

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИШИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

ПОЛУЛЯХ ОЛЬГА ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 622.742

**ОБҐРУНТУВАННЯ ДІАПАЗОНІВ КРУПНОСТІ МАШИННИХ КЛАСІВ
ПРИ ЗБАГАЧЕННІ ВУГІЛЛЯ**

Спеціальність 05.15.08 - «Збагачення корисних копалин»

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ - 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі збагачення корисних копалин Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (м. Дніпропетровськ) Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор
Полулях Олександр Данилович,
професор кафедри збагачення корисних копалин
Державного вищого навчального закладу
«Національний гірничий університет» (м. Дніпропетровськ) Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук, професор
Олійник Тетяна Анатоліївна, завідувач кафедри
збагачення корисних копалин Криворізького технічного
університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України;

- кандидат технічних наук
Корчевський Олександр Миколайович,
доцент кафедри збагачення корисних копалин
Державного вищого навчального закладу «Донецький
національний технічний університет» Міністерства
освіти і науки, молоді та спорту України.

Захист відбудеться _____ 2011 р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д. 08.080.02 із захисту дисертацій при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, проспект К. Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, проспект К. Маркса, 19.

Автореферат розісланий " _____ " _____ 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д. 08.080.02, к. т. н., доцент

В.В. Панченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. В умовах переходу вугільної промисловості України на ринкові стосунки зростає роль збагачення, як об'єктивно необхідної стадії виробництва, що забезпечує управління якістю товарної продукції і підвищує її конкурентоспроможність на внутрішньому і зовнішньому ринках. Важливу роль у вирішенні цієї задачі грає розробка технології збагачення рядового вугілля, яка забезпечує зниження або ліквідацію наднормативних втрат горючої маси з відходами виробництва.

Як показала практика вуглезбагачення, найбільш перспективним способом зниження втрат горючої маси з відходами виробництва є збагачення вугілля вузькими машинними класами. Це дозволяє створити для розділення вугільних і порідних частинок на обладнанні, яке застосовується, відповідні гідродинамічні режими, що в цілому забезпечує найбільш ефективно збагачення рядового вугілля.

Технологічні схеми більшості вуглезбагачувальних фабрик, що існують в даний час, включають збагачення рядового вугілля трьома машинними класами: +13; 0,5-13 і -0,5 мм.

Проте ці схеми, у зв'язку із зростанням зольності рядового вугілля, збільшення вмісту у ньому порідних фракцій і дрібних класів, залучення до переробки забалансових шлаків, не в змозі ефективно збагачувати вугільну сировину, що приводить до наднормативних втрат горючої маси з відходами збагачувальних процесів.

Обмеженість існуючих технологічних схем збагачення рядового вугілля трьома машинними класами пояснюється відсутністю теоретичного обґрунтування доцільності збільшення їх кількості. Тому необхідність визначення діапазонів крупності машинних класів залежно від розподільчої здатності зернистих сумішей, обумовлювала актуальність теми роботи, яка дозволила встановити напрями вдосконалення технологічних схем вуглезбагачувальних фабрик.

У зв'язку з цим в дисертаційній роботі вирішується **наукова задача**, яка полягає у встановленні закономірностей формування структури машинних класів в залежності від розподільчої здатності зернистих сумішей, обґрунтуванні їх діапазонів крупності і кількості, на підставі яких розроблена вдосконалена технологія збагачення рядового вугілля вузькими класами крупності, впровадження якої дозволило збільшити випуск концентрату за рахунок зниження втрат паливної маси з відходами виробництва.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Базовими для підготовки дисертаційних досліджень є наукові дослідження робіт, виконаних відповідно до плану Національного гірничого університету і ДП "УкрНДІвуглезбагачення": "Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології" (2005 рік, № держреєстрації 0105U001808); "Розроблення і впровадження технологій та обладнання для зниження втрат вугілля з відходами вуглезбагачення" (2004 рік, № держреєстрації 0104U007350); "Виконати комплексне випробування технологічної схеми збагачувальної установки шахти

ім. Дімітрова і розробити рекомендації по її удосконаленню" (2005 рік, № держреєстрації 0105U002637); "Виконати аналіз техніки і технології ЦЗФ "Чумаківська" і розробити рекомендації по вдосконаленню її технології і апаратурного оснащення з метою збільшення виходу концентрату" (2005 рік, № держреєстрації 0105U002751). Автор дисертаційних досліджень брала безпосередньо участь у виконанні цих науково-дослідних робіт, як виконавець.

Мета, ідея і задачі дослідження.

Мета роботи – теоретичне обґрунтування технічних рішень щодо зниження втрат паливної маси з відходами виробництва при збагаченні вугілля.

Ідея роботи – формування структури машинних класів залежно від розподільчої здатності зернистих сумішей в гравітаційному полі.

Для досягнення зазначеної мети в дисертації були поставлені і вирішені наступні задачі:

- 1) виконати аналіз сучасних технологій підготовки і збагачення машинних класів вугілля;
- 2) виконати аналітичне обґрунтування необхідності виділення машинних класів з рядового вугілля;
- 3) розробити методіку розрахунку діапазонів крупності машинних класів при збагаченні вугілля ;
- 4) розробити вдосконалену технологію збагачення рядового вугілля вузькими машинними класами на вуглезбагачувальних фабриках.

Об'єкт досліджень – технологія збагачення кам'яного вугілля.

Предмет досліджень - процеси підготовки машинних класів при збагаченні вугілля.

Методи досліджень: при виконанні досліджень використовувалися наступні методи: аналітичний – для моделювання структури зернистих середовищ; механіки твердого тіла – для дослідження закономірностей руху частинок в обмежених умовах з урахуванням мулистий складової полідисперсних суспензій; експериментальний – для визначення гранпараметрів зернистих сумішей і досліджень ефективності рекомендованої технології збагачення рядового вугілля п'ятьма машинними класами в промислових умовах.

Наукове положення, яке захищається у дисертації:

розподільча здатність зернистих сумішей визначається їх енергетичним параметром: для процесів розділення за крупністю він повинен наближатися якомога ближче до максимального значення (для вугільних сумішей - 31,5%), а для процесів розділення за щільністю – до нуля, при цьому гранулометричний параметр машинного класу має бути менш 5 для гравітаційних збагачувальних процесів і більш 15 - для класифікаційних.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

- 1) вперше на основі енергетичної інтерпретації гравітаційних розподільчих процесів зернистих середовищ обґрунтовані вимоги до гранулометричного складу їх вихідного живлення, що дозволило визначити діапазони крупності машинних класів при збагаченні рядового вугілля;
- 2) вперше на основі оцінки енергетичного стану зернистих середовищ дана їх класифікація за розподільчою здатністю як по крупності, так і по щі-

льності, що дозволило визначити способи підвищення ефективності розподільчих процесів;

3) вперше встановлено, що для ефективного розподілу зернистих сумішей за крупністю порозність машинного класу повинна бути збільшена у 1,73 рази з 0,346 до 0,6; за щільністю – у 2,2 рази з 0,346 до 0,768; на підставі цього розрахована кількість обігової води на процеси грохотіння та гідравлічної відсадки;

4) отримані нові відомості впливу мулової складової у зворотній воді вуглезабачувальних фабрик на швидкість вільного падіння часток у водному і суспензійному середовищах, які дозволили уточнити діапазони крупності машинних класів при збагаченні рядового вугілля.

