

Д-р техн. наук Е.С. Лапшин,
канд. техн. наук А.И. Шевченко
(ИГТМ НАН Украины)

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗДЕЛЕНИЯ ПО КРУПНОСТИ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Приведены результаты исследований влияния импульсного воздействия на эффективность разделения по крупности и обезвоживания сырья узкого и широкого спектров крупности. Изучено влияние удельной насыпной плотности дезинтегрирующих элементов на показатели процесса при режимах с "одиночными" и "двойными ударами".

INFLUENCE OF PULSE INFLUENCE ON EFFICIENCY OF DIVISION ACCORDING TO SIZE AND DEHYDRATION OF MINERAL RAW MATERIALS

Results of researches of influence of pulse impact on efficiency of division of a size and dehydration of raw materials of narrow and wide ranges of a size are given. Influence of specific bulk density of disintegrant elements on process indicators is studied at modes with "single" and "double blows".

При тонком и сверхтонком грохочении мокрого минерального сырья разделение по крупности и удаление жидкости требует существенных энергозатрат, поскольку этому процессу препятствуют силы поверхностного натяжения, которые значительно превосходят силу тяжести. Для снижения этих затрат необходимо интенсифицировать разрыхление сырья и разрушить капиллярные мостики между частицами [1-3].

Традиционные методы грохочения не позволяют решать эти задачи. При гармоническом вибровозбуждении просеивающей поверхности сырье узкого спектра крупности обезвоживается только до 18-22 %. Чем меньше крупность частиц, тем выше влажность. Трудоемким и имеющим высокие энергетические расходы является процесс разделения и удаления влаги из сырья, сформированного из классов крупности менее 0,2 мм. Частицы указанной крупности из-за их прилипания вследствие действия сил адгезии забивают ячейки просеивающей поверхности и нарушают эти процессы. Наиболее сложным является разделение по крупности и уменьшение влажности сырья широкого спектра крупности, которые в ряде случаев вообще не разделяются и не обезвоживаются. Следует сказать, что надрешетный продукт, находящийся на просеивающей поверхности, также снижает эффективность воздействия на частицы и жидкость, находящиеся в ее ячейках [1, 2].

Ранее выполненными исследованиями [1-6] установлено, что для эффективного разделения и обезвоживания минерального сырья требуется импульсное воздействие на просеивающую поверхность и перерабатываемое сырье. Для этого использовались "одиночные удары" и "двойные" [7]. При "двойных ударах" за период возбуждения кроме основного наносится дополнительный импульс. За счет основного надрешетный продукт подбрасывается и во время его полета просеивающей поверхности наносится дополнительный импульс, уси-

ливающий ее колебания. Вследствие этого происходит разрыв капиллярных мостиков и потеря устойчивости капиллярных менисков в ячейке просеивающей поверхности, улучшается разделение и очистка просеивающей поверхности от налипшего сырья, что интенсифицирует процесс разделения и обезвоживания.

Были найдены и изучены режимы, обеспечивающие повышение эффективности извлечения подрешетного продукта с максимальным снижением влажности надрешетного. При переработке сырья узкого спектра крупности применялись режимы с "одиночными ударами", а для широкого - "двойные" [5,6].

Для интенсификации разрыхления сырья и усиления воздействия на просеивающую поверхность использовались дезинтегрирующие элементы (ДЭ) [7]. Исследования [5,6] показали, какую важную роль выполняют ДЭ. В тех случаях, когда "одиночные" и "двойные удары" не обеспечивают требуемых показателей разделения и обезвоживания из-за препятствия этому процессу сил поверхностного натяжения, их преодолевают за счет динамического воздействия путем сообщения продуктам грохочения и просеивающей поверхности нормальных и сдвиговых импульсов. Импульсы осуществляют дезинтегрирующими элементами. При создании возмущений ДЭ ударяют продукт грохочения, выдавливая из него воду. За счет нанесения продукту грохочения и просеивающей поверхности в локальных областях нормальных импульсов усиливаются колебания просеивающей поверхности и продукта на ней, интенсифицируя процесс разделения и обезвоживания. Применялись ДЭ, изготовленные из различных материалов и имеющие разные размеры, форму и удельную насыпную плотность (УНП) (масса на единицу площади просеивающей поверхности, кг/м²). Во время исследований фиксировалась их УНП, но не было изучено как параметры дезинтегрирующих элементов (размеры, форма и УНП) влияют на эффективность разделения и обезвоживания. Поэтому задача, направленная на решение этих вопросов, несомненно, актуальна.

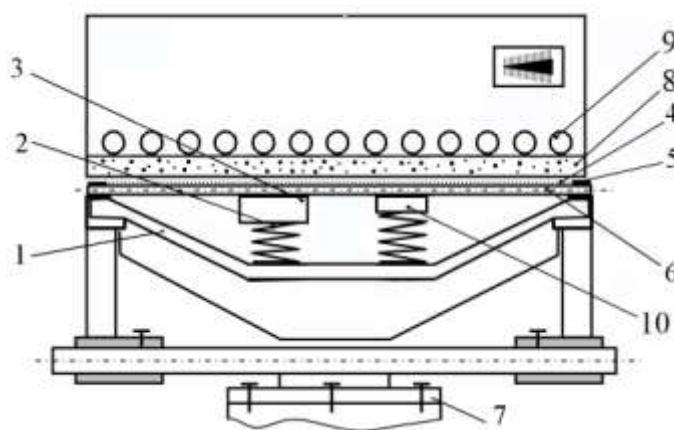
Исходя из изложенного, сформулирована цель работы – экспериментальные исследования влияния импульсного воздействия на эффективность разделения по крупности и обезвоживания минерального сырья.

