

Применение разработанной технологии позволяет механизировано заряжать низковязкой эмульсией круговой веер скважин любого диаметра с устья скважин. Опыт применения в условиях шахты «Эксплуатационная» ЧАО «ЗЖРК» показал, что разработанная технология наиболее эффективна при высоком водопритоке и существенном разрушении стенок скважины.

Выводы и направления дальнейших исследований: Разработаны технологии зарядания кругового веера скважин любого диаметра и степени обводненности эмульсионным ВВ марки Украинит, создана самоходная и блочно-модульная техника, позволяющая с высокой производительностью механизировано заряжать скважины как с устья, так и с забоя. Промышленное освоение технологии показало ее эффективность, надежность и безопасность по сравнению с пневмозаряданием скважин тротилосодержащими гранулированными ВВ.

Список литературы

1. **Guang, Wang Xu** Emulsion explosives / **Wang Xu Guang**. – Beijing: Metallurgical Industry Press, 1994. - 388 p.
2. **Колганов, Е. В.** Эмульсионные промышленные взрывчатые вещества. В 2 кн. Кн. 1. Составы и свойства. / **Е. В. Колганов, В. А. Соснин**. - Дзержинск.: ГосНИИ «Кристалл», 2009. - 592 с.
3. Розробка і впровадження емульсійних вибухових речовин на кар'єрах України / під ред. **В. П. Купріна, І. Л. Коваленка**. - Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2012. - 243 с.
4. Пат. 62192 Україна МПК F42D 1/10, C06B 21/00. Зарядник емульсійних вибухових речовин ЗЕП-15 / **Зубко, А. М., Карапа, І. А., Колсасєв М. Б., Небогин В. З.** (Україна). - № u201105501; заявл. 29.04.2011; опубл. 10.08.2011, Бюл. № 15.
5. Пат. 67340 Україна МПК F42D 1/10, C06B 21/00, F04B 9/00. Пневмонасос-зарядник емульсійних вибухових речовин ЗЕП-10/ **Колсасєв М.Б., Небогин В.З., Онопрієнко Є.П., Савченко М.В.** (Україна). - № u201111226; заявл. 21.09.2011; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 3.
6. **Кутузов, Б. Н.** Методы ведения взрывных работ. Часть 2./ **Б. Н. Кутузов**. - М.: «Горная книга», 2008. - 512 с.
7. **Мельник, В. Б.**, Подземная добыча руды в ОАО «Апатит». Современное состояние и перспективы/ **В. Б. Мельник, А. Н. Сахаров, А. А. Браунштейн** // Глобус (Геология и бизнес). – 2013. – № 5 (29). - С.14-21. - ISSN 0351-0050/
8. **Соснин В. А.** Технологические особенности получения ЭВВ для зарядания и взрывания в подземных выработках/ **В. А. Соснин, К.Е. Морозов, В. Н. Корунев** // Взрывное дело. - 2014. - Вып. №111/68. - С. 267-273. - ISSN 0372-7009.
9. **Kovalenko, I. L.** Energycondensed packaged systems. Composition, production, properties./ **I. L. Kovalenko, V. P. Kuprin, D. V. Kiyaschenko** // Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi. - 2015. - Iss.1 (45). - P. 164-170. - ISSN 2076-2429
10. Пат. 82960 Україна МПК C01B 15/00, C06B 31/00. Газогенеруюча добавка до емульсійних вибухових речовин/ **Коваленко І. Л., Купрін В. П.** (Україна). - № u201301321; заявл. 04.02.2013; опубл. 27.08.2013, Бюл. №16.

Рукопись поступила в редакцию 18.04.16

УДК 001.57: 681.5.015

В.О. КОНДРАТЕЦЬ, д-р техн. наук, проф., А.М. МАЦУЙ, канд. техн. наук, доц.
Кіровоградський національний технічний університет

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РІВНОМІРНОГО РУХУ ПУЛЬПИ У ПІСКОВОМУ ЖОЛОБІ ОДНОСПІРАЛЬНОГО КЛАСИФІКАТОРА