Практичне значення отриманих результатів полягає:

1) у систематизації зернистих сумішей за їх розподільчою здатністю за крупності та щільністю у гравітаційному полі сил, що дозволяє формувати таку структуру гранулометричного складу вихідного живлення класифікаційних і збагачувальних процесів, яка забезпечує нормативне засмічення продуктів розподілу;

2) у розробленій методиці визначення діапазонів крупності машинних класів, яка враховує гранулометричний склад та розподільчу здатність зернистих сумішей у гравітаційному полі сил, вміст мулової складової твердого у зворотній воді, технологічну доцільність виділення, що дозволяє розрахувати кількість машинних класів при збагаченні рядового вугілля;

3) у розробці вдосконаленої технології збагачення вугілля вузькими машинними класами, яка підвищує селективність розподілу зернистих сумішей за рахунок приведення у відповідність режимних параметрів обладнання з фізико – механічними властивостями сировини, що дозволило збільшити вихід концентрату за рахунок зниження втрат горючої маси з відходами вуглезабачення.

Впровадження результатів роботи.

Промислове впровадження технології збагачення рядового вугілля п'ятьма машинними класами на ЦЗФ "Чумаківська" і ЗФ ТОВ ПК "Донецьке вугільне паливо" забезпечило отримання фактичного річного економічного ефекту 18,8 млн. грн.

Особистий внесок здобувача полягає у формуванні мети і завдань досліджень, обґрунтуванні наукового положення, проведенні теоретичних і експериментальних лабораторних досліджень, розробці моделей енергостану зернистих середовищ і встановлення на цій основі їх розподільчої здатності, розробці методики визначення діапазонів крупності машинних класів при збагаченні рядового вугілля, розробці і впровадженні вдосконаленої технології збагачення рядового вугілля вузькими машинними класами.

Промислове впровадження результатів роботи здійснювалися за безпосередньої участі автора.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати дисертації доповідались та отримали схвалення на наукових семінарах кафедри "Збагачення корисних копалини" Національного гірничого університету

(м. Дніпропетровськ, 2004-2011 рр.), VIII міжнародній науково-практичній конференції "Теорія і практика збагачення і переробки мінеральної сировини" (м. Маріуполь, 24-27 травня 2005 р.), III конференції молодих учених ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпропетровськ, 18 листопада 2005 р.), IX міжнародній науково-практичній конференції "Ресурси та енергозберігаючі технології при переробці мінеральної сировини" (м. Маріуполь, 22-24 травня 2006 р.), X міжнародній науково-практичній конференції "Технологіко-екологічний інжиніринг при переробці мінеральної сировини" (м. Бердянськ, 23-26 травня 2007 р.), XIII міжнародній науково-практичній конференції збагаченню корисних копалини (м. Бердянськ, 19-22 травня 2010 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 15 наукових праць: 1 монографія (у співавторстві), 8 робіт у фахових виданнях, 1 патент, 1 стаття у збірнику наукових праць, 4 статті у збірниках праць конференцій.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (161 найменування на 14 сторінках); містить 147 сторінок основного тексту, в тому числі: 24 рисунка, 36 таблиць, та 4 додатка на 20 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані наукова задача, мета, задачі, предмет та об'єкт досліджень, наведена наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, представлено наукове положення, що виноситься на захист, а також інформація щодо апробації результатів дисертації та публікацій за темою.

У першому розділі, у відповідності до першої задачі дослідження, проаналізовано сучасні технології підготовки та збагачення машинних класів рядового вугілля і обґрунтовані перспективні підходи до удосконалення технологічних схем вуглезбагачувальних фабрик.

Серед відомих технологій збагачення рядового вугілля перспективними і технічно впровадженими є технології його збагачення машинними класами. Застосування цих технологій обумовлено тим, що збагачувальні апарати мають найбільш ефективні показники тоді, коли режимні параметри їх роботи відповідають фізико-механічним властивостям матеріалу і, в першу чергу, його крупності.

Однак діючі діапазони крупності машинних класів при збагаченні вугілля оснований на існуючих стандартних розмірах сит та необхідності вилучення сортового палива для населення.

На сьогодні відсутні методики розрахунку діапазонів крупності машинних класів, що перешкоджає удосконаленню технологічних схем вуглезбагачувальних фабрик і приводить до наднормативних втрат паливної маси з від-

ходами виробництва. Подальший розвиток технологічних схем вуглезбагачувальних фабрик пов'язують з визначенням і формуванням раціональних структур зернистих середовищ перед їх збагаченням за умови керування гранулометричним складом вихідного матеріалу та врахування вмісту мулистої складової твердого у зворотній воді.

На підставі цього зроблено висновок про доцільність встановлення закономірностей формування структури машинних класів в залежності від розподільчої здібності зернистих сумішей за крупністю та щільністю у гравітаційному полі для обґрунтування діапазонів крупності машинних класів при збагаченні вугілля.

За результатами аналізу сформульовані задачі досліджень, вирішення яких дозволило досягти мети роботи.

В другому розділі, відповідно до другої задачі досліджень, виконано аналітичне обґрунтування необхідності виділення машинних класів з рядового вугілля.

Для визначення вимог до основних параметрів структури зернистих сумішей при їх розподіленні у гравітаційному полі і обґрунтування необхідності виділення машинних класів з рядового вугілля застосована енергетична інтерпретація гравітаційних розподільчих процесів при збагаченні корисних копалин, на підставі якої розглянуті зміни структури зернистого середовища під дією зовнішніх або внутрішніх сил при розподілі часток за крупністю або щільністю.

Виходячи з того, що процес розподілу зернистих сумішей за крупністю або щільністю являє собою перерозподіл часток відносно деякої розподільчої площини, він повинен включати в себе дві фази: підготовчу та розподільчу.

У першій фазі здійснюється підготовка зернистого середовища під дією зовнішніх сил до проходу в ній частинок заданої крупності (у послідовності, визначеною якою-небудь розподільчою ознакою) в заданому напрямі, а в другій фазі – безпосередньо перехід цих частинок крізь розподільчу площину під дією внутрішніх сил.

Фазу підготовки в розподільчих процесах можна звести до виникнення в зернистому середовищі пор достатніх розмірів для проходження зерен заданої крупності: при розподіленні по крупності розмір пор повинен відповідати розміру отворів сита, а при розподіленні по щільності – розміру крупних частинок вихідного матеріалу.

