыря С. В.

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

Nadutyu V. P.
Levchenko P. V.
Kostyrya S. V.

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

УДК 622/794:621-1/-9

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ БАЗАЛЬТОВОЙ ГОРНОЙ МАССЫ

Представлены результаты комплексного обезвоживания базальта тонких классов крупности на вибрационном устройстве. Комплексное воздействие на влажную горную массу заключается в использовании трех механизмов процесса обезвоживания: вибрационного, вакуумного и электроосмотического. Новизна устройства для обезвоживания заключается в том, что в нем сконцентрированы механизмы для реализации всех трех методов обезвоживания. Экспериментально установлены зависимости остаточной влаги и производительности обезвоживающего устройства от семи переменных факторов: исходной влажности базальта, площади поверхности обезвоживания, изменение давления в вакуумной камере, напряжения на электродах, частоты колебаний и угла наклона рабочего органа, а также от величины возмущающей силы.

Установлена работоспособность устройства и отмечено, что электроосмотический метод эффективен для снижения капиллярной влаги, а вибрационный и вакуумный методы эффективны при отборе внешней влаги и из крупных пор сыпучего слоя горной массы.

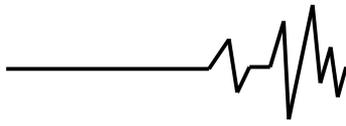
Ключевые слова: *вибротранспортирование, вакуумирование, электроосмос, обезвоживание, комплексный подход, базальт.*

Введение. Многочисленными исследованиями установлено, что базальты Волыни, в частности базальты добываемые в карьерах ровенской области, имеют сложный минералогический состав, особенностью которого является наличие самородной меди, железа и титана в количествах, представляющих промышленный интерес [1]. На основании опытной проверки было рекомендовано использовать базальт для комплексной безотходной переработки с целью получения концентрата каждого из металлов и силикатной части пригодной для строительных технологий [2, 3]. В этой связи предложено несколько технологий рудоподготовки для получения концентратов и дальнейшего их обогащения. Одна из таких технологий предусматривает крупную и мелкую отсадку, дешламацию или гидроциклонирование измельченного базальтового сырья. В

результате чего, для дальнейшего разделения на магнитных и электрических сепараторах понадобилось обезвоживать поступающих на эти процессы продукты.

Известные методы обезвоживания горной массы, несмотря на их многолетнее использование, имеют определенные недостатки, связанные с недостаточно глубоким обезвоживанием или высокой стоимостью процесса, что существенно сказывается на себестоимости конечных продуктов переработки.

Актуальность предлагаемого технического решения комплексного обезвоживания заключается в поиске решения по снижению себестоимости и повышению глубины обезвоживания измельченной горной массы, в рассматриваемом случае измельченного базальта. Комплексность предлагаемого решения заключается в



одновременном использовании трех механизмов обезвоживания: вибрационного, вакуумного и электрокинетического (в виде осмоса). Предварительные исследования обезвоживания по данному методу показали обнадеживающие результаты [4]. Совмещение процесса обезвоживания в одном устройстве отличается не только новизной [5, 6], но и является технологически и экономически перспективным.

Целью данной работы является определение эффективности обезвоживания измельченного базальта по двум классам крупности: (+0,25-0,63мм) и (+0,63-1,6мм) путём варьирования параметрами обезвоживающего устройства.

Экспериментальный образец установки для обезвоживания горной массы комплексным методом представлен на рис. 1. Принцип его работы следующий: в диэлектрический корпус 3 непрерывно поступает влажный материал, который постоянно контактирует с

электрическим стержнем 4, к которому подключен катод 5. Благодаря постоянному контакту с электропроводящим стержнем, под воздействием постоянного тока, избыточная влага двигается к перфорированной поверхности 6, которая также является анодом 7. Из-за разницы потенциалов обеспечивается движение воды и происходит электроосмотическое обезвоживание материала. На корпусе 3 установлен вибровозбудитель 12, с помощью которого производится непрерывное движение обезвоживаемого материала по перфорированной поверхности 6. Так как перфорированная поверхность 6 расположена по всей длине устройства, увеличивается процесс удаления избыточной влаги. Разреженная среда создается в вакуумной камере 8 вакуумным насосом 10 соединенным с ней гибким шлангом 9. Избыточная влага выводится из вакуумной камеры 8 с помощью устройства для слива воды 11.

