

6. Семененко Е.В., Бобров В.Б., Никифорова Н.А. Влияние гидродинамически активных добавок на предельные параметры системы гидротранспорта отходов // Научно-технический сборник «Разработка рудных месторождений». – Кривой Рог. – Вып. 92. – 2008. – С. 115 – 119.
7. Проблемы разработки россыпных месторождений / И.Л. Гуменик, А.М. Сокил, Е.В. Семененко, В.Д. Шурыгин. – Д.: Січ, 2001. – 224 с.
8. Юфин А.П. Гидромеханизация. – М.: Стройиздат, 1965. – 496 с.
9. Силин Н.А., Коберник С.Г. Режимы работы крупных землесосных снарядов и трубопроводов. – К.: Изд-во АН Украинской ССР, 1962.
10. Гидротранспорт (вопросы гидравлики) / Н.А. Силин, Ю.К. Витошкин, В.М. Карасик, В.Ф. Очеретько. – К.: Наук. думка, 1971. – 158 с.
11. Силин Н.А., Витошкин Ю.К. Гидротранспорт угля по трубам. – К.: Из-во АН УССР, 1964 – 87 с.
12. Криль С.И. Напорные взвесенесущие потоки. – К.: Наук. думка, 1990. – 160 с.
13. Полулях А.Д. Технологические регламенты углеобогатительных фабрик. – Днепропетровск: НГУ, 2002. – 855 с.
14. Шурыгин В.Д., Семененко Е.В. Особенности расчета параметров и проведения мониторинга гидротранспортных систем ВГМК // Науч. - техн. сб. «Разработка рудных месторождений». – 2006. – Вып. 1(90). – С. 43 – 48.
15. Семененко Е.В. Расчет параметров гидротранспорта исходных и техногенных россыпей // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – №3(109). – Ч. 2. – 2007. – С. 137 – 143.
16. Блюсс Б.А., Семененко Е.В. Расчет параметров трубопроводных систем для транспортирования технологических пульп // Обогащение руд. – 2008. – №1. – С. 29 – 34.
17. Semenenko E. Calculation of pulping and hydrotransport parameters of polydisperse materials with different density // 14<sup>th</sup> International Conference on Transport and Sedimentation of Solid Particles, June, 23-27, 2008, Saint Petersburg, Russia. – P.p. 272 – 279.
18. Рого К.Г. Метрологическая обработка результатов технических измерений: Справ. Пособие. – К.: Техніка, 1987. – 128 с.

**УДК 622.74:621.928.2**

И.П. Хмеленко, аспирант (ИГТМ НАН Украины)

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ГРОХОТА ДЛЯ ТОНКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ**

Запропоновано конструкцію грохота для класифікації тонких класів гірської маси, розроблено рекомендації щодо його експлуатації. Приведено результати випробувань грохота ГНВС-М на Павлоградській ЦЗФ і Курахівській ЦЗФ

### **RESULTS OF INDUSTRIAL TESTS OF SCREEN FOR THIN CLASSIFICATION**

Construction of screen for classification thin classes of mining mass is offered, recommendations for its exploitation are developed. The test data of a screen SDES - M on Pavlograd's CCF and Kyhahov's CCF are given

Одной из актуальных проблем обогащения полезных ископаемых является выделение тонких классов крупности на последних стадиях получения концентрата. Это позволяет увеличить выход готового продукта и уменьшить консервирование полезного ископаемого в шламохранилищах и илонакопителях, которые по сути являются техногенными месторождениями. По скромным подсчетам в отстойниках и илонакопителях Украины находится более 115 млн. тонн угольных шламовых различной зольности (в пределах 45-70 %) и крупности (в пределах 2-0,04 мм). В связи с этим постоянно ведутся

исследования в области обогащения тонких классов, которые направлены на разработку новых способов и технологий разделения полезных ископаемых на микронном уровне. Требуемая крупность разделения обусловлена природой раскрытия минералов, которая для руды составляет 70-40 микрон, и технологией дальнейшей переработки.

В Институте геотехнической механики НАН Украины ведутся исследования в области обогащения и дообогащения горной массы тонких классов крупности. Для решения проблемы предложен модернизированный вибрационный грохот для тонкой классификации и обезвоживания горной массы и пульпы ГНВС-М (грохот с непосредственным возбуждением сита модернизированный), который отличается от ГНВС наличием дополнительного сита [1].