Відомо, що будь яка зміна стану зернистого середовища пов'язана з реалізацією зовнішньої або внутрішньої енергії. Для визначення рівнянь зміни енергії зернистих сумішей при їх розподіленні за крупністю або щільністю розроблена схема структури бінарної зернистої суміші при різних фазах розподільчих процесів, причому кожен клас крупності складається із зерен двох щільностей (породної і вугільної). Ця схема наведена на рис.1.

Рис. 1. Структура бінарної зернистої суміші при розподільчих процесах: а - структура вихідної зернистої суміші; б - структура підготовчого стану зернистої суміші при розподіленні за крупністю; в - структура зернистої суміші після розподілення за крупністю; г - структура підготовчого стану зернистої суміші при розподіленні за щільністю; д - структура зернистої суміші після розподілення за щільністю.

Виходячи з уявлення про потенційну енергію і на підставі схеми рис. 1, отримані рівняння потенційної енергії структур зернистої суміші при розподільчих процесах:

$$E_u = \frac{h_u}{2} G_u = \frac{h_u^2}{2} S \delta_u (1 - m_u); \quad (1)$$

$$E_{n_2} = \frac{h_{n_2}^2}{2} g G_u = \frac{h_{n_2}^2}{2} g S \delta (1 - m_{n_2}); \quad (2)$$

$$E_{p_2} = \left(\frac{h_2}{2} + h_1 \right) g G_k + \frac{h_1}{2} g G_m = \left(\frac{h_2^2}{2} + h_1 h_2 \right) g S \delta_k (1 - m_k) + \frac{h_1^2}{2} g S \delta_m (1 - m_m); \quad (3)$$

$$E_{n_o} = \frac{h_{n_o}}{2} g G_u = \frac{h_{n_o}^2}{2} g S \delta_u (1 - m_{n_o}); \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
E_{p_{\text{км}}} = & \frac{h_3}{2} gG + \left(\frac{h_4}{2} + h_3 \right) gG + \left(\frac{h_5}{2} + h_{4\text{кл}} + h_3 \right) gG + \\
& + \left(\frac{h_6}{2} + h_5 + h_4 + h_3 \right) gG_{\text{мл}} = \frac{h_3^2}{2} gS\delta_{\text{км}} (1 - m_{\text{к-м}}) + \\
& + \left(\frac{h_4^2}{2} + h_3 h_4 \right) gS\delta_{\text{мм}} (1 - m_{\text{мм}}) + \left(\frac{h_5^2}{2} + h_4 h_5 + h_3 h_5 \right) gS\delta_{\text{кл}} (1 - m_{\text{кл}}) + \\
& + \left(\frac{h_6^2}{2} + h_5 h_6 + h_4 h_6 + h_3 h_6 \right) gS\delta_{\text{мл}} (1 - m_{\text{мл}}),
\end{aligned} \tag{5}$$

де $h_{\text{в}}, h_{\text{нз}}, h_{\text{но}}, h, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6$ – висота, відповідно, вихідного матеріалу, підготовчого стану зернистого середовища при розподіленні за крупністю (грохотіння) і щільністю (збагачення), шарів дрібного і крупного матеріалу, шарів крупного важкого, крупного легкого, дрібного важкого і дрібного легкого матеріалу, м; S – площа основи елементарного об'єму зернистої суміші, м²; $G_{\text{в}}, G_{\text{к}}, G_{\text{м}}, G_{\text{км}}, G_{\text{мм}}, G_{\text{кл}}, G_{\text{мл}}$ – маса, відповідно, вихідного матеріалу, його крупної та дрібної частини, крупної важкої, дрібної важкої, крупної легкої, дрібної легкої, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; $m_{\text{в}}, m_{\text{нз}}, m_{\text{к}}, m_{\text{м}}, m_{\text{км}}, m_{\text{мм}}, m_{\text{кл}}, m_{\text{мл}}$ – порозність, відповідно, вихідного матеріалу в початковому і підготовчому стані при розподіленні за крупністю та щільністю, крупного і дрібного класів, крупного важкого, дрібного важкого, крупного легкого та дрібного легкого класів (причому $m_{\text{к}} = m_{\text{м}} = m_{\text{км}} = m_{\text{мм}} = m_{\text{кл}} = m_{\text{мл}}$); $\delta_{\text{в}}, \delta_{\text{к}}, \delta_{\text{м}}, \delta_{\text{км}}, \delta_{\text{мм}}, \delta_{\text{кл}}, \delta_{\text{мл}}$ – щільність, відповідно, вихідного матеріалу, крупного і дрібного класів, крупного важкого і дрібного важкого, крупного легкого та дрібного легкого класів, кг/м³ ($\delta_{\text{в}} = \delta_{\text{к}} = \delta_{\text{м}}$; $\delta_{\text{км}} = \delta_{\text{мм}} = \delta_{\text{м}}$; $\delta_{\text{кл}} = \delta_{\text{мл}} = \delta_{\text{л}}$).

Відносна зміна потенційної енергії зернистого середовища визначалась за відомою формулою:

$$\Delta E = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \times 100\%, \tag{6}$$

де E_1, E_2 – потенційна енергія зернистого середовища в розглянутих двох її станах.

Підставляючи у рівняння (6) відповідні значення потенційної енергії з рівнянь (1)-(5) отримуємо рівняння зміни ΔE (у долях одиниці) для підготовчого і розподільчого станів зернистого середовища при операціях грохотіння і збагачення, які приведені в табл. 1.

З аналізу рівнянь табл. 1 слідує, що підготовча фаза процесу здійснюється за рахунок підведення до системи зовнішньої енергії, а розподільча – за рахунок використання внутрішньої енергії системи.

Розподілений стан зернистого середовища має більший запас енергії, ніж нерозподілений, тобто структура розділеної на моношари зернистої суміші володіє нестійкістю, тому необхідна своєчасна евакуація продуктів розподілення, інакше відбудеться їх мимовільне змішування.