Для того, чтобы установить это влияние были выполнены исследования с различными ДЭ, характеристики которых приведены в табл. 1. Во время экспериментов варьировалось их количество. Соотношение различных размеров при использовании ДЭ 2, 3 и 4 принималось равным в их общем количестве.

Таблица 1 – Характеристики дезинтегрирующих элементов

Обозначение	Материал, из которого изготовлены ДЭ	Форма	Размеры, Мм	Масса одного ДЭ, г
ДЭ 1	Резина	Шары	50	81,3
ДЭ 2	Спеченные из железной руды	Шары	10	9,6
			16	16,4
			24	23,0
ДЭ 3	Сталь ШХ 15	Шары	10	4,81
			12	7,78
			14	11,48
ДЭ 4	Морская галька	Эллипсоид вращения	30x18x15	14,09
			27x27x20	22,0
			40x34x25	39,49
			46x25x25	65,78

Для создания импульсного воздействия на модели грохота (рис. 1), была установлена балка 1 с упругим элементом 2 и ударником 3, а под сеткой 4 на упругих прокладках 5 смонтированы стержни 6. При гармоническом возбуждении основания 7 на ударник действует переменная сила инерции, что приводит к периодическим разрывам контакта ударника 2 со стержнями 6. В результате этого генерируются ударные импульсы, которые через стержни 6 передаются сетке 4, перерабатываемому материалу 8 и дезинтегрирующим элементам 9. При использовании "двойных ударов" на модели грохота устанавливался дополнительный ударник 10 с жесткостью упругого элемента отличной от жесткости упругого элемента ударника 3. Стальные стержни имели длину 308 мм, диаметр 5 мм и шаг установки 15 мм.



1 – балка; 2 – упругий элемент; 3 – ударник; 4 – просеивающая поверхность;
 5 – упругая прокладка; 6 – стержни; 7 – основание; 8 – слой минерального сырья;
 9 – дезинтегрирующие элементы; 10 – ударник 2

Рис. 1 – Модель грохота с ударниками

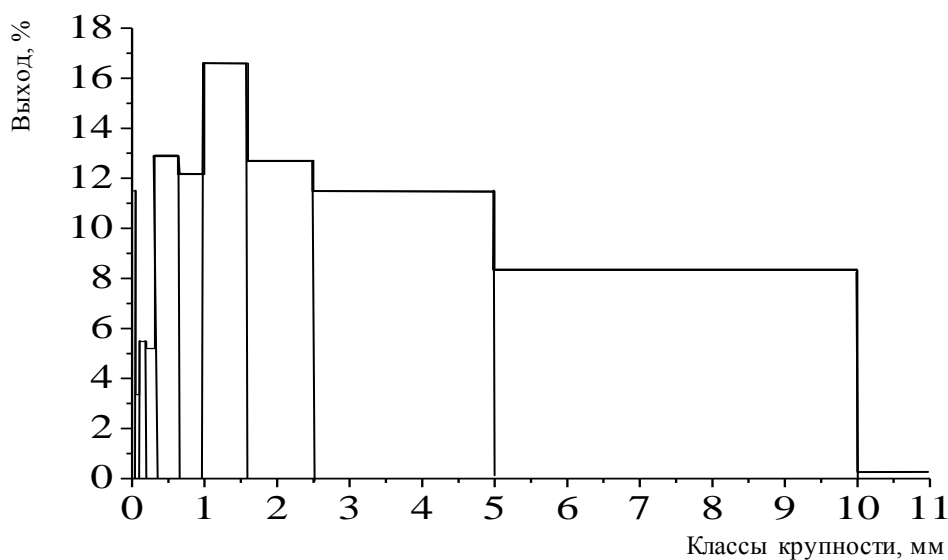
Для режимов с "одиночными ударами" на модели грохота монтировался ударник с такими параметрами: масса 0,28 кг, жесткость упругого элемента – 3,31 кН/м, жесткость упругих прокладок – 52 кН/м.

При использовании "двойных ударов" ударники имели следующие парамет-

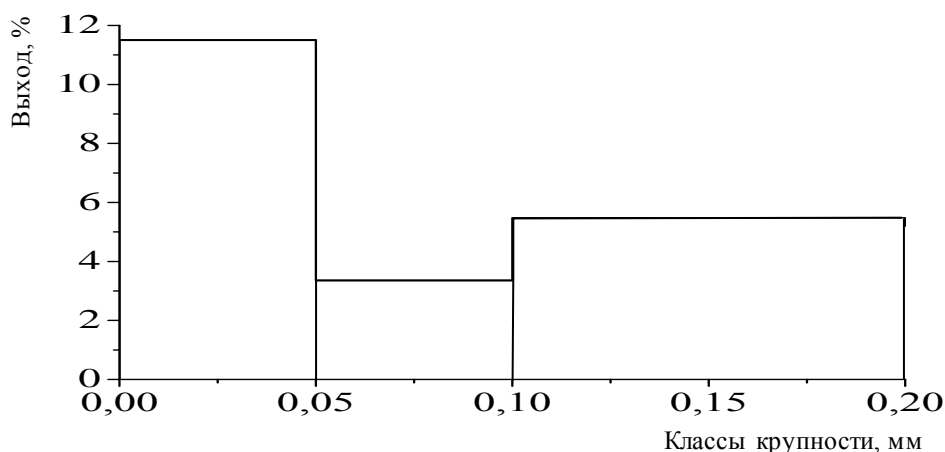
ры: масса 0,331 кг; жесткость упругого элемента ударника 3 – 1,23 кН/м, а жесткость упругого элемента дополнительного ударника 10 – 0,7 кН/м; жесткость упругих прокладок 52 кН/м. Эксперименты выполнены на просеивающей поверхности с ячейкой 0,12 мм и диаметром проволоки 0,1 мм.