Для разработки параметрического ряда грохотов новой конструкции и выбора их параметров были проведены теоретические исследования по выбору и обоснованию кинетической схемы, режимных и конструктивных параметров, характера возбуждения сита [2, 3]. Разработана математическая модель, описывающая виброударное движение сита с учетом диссипации энергии на этапе свободного движения и при ударе. Модель позволяет определить амплитуду и частоту вибровозбуждения, при которых реализуется виброударный режим движения с требуемым коэффициентом передачи энергии. Плавное регулирование параметров обеспечивается наличием частотного регулятора привода.

Грохот имеет 5 типоразмеров с производительностью от 500 кг/ч до 20 т/ч. Конструкция представляет собой короб 1 с классифицирующим 2, дополнительным 3 и динамически активным 4 ситами, вибровозбудитель 5, опорные амортизаторы 6 и частотный регулятор привода. Кинематическая схема вибрационного грохота ГНВС-М представлена на рис.1. Частотный регулятор на рисунке не показан.

При работе грохота реализуется резонансный режим. Короб 1 под действием вынуждающей силы вибровозбудителя 5 совершает гармонические колебания. Классифицирующее 2 и дополнительное 3 сита устанавливаются без натяжения. Динамически активное сито 4 представляет собой эластичные ленты-струны и выполняет две функции: поддерживающую для свободно уложенного дополнительного сита; вибровозмущающую, в результате которой верхнему классифицирующему ситам передаются колебания резиновых лент-струн. Частота собственных колебаний струн совпадает с частотой колебаний вибровозбудителя, что достигается плавной регулировкой привода либо определением параметров лент-струн расчетным путем при изготовлении. Таким образом, интенсифицируется не вся масса грохота, а лишь просеивающей поверхности. При данном режиме работы амплитуда колебаний просеивающей поверхности примерно в 5 раз больше амплитуды колебаний короба. Ударные импульсы от эластичных струн 4 передаются верхнему классифицирующему ситам 2 через дополнительное сито 3, это позволяет увеличить зону контакта сит и снизить концентрацию напряжений.

Металлическое сито разрушается в результате абразивного износа, а не контактных напряжений в зоне удара. Таким образом, достигается увеличение срока службы классифицирующего сита.

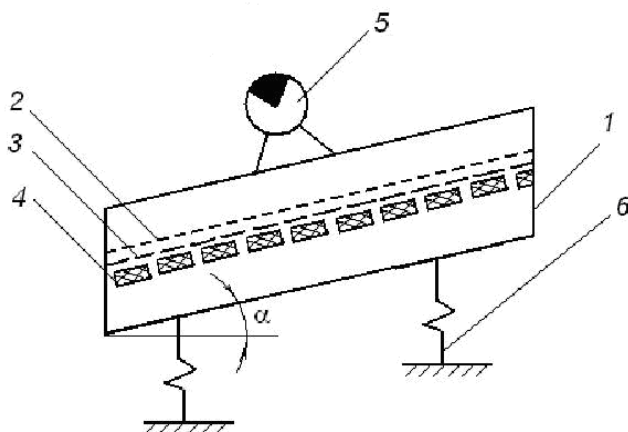


Рис.1- Кинематическая схема грохота

1 – короб, 2 – классифицирующее сито, 3 – дополнительное сито,  
4 – динамически активное сито, 5 – вибровозбудитель,  
6 – опорные амортизаторы

При модернизации грохота ГНВС было установлено влияние наличия полиамидной сетки, размера ячейки сита и соотношение твердого к жидкому в пульпе на эффективность грохочения.

В таблице 1 приведены результаты промышленных испытаний грохотов ГНВС и ГНВС-М. Эксперименты проводились при грохочении сухой золы дымов топков теплоэлектростанции с амплитудой колебаний  $A=1,2$  мм, частотой колебаний  $\omega=1500$  об/мин.