Рівняння зміни ΔE

Стадії процесу	Рівняння	
	грохотіння	збагачення
<p>Підготовча</p> <p>Так $m_u < m_{лз}, m_{ло}$, то ΔE із знаком «-», тобто процес йде за рахунок споживання системою енергії</p>	$\Delta E = \frac{m_{илз} - m}{1 - m_{лз}}$	$\Delta E = \frac{m_{ило} - m}{1 - m_{ло}}$
<p>Розподільча</p> <p>У зв'язку з тим, що $m_{нз} > m_{pz}$, $m_{но} > m_{ро}$, то ΔE із знаком «+», тобто процес розподілення йде за рахунок внутрішньої енергії системи</p>	$\Delta E = \frac{m_{нз} - m_{pz}}{1 - m_{pz}}$	$\Delta E = \frac{(1 - m_{но})(1 - m_{ро})}{(1 - m_u)} \times \left(\gamma^2 \frac{\delta_m}{\delta_u} + \gamma^2 \frac{\delta_l}{\delta_u} + 2\gamma_m \gamma_l \frac{\delta_l}{\delta_u} \right)$
<p>Сумарна</p> <p>Оскільки $m_u < m_{pz}$, то ΔE із знаком «-», тобто процес йде за рахунок споживання системою енергії</p>	$\Delta E = \frac{m_{upz} - m}{1 - m_{pz}}$	$\Delta E = 1 - \frac{(1 - m_{ро})}{(1 - m_u)} \times \left(\gamma^2 \frac{\delta_m}{\delta_u} + \gamma^2 \frac{\delta_l}{\delta_u} + 2\gamma_m \gamma_l \frac{\delta_l}{\delta_u} \right)$

З рівнянь табл. 1 також витікає, що зміна енергії при підготовчій фазі процесу залежить лише від порозності, при розподільчій фазі збагачувальних процесів - від виходів важкої і легкої фракцій, а також їх щільностей.

Для визначення вимог до основних параметрів структури зернистих сумішей при їх розподілу у гравітаційному полі на підставі енергетичної інтерпретації розподільчих гравітаційних процесів отримане рівняння енергетичного параметра стану зернистого середовища, який визначає, на скільки потенційна енергія суміші (нерозподілене зернисте середовище) відрізняється від потенційної енергії монофракції (розподілене зернисте середовище):

$$\Delta E = H \frac{(P^{0,14} - 1)}{(P^{0,14} - H)} \times 100\%. \quad (7)$$

де H – порозність монофракції (класу) ; P – гранулометричний параметр зернистого середовища.

З рівняння (7) слідує, що енергопараметр зернистої суміші визначається, в основному її гранпараметром. Абсолютне значення P і ΔE вихідних зернистих середовищ дозволяє судити про їх розподільчу здатність. На підставі цього розроблена систематизація розподільчої здатності зернистих середовищ за категоріями, яка наведена у табл. 2.

Систематизація розподільчої здатності зернистих середовищ
на основі параметрів їх енергостану

Параметри енергостану зернистих середовищ		Категорія однорідності (за автором)	Категорія розподільчої здібності за крупністю (за автором)	Вміст «важких» і затруднених зерен	Категорія розподільчої здатності за щільністю (за автором)	Показник збагачуваності (ГОСТ 10100-84)
E %	P					
0-14,5	1-5	I (однорідна)	IV (дуже важка)	50	I (легка)	<5
14,5-19,0	5-10	II (слабо однорідна)	III (важка)	20-50	II (середня)	5-10
19,0-21,2	10-15	III (неоднорідна)	II (середня)	10-20	III (важка)	10-15
>21,2	>15	IV (дуже неоднорідна)	I (легка)	10	IV (дуже важка)	>15

На рис. 2 наведена залежність ефективності мокрого підготовчого грохотіння E від гранпараметру P при граничній крупності 13 мм, з якої слідує, що при $P < 7$ ефективність мокрого підготовчого грохочення не перевищує 10%, при $P \geq 15$ ефективність грохотіння перевищує 70%, при $P = 17-20$ ефективність грохотіння перевищує 90%. Викладене підтверджує класифікацію зернистих середовищ за розподільчою здатністю за крупністю (табл. 2), яка запропонована автором.

З рис. 3, де наведена залежність ефективності збагачення E_{pm} від гранпараметру P для збагачення машинних класів вугілля в гідравлічних відсаджувальних машинах при щільності розподілення 1800 кг/м^3 , видно, що найменше значення E_{pm} має при $P < 5$.

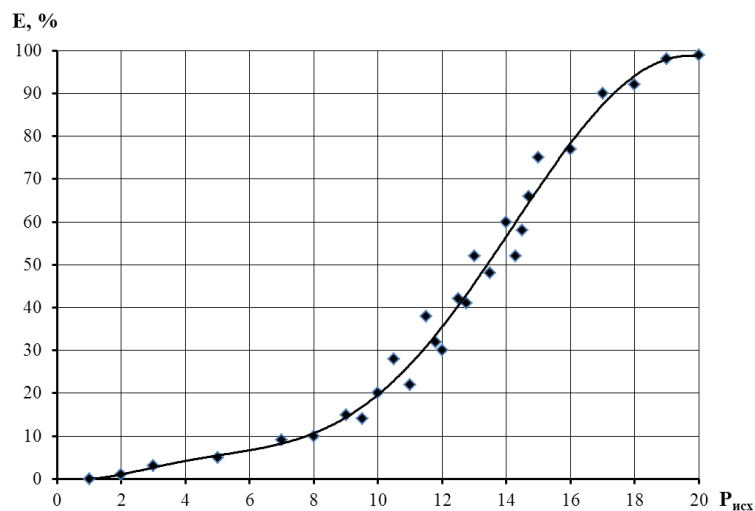


Рис. 2. Залежність ефективності мокрого підготовчого грохотіння E від гранпараметру P вихідного матеріалу.

Коефіцієнт ℓ	1	0,773	0,753	0,700	0,593	0,498	0,393
-------------------	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------

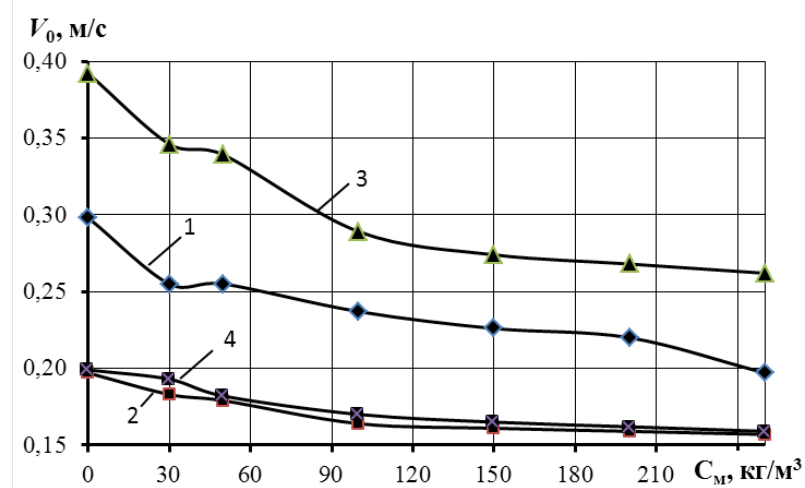


Рис. 4. Залежності швидкостей вільного падіння часток V_0 від вмісту мулу у зворотній воді C_M : 1 - породна частка крупністю 15 мм; 2 - вугільна частка крупністю 15 мм; 3 - породна частка крупністю 25 мм; 4 - вугільна частка крупністю 25 мм.

