

УДК 622.794.004.15:621.928.2:534.2

А.И. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук

(Украина, Днепр, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ ПРИ НОВОМ СПОСОБЕ ВИБРОУДАРНОГО ГРОХОЧЕНИЯ

Вибрационное грохочение широко применяется при разделении по крупности и обезвоживании минерального сырья. Наиболее сложные эти операции при переработке влажного сырья, сформированного из широких классов крупности (например, шламы, строительные пески и т.п.), когда необходимо отделить тонкие классы с размерами частиц менее 0,1-0,2 мм (как правило, некондиционный продукт) и максимально обезводить готовый (надрешетный) продукт.

В зависимости от размера частиц и влажности доминирующую роль играют различные силы. При тонком и сверхтонком грохочении \square это силы поверхностного натяжения, для преодоления которых требуются значительные энергозатраты [1-5]. Традиционными способами такое сырье обезвоживается только до 18-22%. Разделение сырья крупностью менее 1 мм не дает высоких результатов, а при размере частиц менее 0,2 мм в ряде случаев вообще не классифицируется из-за их прилипания к просеивающей поверхности [1-5].

Как известно, угольные шламы представляют собой углеродно-силикатную массу, в которой содержится от 30 до 70% углерода [6, 7]. Причем наибольшее количество силикатной составляющей (зольной) содержится, как правило, в тонких классах (менее 0,2 мм). Если отделить эти классы можно получить товарный продукт с высоким содержанием углерода при нормативной зольности. При этом необходимо максимально снизить влажность готового продукта. Учитывая количество шламов в накопителях актуальность решения данной проблемы не вызывает сомнений.

Чтобы повысить эффективность классификации и обезвоживания необходимо интенсифицировать разрыхление сырья и преодолеть силы поверхностного натяжения для удаления капиллярно-стыковой воды [1-5]. Для этого в ИГТМ НАН Украины предложен новый метод виброударного грохочения [8-11], заключающийся в следующем. Короб грохота и активатор возбуждают гармоническими колебаниями, которые преобразовываются ударными элементами в импульсы. Материал подают на активатор, установленный над просеивающей поверхностью на расстоянии, менее высоты подбрасывания материала, где под действием вынужденных колебаний активатора материал разрыхляется для свободного перемещения через отверстия активатора на просеивающую поверхность. За счет взаимодействия ударных элементов с просеивающей поверхностью осуществляется усиление ее колебаний, в результате

чего надрешетный материал подбрасывается. За промежуток времени от момента отрыва материала от просеивающей поверхности и до падения ему сообщают дополнительные импульсы за счет колебаний активатора.

Дополнительно активатор возбуждают дезинтегрирующими элементами (ДЭ) для усиления воздействия на разделяемый материал и жидкость в локальных областях нормальными и сдвиговыми импульсами, которые изменяют по длине активатора. Вследствие этого происходят разрыв капиллярных мостиков и потеря устойчивости капиллярных менисков в ячейке просеивающей поверхности, разделение материала по величине частиц и очистка просеивающей поверхности от частиц, застрявших в ячейках и налипшего материала, что улучшает процесс классификации и обезвоживания.

При изучении кинетики разделения по крупности и обезвоживания угольных шламов с размерами частиц 0-10 мм новым способом установлено [2, 12], что использование активатора и дезинтегрирующих элементов (металлические шары) позволяет увеличить извлечение класса -0,1 мм в подрешетный продукт до 50-55 %, а влажность надрешетного материала снизить до 12-14 %. Вместе с тем исследованиями не было установлено влияние удельной насыпной плотности (УНП) дезинтегрирующих элементов на результаты грохочения при переработке угольных шламов.

Исходя из изложенного, сформулирована цель работы: исследование нового метода виброударного грохочения и экспериментальное изучение влияние удельной насыпной плотности ДЭ на эффективность классификации и обезвоживания угольных шламов при этом способе.

Эксперименты выполнены на модели грохота (рис. 1), состоявшей из корпуса 1, под которым установлена балка 2 с упругими элементами 3 и ударниками 4 (основной) и 5 (дополнительный).