При исследованиях решалось две задачи – изучить влияние УНП при разделении и обезвоживании минерального сырья узкого и широкого спектра крупности. Поэтому для исследований использовались различные модельные смеси:

– гранитный отсев (отходы добычи и переработки гранита) с размерами частиц +0-0,2 мм; – гранитный отсев крупностью +0-10,0 мм с высоким содержанием глинистых частиц, грансостав которого приведен на рис. 1. Влажность исходного продукта 30 %.



а)



б)

а) – интервал крупности от 0 до +10 мм, б) – интервал крупности от 0 до 0,2 мм

Рис. 2 – Грансостав материала.

Эксперименты выполнялись в такой последовательности:

- монтировалась просеивающая;
- включался вибратор, и устанавливались требуемые амплитуда и частота вибровозбуждения;
- на просеивающую поверхность одновременно с продуктом грохочения подавались ДЭ;
- включался секундомер;
- через заданное время выключался вибратор;
- извлекались ДЭ;
- извлекался и взвешивался надрешетный продукт;
- далее надрешетный и подрешетный продукты подвергались сушке и снова взвешивались.

Эффективность грохочения оценивалась по извлечению мелкого класса в подрешетный продукт по сравнению с его содержанием в надрешетном. При этом учитывалась степень обезвоживания надрешетного продукта.

Интенсивность обезвоживания характеризовалась относительным количеством воды, оставшейся в надрешетном продукте после импульсного воздействия:

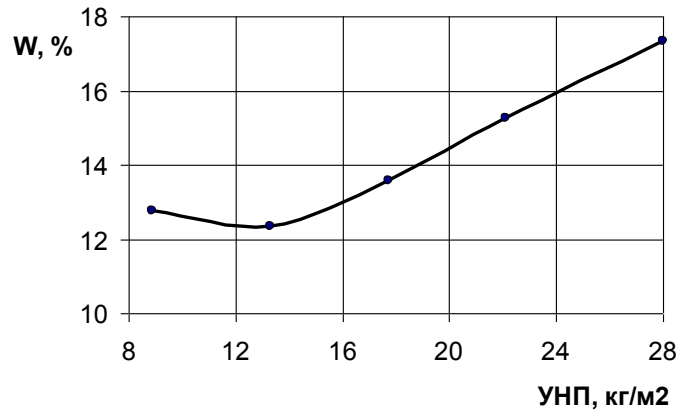
$$W = \frac{m_m - m_c}{m_c} \cdot 100\%, \quad (1)$$

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

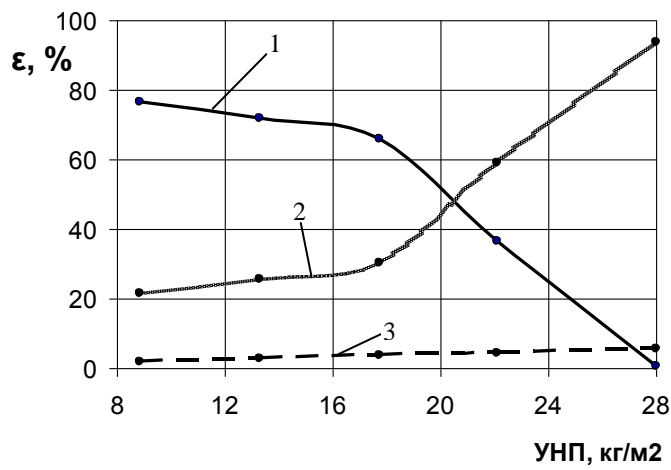
Данные исследований показаны на графиках, на которых приведены средние значения по результатам десяти опытов при каждом режиме.

Вначале исследовалось разделение и обезвоживание сырья узкого спектра крупности +0-0,2 мм. Для этого использовались "одинокимпульсы".

На рис. 3-6 показаны изменения влажности надрешетного и содержания класса 0-0,1 мм в продуктах грохочения от УНП при использовании "одиночных ударов" с различными ДЭ при переработке сырья крупностью +0-0,2 мм (частота 30 Гц, амплитуда 4 мм, время грохочения 180 с, удельная нагрузка по питанию 12,5 кг/м²).



а)



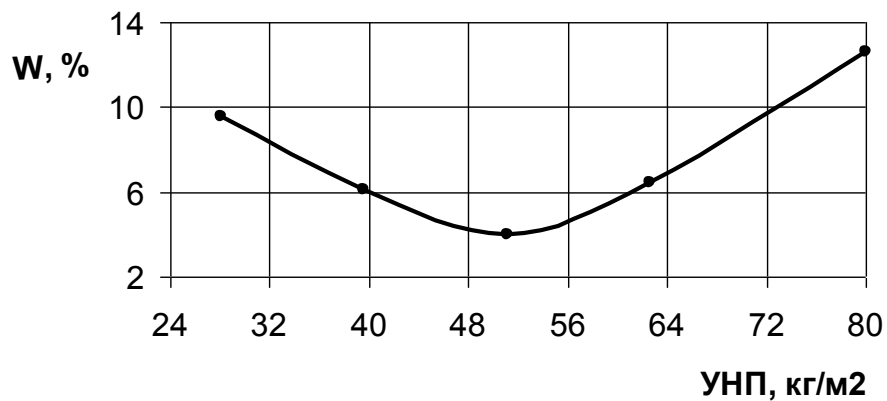
б)