Встановлення нижньої межі машинного класу d_{min} , ефективність збагачення якого гравітаційними методами є однаковою, виконувалося на умові мінімізації втрат паливної маси з відходами двох межових технологічних процесів: мокрої гвинтової сепарації (гравітаційний метод збагачення) і флотації (не гравітаційний метод збагачення).

За критерій оцінки збагачення вузьких класів крупності вугілля обрана зольність відходів. Дослідження виконувалися на стандартному лабораторному і промисловому обладнанні стандартними методами.

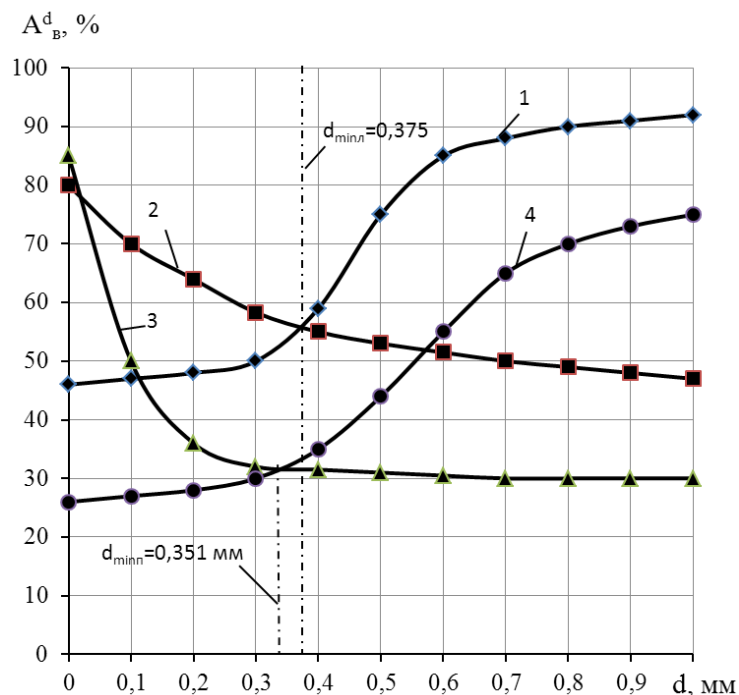


Рис. 5. Залежність зольності відходів (A^d_e) від діаметру часток (d).

Визначення нижньої межі машинного класу d_{min} , здійснювалося накладенням залежностей зольності відходів від діаметру часток, які отримані у лабораторних умовах для мокрої гвинтової сепарації (1) і флотації (2) і наведені на рис 5.

Проекція точки перетину цих залежностей на вісь абсцис дає значення $d_{min.л.}=0,375$ мм, яке і є нижньою межею машинного класу, нижче якої збагачення гравітаційними методами є недоцільним.

На рис. 5 також наведені аналогічні залежності, які побудовані на підставі систематизації і узагальнення даних технологічних регламентів вуглезбагачувальних фабрик, що мають процеси мокрої гвинтової сепарації (4) і флотації (3). Проекція точки перетину цих залежностей дає $d_{min.н.}=0,351$ мм. Близькість значень точок перетину залежностей, які отримані за лабораторними та промисловими даними, підтверджує достовірність отриманих результатів досліджень.

З урахуванням цих результатів і вимог наукового положення, на підставі закону рівнопадаємості розроблено методикку розрахунку діапазонів крупності машинних класів при збагаченні вугілля.

У четвертому розділі, відповідно до четвертої задачі досліджень, розроблена вдосконалена технологія збагачення вугілля на ЦЗФ «Чумаківська» та ЗФ ТОВ ПК «Донецьке вугільне паливо» більш вузькими машинними класами.

При розробці удосконаленої технології збагачення рядового вугілля на ЦЗФ «Чумаківська» та ЗФ ТОВ ПК «Донецьке вугільне паливо» використана методика розрахунку діапазонів крупності машинних класів, що розроблена у дисертаційній роботі і на підставі якої встановлено, що збагачення повинно здійснюватися наступними машинними класами відповідно: +13; 3-13; 1,4-3; 0,4-1,4; 0-0,4 мм та +14; 3,6-14; 1,5-3,6; 0,4-1,5; 0-0,4 мм.

Перехід технології збагачення рядового вугілля на ЦЗФ «Чумаківська» з трьох (+13; 0,5-13 і 0-0,5 мм) на п'ять (+13; 3-13; 1,4-3; 0,4-1,4 і 0-0,4 мм) машинних класів і удосконалення процесів підготовки машинних класів дозволили збільшити вихід коксового концентрату зольністю 8,6% на 3,64% з 59,85% до 63,49% за рахунок підвищення зольності відходів з 79,75% до 82,7%.

Для підтвердження ефективності розробки технології збагачення рядового вугілля більш вузькими машинними класами на ЦЗФ «Чумаківська» виконано дослідження сепараційних характеристик гравітаційних збагачувальних процесів, при переробці фабрикою вихідної сировини трьома та п'ятьма машинними класами, результати яких наведені на рис. 6.

З рис. 6 слідує, що сепараційні характеристики збагачувальних гравітаційних процесів після переходу технології фабрики з трьох на п'ять машинних класів поліпшилися, а ефективність збагачення, яка розрахована за формулою Ханкока-Луйкена, збільшилась на 9,3% з 80,3% до 89,6%, що дозволило зробити висновок про зменшення взаємозасмічення продуктів збагачення і про зниження втрат паливної маси з відходами вуглезбагачення.

Фактичний річний економічний ефект від реалізації технології збагачення рядового вугілля 5-ма машинними класами склав 18,23 млн. грн.