Таблица 1 – Срок службы металлического сита в зависимости от наличия полиамидной сетки

Крупность ячеек металлического сита, мкм	Срок службы сита при работе грохота без полиамидной сетки, часов	Срок службы сита при работе грохота с полиамидной сеткой, часов
50	72	144
75	96	190
100	120	310
140	135	340
200	210	410

Дополнительное сито выполняется из несмачиваемого жидкостью материала (например, полиамидного) с размерами ячеек в 5-10 раз больше классифицирующего, которое чаще всего выполняется металлическим. Дополнительное сито выполняет вспомогательную функцию и не служит для непосредственно классификации и обезвоживания материала. При отсутствии дополнительного сита в процессе грохочения пульпы жидкость под влиянием сил вязкости задерживается в мелких ячейках сита. В результате вода не проникает через сито полностью и не увлекает с собой подрешетные частицы, стекает по поверхно-

сти металлической сетки. В результате чего снижается эффективность грохочения и повышается влажность надрешетного продукта. При наличии дополнительного сита нарушается сплошность потока, так как полиамидная сетка не смачивается жидкостью и при ударах струн нижнего сита по рабочей поверхности развиваемые ускорения преодолевают силы вязкого сопротивления в ячейках сита, материал интенсивно сегрегирует и таким образом интенсифицируется процесс грохочения. В таблице 2 приведены значения эффективности работы грохота без полиамидной и с ее наличием в зависимости от соотношения твердого к жидкому.

Таблица 2 – Эффективность грохочения пульп в зависимости от наличия полиамидной сетки

Соотношение твердого к количеству воды в пульпе, Т:Ж	Показатели грохочения грохота ГИЛ-52	
	Эффективность грохочения без полиамидной сетки, %	Эффективность грохочения с полиамидной сеткой, %
1:1	40	45
1:2	45	50
1:3	51	64
1:4	58	70

Грохот ГНВС–М может использоваться в основном цикле обогащения, а также при получении готового концентрата из угольных шламов. При дообогащении угольных отходов необходимо разработать технологию получения готового продукта. С этой целью был разработан метод определения запасов угля в шламохранилище по всему объему [4] и предложена оптимизация процесса вибрационной классификации угольных шламов [5]. В совокупности данные исследования позволяют: оценить запасы угля в шламохранилище; определить месторасположение наиболее перспективных зон для разработки, классов богатых на углерод; оптимизировать схему обогащения отходов при помощи тонкой классификации.

Были проведены исследования, направленные на изучение вещественного состав отходов углеобогажительных фабрик Украины. Для этого были взяты пробы из различных точек шламохранилищ Павлоградкой ЦОФ, Свердловской ОФ, Кураховской ЦОФ и др. Часть результатов апробирования на Кураховской ЦОФ представлена в таблице 3.

Результаты апробирования доказывают целесообразность исследований и переработки угольных отходов производства. Из таблицы видно, что в пробах содержится 35-55 % углерода. В то время как ТЭС требуют уголь зольностью до 28 %.

В процессе тонкой классификации пульп из шламохранилища определялась эффективность грохочения по разным классам крупности и одновременно исследовался процесс обезвоживания на сетках с разной ячейкой в условиях шламохранилища Павлоградской ЦОФ и Кураховской ЦОФ.

Таблица 3 – Содержание угля и золы в классах крупности проб шламохранилища

Класс крупности, мкм	Содержание в классе, %							
	Проба №1		Проба №2		Проба №3		Проба №4	
	зола, $c_z$	уголь, $c_y$	зола, $c_z$	уголь, $c_y$	зола, $c_z$	уголь, $c_y$	зола, $c_z$	уголь, $c_y$
+2,5-5,0	0,01	0,31	1,27	1,31	0,09	2,52	0,05	0,81
+1,6-2,5	0,03	0,42	1,37	1,31	0,08	3,07	0,06	0,46
+1,0-1,6	0,04	0,73	2,32	2,1	0,14	4,63	0,05	0,78
+0,63-1,0	0,09	1,87	3,72	3,84	0,19	5,33	0,12	1,13
+0,315-0,63	0,52	7,37	16,47	8,72	0,78	11,2	0,99	7,35
+0,2-0,315	0,81	4,73	6,36	2,83	1,16	5,62	2,49	4,81
+0,1-0,2	3,07	6,12	7,29	2,84	2,2	5,04	8,49	4,9
+0,05-0,1	1,89	5,08	2,74	1,3	1,5	2,93	7,51	2,0
0-0,05	43,59	23,32	25,32	8,89	35,9	17,62	41,09	16,91
$\Sigma$ , %	50,05	49,95	66,86	33,14	42,04	57,96	60,85	39,15

