

А.И. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук
(Україна, Дніпропетровськ, ІГТМ ім. Н.С. Полякова НАН України)

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

При переработке тонкозернистого минерального сырья в последнее время все больше внимания уделяется методам и способам, основанным на физических воздействиях. Среди них важное место занимают акустические [1-11].

Одним из методов интенсификации процесса обезвоживания на ситах является наложение гармонических колебаний на просеивающую поверхность. Под действием колебаний изменяются структурные свойства обезвоживаемого материала, уменьшаются эффективные плотность и вязкость, его свойства приближаются к свойствам высоковязкой жидкости. Эта "жидкость" под действием силы тяжести непрерывно стекает вниз, чем обеспечивается регенерация просеивающей поверхности и высокая скорость процесса [12, 13].

Другой способ колебательного воздействия, приводящий к аналогичным результатам – возбуждение акустических колебаний непосредственно в материале на неподвижной просеивающей поверхности. Промышленная реализация данного способа стала возможной после разработки гидропневматических излучателей с площадью излучения, сопоставимой с просеивающей поверхностью [14-18].

Вместе с тем при конструктивной простоте технических средств недостаточная изученность процессов обезвоживания при акустическом воздействии стала существенным тормозом в развитии и расширении сфер применения акустической технологии. Поэтому исследования, направленные на установление закономерностей этого метода являются актуальными.

Цель работы – изучение влияния импульсного воздействия акустических колебаний на эффективность обезвоживания минерального сырья на неподвижной просеивающей поверхности.

Перспективным для возбуждения акустических колебаний является использование акустических звуковых головок с площадью излучения, сопоставимой с просеивающей поверхностью. При этом колебания накладываются и на минеральное сырье, и на просеивающую поверхность. Однако до настоящего времени этому направлению не уделялось достаточно внимания.

В ИГТМ НАН Украины экспериментальным методом были выполнены исследования [19], направленные на изучение влияния гармонических колебаний на обезвоживание материала крупностью +0,2-0,4 мм. Было установлено, что их использование позволяет снижать влажность такого материала с 30% до 14-15%. Определена область оптимальных параметров акустических колеба-

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

ний, при которых достигается максимальное уменьшение влажности: частота колебаний 180-220 Гц; уровень ν акустических колебаний не менее 100 dB, продолжительность обезвоживания $t = 120$ с.

Предварительные эксперименты по обезвоживанию более тонких классов с размером частиц +0,05-0,2 мм показали низкие результаты. Но в практике обогащения обезвоживание материалов крупностью менее 0,2 мм представляет огромный интерес, так как традиционными способами они недостаточно обезвоживаются.

Для снижения влажности необходимо увеличить воздействие, например, за счет импульсных акустических колебаний.

Для изучения этого процесса на модели устройства для обезвоживания с помощью акустических колебаний (рис. 1) были выполнены лабораторные исследования.

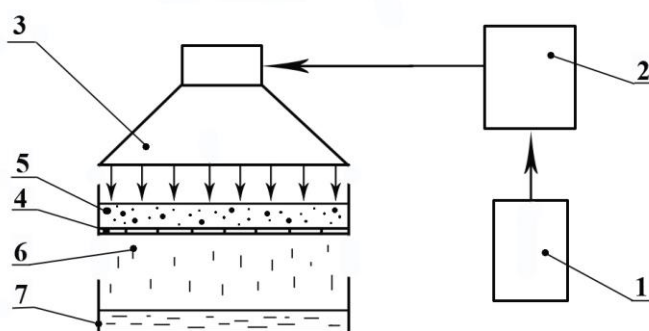


Рис. 1. Модель устройства для обезвоживания с помощью импульсного воздействия акустических колебаний:

- 1 – генератор акустических колебаний; 2 – усилитель акустических колебаний;
- 3 – излучатель акустических колебаний; 4 – просеивающая поверхность;
- 5 – обезвоживаемый материал; 6 – жидкость; 7 – емкость для сбора жидкости

Модель состояла из генератора акустических колебаний 1, усилителя акустических колебаний 2, излучателя акустических колебаний 3, установленного над просеивающей поверхностью 4. Материал для обезвоживания 5 подавался на просеивающую поверхность. Жидкость 6 собиралась в емкость 7. Площадь излучения была сопоставима с площадью просеивающей поверхности. Генератор акустических колебаний имел регулировку частоты от 10 Гц до 10 МГц.