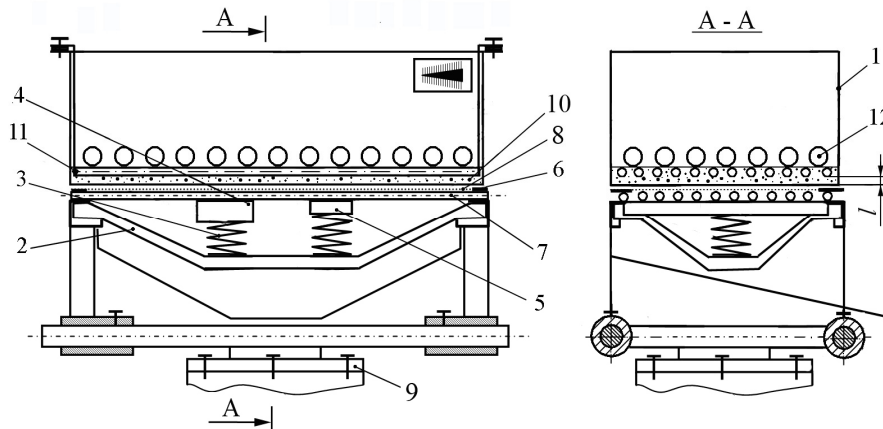


Рис. 1. Модель грохота с ударниками и активатором:

- 1 – короб; 2 – балка; 3 – упругий элемент; 4 – основной ударник;
- 5 – дополнительный ударник; 6 – упругая прокладка; 7 – стержни;
- 8 – сетка; 9 – основание; 10 – слой сырья; 11 – активатор;
- 12 – дезинтегрирующие элементы

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

На пружних прокладках 6 смонтовані сталеві стержні 7, на яких розполагалась сітка 8. При гармонічному возбужденні основи 9 на ударник діє змінна сила інерції, що призводить до періодичних розривів контакту ударника 4 зі стержнями 7. В результаті цього генеруються ударні імпульси, передаються через стержні 7 сітці 8 і перероблюваному сировині 10. Режим з "двійними ударами" здійснювався з допомогою додаткового ударника 5 з жорсткістю пружного елемента, відмінної від жорсткості пружного елемента ударника 4. Над сіткою 8 на відстані l монтувався активатор 11. Дезінтегруючі елементи 12 розполагались на активаторі 11.

Сталеві стержні мали довжину 308 мм, діаметр 5 мм і крок установки 15 мм. Параметри ударників: маса 0,331 кг; жорсткість пружного елемента ударника $3 \div 1,23$ кН/м, а жорсткість пружного елемента додаткового ударника $10 \div 0,7$ кН/м; жорсткість пружних прокладок 52 кН/м.

Експерименти виконані на металевій сітці з клітинкою 0,1 мм і діаметром дроту 0,1 мм.

Для досліджень використовувалися угольні шлами з розмірами частинок 0-10 мм, грансостав яких приведений на рис. 2. Вологість вихідного продукту 30%.

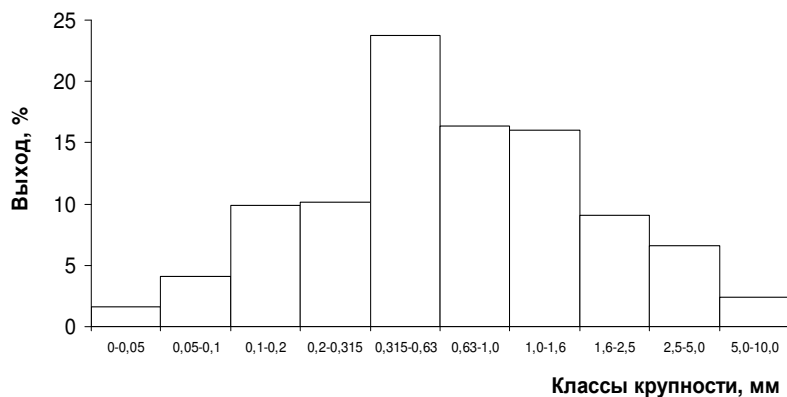


Рис. 2. Грансостав шламов

Експерименти виконувалися в такій послідовності:

- монтувалась просіваюча поверхня і на відстані l від неї – активатор;
- вмикався вібратор, і встановлювались потрібні амплітуда і частота вібровозбудження;
- на просіваючу поверхню через активатор подавалось сировина;
- вмикався секундомер;
- через задане час вмикався вібратор;
- вилучались і вважувались продукти на просіваючій поверхні (надрешетний), на ДЭ і на активаторі;
- вилучався подрешетний продукт;
- далі продукти грохочення підвергались сушці і знову вважувались.

Ефективність розділення оцінювалась по извлечению класса -0,1 мм в подрешетный продукт по сравнению с его содержанием в надрешетном.

