

Надутый В.П., д-р техн. наук, профессор,
Костыря С.В., магистр
(ИГТМ НАН Украины)

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ВЛАЖНОЙ ГОРНОЙ МАССЫ

Надутый В.П., д-р техн. наук, професор,
Костыря С.В., магістр
(ИГТМ НАН України)

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ МЕТОДІВ КОМПЛЕКСНОГО ЗНЕВОДНЕННЯ ВОЛОГОЇ ГІРНИЧОЇ МАСИ

Naduty V.P., D. Sc. (Tech.), Professor,
Kostyrya S.V., M.S (Tech.)
(IGTM NAS of Ukraine)

SELECTION OF RATIONAL METHODS FOR COMPLEX DEHYDRATION OF THE ROCK MASS

Аннотация. Статья отражает результаты комплексного обезвоживания горной массы на вибрационном устройстве новой конструкции, которая позволяет одновременно использовать три механизма обезвоживания – вибрационный, вакуумный и электроосмотический. Экспериментально установлено воздействие электроосмотического метода на капиллярную влажность и повышение эффективности обезвоживания горной массы. Выполнены исследования по установлению влияния комплексного обезвоживания на изменение конечной влажности от площади перфорированной поверхности устройства. Результаты исследований позволяют определить эффективность воздействия электрокинетического метода в обезвоживающем устройстве нового типа на капиллярную влажность.

Ключевые слова: вибрация, вакуумирование, электроосмос, обезвоживание, комплексный метод.

Введение. Обезвоживание горной массы является важным технологическим процессом при добыче, переработке и обогащении полезных ископаемых. Помимо того, промышленные отходы, образующиеся в процессе производственной деятельности значительного числа предприятий горнодобывающей, угольной, металлургической, химической и других отраслей промышленности Украины, нередко представляют собой ценное минеральное сырье. В отдельных областях и районах страны накоплено такое огромное количество промышленных отходов, что вопросы их утилизации превратились не только в экономическую и экологическую проблемы.

Большие сложности возникают при переработке влажного минерального сырья менее 1 мм, и этой проблеме уделяется большое внимание.

Наиболее острые проблемы связаны с совершенствованием технологии обогащения сырья, доводки концентратов, переработки шламов. Существует острая необходимость обезвоживания конечного продукта горного производства до минимального процентного содержания влаги.

Основными процессами обезвоживания, которые применяются на обогатительных фабриках, является – механическое обезвоживание (дренирование, грохочение, фильтрование, центрифугирование) и термическая сушка [Фоменко Т.Г., 1974], [Мельник Т.Г., 1979], [1,2]. Однако они имеют ряд недостатков и как правило, описанные выше методы обезвоживания (кроме термического) позволяют извлекать только внешнюю влагу, а влага в поровых каналах сыпучей массы, между частицами в виде перетяжек, а также капиллярная при этом не извлекается. Здесь важную роль играют молекулярные силы сцепления, силы поверхностного натяжения, преодолеть которые указанными методами на существующем оборудовании не представляется возможным.

Одним из перспективных направлений является применение комплексного метода обезвоживания горной массы, реализуемого на одном оборудовании с использованием электрокинетического энергопереноса в дисперсных средах [3].

Капиллярные свойства пористых тел играют важную роль в различных технологических процессах, например, пропитка и обезвоживание, которые являются часто необходимыми звеньями общих технологий обработки и дальнейшего использования продуктов горнодобывающей промышленности. При разработке и усовершенствовании соответствующего оборудования и технологических приемов необходимо с достаточно хорошей точностью определять величины капиллярных сил и рассчитывать процессы, связанные с движением жидкости в пористых телах с учетом действия этих сил. Для насыпных сред с достаточно узким распределением частиц по диаметру и со сравнительно однородной структурой.

Целью исследования является поиск решений с устойчивым непрерывным режимом работы оборудования при интенсивном глубоком обезвоживании горной массы на основе использования комплексного механизма, включающего вибрационное воздействие, вакуумирование и электроосмос, воплощенные в одной установке.

Изложение материала и результаты: Вибрационный метод в обезвоживающем устройстве используется не только для транспортировки материала по рабочему органу, он также способствует разрыхлению материала (увеличение порового пространства между частичками материала) [4]. Благодаря вибрации происходит разрыв перетяжек жидкости между частичками, что способствует более эффективному извлечению жидкости из обезвоживающего материала с помощью вакуума.