На Павлоградской ЦОФ были проведены исследования на виброгрохоте с круговой возмущающей силой и двойной просеивающей поверхности в виде поддерживающего ленточно-струйного сита и лежащего на нем ситом с ячейками 50-100 микрон. Было отмечено, что виброударный режим способствует процессу обезвоживания и классификации шламов. Установлено, что влажность шламов на разгрузке составляет 24–25 %, влажность надрешетного материала на разгрузке грохота – 20 %. При этом эффективность грохочения составила 65–70 % по крупности 100 микрон и 60–65 % по крупности 50 микрон.

В условиях Кураховской ЦОФ исследования проводились на серийном грохоте ГИЛ–54, просеивающая поверхность которого имела аналогичную конструкцию как и при исследованиях на Павлоградской ЦОФ. При этом была достигнута эффективность грохочения по крупности 100 микрон 75 %, при крупности 50 микрон – 65 %. Процентное содержание влаги в надрешетном продукте составила 19–20 %.

Повышение эффективности грохочения и снижение влажности надрешетного продукта объясняется повышением площади и длины рабочей поверхности вибрационного грохота на Кураховской ЦОФ. Режимные параметры грохотов были аналогичны, соотношение твердого к жидкому в пульпе в обоих случаях составляло 1:3.

Важным при классификации горной массы является выбор режимных параметров грохота: амплитуды и частоты [6], на выбор которых влияют многие факторы. Каждому материалу соответствует определенный режим, при котором процесс разделения будет наиболее эффективен.

Обогащение отходов угольной промышленности усложняется наличием жидкости в шламах, удаление которой является актуальной практической задачей. Физические свойства сухой горной массы и пульпы имеют огромные отличия. Над теорией грохочения сухих материалов работали ученые не только России и Украины. В то время как теории грохочения горной массы в виде пульпы на данный момент не существует. Выбор рабочих параметров грохота необходимо производить после изучения процесса обезвоживания и доминирующих

факторов, влияющих на него. Проведены теоретические [7, 8] и экспериментальные [9, 10] исследования направленные на изучение процесса обезвоживания горной массы. Рассмотрены различные случаи равновесного состояния жидкости в капиллярной ситовой ячейке, равновесного состояния с твердой частицей в ячейке сита. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса прохождения жидкости в поровых каналах. В все перечисленные случаи рассматривались в статике и динамике; определена необходимая мощность и работа, требуемые для создания ускорений, необходимых разрыва капиллярных сил между частицами.

При создании грохота ГНВС-М и выбора режима работы были учтены результаты экспериментов и исследований, многолетний опыт создания отечественных и зарубежных вибрационных грохотов для тонкой классификации. Конструкция грохота ГНВС-М для классификации горной массы позволяет:

- повысить эффективность разделения и обезвоживания за счет плавного регулирования параметров грохочения (амплитуды и частоты колебаний);
- разрушить сплошность потока при обогащении пульпы;
- использовать резонансный режим без увеличения подводимой мощности привода;
- повысить срок службы сит.