Номинальная мощность усилителя 100 Вт; диапазон воспроизводимых частот от 20 Гц до 20 кГц.

В качестве излучателя использовалась звуковая головка 30ГД-301 со следующими параметрами: звуковое давление 0,35 Па (среднее стандартное звуковое), номинальное электрическое сопротивление 12 Ом, паспортная мощность 40 Вт, номинальная мощность 30 Вт, номинальный диапазон частот от 63 Гц до 12,5 кГц, частота основного резонанса 63 Гц. Диаметр излучателя 304 мм.

Уровень акустических колебаний замерялся с помощью прибора VEB Robotron 00 033.

В качестве просеивающей поверхности использовалась стальная сетка с размером ячеек 0,05 мм и толщиной проволоки 0,05 мм.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Матеріалом для обезвоживання служил гранитний отсев – отходи добычи і переробки граніта з розмірами частинок +0,05-0,2 мм. Во время експериментів вивчалось впливання удельної навантаження по вихідному питанню, котра складалась 6,25, 12,5 і 25 кг/м². Вологість вихідного продукту – 30%.

Методика проведення експериментів була наступною:

- монтировалась просеивающая поверхність з заданим розміром отверстий;
- на просеивающую поверхність подавався матеріал для обезвоживання;
- включался генератор акустических колебаний, устанавливался требуемый импульс и уровень колебаний на усилителе;
- включался секундомер;
- через заданное время выключался генератор акустических колебаний;
- извлекался и взвешивался надрешетный продукт;
- далее надрешетный продукт подвергался сушке и снова взвешивался.

В результате испытаний определялось количество воды, остающееся после импульсного воздействия акустических колебаний в надрешетном продукте.

Интенсивность процесса прохождения жидкости через материал характеризовалась относительным количеством воды, оставшейся в надрешетном продукте после воздействия

$$W = \frac{m_m - m_c}{m_c} \cdot 100\%,$$

где m_m – масса мокрого материала; m_c – масса сухого материала.

Из предварительных экспериментов установлено, что максимальное значение времени обезвоживания t равно 60 с, т.к. свыше этого значения процесс удаления воды стабилизировался. При указанном значении t выполнены последующие эксперименты.

Исследовалось изменение влажности от характеристик импульсов, уровня акустических колебаний и времени обезвоживания.

В табл. 1 приведены характеристики импульсов, которые условно обозначены 1-5.

Таблица 1

Обозначение импульса	Характеристики импульсов	
	Спектр колебаний при максимальной амплитуде, Гц	Период следования импульсов, с
1	25-85	0,25
2	35-95	0,55
3	45-105	0,45
4	135-195	0,45
5	160-220	0,5

На рис. 2-6 представлены спектрограммы импульсов 1-5 (уровень акусти-

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство
ческих коливань 80 dB, продовжителъность обезвоживання 60 с).