В обезвоживающем устройстве для удаления капиллярной влажности из материала используется новая технология основанная на физических принципах электроосмоса [Порсев Е.Г., 1985]. Находящаяся влага в материале

практически всегда содержит в себе растворенные соли и влажный материал, содержащий такие соли, показывает отрицательный потенциал. Понижение границы между положительным и отрицательным потенциалом во влажном материале, то есть до нулевого потенциала, означает снижение капиллярной влаги в материале. В обезвоживающем устройстве влажный материал перемещается по перфорированной поверхности на которую подается отрицательный потенциал, а во влажном материале расположен электрод с положительным потенциалом, отрицательно заряженные ионы солей устремляются к отрицательному потенциалу (перфорированной поверхности), увлекая за собой молекулы воды.

На основании вышеперечисленных преимуществ выбранных методов обезвоживания авторами было разработано устройство для комплексного обезвоживания горной массы [5], которое представлено на рис. 1.

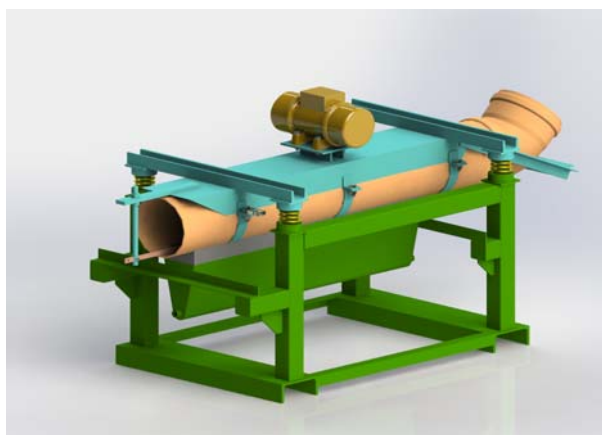
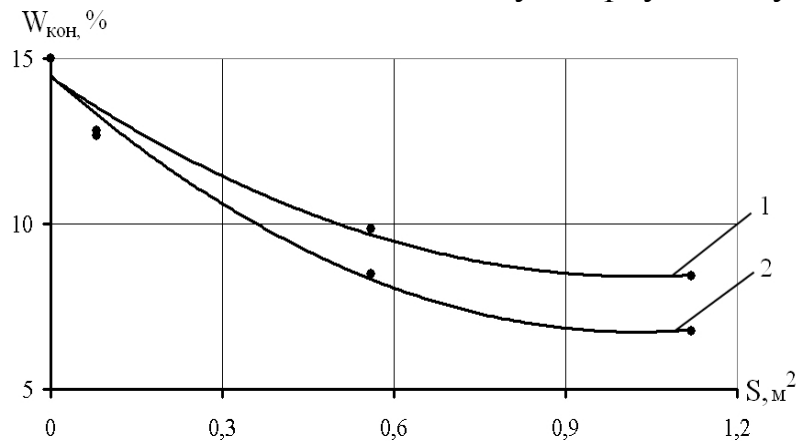


Рисунок 1 - Общий вид вибрационного устройства для комплексного обезвоживания горной массы

Принцип работы устройства следующий: в рабочий орган непрерывно поступает влажный материал, который постоянно контактирует с электрическим стержнем, с подключенным анодом. Благодаря постоянному контакту с электропроводящим стержнем, под воздействием постоянного тока, избыточная влага двигается к перфорированной поверхности, которая является катодом. Из-за разницы потенциалов обеспечивается движение воды и происходит электроосмотическое обезвоживание материала. На корпусе установлен вибровозбудитель, с помощью которого производится непрерывное движение обезвоживаемого материала по перфорированной поверхности. Так как перфорированная поверхность расположена по всей длине устройства, увеличивается процесс удаления избыточной влаги. Эффективность прохождения жидкости сквозь слой горной массы к перфорированной поверхности обеспечивается разряжением в вакуумной камере. Избыточная влага выводится из вакуумной камеры с помощью устройства для слива воды. В этом случае на жидкость действует, помимо гравитационных сил, разряжение, которое увеличивает скорость обезвоживания горной массы.

На рис. 2 представлена зависимость конечной влажности от влияния комплекса обезвоживающих методов на влажную горную массу.