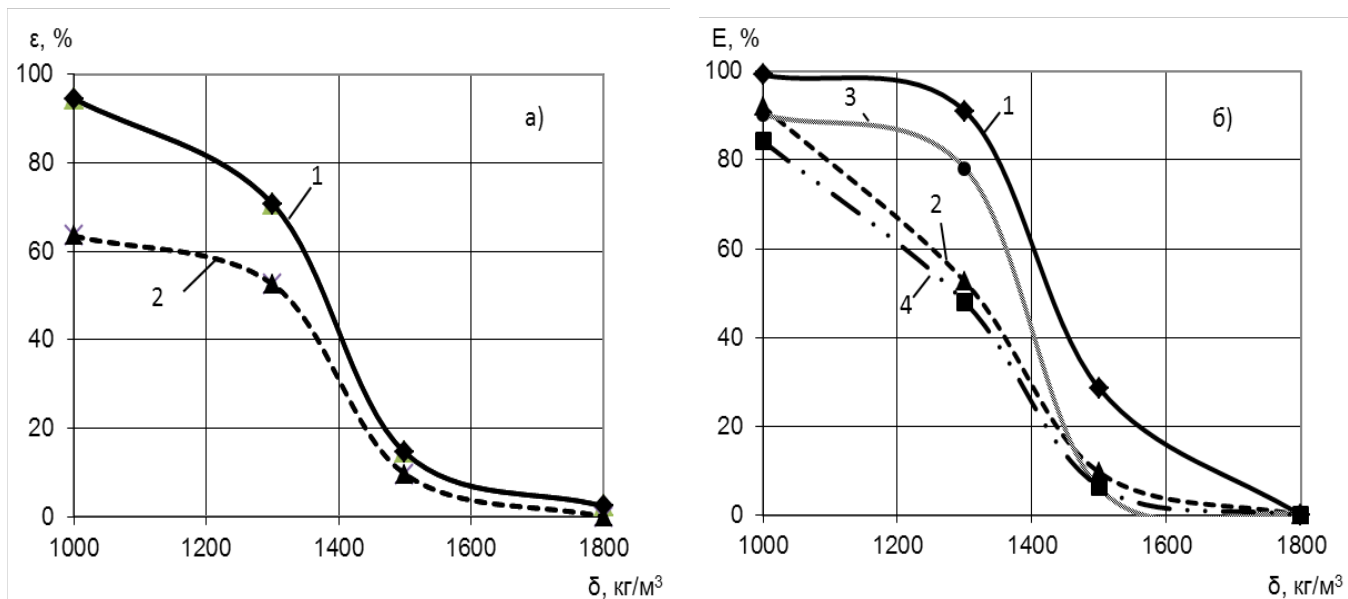
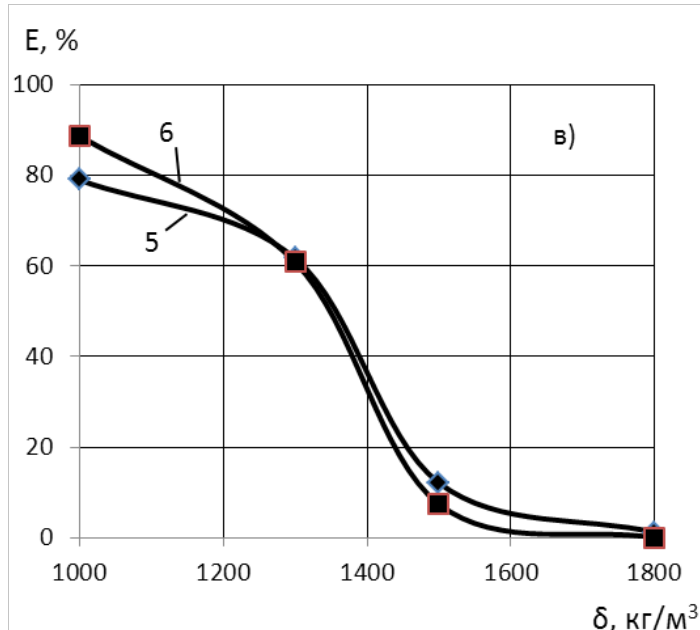


Рис. 6. Сепараційні характеристики:
 а – основних гравітаційних збагачувальних процесів при збагаченні вугілля трьома машинними класами; б – основних гравітаційних збагачувальних процесів при збагаченні вугілля п'ятьма машинними класами; в – узагальнені сепараційні характеристики технології збагачення вугілля трьома і п'ятьма машинними класами; 1 – сепараційна характеристика збагачення крупного машинного класу у важкосередовищних сепараторах;

2 – сепараційна характеристика збагачення дрібного машинного класу у гідравлічних відсаджувальних машинах; 3 – сепараційна характеристика збагачення крупнозернистого шламу у гідросайзері; 4 – сепараційна характеристика збагачення дрібнозернистого шламу у гвинтових сепараторах;

5 – узагальнена сепараційна характеристика технології збагачення вугілля трьома машинними класами; 6 – узагальнена сепараційна характеристика технології збагачення вугілля п'ятьма машинними класами.



Впровадження збагачення рядового вугілля до "0" мм на ЗФ ТОВ "ПК "Донецьке вугільне паливо" шляхом зміни її технології збагачення з одного (+13 мм) до трьох (+13; 3-13 і 0,5-3 мм) машинних класів дозволило знизити зольність концентрату на 12,8% з 25,1 до 12,3%, при цьому зольність відходів зросла на 3,9% з 77,1 до 81,0%. Збільшення приведенного виходу концентрату складає 1,47%, а фактичний річний економічний ефект - 0,57 млн. грн.

ВИСНОВКИ

В дисертації, що є завершеною науково-дослідною роботою, сформульована та вирішена актуальна **наукова задача**, яка полягає у встановленні закономірностей формування структури машинних класів залежно від розподільчої здатності зернистих сумішей. На основі цих закономірностей виконано обґрунтування діапазонів крупності машинних класів при збагаченні вугілля, та розроблена методика їх визначення, використання якої дозволило удосконалити технологію переробки рядового вугілля шляхом його збагачення більш вузькими машинними класами. Впровадження цієї технології дозволило збільшити вихід концентрату за рахунок зменшення втрат паливної маси з відходами виробництва.

Найбільш важливі наукові та практичні результати, висновки і рекомендації полягають в наступному:

1. Діапазони крупності машинних класів, які використовуються в даний час на вуглезбагачувальних фабриках ґрунтуються на існуючому модулі шкали сит, необхідності випуску сортового палива, технології, що склалася, і її апаратному оснащенні. Ці діапазони крупності машинних класів вже не відповідають сучасним вимогам ефективності збагачувальних процесів, бо не враховують розподільчу здатність зернистих сумішей за крупністю та щільністю, і призводять до наднормативних втрат паливної маси з відходами вуглезбагачення.

2. Розподільча здатність зернистих середовищ визначається енергопараметром, який показує наскільки потенційна енергія суміші (неподіленого зернистого середовища) відрізняється від потенційної енергії монофракції (розподіленого зернистого середовища), причому для процесів розподілення за крупністю він повинен наближатися якомога ближче до максимального значення (для вугільних сумішей - 31,5%), для процесів розділення за щільністю - до нуля.

3. Енергетичний стан зернистих середовищ визначається їх розподілом за класами крупності, що оцінюється гранпараметром, причому, чим більше гранпараметр, тим істотніше відмінність зернистого середовища від монофракції, гранпаріметр якої дорівнює 1.

4. На підставі енергопараметра і гранпараметра здійснена систематизація зернистих середовищ на категорії за їх розподільчою здатністю як за крупністю, так і за щільністю, що дає можливість визначати та формувати таку структуру гранулометричного складу вихідного живлення класифікаційних і збагачувальних процесів, яка забезпечує нормативне засмічення продуктів розподілу.

5. Діапазон крупності машинного класу визначається діаметрами рівнопадаємості вугільних і порідних частинок, при цьому його гранпараметр має бути менш 5 для гравітаційних збагачувальних процесів і більш 15 для гравітаційних класифікаційних процесів.