Подрібнення бідних залізних руд у перших стадіях відрізняється великими витратами, що в значній мірі викликано частковою або повною відсутністю інформації відносно деяких технологічних процесів, до яких можливо віднести і транспортування пульпи у пісковому жолобі механічного односпірального класифікатора, де недостатньо вивчений рівномірний рух пульпи. Розв'язання даної задачі складає актуальність роботи. Її метою є математичне моделювання рівномірного руху пульпи у пісковому жолобі односпірального класифікатора з пошуком залежностей між основними параметрами та встановленням меж їх зміни при експлуатації технологічного обладнання. Отримані аналітичні залежності об'ємної витрати пульпи та швидкості її руху від висоти потоку. Між об'ємною витратою пульпи і висотою потоку спостерігається практично лінійна залежність. Середня швидкість потоку пульпи нелінійно залежить від висоти при будь-якій ширині піскового жолоба. За певних похилах піскового жолоба, матеріалі футеровки та ширині дана залежність є функціональною. Висота потоку, об'ємна витрата пульпи, середня швидкість і час її руху змінюються в достатньо широких межах. Ширину піскового жолоба при проектуванні слід вибирати такою, що дорівнює 0,3 м. Такий канал володіє необхідною пропускнуною спроможністю і незначною нелінійністю статичної характеристики. Отримані результати являють собою основу для розробки засобів вимірювання об'ємної витрати пульпи у відкритих потоках, встановлення їх меж вимірювання, визначення факторів впливу на точність. Крім того, вони є базою для математичного моделювання хвильового руху пульпи у піскових жолобах механічних односпіральних класифікаторів.

Ключові слова: односпіральний класифікатор, пісковий жолоб, рівномірний рух, моделювання, об'ємна витрата, швидкість

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Недостатня вивченість процесів рівномірного руху пульпи у пісковому жолобі механічного односпірального класифікатора стримує розробку ефективних засобів контролю об'ємної витрати рідкої суміші у відкритих потоках і, як наслідок, - автоматизацію технологічних процесів подрібнення вихідної руди у перших стадіях, що приводить до значних економічних збитків. Тому дана стаття спрямована на реалізацію Державної науково-технічної програми «Ресурсозберігаючі технології нового покоління в гірничо-металургійному комплексі», затвердженої Законом України «Про основи державної політики у сфері науки і науково-технічної діяльності», за напрямком 5.3.1 «Розробка технологій видобутку та збагачення сировинних матеріалів для металургійного виробництва, в тому числі з використанням відходів виробництва» та планів наукової тематики Кіровоградського національного технічного університету за темою «Моделювання технологічних процесів у механічних спіральних класифікаторах з метою вдосконалення математичних моделей» (0115U003962). Оскільки ця стаття спрямована на розв'язання частини згаданої задачі, її тему слід визнати актуальною.

Аналіз досліджень і публікацій. Автоматизації процесів подрібнення вихідної руди в перших стадіях присвячена значна кількість робіт як вітчизняних вчених, так і вчених з далекого зарубіжжя [1,2], однак не всі задачі тут розв'язані, що вимагає повернення до цих проблем ряду відомих вчених і в наш час. Так, в роботі [3] розглянуто робастне автоматизоване управління замкнутим циклом подрібнення на основі H_∞ -норми. Формуванню адаптивного керування процесом подрібнення залізородної сировини в умовах невизначеності характеристик об'єкта присвячена робота [4]. Керування в умовах процесів збагачувальної технології розглянуто в роботах [5,6]. У роботі [7] звертається увага на важливість перших стадій як подрібнення, так і збагачення. Поряд з цим акцентується увага на відсутності надійних засобів контролю необхідної точності або на значній їх вартості [5], на необхідності розробки інформаційних засобів [8], на важливості автоматичного вимірювання витрати продуктів [9], враховуючи і їх об'ємну масу [10]. Високою ефективністю відрізняються ультразвукові засоби контролю [11,12]. Все ширше починають застосовуватись алгоритмічні методи визначення параметрів у збагачувальних технологіях [13,14], які дозволяють підвищити точність отримуваної інформації при вимірюванні деяких параметрів навіть з великою похибкою. Для цього бажано підвищувати точність вимірювання інших параметрів. У замкнутому циклі подрібнення вихідної руди таким параметром є об'ємна витрата пульпи у пісковому жолобі класифікатора. Перша спроба такого вимірювання відмічена в роботі [15]. Згодом були розроблені теоретичні положення даного методу [16], однак для створення діючих вимірювальних пристроїв, визначення умов забезпечення їх найвищої точності, враховуючи і формування хвильового руху пульпи, необхідно мати повну уяву про її рівномірний рух. Рівномірний рух пульпи у пісковому жолобі двоспірального класифікатора досліджувався в роботі [17], однак тут умови відрізняються від односпірального класифікатора і результати не можуть бути використані. Отже, ніхто не досліджував особливостей рівномірного руху пульпи у пісковому жолобі механічного односпірального класифікатора.

