

Надутый В. П.

Сухарев В. В.

Костыря С. В.

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

Nadutyu V. P.

Sukharyev V. V.

Kostyrya S. V.

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

УДК 622/794:621-1/-9

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДА ВИБРООБЕЗВОЖИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ

В статье отражены результаты комплексного обезвоживания железной руды. В установке для обезвоживания используется три механических методов обезвоживания – вибрационный, вакуумный и электроосмотический. Определена степень влияния каждого метода на процесс обезвоживания. Установлены зависимости остаточной влаги и производительности обезвоживающего устройства от семи факторов: исходной влажности железной руды, площади поверхности обезвоживания, изменение давления в вакуумной камере, напряжения на электродах, частоты колебаний и угла наклона рабочего органа, а также от величины возмущающей силы.

Ключевые слова: вибротранспортирование, вакуумирование, электроосмос, обезвоживание, комплексный подход, железная руда.

Введение. Разнообразные технологии обогащения предусматривают переработку полезных ископаемых в виде пульпы и последующее ее обезвоживание. В частности, в цикле переработке железной руды перед операцией агломерации необходимо снизить влажность исходного материала с целью уменьшения энергетических затрат, для этого создаются новые устройства и методы обезвоживания горной массы.

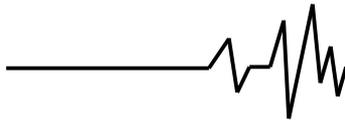
Вибрационный метод позволяет эффективно отбирать из горной массы внешнюю воду [1], вакуумный способ ускоряет этот процесс и дополнительно обезвоживает поровые каналы в горной массе [2], а также убирает перемычки влаги между частицами твердого остатка (так называемые перетяжки). Однако капиллярную влагу извлечь этими методами не удастся, поскольку силы поверхностного натяжения воды в капиллярах довольно велики [3].

Разработанное авторами устройство позволяет выполнять комплексное обезвоживание горной массы, поскольку в нем одновременно используются три механизма обезвоживания (вибрационный, вакуумный и

электрокинетический) на основе электроосмоса, основанный на процессах переноса влаги в обрабатываемом материале под влиянием постоянного тока [4]. Предварительные исследования обезвоживания по данному комплексному методу показали обнадеживающие результаты [5].

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

Принцип работы устройства следующий: в диэлектрический корпус 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 движется к перфорированной поверхности, которая является катодом. Из-за разницы потенциалов обеспечивается движение воды и происходит электроосмотическое обезвоживание

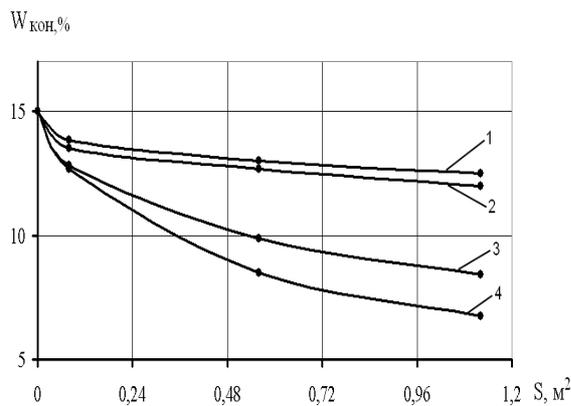


материала. На корпусе установлен вибровозбудитель, с помощью которого производится непрерывное движение обезвоживаемого материала по перфорированной поверхности. Так как перфорированная поверхность расположена по всей длине устройства, увеличивается процесс удаления избыточной влаги.

Эффективность прохождения жидкости сквозь слой железной руды к перфорированной поверхности в предлагаемом устройстве обеспечивается разряжением в вакуумной камере. Разреженная среда в камере для обезвоживания создается в вакуумным

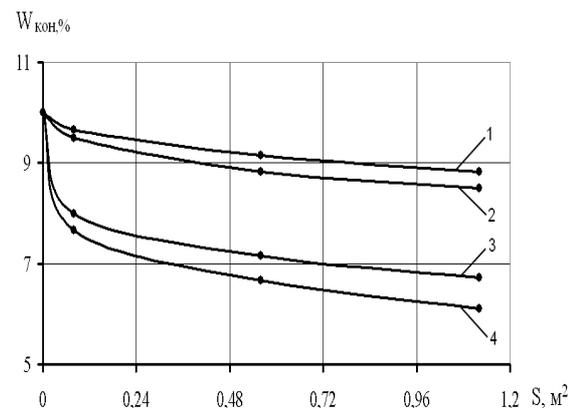
насосом, соединенным с ней гибким шлангом. Избыточная влага выводится из вакуумной камеры с помощью устройства для слива воды. В этом случае на жидкость действует, помимо гравитационных сил, разряжение, которое увеличивает скорость обезвоживания материала.