6. При розподіленні зернистих середовищ за крупністю для проходження частинок менше крупності розділення через шар крупного матеріалу порозність машинного класу має бути збільшена з 0,346 до 0,6; при розподіленні за щільністю для проходження крупних порідних частинок через шар крупних вугільних порозність машинного класу має бути збільшена з 0,346 до 0,768. Отримані результати використовуються для розрахунку кількості зворотної води для процесів грохотіння і гідравлічної відсадки.

7. Встановлені закономірності впливу мулистої складової у зворотній воді на швидкості вільного падіння часток у водному та суспензійному середовищах, що дозволило більш точно визначити діапазони крупності машинних класів при збагаченні вугілля.

8. Розроблена методика визначення діапазонів крупності машинних класів з урахуванням гранулометричного складу вугілля, вміста мулистої складової в зворотній воді і технологічній доцільності їх виділення, на основі якої створена технологія збагачення рядового вугілля вузькими машинними класами.

9. Впровадження вдосконаленої технології збагачення рядового вугілля більш вузькими машинними класами дозволило на ЦЗФ "Чумаківська" збільшити вихід коксового концентрату зольністю 8,6% на 3,64% з 59,85 до 63,4% за рахунок підвищення зольності відходів з 79,75 до 82,7%, на ЗФ ТОВ "Донецьке вугільне паливо" знизити зольність енергетичного концентрату на 12,8% з 25,1 до 12,3% при зростанні зольності відходів з 77,1 до 81,0%.

Загальний річний фактичний економічний ефект від впровадження вдосконаленої технології склав - 18,8 млн. грн.

Основні положення і результати дисертації опубліковані у 15 наукових працях:

1. *Энергетическая* інтерпретація гравитационных разделительных процессов зернистых сред при обогащении полезных ископаемых / [А.Д. Полулях, В.И. Чмилев, О.В. Ищенко, Д.А. Полулях]. – Луганск: Изд-во Восточно-украинского Национального университета им. В.Даля. – 2006. – 144 с.

2. *Ищенко О.В.* Определение диапазонов крупности машинных классов на основе закона равнопадаемости угольных частиц в водной среде / О.В. Ищенко, А.Д. Полулях // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов ИГТМ НАН Украины. - 2005. - Вып. 58. - С. 146-152.

3. *Ищенко О.В.* Обоснование и выбор диапазонов крупности машинных классов при обогащении угля / О.В. Ищенко // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. - 2006. - Вип. 25(66)-26(67). - С. 23-28.

4. *Ищенко О.В.* О применении мокрой винтовой сепарации при обработке угольных шламов / О.В. Ищенко, Ю.И. Гордиенко, В.Г. Мамренко // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. - 2005. - Вип. 22(63). – С. 59-64.

5. *Ищенко О.В.* Состояние подготовки и обогащения машинных классов рядового угля в Украине / О.В. Ищенко, А.Д. Полулях // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. - 2005. - Вип. 23(64). – С. 21-26.

6. *Полулях О.В.* Классификация разделительной способности зернистых сред на основе их энергосостояния / О.В. Полулях // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. - 2006. - Вип. 27(68) - 28(69). - С. 10-13.

7. *Ищенко О.В.* К выбору параметров сгустителей угольной суспензии / О.В. Ищенко, А.Д. Полулях // Уголь Украины - 2007. - №1. - С. 45-46.

8. *Полулях О.В.* Особенности обогащения крупного машинного класса рядовых углей шахт ГП "Львовуголь" / О.В. Полулях, А.Д. Полулях, О.В. Моисеенко // Наукові праці Донецького національного технічного університету: серія: Гірнично-електромеханічна. Наук.-техн. зб. – Донецьк: ДонНГУ.–2008. - №15 (131). - С. 165-170

9. *Полулях О.В.* Анализ параметров неоднородности гранулометрического состава зернистых сред / О.В. Полулях // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. - 2008. - Вип. 32(73). - С. 72-77.

10. *Патент України на винахід №15189.* Відсаджувальна машина / О.В. Ищенко, О.Д. Полулях, В.І. Чмілев та інші.; заявник та власник ДП «УкрНДІ-вуглезбагачення». – Опубл. 2006: Бюл. №1.

11. *Полулях О.В.* Исследование технологических параметров гидравлической отсадочной машины с естественной постелью с горизонтально-стационарным придонным слоем / О.В. Полулях, А.Д. Полулях, В.Ф. Нелепов, В.И. Чмилев // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. - 2008. - Вип. 32(73). - С. 99-105.

12. *Ищенко О.В.* Энергетическая модель осаждения суспензии / О.В. Ищенко, А.Д. Полулях, В.И. Чмилев // Материалы 3-ей конференция молодых ученых ИГТМ им. Н.С. Полякова НАНУ //Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов ИГТМ НАН Украины. - 2006. - Вып. 62. - С. 164-170.

13. *Полулях О.В.* Методика определения диапазонов крупности машинных классов при обогащении угля / О.В. Полулях // Материалы 10-ой международной науч-практ. конф. по обогащению полезных ископаемых // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. - 2007. - Вип. 29(70)-30(71). - С. 8-14.

14. *Полулях О.В.* Обоснование целесообразности классификационной отсадки на основе энергетической теории процесса разделения зернистых сред / О.В. Полулях, А.Д. Полулях, В.И. Чмилев // Материалы 11-ой международной науч-практ. конф. по обогащению полезных ископаемых // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. - 2008. - Вип. 34(75) - С. 82-86

15. *Полулях О.В.* О нормировании засорения продуктов гидравлической отсадки углей некондиционными зернами / О.В. Полулях, А.Д. Полулях, В.О. Фирсов // Материалы 13-ой международной науч-практ. конф. по обогащению полезных ископаемых // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. - 2010. - Вип. 41(82) - 42(83). - С. 96-104.

Особистий внесок автора в роботах, які написані в співавторстві:

[1] - теоретичне обґрунтування енергетичного підходу до розподілу зернистих сумішей у гравітаційному полі;

[2] - теоретичне обґрунтуванні діапазонів крупності машинних класів;

[4, 7, 11, 12, 14] - застосування енергетичної теорії процесів розподілу для визначення режимних параметрів обладнання;

[5, 7] - аналіз та розробка напрямів удосконалення технології підготовки машинних класів та їх збагачення;

[9] – розрахунок параметрів неоднорідності гранулометричного складу зернистих середовищ.

[10] - ідея і основні відмінні ознаки;

[15] - узагальнення результатів взаємозасмічення продуктів розподілу вугілля та продуктів його переробки у гідравлічних відсаджувальних машинах;

АНОТАЦІЯ

Полулях О. В. Обґрунтування діапазонів крупності машинних класів при збагаченні вугілля. - Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.08 - «Збагачення корисних копалин». - Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Дніпропетровськ, 2011.