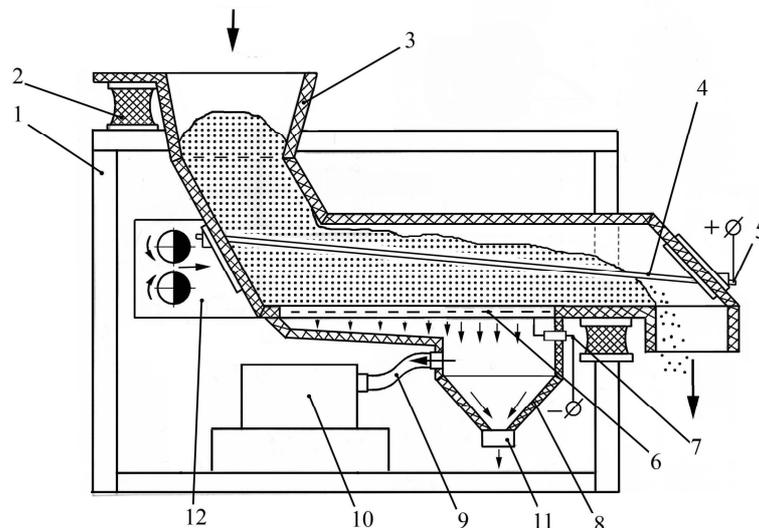


Рис. 1. Общий вид вибрационного устройства для комплексного обезвоживания горной массы: 1 – опорная рама; 2 – упругие элементы; 3 – диэлектрический корпус; 4 – электропроводящий стержень; 5 – катод; 6 – перфорированная поверхность; 7 – анод; 8 – вакуумная камера; 9 – гибкий шланг; 10 – вакуумный насос; 11 – сливной патрубок

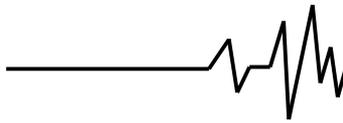
Для поиска наиболее эффективного режима работы обезвоживающего устройства потребовалось провести комплекс экспериментальных исследований по установлению влияния параметров устройства и свойств материала на основные его показатели – конечную влажность горной массы ($W_{кон}$, %) и производительность (Q , т/ч). Варьируемыми параметрами в ходе

экспериментальных исследований были следующие:

исходная влажность материала – $W_{исх}$, %;

площадь поверхности обезвоживания – S , м²;

частота вращения вала вибровозбудителя – ω , об/мин;



возмущающая сила вибровозбудителя – F , кН;

угол наклона рабочего органа устройства – α , град.;

давление в вакуумной камере – P , МПа;

напряжение электропроводящего стержня – U , В.

Эффективность прохождения жидкости сквозь слой горной массы к перфорированной поверхности в предлагаемом устройстве

обеспечивается разряжением в вакуумной камере. В этом случае на жидкость действует, помимо гравитационных сил, воздушная тяга, что увеличивает скорость обезвоживания материала. Поэтому потребовалось установить зависимость конечной влажности от площади поверхности обезвоживания (рис. 2). Из графика видно, что с увеличением параметра S в исследуемых пределах снижается остаточная влажность базальтового отсева.