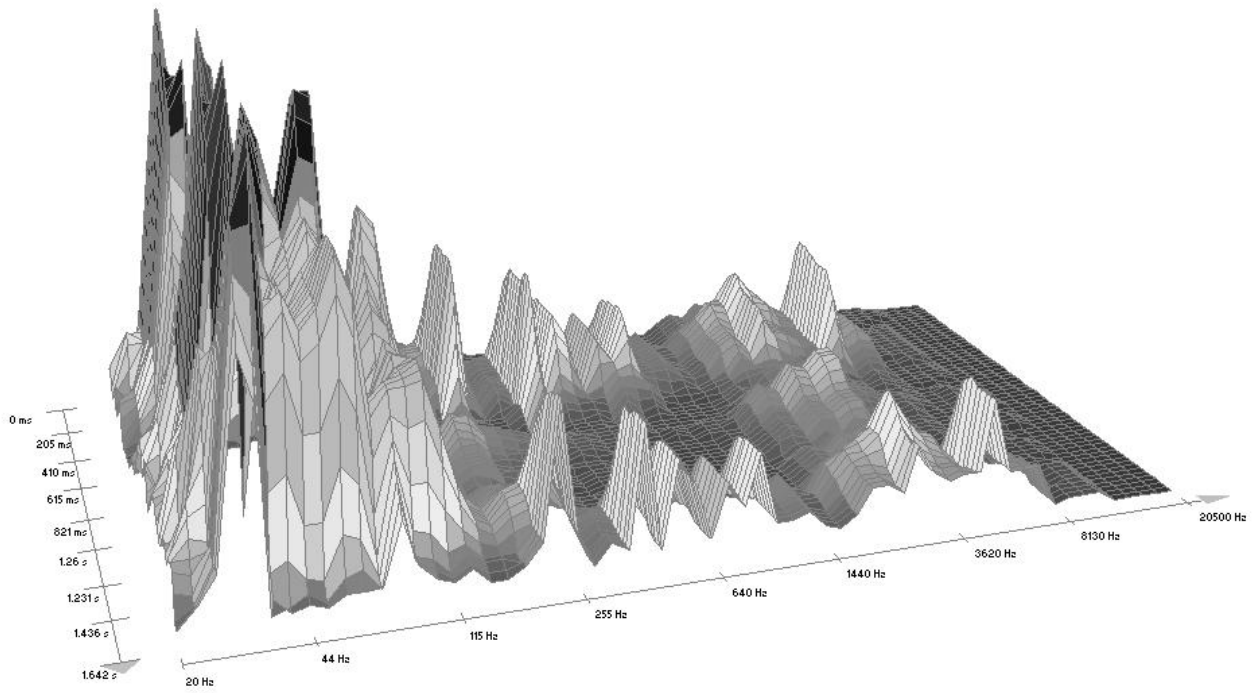


Рис. 2. Спектрограмма імпульса 1

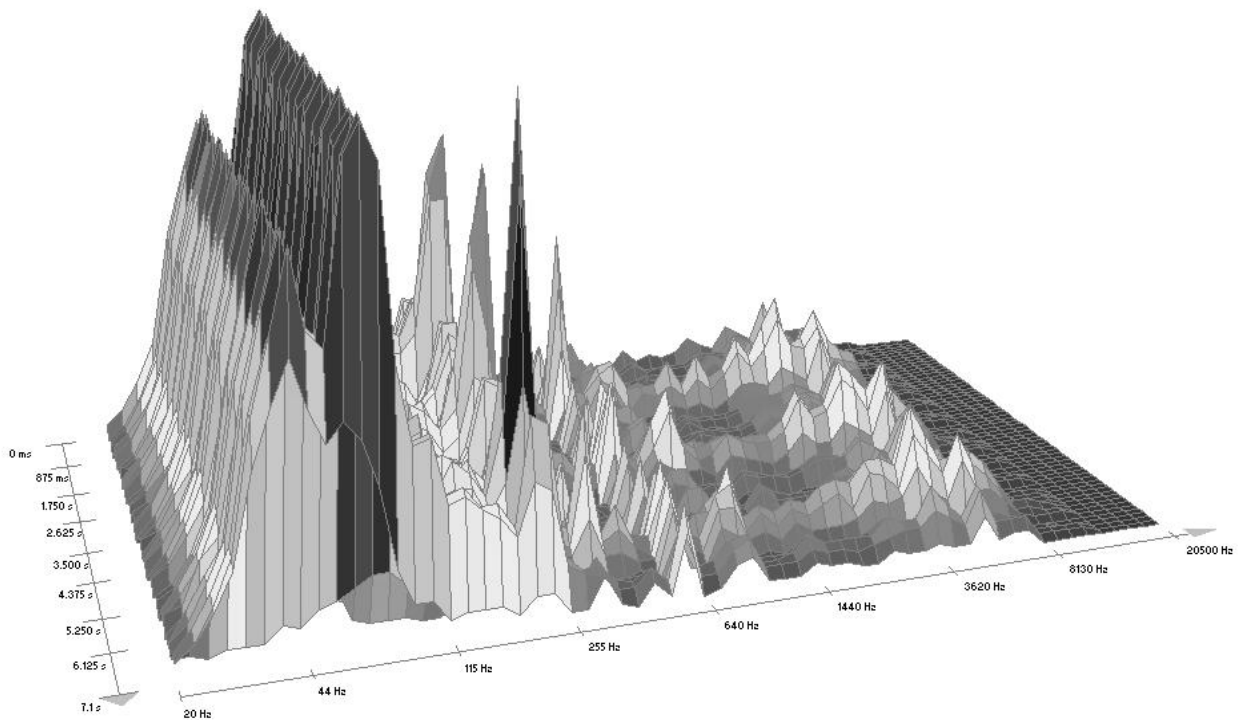


Рис. 3. Спектрограмма імпульса 2

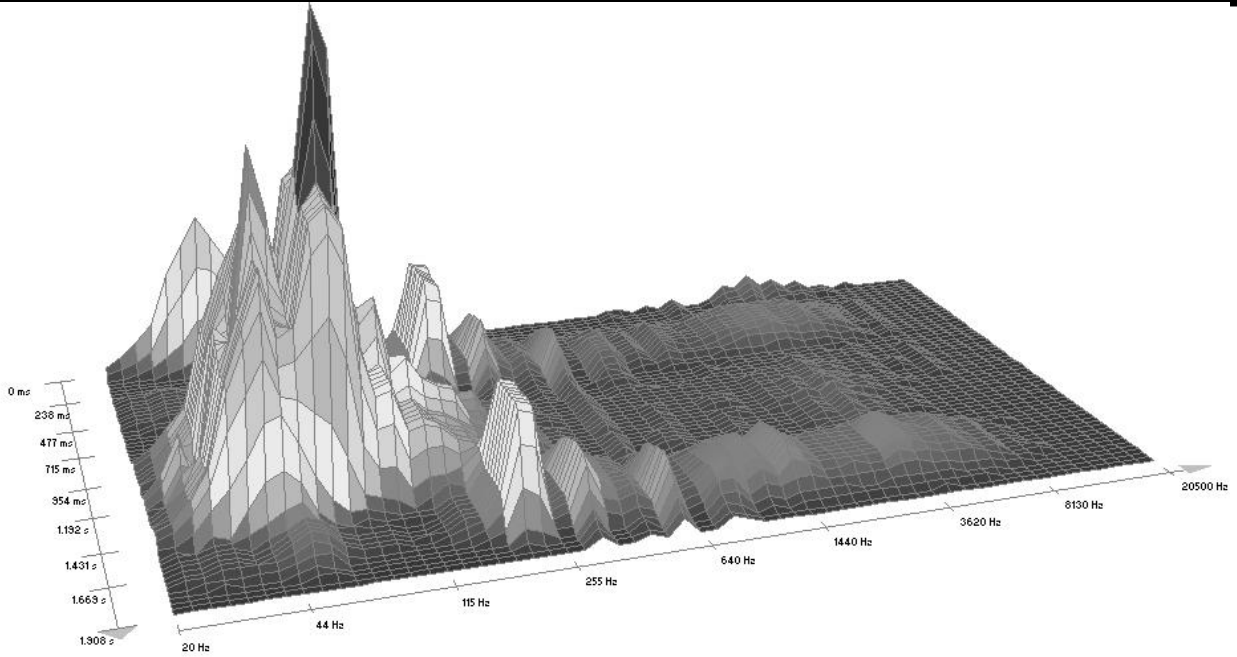


Рис. 4. Спектрограма імпульса 3