Электрокинетическим способом, в виде электроосмоса, обеспечивается воздействие на капиллярную влагу, благодаря чему повышается эффективность обезвоживания. Поэтому потребовалось установить влияние каждого способа обезвоживания на влажную железную руду (рис. 1).



а)

крупность (-0,63мм; +0,25)



б)

крупность (-1,6мм; +0,63)

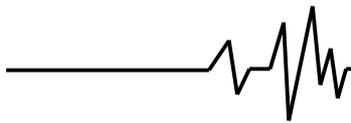
Рис. 1. Зависимость изменения конечной влажности от комбинации механизмов воздействия на горную массу для различных крупностей: 1 – вибрационное воздействие; 2 – воздействие вибрацией и электроосмосом; 3 – воздействие вибрацией и вакуумом; 4 – воздействие вибрацией, электроосмосом и вакуумом

Из полученных графиков очевидно, что конечная влажность железной руды зависит обратнопропорционально от площади перфорированной поверхности, характер зависимости слабонелинейный, максимальная эффективность обезвоживания достигается при комплексном воздействии на влажный материал и площади перфорированной поверхности в границах 0,5 м². Характер зависимостей при изменении крупности материала сохраняется, более крупный материал обезвоживается быстрее.

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

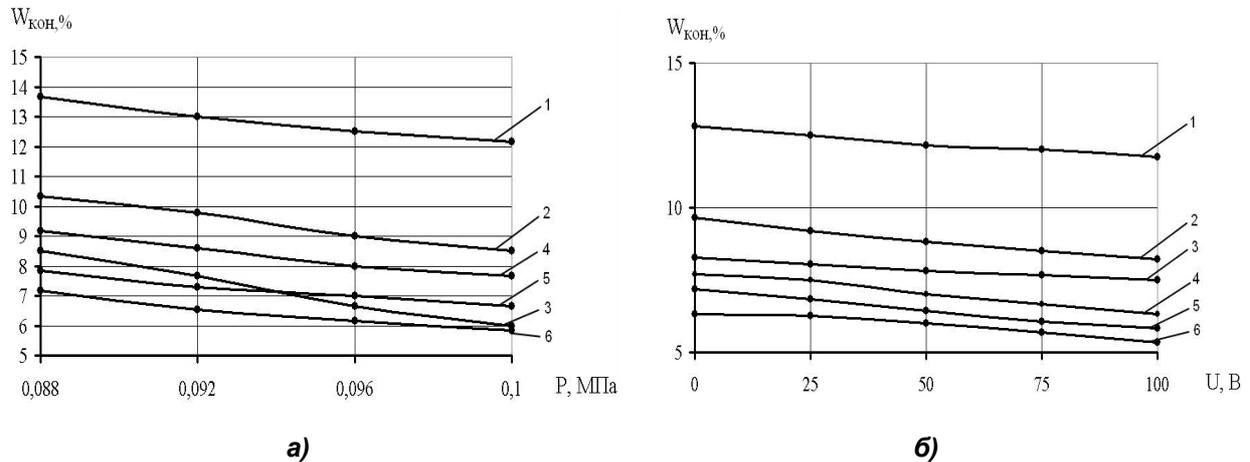
массы ($W_{кон}$, %) и производительность (Q , т/ч). Варьируемыми параметрами в ходе экспериментальных исследований были следующие:

- 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.