а) изменение влажности W сырья в надрешетном продукте

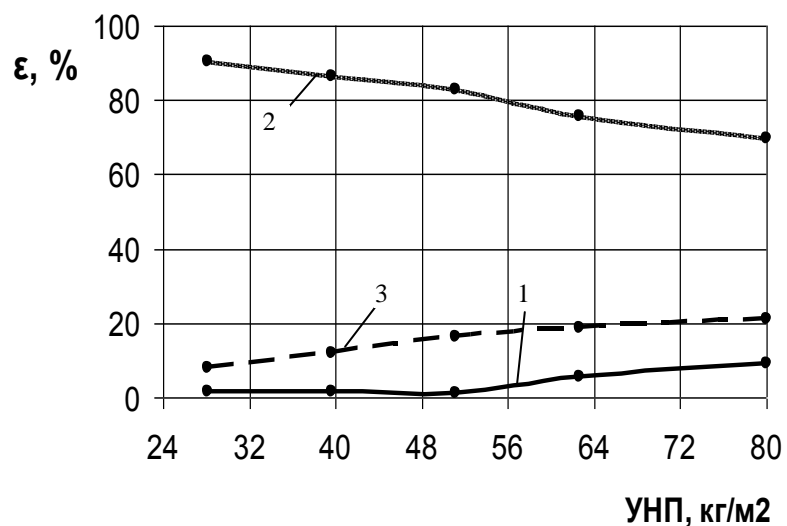
1 – надрешетный продукт, 2 – подрешетный продукт, 3 – ДЭ

б) изменение извлечения ϵ класса 0-0,1 мм в надрешетном и подрешетном продуктах, на ДЭ

Рис. 3 – Изменения влажности W и извлечения ϵ класса 0-0,1 мм в продуктах грохочения от УНП при использовании "одиночных ударов" и ДЭ 1 при переработке сырья крупностью +0-0,2 мм



а)

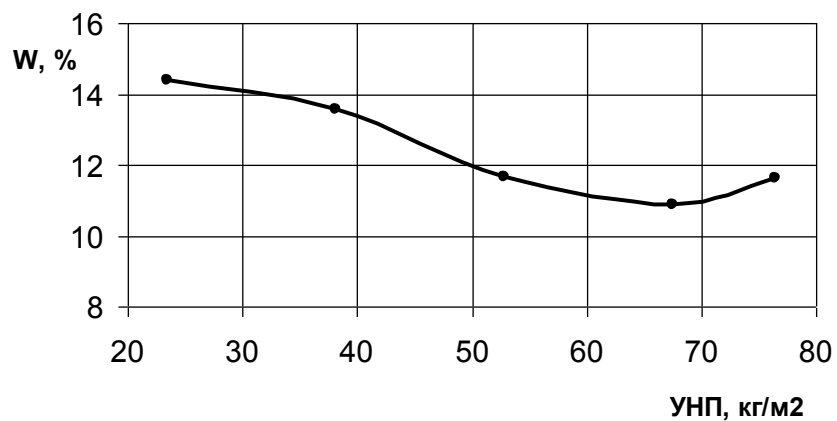


б)

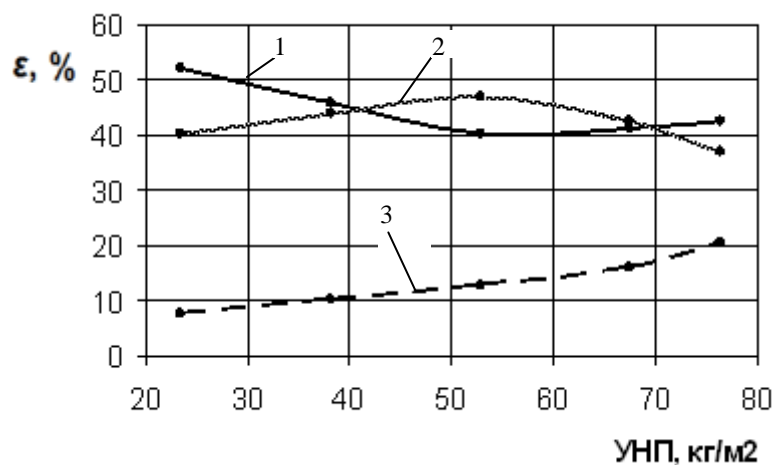
1 – надрешетный продукт, 2 – подрешетный продукт, 3 – ДЭ

а) изменение влажности W сырья в надрешетном продукте
 б) изменение извлечения ε класса 0-0,1 мм в надрешетном и подрешетном продуктах, на ДЭ

Рис. 4 – Изменения влажности W и извлечения ε класса 0-0,1 мм в продуктах грохочения от УНП при использовании "одинок ударов" и ДЭ 2 при переработке сырья крупностью +0-0,2 мм



а)

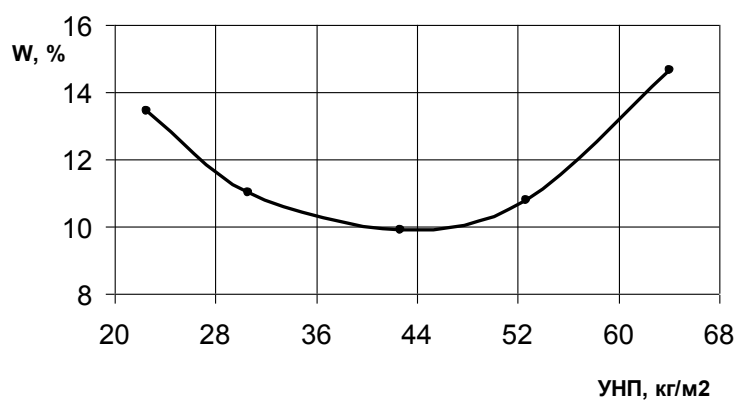


б)