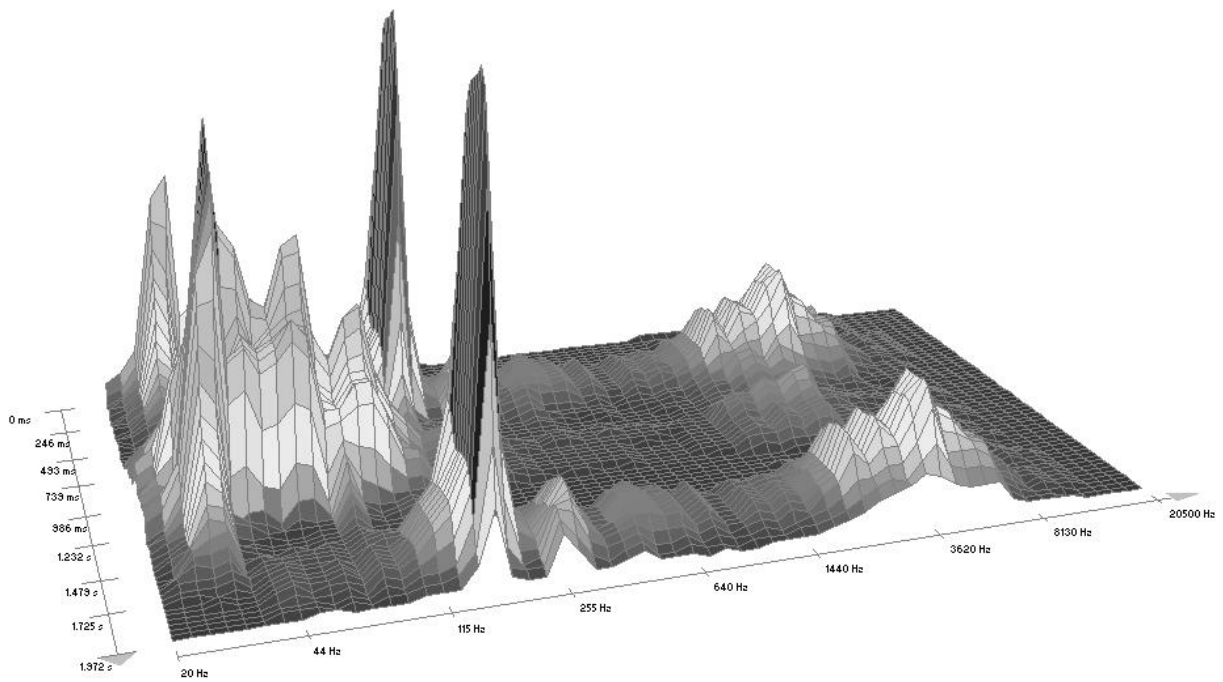


Рис. 5. Спектрограма імпульса 4

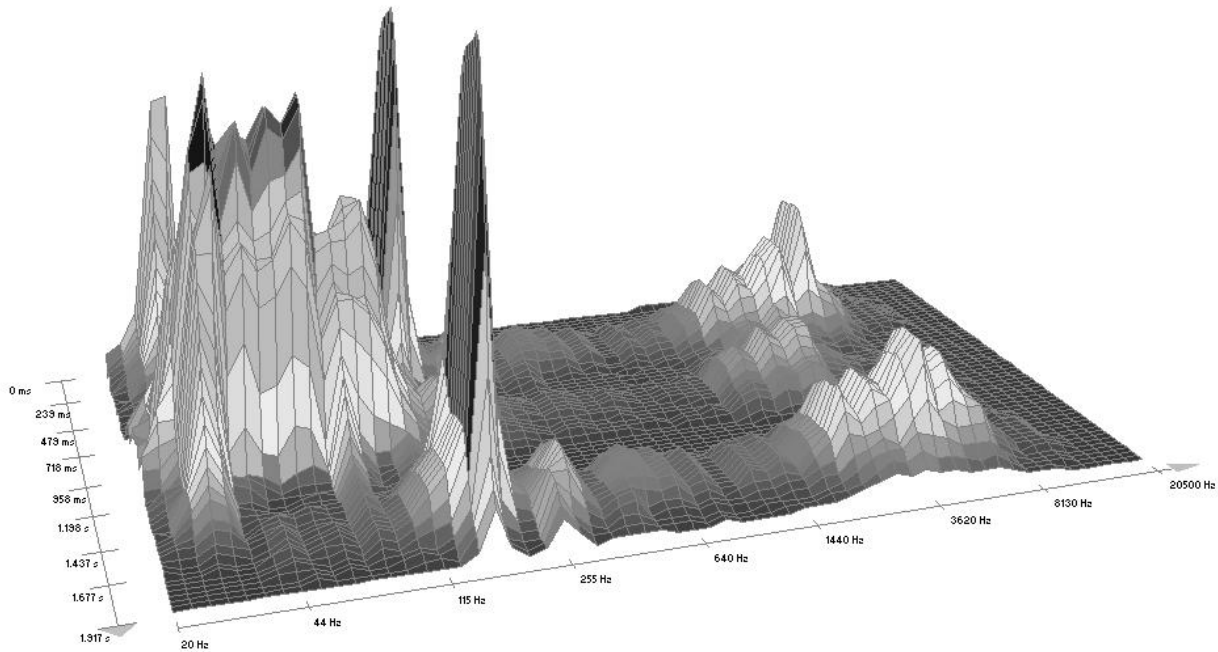


Рис. 6. Спектрограма імпульса 5

Как видно из рисунков спектр колебаний импульсов при максимальной амплитуде различен. Испытаниями установлено (рис. 7), что наибольшая эффективность обезвоживания достигается при использовании импульса 4 (спектр колебаний 135-195 Гц, период следования импульсов 0,45 с), изображенного на рис. 5. Поэтому дальнейшие исследования выполнены с использованием импульса 4.