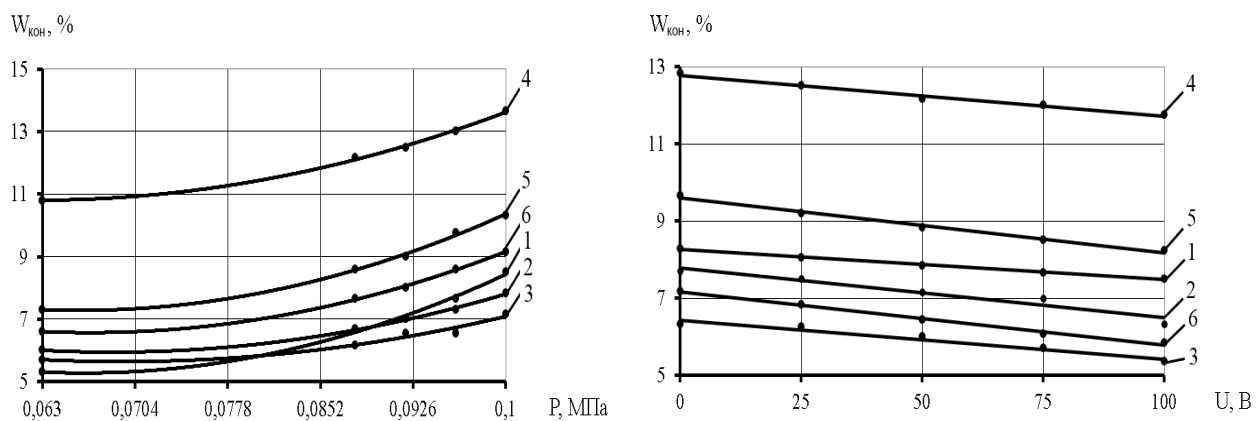
1 – вибрация + вакуум; 2 – вибрация + вакуум + электроосмос

Рисунок 2 - Изменение зависимости конечной влажности от влияния комплекса обезвоживающих методов на влажную горную массу

Из графика видно, что благодаря использованию электроосмотического воздействия на горную массу происходит удаление капиллярной влажности и повышается эффективность комплексного обезвоживания.

При дальнейшем исследовании обезвоживающего устройства устанавливался ряд зависимостей процентного содержания остаточной влаги от варьируемых параметров: длины рабочего органа обезвоживающего устройства, напряжения электрического поля, обеспечивающего осмотический механизм обезвоживания, долевого участия каждого метода в процессе обезвоживания, угла наклона рабочего органа, величины возмущающей силы и частоты вращения вала вибровозбудителя.

На рис. 3 представлены результаты экспериментов по определению изменения конечной влажности различной крупности от главных параметров обезвоживания.



крупность (+0,63-1,6мм): 1 – $S=1,2 \text{ м}^2$; 2 – $S=0,56 \text{ м}^2$; 3 – $S=0,08 \text{ м}^2$;
крупность (+0,25-0,63мм): 4 – $S=1,2 \text{ м}^2$; 5 – $S=0,56 \text{ м}^2$; 6 – $S=0,08 \text{ м}^2$;

Рисунок 3 - Зависимость остаточной влажности от комплекса параметров

Из графиков видно, что на процесс обезвоживания оказывает разряжение в вакуумной камере P . Для максимальной площади поверхности $1,12 \text{ м}^2$ при исходной влажности 15 % имеет место снижение содержания влаги до 6 % при $P = 0,063 \text{ МПа}$. Зависимость Конечной влажности $W_{\text{кон}}$ от напряжения U линейная, слабая. Так, для площади $1,12 \text{ м}^2$ и прочих фиксированных параметрах при увеличении U от 0 до 100 В конечная влажность снижается на 2-3%.

В сериях экспериментов постоянными значениями факторов были следующие: $\omega=3000 \text{ об/мин}$; $F=0,5 \text{ кН}$; $\alpha=5 \text{ град.}$; $P=0,063 \text{ МПа}$; $U=75 \text{ В}$; $W_{\text{исх}}=15 \text{ \%}$ для крупности (+0,25-0,63мм) и $W_{\text{исх}}=10 \text{ \%}$ для крупности (+0,63-1,6мм).

Для обоснования конструктивных и режимных параметров обезвоживающего устройства необходимо выполнить теоретическое и экспериментальные исследования, установить зависимости доминирующих факторов влияющих на обезвоживание горной массы. В дальнейшем необходимо исследовать обезвоживающее устройство с различными типами горной массы отличающихся друг от друга крупностью и физическими свойствами.

Выводы. Экспериментально доказана эффективность использования устройства для комплексного обезвоживания измельченной влажной горной массы. Определена степень влияния комплексного метода обезвоживания и возможность дообезвоживания с помощью электрокинетического метода с использованием электроосмоса. В результате комплексного воздействия на горную массу можно достичь 6 % влажности в конечном продукте.