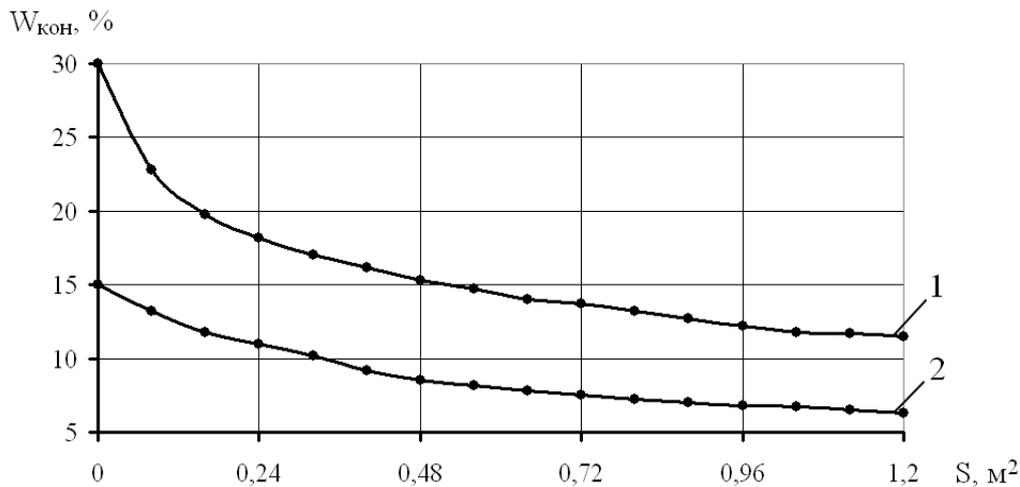


Рис. 2. Зависимость остаточной влажности базальтового отсева от площади поверхности обезвоживания:
1 – крупность (+0,25-0,63мм); 2 – крупность (+0,63-1,6мм)

На рис. 3 представлены экспериментально установленные зависимости конечной влажности базальтового отсева от комплекса вышеперечисленных параметров. При проведении исследований варьировался один из параметров при фиксированных значениях других. В данной серии экспериментов постоянными значениями факторов были следующие: $\omega=3000$ об/мин; $F=0,5$ кН; $\alpha=5$ град.; $P=0,088$ МПа; $U=75$ В; $W_{\text{исх}} = 30\%$ для крупности (+0,25-0,63мм) и $W_{\text{исх}} = 15\%$ для крупности (+0,63-1,6мм). На графиках также представлены зависимости производительности установки от параметров вибрации и угла наклона (кривые 7 и 8). Во всех других случаях производительность устройства составила $Q=1,06$ т/ч для крупности (+0,63-1,6мм) и $Q=1$ т/ч для класса (+0,25-0,63мм).

Снижение давления в вакуумной камере (рис. 3,а) позволяет отбирать больше жидкости из материала, за счет разряжения в камере, и эта зависимость носит линейный характер.

Возможность дополнительного обезвоживания электрокинетическим методом с использованием электроосмоса представлена на рис. 3,б.

Отрицательное влияние на процесс обезвоживания оказывает исходная влажность перерабатываемого продукта (рис. 3,в), возмущающее усилие (рис. 3,г) и угол наклона установки (рис. 3,е), приводящие к уменьшению времени пребывания горной массы на рабочем органе, снижая степень обезвоживания. При этом недостаточно полное обезвоживание объясняется тем, что капиллярная влага, ввиду большого поверхностного натяжения, требует больших ускорений для ее извлечения.

Интенсификация процесса происходит при повышении частоты вибрации (рис. 3,д) в исследуемых пределах изменения фактора ω . Это связано, в первую очередь, с усиленной сегрегацией материала в слое и разрывом связок жидкости (так называемых перетяжек) между отдельными частицами.