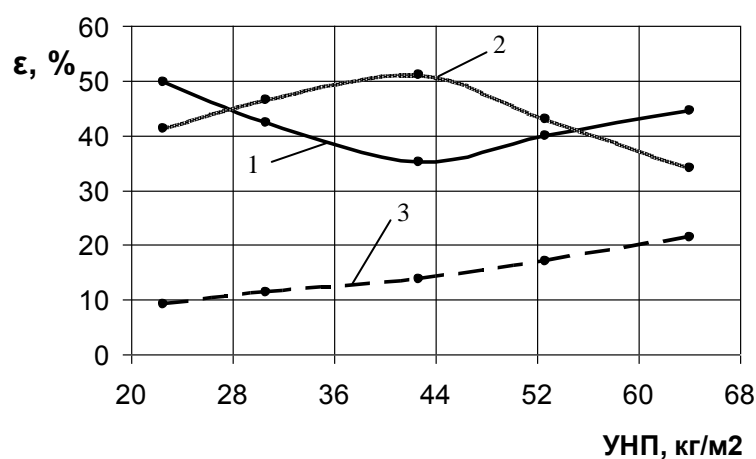
1 – надрешетный продукт, 2 – подрешетный продукт, 3 – ДЭ

а) изменение влажности W сырья в надрешетном продукте
 б) изменение извлечения ε класса 0-0,1 мм в надрешетном и подрешетном продуктах, на ДЭ

Рис. 5 – Изменения влажности W и извлечения ε класса 0-0,1 мм в продуктах грохочения от УНП при использовании "одиночных ударов" и ДЭ 3 при переработке сырья крупностью +0-0,2 мм



а)



б)

1 – надрешетный продукт, 2 – подрешетный продукт, 3 – ДЭ

а) изменение влажности W сырья в надрешетном продукте
 б) изменение извлечения ϵ класса 0-0,1 мм в надрешетном и подрешетном продуктах, на ДЭ

Рис. 6 – Изменения влажности W и извлечения ϵ класса 0-0,1 мм в продуктах грохочения от УНП при использовании "одиночных ударов" и ДЭ 4 при переработке сырья крупностью +0-0,2 мм

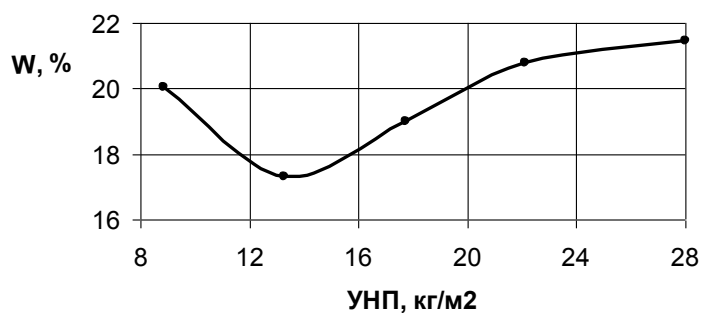
Как следует из графиков, при переработке сырья крупностью +0-0,2 мм наибольшее снижение влажности надрешетного продукта обеспечивают ДЭ 2 при УНП = 50-52 кг/м², извлечение класса 0-0,1 мм в подрешетный продукт составляет 82-85 %. Дезинтегрирующие элементы с УНП 20-40 кг/м² обеспечивают высокое извлечение класса 0-0,1 мм в подрешетный продукт 90-93 % при влажности надрешетного от 10 до 17 %. При увеличении УНП свыше 60 кг/м² извлечение подрешетного снижается до 69-70 % при влажности надрешетного 11-15 %. Эти показатели характерны для переработки сырья узкого спектра крупности и получены при перегрузках (ускорение вибровозбуждения к ускорению свободного падения) порядка 14,8 g.

Эксперименты по грохочению и обезвоживанию сырья широкого спектра

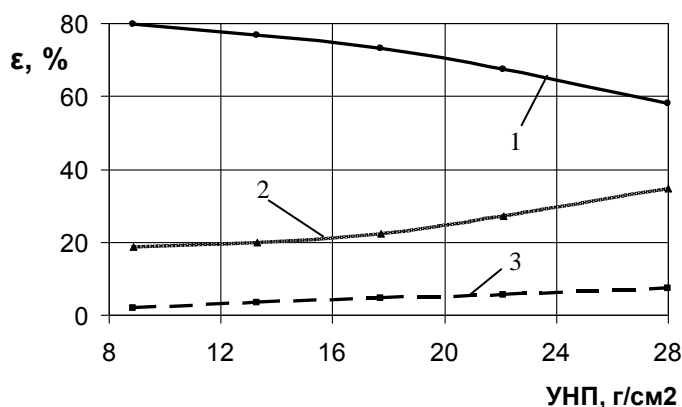
при этих условиях показали низкие результаты. Повышение их возможно при режимах с перегрузками свыше 20 г, Такие ускорения не характерны для серийных грохотов. Обеспечение таких режимов требует создания особо прочных конструкций.

Для переработки такого сырья требуются режимы с "двойными ударами" [5,6].