Постановка завдання. Метою даної роботи є математичне моделювання рівномірного руху пульпи у пісковому жолобі механічного односпірального класифікатора з пошуком залежностей між основними параметрами та встановленням меж їх зміни при експлуатації технологічного обладнання.

Викладення матеріалу та результати. Піски механічного односпірального класифікатора, що розвантажуються, змішуються з водою, яка подається у пісковий жолоб. Матеріал у пісковому жолобі рухається самопливом. Рахуючи рух пульпи рівномірним, знайдемо залежність об'ємної витрати пульпи в пісковому жолобі механічного односпірального класифікатора від її рівня.

Середню швидкість руху пульпи у пісковому жолобі можливо визначити за формулою [18]

$$v = C\sqrt{R \cdot i}, \quad (1)$$

де R - гідравлічний радіус; C - коефіцієнт Шезі; i - похил дна піскового жолоба.

Гідравлічний радіус дорівнює [18]

$$R = \omega / \chi, \quad (2)$$

де ω - площа живого перерізу потоку; χ - змочений периметр потоку.

Пісковий жолоб механічного односпірального класифікатора виконують з прямокутним

перерізом. При цьому гідравлічний радіус для нього визначимо залежністю

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{B \cdot h}{2h + B}, \quad (3)$$

де B - ширина пісового жолоба; h - висота матеріалу в пісовому жолобі.

Пісовий жолоб механічного односпірального класифікатора працює при турбулентному режимі руху пульпи, що відноситься до квадратичної області гідравлічного опору. Зважаючи на те, що коефіцієнт гідравлічного тертя λ для квадратичної області гідравлічного опору залежить лише від відносної шорсткості стінок русла і не залежить від числа Рейнольдса, а як наслідок, і від роду рідини, що рухається в руслі, то відносно коефіцієнта Шезі C можливо стверджувати те ж саме. Коефіцієнт Шезі C залежить лише від відносної шорсткості стінок русла і не залежить від швидкості руху v і в'язкості пульпи.

Коефіцієнт Шезі C у практичних випадках прийнято визначати за спеціальними формулами [18]. Для даного руху пульпи у пісовому жолобі можливо скористатися скороченою формулою Гангіл'є-Куттера [18]

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + 23 \frac{n}{\sqrt{R}}}, \quad (4)$$

де n - коефіцієнт шорсткості стінок русла.

Рівняння (4) з врахуванням (3) можливо подати у наступному вигляді

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23n}{\sqrt{\frac{B \cdot h}{2h + B}}}}. \quad (5)$$

Середня швидкість руху пульпи у пісовому жолобі з врахуванням (3) і (5) буде дорівнювати

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23n}{\sqrt{\frac{B \cdot h}{2h + B}}}} \sqrt{\frac{B \cdot h \cdot i}{2h + B}} \quad (6)$$

або

$$v = \frac{\left(23 + \frac{1}{n}\right) B \cdot h \cdot \sqrt{i}}{\left(\sqrt{\frac{B \cdot h}{2h + B}} + 23n\right) (2h + B)}. \quad (7)$$

Після перетворення виразу (7) отримаємо

$$Q = \frac{\left(23 + \frac{1}{n}\right) B^2 \cdot h^2 \cdot \sqrt{i}}{\left(\sqrt{\frac{B \cdot h}{2h + B}} + 23n\right) (2h + B)}, \quad (8)$$

де Q - об'ємна витрати пульпи в пісовому жолобі, отримана після підстановки $v = Q/B \cdot h$.

В залежності (8) i - конструктивна стала, яка характеризує надійний рух пісків у пісовому жолобі спірального класифікатора і визначається конструктивними розмірами технологічного вузла - шириною корпусу класифікатора, висотою пісового порога, відміткою встановлення кульового млина і його пісової завантажувальної системи. Тому похил дна пісового жолоба складає 34 % і практично змінюватися не може. У відповідності з визначенням похил $i = \operatorname{tg} \alpha$, тобто $\operatorname{tg} \alpha = 0,34$, що відповідає куту $\alpha = 18^\circ 50'$. Гідравлічний похил $i = \sin \alpha$, що відповідає

$i = \sin 18^\circ 50' = 0,3228$. З врахуванням значення i залежність (8) можна подати у вигляді

$$Q = \frac{0,5682 \left(23 + \frac{1}{n} \right) B^2 \cdot h^2}{\left(\sqrt{\frac{B \cdot h}{2h + B} + 23n} \right) (2h + B)} \quad (9)$$