Изучалось влияние на изменение влажности следующих параметров: уровень акустических колебаний, продолжительность обезвоживания и удельная нагрузка.

Результаты исследований показаны на графиках, на которых приведены усредненные значения по результатам пяти опытов при каждом режиме.

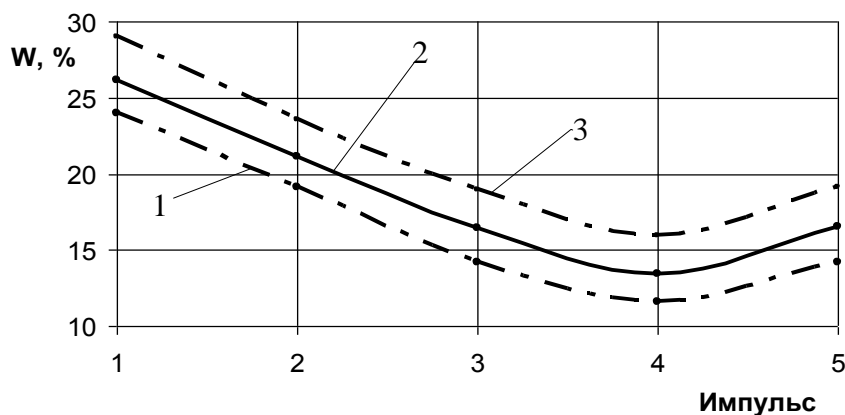


Рис. 7. Зависимость влажности W от характеристик импульсов при фиксированных уровне акустических колебаний ($\nu = 80$ dB) и продолжительности обезвоживания ($t = 60$ с):

1 – удельная нагрузка $6,25$ кг/м²; 2 – $12,5$ кг/м²; 3 – 25 кг/м²

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

На рис. 8-9 приведені результати досліджень процесу обезвоживання матеріала крупністю +0,05-0,2 мм при різних удільних навантаженнях, рівні акустических коливань і продовжителі обезвоживання.

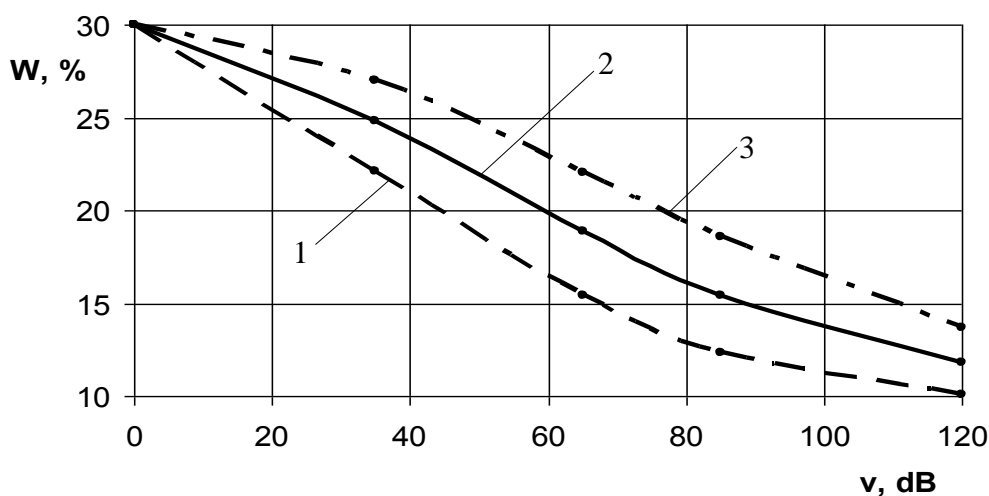


Рис. 8. Зависимость влажности W от уровня v акустических колебаний при фиксированной продолжительности обезвоживания ($t = 60$ с):
1 – удельная нагрузка $6,25 \text{ кг/м}^2$; 2 – $12,5 \text{ кг/м}^2$; 3 – 25 кг/м^2