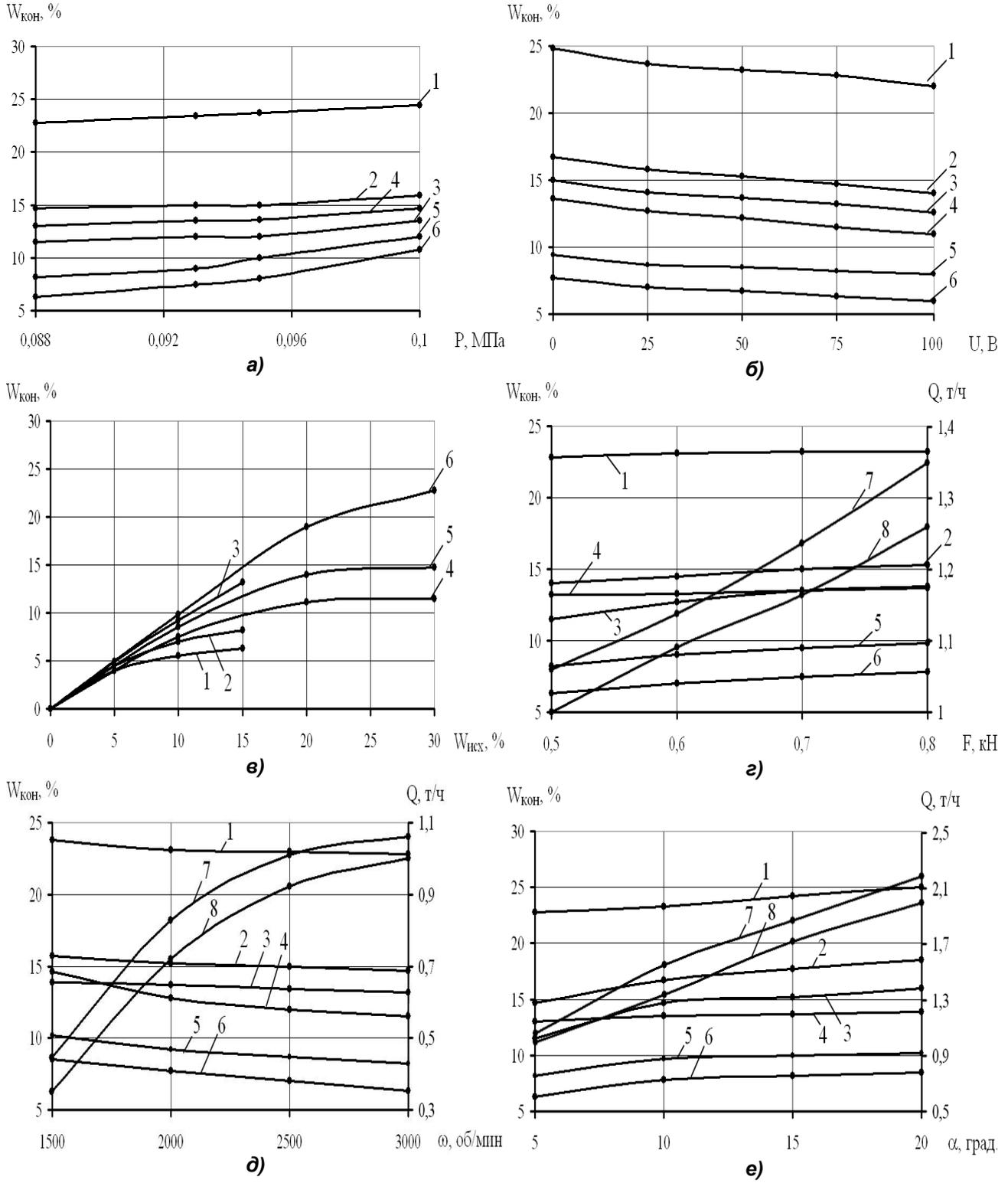
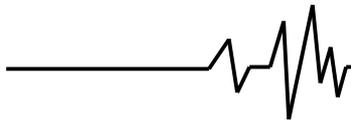
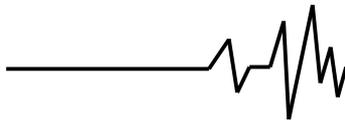


Рис. 3. Зависимость остаточной влажности базальтового отсева от комплекса параметров:
крупность (+0,63-1,6мм): 1 – $S=1,12 \text{ м}^2$; 2 – $S=0,56 \text{ м}^2$; 3 – $S=0,08 \text{ м}^2$; 7 – $f(Q)$;
крупность (+0,25-0,63мм): 4 – $S=1,12 \text{ м}^2$; 5 – $S=0,56 \text{ м}^2$; 6 – $S=0,08 \text{ м}^2$; 8 – $f(Q)$