На рис. 7-10 показаны изменения влажности надрешетного и содержания класса 0-0,1 мм в продуктах грохочения от УНП при использовании "двойных ударов" с различными ДЭ при переработке сырья крупностью +0-10,0 мм (частота 30 Гц, амплитуда 4 мм, время грохочения 180 с, удельная нагрузка по питанию 12,5 кг/м²).



а)

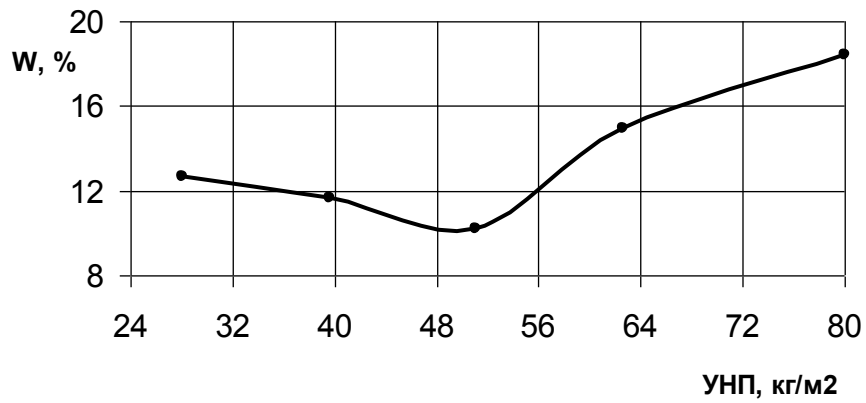


б)

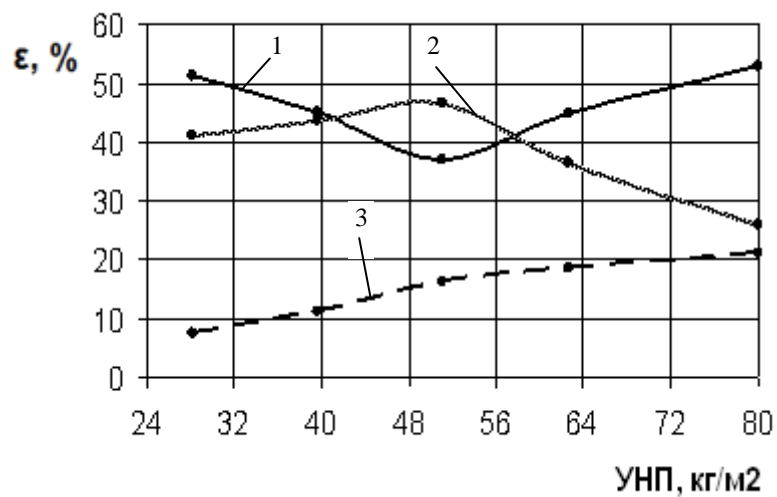
1 – надрешетный продукт, 2 – подрешетный продукт, 3 – ДЭ

а) изменение влажности W сырья в надрешетном продукте
 б) изменение извлечения ϵ класса 0-0,1 мм в надрешетном и подрешетном продуктах, на ДЭ

Рис. 7 – Изменения влажности W и извлечения ϵ класса 0-0,1 мм в продуктах грохочения от УНП при использовании "двойных ударов" и ДЭ 1 при переработке сырья крупностью +0-10,0 мм



а)

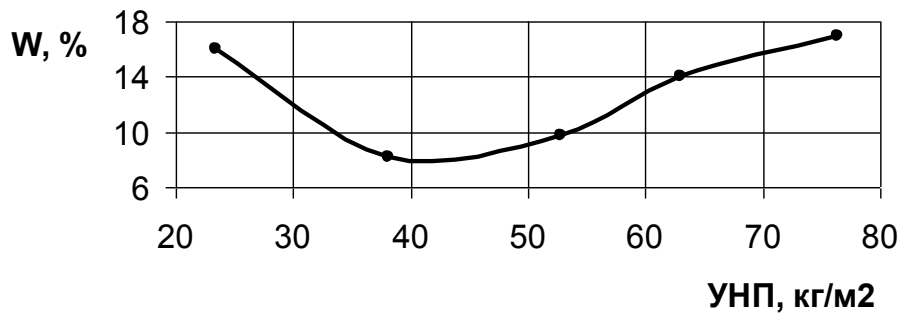


б)

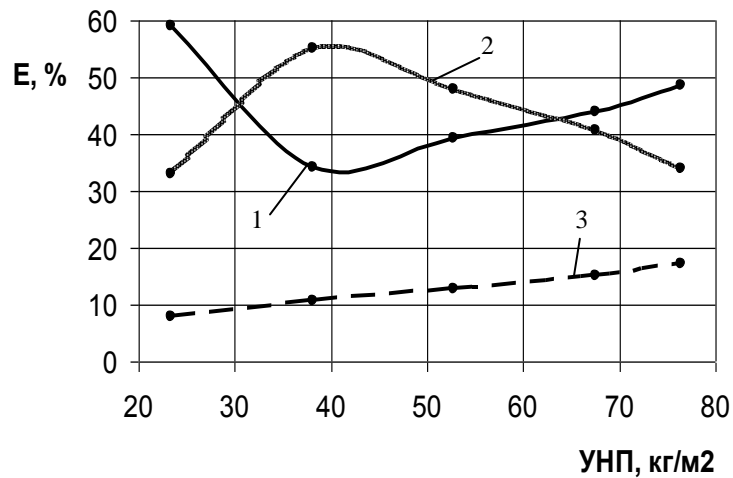
1 – надрешетный продукт, 2 – подрешетный продукт, 3 – ДЭ