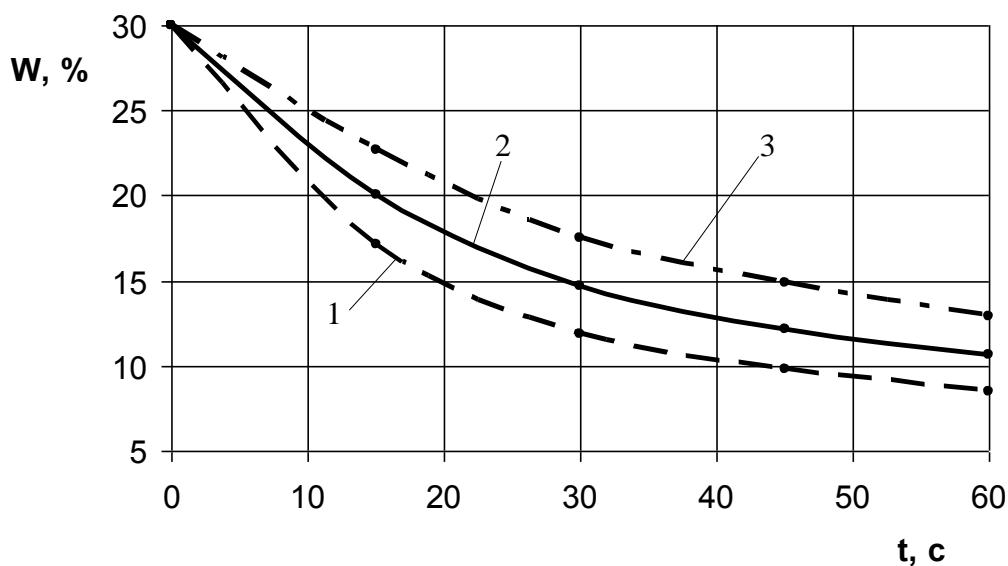


Рис. 9. Зависимость влажности W от времени обезвоживания t при фиксированном уровне акустических колебаний ($v = 120$ dB):
1 – удельная нагрузка $6,25 \text{ кг/м}^2$; 2 – $12,5 \text{ кг/м}^2$; 3 – 25 кг/м^2

Установлено (рис. 7-9), что импульсное воздействие позволяет обезвоживать минеральное сырье крупностью менее 0,2 мм, которые традиционными методами недостаточно обезвоживаются.

Максимальное снижение влажности достигается при использовании импульсов со следующими характеристиками: спектр колебаний 135-195 Гц, период следования импульсов 0,45 с.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

При увеличении уровня акустических колебаний до 60 дВ влажность снижается до 17-23% (рис. 8). Дальнейшее его повышение от 60 до 120 дВ позволяет уменьшать влажность до 10-14%.

Как видно из графика (рис. 9), прохождение жидкости сквозь слой материала наиболее интенсивно происходит в течение 40 с (угол наклона касательной изменяется в пределах от 130 до 175°). Затем по мере уменьшения влаги, когда все большее влияние оказывает поверхностное натяжение жидкости, прохождение замедляется и в интервале времени 40-60 с угол наклона касательной меняется только от 175 до 185°.

При фиксированных продолжительности обезвоживания, уровне акустических колебаний и варьировании удельной нагрузки от 6,25 до 25 кг/м² показатели влажности изменяются от 8 до 12% (рис. 8, 9).

Из сравнения результатов полученных при изучении влияния на обезвоживание материала гармонических колебаний и импульсного воздействия установлено, что использование импульсов повышает эффективность обезвоживания на 25-30%.

Таким образом, на лабораторной установке изучено влияние режимов импульсного воздействия акустических колебаний на обезвоживание минерального сырья на неподвижной просеивающей поверхности. Исследования процесса обезвоживания выполнены при удельных нагрузках 6,25, 12,5 и 25 кг/м². Установлено, что использование импульсного воздействия акустических колебаний позволяет снижать влажность материала крупностью +0,05-0,2 мм с 30 до 10-14%. Такие результаты достигаются при продолжительности обезвоживания 60 с и уровне акустических колебаний 90-120 дВ. При этих параметрах необходима звукоизоляция, что будет учтено при дальнейших исследованиях.

Полученные данные будут использованы при дальнейших исследованиях виброакустического обезвоживания, где будет изучено влияние на обезвоживание акустических колебаний одновременно с вибрацией, что позволит в дальнейшем выполнить математическое моделирование для определения рациональных конструктивных и динамических параметров процесса обезвоживания минерального сырья.