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

$$W = \frac{m_M - m_C}{m_C} \cdot 100\%,$$

где m_M – масса влажного продукта; m_C – масса сухого продукта.

В качестве ДЭ использованы металлические шары, изготовленные из стали ШХ 15, которые имели переменные параметры: диаметр изменялся от 10 до 14 мм, масса – от 4,81 до 11,48 г.

Предварительными экспериментами [2-5] установлены оптимальные режимные и конструктивные параметры: частота 35,5 Гц, амплитуда 2 мм, расстояние $l = 2$ мм.

По результатам экспериментальных исследований разделения по крупности и обезвоживания угольных шламов крупностью 0-10,0 мм построены зависимости влажности надрешетного продукта и содержания классов в продуктах от удельной насыпной плотности (УНП) дезинтегрирующих элементов (частота 35,5 Гц, амплитуда 2 мм, $l = 2$ мм, продолжительность грохочения 180 с, удельная нагрузка 12,5 кг/м² (рис. 3).

Из графиков видно, что при переработке угольных шламов крупностью +0-10,0 мм наибольшее снижение влажности надрешетного продукта (до 12 %) обеспечивается при УНП = 24-28 кг/м², извлечение класса 0-0,1 мм в подрешетный продукт составляет 58-60%. При снижении УНП до 20 кг/м² показатели ухудшаются – извлечение подрешетного снижается до 40 %, а влажность надрешетного повышается до 18%. Увеличение УНП свыше 28 кг/м² также снижает показатели разделения и обезвоживания: извлечение подрешетного не превышает 55% при повышении влажности надрешетного до 19 %.

При экспериментах часть шламов накапливалась на активаторе и ДЭ и циркулировала в процессе. Как видно из рис. 3 при УНП = 24-28 кг/м² их количество снижается и составляет не более 7-12%, вследствие чего повышается извлечение надрешетного и подрешетного продуктов.

Таким образом, установлено, что применение нового способа виброударного грохочения при переработке угольных шламов широкого спектра крупности, которые традиционными методами практически не классифицируются и не обезвоживаются, позволяет эффективно отделять тонкие классы и удалять влагу из надрешетного продукта. Изучено влияние удельной насыпной плотности дезинтегрирующих элементов на разделение по крупности и обезвоживание угольных шламов широкого спектра крупности от 0 до 10 мм. Наибольшая эффективность грохочения (минимальная влажность надрешетного и максимальное извлечение в подрешетный продукт класса -0,1 мм) наблюдается

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

при УНП = 24-28 кг/м², извлечение класса 0-0,1 мм в подрешетный продукт составляет 58-60% при влажности надрешетного 12%.