а) изменение влажности W сырья в надрешетном продукте
 б) изменение извлечения ε класса 0-0,1 мм в надрешетном и подрешетном продуктах, на ДЭ

Рис. 8 – Изменения влажности W и извлечения ε класса 0-0,1 мм в продуктах грохочения от УНП при использовании "двойных ударов" и ДЭ 2 при переработке сырья крупностью +0-10,0 мм



а)

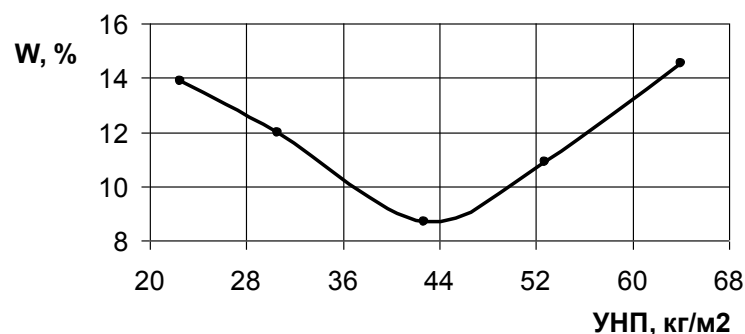


б)

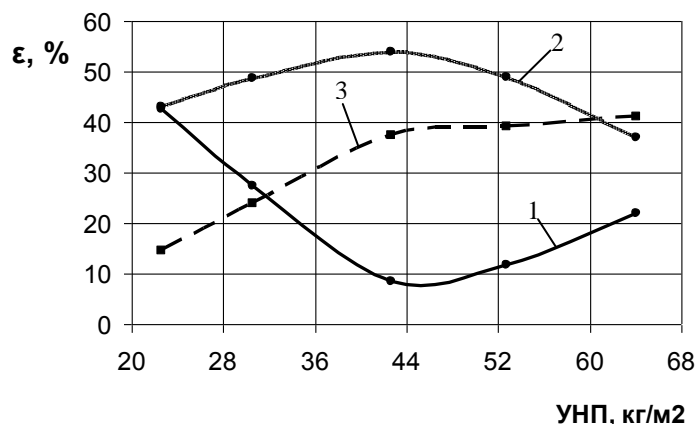
1 – надрешетный продукт, 2 – подрешетный продукт, 3 – ДЭ

а) изменение влажности W сырья в надрешетном продукте
 б) изменение извлечения ε класса 0-0,1 мм в надрешетном и подрешетном продуктах, на ДЭ

Рис. 9 – Изменения влажности W и извлечения ε класса 0-0,1 мм в продуктах грохочения от УНП при использовании "двойных ударов" и ДЭ 3 при переработке сырья крупностью +0-10,0 мм



а)



б)

1 – надрешетный продукт, 2 – подрешетный продукт, 3 – ДЭ

а) изменение влажности W сырья в надрешетном продукте
 б) изменение извлечения ϵ класса 0-0,1 мм в надрешетном и подрешетном продуктах, на ДЭ

Рис. 10 – Изменения влажности W и извлечения ϵ класса 0-0,1 мм в продуктах грохочения от УНП при использовании "двойных ударов" и ДЭ 4 при переработке сырья крупностью +0-10,0 мм

Из графиков (рис. 7-10) видно, что при переработке сырья крупностью +0-10,0 мм наибольшее снижение влажности надрешетного продукта обеспечивают ДЭ 3 и 4 при УНП = 40-45 кг/м², извлечение класса 0-0,1 мм в подрешетный продукт составляет 53-55 % при влажности надрешетного 8-10 %. При снижении УНП с 40 до 20 кг/м² показатели ухудшаются - извлечение подрешетного снижается до 25 %, а влажность надрешетного повышается до 19 %. Увеличение УНП свыше 45 кг/м² также снижает показатели разделения и обезвоживания: извлечение подрешетного уменьшается до 30-25 % при повышении влажность надрешетного до 17-18 %. Эксперименты выполнены при режимах с перегрузками 14,8 г.

Таким образом, выполненные исследования позволили установить следующее.

При тонком и сверхтонком грохочении мокрого минерального сырья разделение и удаление влаги из минерального сырья, сформированного из классов крупностью менее 0,2 мм, где велика роль поверхностного натяжения, требует

существенных энергозатрат. Традиционные методы грохочения не решают эти проблемы. Наиболее сложным является разделение по крупности и уменьшение влажности сырья широкого спектра крупности, которое в ряде случаев вообще не разделяются и не обезвоживаются

Использование режимов с "одиночными", "двойными ударами" и дезинтегрирующими элементами позволили решить эту задачу. При этом изучено влияние удельной насыпной плотности различных дезинтегрирующих элементов на эффективность процесса разделения по крупности и обезвоживания.

В результате исследований установлено, что при переработке сырья узкого спектра крупности +0-0,2 мм наибольшее снижение влажности надрешетного продукта обеспечивают ДЭ 2 (шары, спеченные из железной руды) при УНП = 50-52 кг/м², извлечение класса 0-0,1 мм в подрешетный продукт составляет 82-85 %.

При переработке сырья широкого спектра крупности +0-10,0 мм наибольшее снижение влажности надрешетного продукта достигается с помощью дезинтегрирующих элементов ДЭ 3 (шары, изготовленные из стали) и ДЭ 4 (эллипсоиды вращения – морская галька) при УНП = 40-45 кг/м², извлечение класса 0-0,1 мм в подрешетный продукт составляет 53-55 % при влажности надрешетного 8-10 %.