Експериментально установлені залежності кінцевої вологості залізної руди від комплексу вищеперечислених параметрів. При проведенні досліджень варіювався один із параметрів при фіксованих значеннях інших. В даній

серії експериментів постійними значеннями факторів були наступні: $\omega=3000$ об/мин; $F=0,5$ кН; $\alpha=5$ град.; $P=0,088$ МПа; $U=75$ В; $W_{исх} = 15\%$ для крупності $(-0,63\text{мм}; +0,25)$ і $W_{исх} = 10\%$ для крупності $(-1,6\text{мм}; +0,63)$.



крупность (+0,63-1,6мм): 1 – $S=1,12 \text{ м}^2$; 2 – $S=0,56 \text{ м}^2$; 3 – $S=0,08 \text{ м}^2$;
крупность (+0,25-0,63мм): 4 – $S=1,12 \text{ м}^2$; 5 – $S=0,56 \text{ м}^2$; 6 – $S=0,08 \text{ м}^2$;

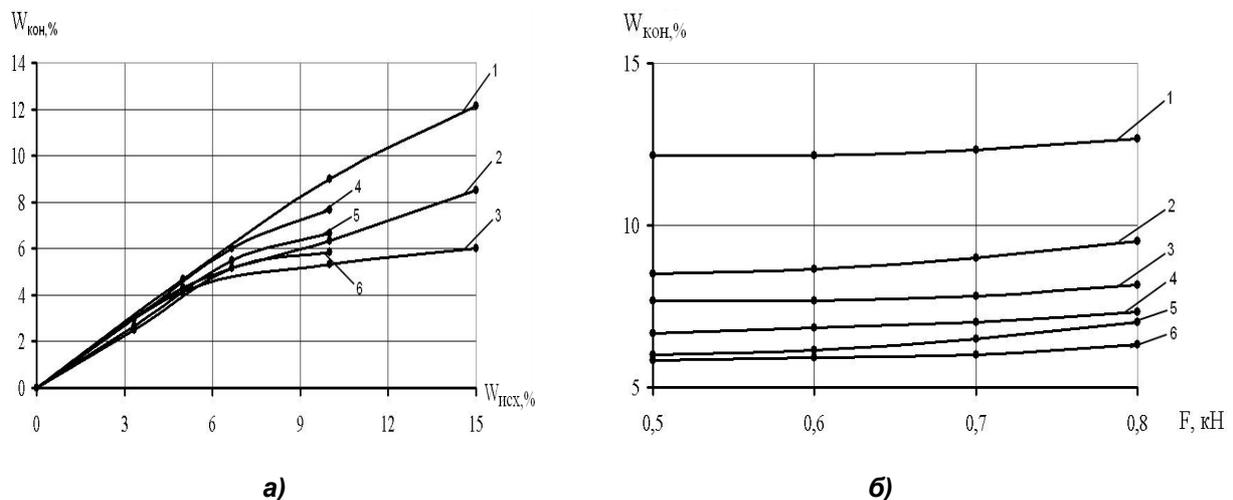
Рис. 2. Зависимость конечной влажности железной руды от комплекса параметров

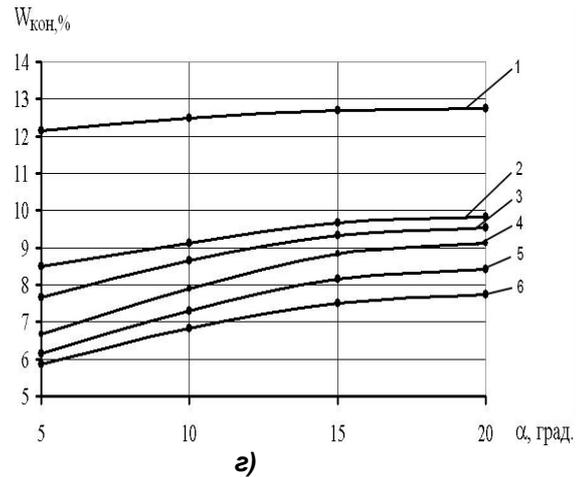
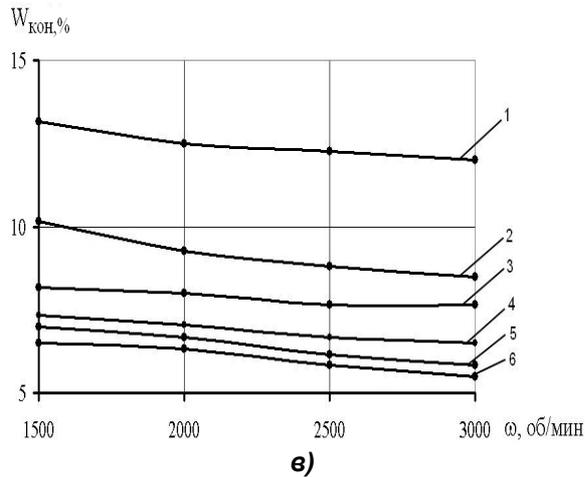
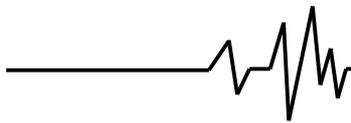
Снижение давления в вакуумной камере (рис. 2,а) позволяет отбирать больше жидкости из материала, за счет разрежения в камере, и эта зависимость носит линейный характер. Возможность дополнительного обезвоживания электрокинетическим методом с использованием электроосмоса (рис.2,б).