**Выводы**

В соответствии с целью работы показана эффективность использования устройства для комплексного обезвоживания измельченного влажного базальтового отсева. Установлено влияние семи факторов на процесс обезвоживания: изменения площади перфорированной поверхности по экспоненциальному закону влияет на процесс; изменение давления в вакуумной камере и напряжения на электродах при создании электроосмоса имеет линейную зависимость; влияние исходной влажности и изменение частоты вибровозмущений имеет параболическую зависимость; величина возмущающего усилия и угол наклона рабочего органа влияют на процесс обезвоживания согласно нелинейному закону. Полученный объем экспериментальных данных позволяет в дальнейшем разработать математическую модель работы, предложенного авторами, обезвоживающего устройства, которая в дальнейшем послужит для выбора рациональных или оптимальных параметров его работы в конкретных условиях эксплуатации.

Следует отметить, что изменение конструктивных и режимных параметров эффективно при уменьшении внешней влаги в сыпучем слое материала и влаги, которая находится в поровых каналах и между частицами. Применение электрокинетического метода обезвоживания позволяет уменьшить капиллярную влагу в частицах слоя.

Полученные зависимости позволяют обосновано приступить к проектированию обезвоживающего устройства предложенной конструкции для масштабного применения.

Список использованных источников

1. Надутый В.П. Исследование кинетики обезвоживания при вибрационном грохочении / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин, А.И. Шевченко // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. / Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 49(90). – С. 112–120.

2. Антипов С.Т. Кинетика процесса вакуумной сушки в непрерывном режиме / С.Т. Антипов, С.В. Шахов, И.О. Павлов // Вестник Международной академии холода. – 1999. – № 1. – С. 8–12.

3. Радужкевич В.Л. Интенсификация фильтрационного обезвоживания угольных флотошамов с помощью электроосмоса / В.Л.

Радужкевич, Г.Ю. Гольберг // Вестник ИОТТ. – Люберцы, 1994. – Вып. 2. – С. 70–76.

4. Надутый В.П. Результаты комплексного обезвоживания горной массы на вибрационном устройстве / В.П. Надутый, В.В. Сухарев, С.В. Костыря // Вібрації в техніці та технологіях: Всеукр. наук.-техн. журнал. – Вінниця, 2014. – Вип. 1(73). – С. 88–93.

5. Пат. на корисну модель № 89501 UA, МПК¹⁰ В 01 D 61/56 (2014.04). Пристрій для зневоднення сипких матеріалів / В.П. Надутый, В.В. Сухарев, С.В. Костыря; заявник і патентовласник ІГТМ НАН України. – З. № u 2013 12652; заявл. 29.10.2013; опубл. 25.04.2014., Бюл. № 8. – 4 с.

6. Пат. на корисну модель № 92897, UA, МПК В 01 D 61/56 (2006.1). Пристрій для зневоднення / В.П. Надутый, В.В. Сухарев, С.В. Костыря; заявник і патентовласник ІГТМ НАН України. – З. № 2014 03 312; Заявл. 01.04.2014, Опубл. 10.09.2014. Бюл. № 17. – 4 с.

Список источников в транслитерации

1. Naduty V.P. Issledovaniye kinetiki obezvozhvaniya pri vibratsionnom grohochenii / V.P. Naduty, Ye.S. Lapshin, A.I. Shevchenko // Zbahachennia korisnykh kpalyn: Nauk.-tekhn. zb. / Natsionalnyu hirnychyyu universytet. – Dnipropetrovsk, 2012. – Vyp. 49(90). – S. 112–120.

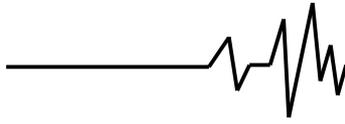
2. Antihov S.T. Kinetika protsessa vakuumnoy sushki v nepreryvnom rezhime / S.T. Antihov, S.V. Shakhov, I.O. Pavlov // Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda. – 1999. – № 1. – S. 8–12.