Із залежності (9) видно, що при певних фіксованих значеннях n і B об'ємна витрата пульпи в піщовому жолобі механічного спірального класифікатора нелінійно залежить від висоти матеріалу h . Ширина піщового жолоба звичайно не перевищує 0,5 м. Для механічного односпірального класифікатора її можливо приймати $B=0,4$ м. Конструктивна стала n залежить від типу каналу. Її значення можливо взяти з довідників для різних виконань піщових жолобів. Для відкритих облицьованих русел з різного матеріалу, який можливо використати при транспортуванні пісків механічного спірального класифікатора дана стала приймає наступні значення: чиста цементна поверхня – $n=0,011$; асфальт гладкий – $n=0,013$; бетон з необробленою поверхнею – $n=0,017$; кам'яна кладка (бут на цементному розчині) – $n=0,025$ [18].

За допомогою персонального комп'ютера при $B=0,4$ м промодельовано вираз (9) і отримано залежність об'ємної витрати пульпи в піщовому жолобі від її рівня для різних виконань русел (рис.1). З рис.1 видно, що об'ємна витрата пульпи у піщовому жолобі механічного односпірального класифікатора від її рівня залежить нелінійно. Графіки змінюють своє положення в залежності від матеріалу, яким футеровано канал. Здебільшого використовують кам'яну кладку, де $n=0,025$. Тобто, слід орієнтуватись на характеристику 4 (рис.1).

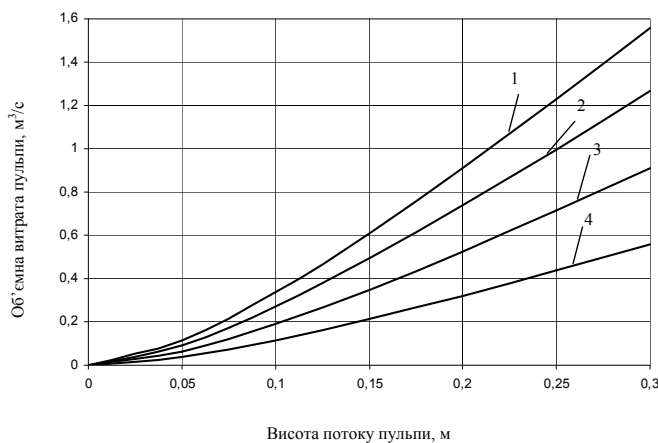


Рис. 1. Залежність об'ємної витрати пульпи у піщовому жолобі механічного односпірального класифікатора: 1 – $n = 0,011$; 2 – $n = 0,013$; 3 – $n = 0,017$; 4 – $n = 0,025$

Ширина піщового жолоба спірального класифікатора може бути змінним конструктивним параметром. Моделюванням на персональному комп'ютері при $n=0,025$ при різній ширині піщового жолоба встановлені залежності об'ємної витрати пульпи від висоти потоку (рис. 2), звідки видно, що B сильно впливає на нелінійність характеристик. Найменшу нелінійність має характеристика 4, яка відповідає самому вузькому транспортному засобу.

тика 4, яка відповідає самому вузькому транспортному засобу.

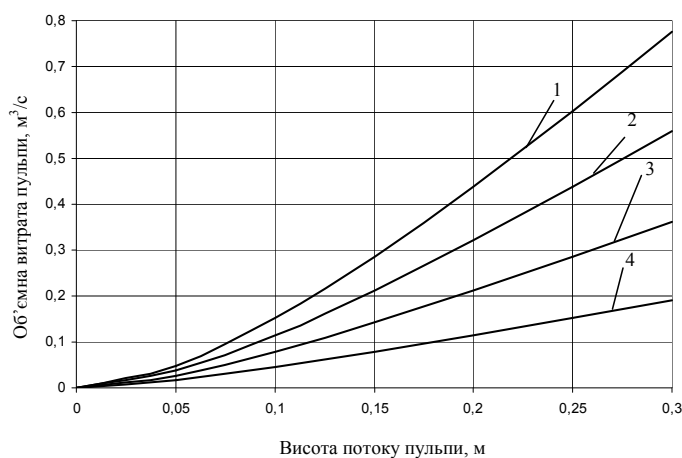


Рис. 2. Залежність об'ємної витрати пульпи у піщовому жолобі механічного односпірального класифікатора при $n=0,025$ від висоти потоку: 1 – $B=0,5$ м; 2 – $B=0,4$ м; 3 – $B=0,3$ м; 4 – $B=0,2$ м