Влияние на процесс обезвоживания оказывают другие параметры, такие как: исходная влажность перерабатываемого продукта (рис. 3,а), возмущающее усилие (рис. 3,б) и угла наклона установки (рис. 3,в).

Увеличение возмущающего усилия и угол наклона приводят к уменьшению времени пребывания горной массы на рабочем органе, снижая степень обезвоживания.

Интенсификация процесса происходит при повышении частоты вибрации (рис. 3,г) 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.



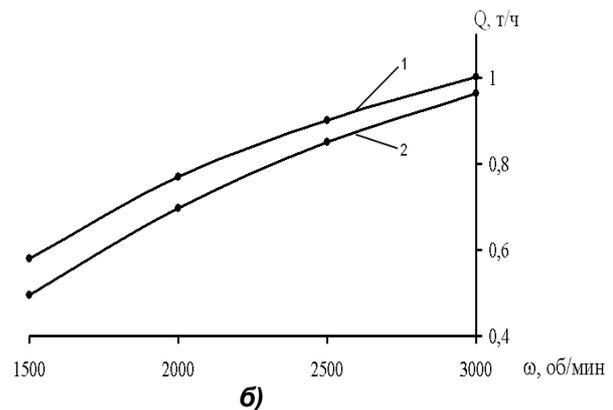
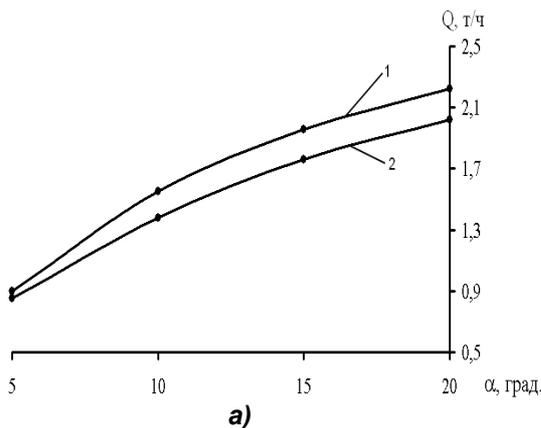


крупность (+0,63-1,6мм): 1 – $S=1,12 \text{ м}^2$; 2 – $S=0,56 \text{ м}^2$; 3 – $S=0,08 \text{ м}^2$;
крупность (+0,25-0,63мм): 4 – $S=1,12 \text{ м}^2$; 5 – $S=0,56 \text{ м}^2$; 6 – $S=0,08 \text{ м}^2$;

Рис. 3. Зависимость конечной влажности железной руды от комплекса параметров

Одним из основных параметров оборудования, характеризующий его работу является производительность, с этой целью

был определен характер зависимости производительности установки от параметров угла наклона и частоты вибрации (рис 4 а,б).



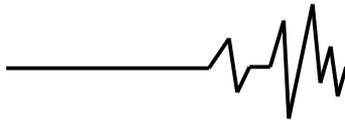
1 – крупность (+0,63-1,6мм); 2 – крупность (+0,25-0,63мм)
Рис. 4. Зависимость конечной влажности от производительности

Из приведенных графиков следует, что с увеличением угла наклона (рис 4,а) производительность установки возрастает и из-за того что пребывание горной массы в рабочем органе уменьшается, степень обезвоживания значительно снижается.