Список литературы

1. Акустическая технология в обогащении полезных ископаемых / А.И. Шульгин, Л.И. Назарова, В.И. Рехтман и др. Под ред. В.С. Ямщикова. – М.: Недра, 1987. – 232 с.
2. Звуковая техника и технология в промышленности / А.Б. Бут, В.И. Жулин, В.С. Ямщиков и др. В кн.: Доклады IX Всесоюзной акустической конференции. – М., 1977. – С. 101-111.
3. Волобуев Н.К., Полуянченко Е.К. Применение упругих колебаний в процессах фильтрования // Химическая промышленность. – 1972. – № 10. – С. 57-59.
4. Назарова Л.И., Федоров Г.Б. Исследование механизма акустического фильтрования суспензий: В кн.: Доклады X Всесоюзной акустической конференции. – М., 1983. – С. 115-118.
5. Стоев Ст. М. Виброакустична техника при переработката на минерални суровини. – София: Техника, 1979.
6. Римский-Корсаков А.В., Ямщиков В.С. Инфразвуковая техника и технология – новое направление в интенсификации жидкофазных процессов // Вестник АН СССР. – 1980. –

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

№ 7. – С. 11-18.

7. Шульгин А.И., Негурица Л.П., Куликов А.В. Исследование влияния твердой и газообразной фаз на эффективность обеззараживания шахтных вод при низкочастотном акустическом воздействии: В кн.: Комплексные исследования физических свойств горных пород и процессов: VIII Всес. конф. вузов СССР с участием НИИ. – М., 1984. – С. 23.

8. Интенсификация переработки минерального сырья / Под ред. Г.М. Краснова. – М.: Наука, 1975.

9. Исследование процесса акустической классификации угольных пульп / А.Б. Бут, В.С. Бутовецкий, Л.К. Надярный и др. // Кокс и химия. – 1976. – № 4. – С. 10-13.

10. Майдуков Г.Л. Технология фильтрования продуктов обогащения углей. – М.: Недра, 1975.

11. Акустические подводные низкочастотные излучатели / А.В. Римский-Корсаков, В.С. Ямщиков, В.И. Жулин и др. – Л.: Судостроение, 1984.

12. Бут А.Б. Классификация суспензий на ситах с применением акустических колебаний // Известия вузов Горный журнал. – 1978. – № 9. – С. 159-165.

13. Волобуев Н.К., Полуянченко Е.К. Применение упругих колебаний в процессах фильтрования // Химическая промышленность. – 1972. – № 10. – С. 57-59.

14. Ямщиков В.С., Рехтман В.И., Бут А.Б. Звуковые излучатели для интенсификации обогатительных процессов // Известия вузов. Горный журнал. – 1976. – № 7. – С. 177-180.

15. Бут А.Б., Бутовецкий В.С., Надярный Л.К. Акустическая классификация угольной пульпы // Обогащение и брикетование угля. – 1975. – № 9. – С. 12-13.

16. Бут А.Б., Рехтман В.И. Акустический классификатор для разделения мелких фракций // Строительные материалы. – 1976. – № 3. – С. 8-9.

17. Бут А.Б. Исследование процесса разделения суспензий при воздействии звуковых колебаний // Докл. IX Всес. акуст. конф. Секция М. – М., 1977. – С. 91-93.

18. Виброакустический метод классификации тонкодисперсных суспензий на сите / В.С. Ямщиков, Рехтман В.И., М.Т. Заховаев и др. // Известия вузов. Горный журнал. – 1984. – № 7. – С. 123-126.

19. Шевченко А.И. Исследование обезвоживания минерального сырья с помощью акустических колебаний на неподвижной просеивающей поверхности / Сб. научн. трудов ИГТМ НАН Украины: "Геотехническая механика". – 2012. – Вып. 98. – С. 225-232.

20. Повышение эффективности удаления влаги при тонком грохочении горной массы за счет импульсного воздействия / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин, А.И. Шевченко и др. // Наук.-техн. журнал Науковий вісник. – 2011. – Вип. 2(122). – С. 95-99.

21. Лапшин Е.С. Шевченко А.И. Пути интенсификации обезвоживания минерального сырья на вибрационных грохотах // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 47(88). – С. 144-151.

© Шевченко А.И., 2013

Надійшла до редколегії 15.02.2013 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Є.С. Лапшиним