3. Radushkevich V.L. Intensiakatsiya filtratsionnoho obezvozhvaniya ugolnykh flotoshamov s pomosch'yu elektroosmosa / V.L. Radushkevich, G.Yu. Golber // Vestnik IOTT. – Lubertsy, 1994. – Vyp. 2. – S. 70–76.

4. Naduty V.P. Rezultaty kompleksnogo obezvozhvaniya gornoy massy na vibratsionnom ustroystve / V.P. Naduty, V.V. Sukharyev, S.V. Kostyrya // Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh: Vseukr. nauk.-tekhn. zhurnal / Vinnytsia, 2014. – Vyp. 1(73). – S. 88–93.

5. Pat. na korysnu model № 89501 UA, МПК¹⁰ В 01 D 61/56 (2014.04). Phystriy dlia znevodnennia syppykh materialiv / V.P. Naduty, V.V. Sukharyev, S.V. Kostyrya; zayavnyk i patentovlasnyk IHTM NAN Ukrayiny. – Z. № u 2013 12652; zayavl. 29.10.2013; opubl. 25.04.2014., Bul. № 8. – 4 s.

6. Pat. na korysnu model № 92897, UA, МПК В 01 D 61/56 (2006.1). Phystriy dlia znevodnennia / V.P. Naduty, V.V. Sukharyev, S.V. Kostyrya; zayavnyk i patentovlasnyk IHTM NAN



Ukrayiny. – Z. № 2014 03 312; zayavl. 01.04.2014; opubl. 10.09.2014. Bul. № 17. – 4 s.

РЕЗУЛЬТАТИ КОМПЛЕКСНОГО ЗНЕВОДНЮВАННЯ ЗДРІБНЕНОЇ БАЗАЛЬТОВОЇ ГІРСЬКОЇ МАСИ

Анотація. Представлено результати комплексного зневоднювання гірської маси на вібраційному пристрої. Комплексний вплив на вологу гірську масу полягає у використанні трьох механізмів процесу зневоднювання: вібраційного, вакуумного та електроосмотичного. Новизна пристрою для зневоднювання полягає у тому, що в ньому сконцентровано механізми для реалізації всіх трьох методів зневоднювання. Експериментально встановлені залежності залишкової вологи і продуктивності пристрою, що збезводнює, від семи перемінних факторів: вихідної вологості базальту, площі поверхні зневоднювання, зміни тиску у вакуумній камері, напруги на електродах, частоти коливань і кута нахилу робочого органа, а також від величини збурювальної сили.

Установлено працездатність пристрою і відзначено, що електроосмотичний метод ефективний для зниження капілярної вологи, а вібраційний і вакуумний методи ефективні при вилученні зовнішньої вологи також з крупних шарів сипучого шару гірської маси.

Ключові слова: вібротранспортування, вакуумування, електроосмос, зневоднювання, комплексний підхід, базальт.

RESULTS OF A COMPREHENSIVE DEWATERING BAZALT ROCK MASS

Annotation. The results of dewatering of the basalt mined rock on a vibrating device are presented. The complex effect on wet mined rock is in application of three arrangements for dewatering process: vibration, vacuum and electroosmotic. The novelty of the dewatering device is in the fact that there are arrangements for implementation of all these three dewatering methods concentrated in it. The dependencies of the residual moisture inside of the material and productivity machine from seven variable factors: initial humidity of basalt, the area of a surface executive tool, change of pressure in the vacuum chamber, electric field voltage, oscillation frequency and a corner of an inclination of working body, and also from size of revolting force.

There is an efficiency of the device established and registered that the electroosmotic method is effective for capillary moisture reduction, and vibration and vacuum methods are effective for external moisture screening even out of the large pores of loose mined rock.

Key words: vibrating transportation, vacuum process, electroosmotic process, dewatering, integrated approach, basalt.