С увеличением частоты (рис 4,б) наблюдается существенное повышение производительности и обезвоживание горной массы.

Выводы. В соответствии с целью работы доказана эффективность использования устройства для комплексного обезвоживания измельченной влажной железной руды. Определена степень влияния каждого из трех методов обезвоживания и возможность дообезвоживания с помощью

электрокинетического метода с использованием электроосмоса. Установлено влияние семи факторов на процесс обезвоживания: изменения площади перфорированной поверхности по экспоненциальному закону влияет на процесс обезвоживания; 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. Установлена зависимость производительности от варьируемых параметров (угла наклона и



частоты вращения) которая имеет параболический характер.

Благодаря полученным экспериментальным данным определены диапазоны варьируемых параметров при которых достигается наиболее эффективное обезвоживание комплексного метода и производительность на вибрационном устройстве: угол наклона установки $5-15^{\circ}$, частота вращения вибровозбудителя в пределах 2000-2500 об/мин.

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. Патент на корисну модель № 92897, UA, МПК В 01 D 61/56 (2006.1). Пристрій для зневоднення/ Надутый В.П., Сухарев В.В., Костиря С.В. – Заявка № 2014 03 312; Заявл. 01.04.2014, Опубл. 10.09.2014. Бюл. № 17. – 4 с.

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

Список источников в транслитерации

1. Naduty V.P. Issledovanie kinetiki pri vibratsionnom grokhochenii / V.P. Naduty, E.S. Lapshin, A.I. Shevchenko // Zbahachennia korisnykh kopalyn: Nauk.-tekhn. zb. / Natsionalnyu hirnychyy universytet. – Dnipropetrovsk, 2012. – Vyp. 49(90) – pp. 112–120.

2. Antipov S.T. Kinetika protsesa vakuumnoy sushki v nepreryvnom rezhime / S.T. Antipov, S.V. Shakhov, I.O. Pavlov // Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda. – 1999. – N 1. – pp. 8–12.

3. Radushkevich V.L. Intensifikatsiya filtratsionnogo obezvozhvaniya ugolnykh flotoshlamov s pomoschyyu elektroosmosa / V.L.

Radushkevich, G.Yu. Golberg // Bestnik IOТT. – Lyubertsy, 1994. – Vyp. 2. – pp. 70–76.

4. Pat. Na korysnu model № 92897, UA, МПК В01D61/56 (2006.1). Phystriy dlia znevodnennya/ V.P. Naduty, V.V. Sukharev, S.V. Kostyrya; zayavnyk i patentnovlasnyk IHTM NAN Ukrainy. – Z. № 2014 03 312; zayavl. 01.04.2014; opubl. 10.09.2014. Bul № 17. – 4 s.

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

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДУ ВІБРОЗНЕВОДНЕННЯ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ

Анотація. У статті представлені результати комплексного зневоднювання залізної руди. В установці для зневоднення використовується три механічні методи зневоднювання – вібраційний, вакуумний і електроосмотичний. Визначено ступінь впливу кожного методу на процес зневоднювання. Установлені залежності залишкової вологості і продуктивності пристрою, що зневоднює, від семи факторів: вихідної вологості залізної руди, площі поверхні зневоднювання, зміна тиску у вакуумній камері, напруги на електродах, частоти коливань і кута нахилу робочого органа, а також від величини збуджуючої сили.

Ключові слова: вібротранспортування, вакуумування, електроосмос, зневоднення, комплексний підхід, залізна руда.

SUBSTANTIATION OF EFFICIENCY OF A COMPLEX METHOD VIBRODEHYDRATION IRON ORE

Annotation. The article presents the results of an integrated iron ore dehydration. The apparatus used for dehydration three mechanical dewatering methods – Vibration, vacuum and electro. The degree of influence of each method in the dehydration process. The dependences of residual moisture and performance of the dewatering device of the seven factors: initial moisture content of iron ore, the surface area of dehydration, the change in pressure in the vacuum chamber, a voltage across the electrodes, the frequency of oscillation and the angle of the working member, and the magnitude of the disturbing force.

Key words: vibrotransportation, vacuum, electroosmosis, dehydration, integrated approach, iron ore.