Таким образом, что для обеспечения высоких технологических показателей вибрационного грохочения сухой горной массы и пульпы перспективной является конструкция виброгрохота с динамически активным нижним поддерживающим ситом, обеспечивающим виброударный режим верхнему классифицирующему через дополнительное несмачиваемое сито за счет реализации резонансных эффектов на основе частотного регулирования привода грохота. При этом большое значение при создании грохота нового поколения имеет возможность подбора конструктивных и режимных параметров грохочения для каждого конкретного обогащаемого материала, что осуществляется при математическом моделировании режима грохота.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 39362 Украины МПК В 07 В 1/40. Грохот вібраційний / Надутый В.П., Ягнюков В.Ф., Хмеленко І.П.; заявник та патентовласник ІГТМ НАН України – № 200810796, заявл. 01.09.2008; опубл. 25.02.09, Бюл. №4. – 4с.
2. Надутый В.П. Математическое моделирование виброударного движения сита грохота / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин, И.П. Хмеленко // Вібрації в техніці та технологіях: Всеукр. наук.-техн. журнал. – Вінниця, 2009. – № 1(53). – С 36-39.
3. Надутый В.П. Анализ виброударного режима движения просеивающей поверхности грохота / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин, И.П. Хмеленко // Вібрації в техніці та технологіях: Всеукр. наук.-техн. журнал. – Вінниця, 2009. – № 2(54). – С. 69-72.
4. Надутый В.П. Метод определения ситового состава и запасов угля в шламохранилище / В.П. Надутый, И.П. Хмеленко //Збагачення корисних копалин: Науч.-техн. зб. НГУ. – Днепропетровск, 2008. – № 33(74). – С. 148–155.
5. Надутый В.П. Оптимизация процесса вибрационной классификации угольных шламов / В.П. Надутый, А.М. Эрперт, И.П. Хмеленко // Вібрації в техніці та технологіях: Всеукр. наук.-техн. журнал. – Вінниця, 2008. – №2(51). – С. 85-89.
6. Хмеленко И.П. Обоснование необходимости выбора режимных и конструктивных параметров грохота при тонкой классификации горной массы // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2008. – Вып. 77. – С. 207–212.
7. Надутый В.П. Определение условия равновесия слоя жидкости с твердой частицей в ячейке сита / В.П. Надутый, В.И. Елисеев, В.И. Луценко, И.П. Хмеленко // Вісник ХПІ. – Харьков – 2008 – № 38. – С. 22–28.

8. Надутый В.П. Определение закономерностей опускания жидкости в поровых каналах влажной горной массы, лежащей на сетке / В.П. Надутый, В.И. Елисеев, В.И. Луценко, И.П. Хмеленко // Науковий вісник НГУ. – Днепропетровск, 2009. – № 2 – 71–74 С.

9. Надутый В.П. Модельные исследования истечения жидкости в слое горной массы через дренажные каналы с сеточными выходными отверстиями / В.П. Надутый, Л.Н. Прокопишин, И.П. Хмеленко // Сборник научных трудов НГУ. – Днепропетровск, 2008. – № 31. – С. 191–196.

10. Надутый В.П. Результаты исследований обезвоживания горной массы / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин, И.П. Хмеленко // Збагачення корисних копалин: Науч.–техн. зб. НГУ. – Днепропетровск, 2008. – № 35(76).– С. 138–144.

**УДК 622.333:620.193**

В.Л. Приходченко, канд. техн. наук,  
Е.А. Слащева, канд. техн. наук,  
В.Я. Осенний, инж.,  
Н.В. Коваль, инж.  
(ИГТМ НАН Украины)

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ НИЗКОСОРТНЫХ УГЛЕЙ И УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ**

В роботі наведені результати лабораторних досліджень методів термічної переробки низькосортного вугілля різних марок і вугільних шламів – високосольних відходів збагачувальних фабрик – для одержання енергоресурсів у виді газового і рідинного палива, теплової енергії, які є кінцевими продуктами термічної деструкції вугілля та вуглепородної сировини

### **RESULTS OF STUDIES THERMO-DESTRUCTION PROCESSES IN LOW-GRADE COAL AND COAL SLACKS**

This work shows lab study results for methods of thermal processing of low-grade coals and coal slacks of different grades, i.e. ash-rich wastes from mining factories. Aim of the study is to get additional energetic resources in the form of gaseous and liquid fuels as a final product of the coal – input destruction

Большинство органических продуктов химического производства и энергоносителей в настоящее время получают из нефти и природного газа, цена которых изменяется в зависимости от конъюнктуры рынка в широких пределах, а запасы не обеспечивают необходимые объемы общего потребления. В связи с возможностью исчерпания данного сырья, и в первую очередь нефти, целью работы ИГТМ НАНУ является получение альтернативных источников энергии из углей, запасов которых хватит Украине при текущих темпах добычи еще на 400-450 лет.

Помимо углей различного марочного состава и свойств в Украине имеются накопленные вокруг обогатительных фабрик большие по вместимости и площади шламохранилища, которые в настоящее время можно считать техногенными месторождениями тех же исходных углей и различных минералов. Основное преимущество их как месторождений – расположение на поверхности в крупных горнопромышленных регионах, а основной недостаток – ухудшение экологической обстановки окружающей среды в связи с активным загрязнени-