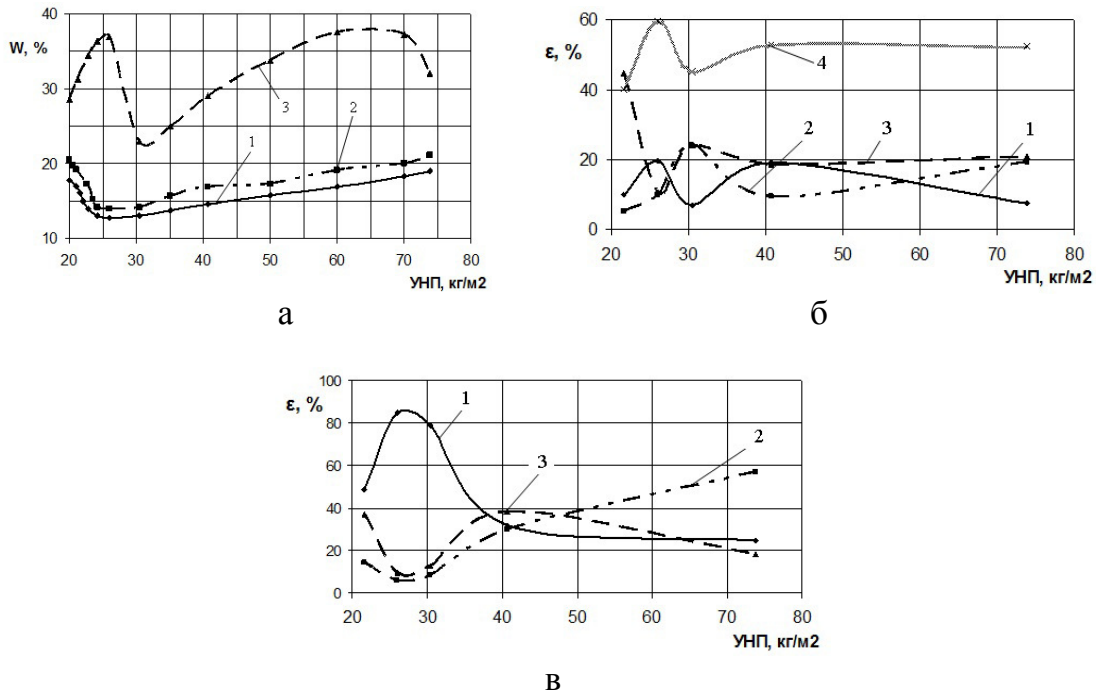


Рис. 3. Изменение влажности W и извлечения ϵ классов в продуктах в зависимости от УНП при времени грохочения 180 с, расстоянии $l = 2$ мм и удельной нагрузке по питанию 12,5 кг/м²:

- а) изменение влажности W ; б) изменение извлечения ϵ класса 0-0,1 мм;
в) изменение содержания класса 0-10,0 мм.
1 – надрешетный продукт; 2 – продукт на активаторе;
3 – продукт на ДЭ; 4 – подрешетный продукт

Полученные результаты будут использованы при разработке математической модели процесса разделения по крупности и обезвоживания минерального сырья, а также при создании нового виброударного грохота.

Список литературы

1. Экспериментальные исследования и математическое моделирование обезвоживания сквозь слой сыпучей горной массы: Отчет о НИР (промеж.): 56 / ИГТМ НАН Украины / Рук. В.П. Надутый. – Днепропетровск, 2011. – №ГР0110U001540. – Инв. №7111. – 93 с.
2. Разработка рекомендаций и методики определения параметров по обезвоживанию и разделению сыпучей горной массы. Отчет о НИР (закл.): 56 / ИГТМ НАН Украины / Рук. В.П. Надутый. – Днепропетровск, 2012. – №ГР0110U001540. – Инв. №7339. – 297 с.
3. 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.
4. Шевченко А.И. Влияние удельной нагрузки, конструктивных и режимных параметров на интенсивность обезвоживания минерального сырья при вибрационном грохочении //

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – 2012. – Вып. 99. – С. 150-156.

5. Шевченко А.И. Пути повышения эффективности грохочения и обезвоживания минерального сырья на вибрационных грохотах // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – 2012. – Вып. 97. – С. 240-252.

6. Надутый В.П., Нагорский А.Ф., Шевченко А.И. Тонкое вибрационное грохочение при переработке угольных шламов // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – 2005. – Вып. 58. – С. 185-190.

7. Шевченко А.И. Определение возможности обогащения угольных шламов для получения концентрата // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – 2011. – Вып. 92. – С. 111-117.

8. Пат. 65469 Україна, МПК, В 07В 1/40. Спосіб грохочення та зневоднювання мінеральної сировини, що важко класифікується [Текст] / Надутий В.П., Лапшин Є.С., Шевченко О.І. (Україна); заявник і патентовласник інститут геотехнічної механіки НАН України; № u201105325; заявл. 26.04.2011; опубл. 12.12.2011, Бюл. № 23. – 4 с.

9. Пат. 67194 Україна, МПК, В 07В 1/40. Спосіб грохочення та зневоднювання матеріалів, що важко класифікуються [Текст] / Надутий В.П., Лапшин Є.С., Шевченко О.І. (Україна); заявник і патентовласник інститут геотехнічної механіки НАН України; № u201107943; заявл. 23.06.2011; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 3. – 4 с.

10. Пат. 77362 Україна, МПК, В 07В 1/40. Спосіб розділення за крупністю та зневоднювання сипучого матеріалу, який важко класифікується [Текст] / Надутий В.П., Лапшин Є.С., Шевченко О.І. (Україна); заявник і патентовласник інститут геотехнічної механіки НАН України; № u201209458; заявл. 02.08.2012; опубл. 11.02.2013, Бюл. № 3. – 4 с.

11. Лапшин Е.С., Шевченко А.И. Изучение кинетики разделения по крупности и обезвоживания минерального сырья при виброударном грохочении // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2013. – Вип. 53(94). – С. 179-188.

12. Шевченко А.И. Интенсификация разделения по крупности и обезвоживания минерального сырья при новом способе виброударного грохочения // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2013. – Вип. 54(95). – С. 157-166.

© Шевченко А.И., 2017

Надійшла до редколегії 17.09.2017 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. М.С. Четвериком