Дисертація присвячена дослідженню гравітаційних розподільчих процесів за крупністю і щільністю при збагаченні вугілля та спрямована на вирішення задачі збільшення виходу концентрату за рахунок зменшення його втрат з відходами виробництва.

У дисертації з використанням енергетичного підходу до гравітаційних класифікаційних і збагачувальних процесів виконані аналітичні дослідження та встановлені закономірності формування структури машинних класів в залежності від їх розподільчої здатності за крупністю і щільністю. За допомогою цих закономірностей обґрунтовано діапазони крупності машинних класів при збагаченні вугілля та розроблена вдосконалена технологія збагачення рядового вугілля.

На підставі енергопараметра і гранпараметра здійснена систематизація зернистих середовищ на категорії за їх розподільчою здатністю як за крупністю так і за щільністю, що дозволяє формувати таку структуру гранулометричного складу вихідного живлення класифікаційних і збагачувальних процесів, яка забезпечує нормативне засмічення продуктів розподілу.

Впровадження технології збагачення рядового вугілля вузькими машинними класами здійснено на ЦЗФ «Чумаківська» та ЗФ ТОВ "ПК "Донецьке вугільне паливо". Загальний річний фактичний економічний ефект складає 18,8 млн. грн.

Ключові слова: рядове вугілля, машинний клас, діапазон крупності, енергопараметр, гранпараметр, розподільча здатність, розподіл за крупністю, розподіл за щільністю, технологія, ефективність.

АННОТАЦИЯ

Полулях О.В. Обоснование диапазонов крупности машинных классов при обогащении угля. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.08 - «Обогащение полезных ископаемых». – Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Ми-

нистерство образования и науки, молодежи и спорта Украины, Днепропетровск, 2011.

Диссертация посвящена исследованию гравитационных разделительных процессов по крупности и плотности при обогащении угля и направлена на решение задачи увеличения выхода концентрата за счет снижения его потерь с отходами производства.

В диссертации с использованием энергетического подхода к гравитационным классификационным и обогатительным процессам выполнены аналитические исследования и установлены закономерности формирования структуры машинных классов в зависимости от их разделительной способности по крупности и плотности. С помощью этих закономерностей обоснованы диапазоны крупности машинных классов при обогащении угля.

Установлено, что разделительная способность зернистых смесей определяется их энергетическим параметром: для процессов разделения по крупности он должен стремиться к максимальному значению (для угольных смесей 31,5%), для процессов разделения по плотности – до нуля, при этом гранулометрический параметр машинного класса должен быть < 5 для гравитационных обогатительных процессов и > 15 для классификационных.

На основе энергопараметра и гранпараметра осуществлена систематизация зернистых сред на категории по их разделительной способности как по крупности, так и по плотности, что позволяет формировать такую структуру гранулометрического состава исходного питания классификационных и обогатительных процессов, которая обеспечивает нормативное засорение продуктов разделения. Установлены зависимости эффективности мокрого подготовительного грохочения и гидравлической отсадки от гранулометрического параметра исходного материала, которые подтверждают необходимость формирования структуры машинных классов под требуемую категорию их разделительной способности.

Диапазоны крупности машинных классов определяются диаметрами равнопадаемых угольных и породных частиц, скорость которых уточнена введением в формулу коэффициента, учитывающего илистую составляющую твердого в оборотной воде углеобогатительных фабрик. Величина этого коэффициента определена на основе экспериментальных исследований.

Установлено, что нижняя граница машинного класса, эффективно обогащаемого гравитационным методом, составляет 0,375 мм.

При разделении зернистых сред по крупности для прохождения частиц меньшей крупности разделения сквозь слой крупного материала порозность машинного класса должна быть увеличена в 1,73 раза с 0,346 до 0,6; при разделении по плотности для прохождения крупных породных частиц сквозь слой крупных угольных порозность машинного класса должна быть увеличена в 2,2 раза с 0,346 до 0,768. Эти данные используются для расчета количества оборотной воды для технологических разделительных гравитационных процессов.

Разработана методика определения диапазонов крупности машинных классов, которая учитывает их гранулометрический состав, содержание илистой составляющей твердого в оборотной воде и технологическую целесообразность

ность их выделения, на основе которой создана технология обогащения угля узкими машинными классами.

Внедрение технологии обогащения рядового угля узкими машинными классами осуществлено на ЦОФ «Чумаковська» и ОФ ТОВ "ПК "Донецкое угольное топливо". Годовой общий фактический экономический эффект составляет 18,8 млн. грн.

Полученные результаты используются ГП "УкрНИИУглеобогащение" при разработке рекомендаций по совершенствованию технологий обогащения рядового угля с целью увеличения выхода концентрата за счет снижения потерь горючей массы с отходами углеобогащения.

Ключевые слова: рядовой уголь, машинный класс, диапазон крупности, энергопараметр, гранпараметр, разделительная способность, разделение по крупности, разделение по плотности, технология, эффективность.

SUMMARY

Polulyakh O.V. The grounding of size ranges of the machine classes at enriching of coal. Manuscript.

The dissertation to obtaining of the scientific degree of candidate in Technical Sciences with specialty 05.15.08 - "Enrichment of minerals". - National mining university, Dnepropetrovsk, 2011.

Dissertation is devoted research of gravity distributive processes after size and by a closeness at enriching of coal and directed on the decision of task of increase of output of concentrate due to diminishing of his losses with the offcuts of production.

In dissertation with the use of the power going near gravity classification and concentrating processes analytical researches are executed and conformities to the law of forming of structure of machine classes are set from their distributive ability after size and by a closeness. By these conformities to the law grounded ranges of size of machine classes are at enriching of coal but the developed is improved technology of enriching of ordinary coal.

On foundation energy – and sizing parameters is carried out systematization of grainy environments on category at their distributive ability as after size so after a closeness, that allows to forecast the high-quality indexes of distributing of gravity processes.

Introduction of technology of enriching of ordinary coal is carried out narrow machine classes on CPF «Chumakivska» and PF LTD "PK "Donetsk coal fuel".

A general annual actual economic effect of compound is 18,8 million Uah.

Keywords: ordinary coal, machine class, range of largeness, energy parameters, sizing parameter , dividing ability, division on a largeness, division on a closeness, technology, efficiency.

ПОЛУЛЯХ ОЛЬГА ВОЛОДИМИРІВНА

**ОБҐРУНТУВАННЯ ДІАПАЗОНІВ КРУПНОСТІ МАШИННИХ КЛАСІВ
ПРИ ЗБАГАЧЕННІ ВУГІЛЛЯ**

(Автореферат)

Підписано до друку 22. 09. 2011. Формат 60x90/16.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,0.
Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 120 прим. Зам. № _____

Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» 49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19