Научное значение результатов исследований заключается в определении эффективности использования устройства для комплексного обезвоживания и определение возможности обезвоживания с помощью электрокинетического метода с использованием электроосмоса.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Полулях, А.Д. Обезвоживание отходов флотации на фильтр-прессах / А.Д. Полулях // Збагачення корисних копалин: наук.-техн.зб. – 2011. – Вип.47(88).-С.151-156.
2. 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.
3. Радущкевич, В.Л. Интенсификация фильтрационного обезвоживания угольных флотошамов с помощью электроосмоса / В.Л. Радущкевич, Г.Ю. Гольберг // Вестник Института обогащения твердого топлива. – Люберцы, 1994. – Вып. 2. – С. 70-76.
4. Надутый, В.П. Влияние вибраций на статическое положение мениска движущейся в капилляре жидкости / В.П. Надутый, В.И. Елисеев, В.И. Луценко // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" : Зб. наук. праць. Тематичний випуск "Хімія, хімічна технологія та екологія". – Харків: НТУ "ХПІ", 2011. – № 59. – С. 104-111.
5. Патент 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. Костира; заявник і патентовласник ІГТМ НАН України. – u 2013 12652; заявл. 29.10.2013; опубл. 25.04.2014., Бюл. № 8. – 4 с.

REFERENCES

1. Polulyakh, A.D., (2011) "Dewatering flotation waste on filter presses", *Enrichment of minerals*, Vol. 47(88), pp 151-156.

2. Nadutyu, V.P., Lapshin, Ye.S. and Shevchenko, A.I. (2012), "The study of the kinetics of dehydration during vibration screening", *Zbagachennya korysnykh kopalyn*, Vol. 49(90), pp. 112-120.
3. Radushkevich, V.L. and Golberg G.Yu., (1994) "Intensification of filtration dehydration of coal flotation sludge by means of electroosmosis", *Bulletin of Institute of Solid Fuel Enrichment*, Lyubertsy, Russia, Vol. 2, pp. 70-76.
4. Nadutyu, V.P., Eliseev, V.I. and Lutsenko, V.I., (2011), "The influence of vibrations on the static position of the meniscus of the liquid moving in the capillary", *Bulletin of the National Technical University «Kh.PI»*, Vol. 59, pp. 104-111.
5. Nadutyu, V.P., Sukhariev V.V. and Kostiryа, S.V., Zayavnyk i patentovolodar IGTM NAN Ukrainy (2014), *Pristryi dlya znevodnennya sypkyyh materialiv*, [Device for dewatering bulk materials], State Register of Patents of Ukraine, Dnipropetrovsk, UA, Pat.# 12652.

Об авторах

Надутьий Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом механики машин и процессов переработки минерального сырья, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАНУ), г. Днепр, Украина. nadutyvp@gmail.com

Костыря Сергей Владимирович, магистр, инженер отдела механики машин и процессов переработки минерального сырья, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАН Украины), г. Днепр, Украина, kostyrya81@gmail.com.

About the authors

Naduty Vladimir Petrovich, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Head of Department of Geodynamic Systems and Vibration Technologies, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM NASU), Dnepr, Ukraine, nadutyvp@gmail.com

Kostyrya Sergey Vladimirovich, Master of Science, Engineer in Department of Geodynamic Systems and Vibration Technologies, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM NASU), Dnepr, Ukraine, kostyrya81@gmail.com.

Анотація. Стаття відображає результати комплексного зневоднення гірської маси на вібраційному пристрої нової конструкції, яка дозволяє одночасно використовувати три механізми зневоднення - вібраційний, вакуумний і електроосмотичний. Експериментально встановлено вплив електроосмотичного методу на капілярну вологість і підвищення ефективності зневоднення гірської маси. Виконано дослідження по встановленню впливу комплексного зневоднення зміни кінцевої вологості від площі перфорованої поверхні пристрою. Результати досліджень дозволяють визначити ефективність впливу електрокінетичного методу в зневоднюється пристрої нового типу на капілярну вологість.

Ключові слова: вібрація, вакуумирование, електроосмос, зневоднення, комплексний метод.

Abstract: The article presents results of the rock complex dewatering by vibrating device of new design, which allows to use simultaneously three dehydration mechanisms - vibration, vacuum and electroosmosis. Effect of electroosmotic method on the capillary moisture and increase of rock dehydration efficiency were established experimentally. Effect of complex dewatering on the changes of final moisture content was studied depending on area of perforated surface of the device. The findings make it possible to determine effectiveness of electrokinetic method in the new dewatering device for capillary moisture.

Key words: vibration, evacuation, electroosmosis, dehydration, complex method.

Стаття постуила в редакцію 10.08. 2017

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Б.А. Блюссом