Экспериментальные данные получены при перегрузках 14,8 г. Необходим дальнейший поиск условий интенсификации процесса разделения по крупности и обезвоживания минерального сырья. При этом следует обратить внимание на дальнейшее снижения перегрузок при условии сохранения и повышения полученных технологических показателей.

Полученные результаты будут использованы при разработке методик расчета рациональных параметров разделения по крупности и обезвоживания минерального сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надутый В.П. Повышение эффективности удаления влаги при тонком грохочении горной массы за счет импульсного воздействия / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин, А.И. Шевченко, А.В. Буров // Наук.-техн. журнал "Науковий вісник" / Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ. – Вип. 2(122). – 2011. – С. 95-99.
2. Лапшин Е.С. Экспериментальные исследования вибрационного воздействия на отделение жидкости при грохочении материала / Е.С. Лапшин, А.И. Шевченко, Л.Н. Прокопишин, А.В. Буров // Научно-технический и производственный журнал: "Металлургическая и горнорудная промышленность". – 2011. – № 3. – С. 71-74.
3. Надутый В.П. Определение условий прохождения жидкости через просеивающую поверхность вибрационного грохота / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин, А.И. Шевченко // Збагачення корисних копалин : Наук.-техн. зб. / Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 44(85). – С. 54-61.
4. Шевченко А.И. Влияние удельной нагрузки, конструктивных и режимных параметров на интенсивность обезвоживания минерального сырья при вибрационном грохочении / А.И. Шевченко // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2012. – Вып. 99. – С. 150-156.
5. Лапшин Е.С. Пути интенсификации обезвоживания минерального сырья на вибрационных грохотах / Е.С. Лапшин, А.И. Шевченко // Збагачення корисних копалин : Наук.-техн. зб. / Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 47(88). – С. 144-151.
6. Шевченко А.И. Пути повышения эффективности грохочения и обезвоживания минерального сырья на вибрационных грохотах грохочения / А.И. Шевченко // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2012. – Вып. 97.
7. Патент України на корисну модель № 65469 від 12.12.2011. Спосіб грохочення та зневоднювання мінеральної сировини, що важко класифікується. Надутий В.П., Лапшин Е.С., Шевченко О.І.
8. Патент України на корисну модель № 67194 від 10.02.2012. Спосіб грохочення та зневоднювання матеріалів, що важко класифікуються. Надутий В.П., Лапшин Е.С., Шевченко О.І.

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЇ ТЕПЛОВОЇ ДЕПРЕСІЇ ПОЖЕЖІ В ВЕНТИЛЯЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ

Современная методика позволяет рас рассчитывать величину тепловой депрессии только в отдельных участках горных выработок. В то же время в условиях возникновения экзогенного пожара воздействию измененного теплового режима может попасть значительное количество горных выработок с различными теплоаэродинамическими параметрами. Этот вопрос слабо изучен, что не позволяет применить необходимые меры как при вводе в действие ПЛА, так и в дальнейшем. Созданный автором усовершенствованный метод и будет служить решению указанной задачи.

IMPROVEMENT METHOD OF MODELING OF ACTION OF THERMAL DEPRESSION OF FIRE IN THE VENTILATION NETWORK

A modern method allows races to **expect** the **size** of thermal depression only in the separate areas of the mountain making. At the same time in the conditions of origin of exogenous fire the far of the mining working-out making with different thermal-air-dynamycal parameters can get to influence of the changed thermal regime. This question is poorly studied, that does not allow to apply necessary measures both at the input in the PLA action and in future. Improved method created by an author and will serve to the decision of the indicated task.

Значення теплової депресії пожежі в похилій виробці дозволяє розрахувати її тільки для окремої виробки чи частини виробки (від сполуки до сполуки). В тих же випадках, коли похила виробка складається з декількох ділянок, не враховується можливість формування теплової депресії в декількох вентиляційних контурах. Внаслідок цього при визначенні стійкості вентиляційного потоку (на стадії підготовки плану ліквідації аварії (ПЛА)) не враховуються складнощі, які можуть виникнути в умовах реальної пожежі.

Розглянемо умови формування теплової депресії пожежі на прикладі паралельно-послідовного з'єднання двох похилих виробок (рис. 1). Припустимо, що в похилій виробці 1-2-3-4 з низхіднім рухом повітря пожежа виникла в верхній частині (1-2) біля сполуки 1. Пожежні гази рухаючись вздовж похилої виробки підвищать температуру повітря і в трьох вентиляційних контурах (1-2-7-8-1, 2-3-6-7-2, 3-4-5-6-3) виникнуть контурні теплові депресії пожежі – h_{t1} , h_{t2} , h_{t3} (напрямок дії контурних депресії показують фігурні стрілки).

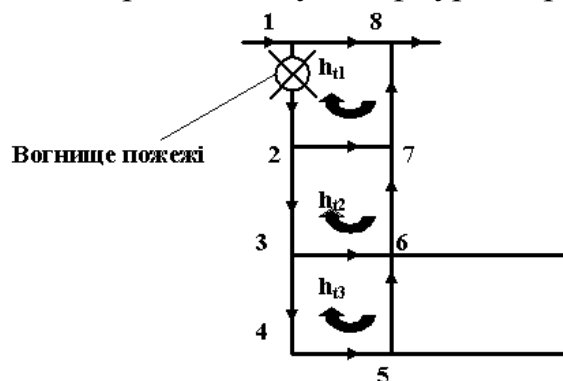


Рис.1 - Схема уклінного поля з двома похилими виробками

Сучасна методика визначення теплової депресії і її комп'ютерне моделю-