Остаточню здійснити вибір робочої характеристики (параметра B) можливо шляхом ув'язки даних залежностей з реальними витратами технологічного процесу. Моделювання об'ємної витрати пульпи в піщовому жолобі класифікатора також здійснено на персональному комп'ютері в широкому діапазоні зміни продуктивності вихідного живлення і циркуляційних

навантажень, які опирались на результати досліджень, отримані в роботі [19]. При моделюванні враховано, що на збагачувальних фабриках Криворізького басейну циркулююче навантаження першої стадії подрібнення змінюється в межах 50...150% [20]. Верхня межа циркулюючого на-

вантаження взята на рівні 200 %. Результати моделювання зведені в табл. 1. З даних табл.1 видно, що об'ємна витрата пульпи в пісковому жолобі класифікатора може змінюватися в межах від 0,016 до 0,063 м³/с. Тому здійснювалося моделювання процесів переміщення матеріалу в пісковому жолобі класифікатора в межах реальних витрат пульпи, згідно даним табл. 1. Результати комп'ютерного моделювання подані на рис.3, з якого видно, що найкращою є характеристика 3 з найменшою шириною піскового жолоба. По-перше, вона практично лінійна. По-друге, вона має найкращу початкову величину рівня - 0,052 м (порівняно з 0,037 і 0,028м для $B=0,3$ м і відповідно $B=0,4$ м). По-третє, їй характерний найбільш широкий діапазон зміни рівня пульпи 0,052-127 м. Однак орієнтуватись необхідно на характеристику 2, оскільки у неї нелінійність лише дещо гірша порівняно з характеристикою 3, але тут значно більші пропускні можливості каналу і він не може забитись випадково поповшим скрапом з механічного спірального класифікатора.

Таблиця 1

Об'ємна витрата пульпи у пісковому жолобі механічного односпірального класифікатора при різних продуктивностях замкнутого циклу по вихідній руді $Q_{вих}$ і коефіцієнтах, що характеризують значення циркулюючого навантаження у частці вихідного живлення, м³/с

Продуктивність вихідного живлення по руді $Q_{вих}$, т/год	Коефіцієнт, що характеризує значення циркулюючого навантаження у частці вихідного живлення			
	0,5	1,0	1,5	2,0
160	0,016	0,026	0,035	0,044
180	0,017	0,028	0,038	0,049
200	0,018	0,030	0,042	0,054
220	0,020	0,033	0,046	0,058
240	0,021	0,035	0,049	0,063

Важливим параметром рівномірного руху пульпи у пісковому жолобі односпірального класифікатора є осереднена швидкість переміщення матеріалу. Підставивши у вираз (7) прийняті конструктивні константи $i=0,3228$ і $n=0,025$, для розглянутих ширин піскового жолоба $B_1=0,4$ м, $B_2=0,3$ м і $B_3=0,2$ м відповідно отримаємо залежності для визначення середніх швидкостей руху пульпи, м/с

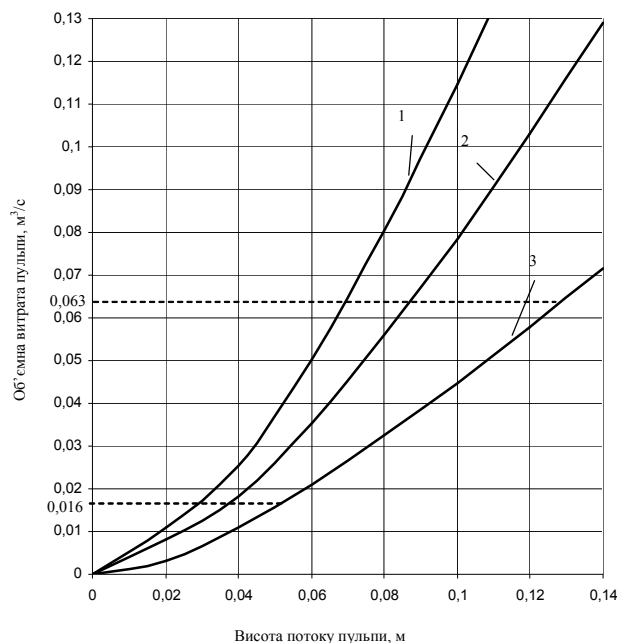


Рис. 3. Залежність об'ємної витрати пульпи у пісковому жолобі механічного односпірального класифікатора від висоти потоку при $n=0,025$ і малих значеннях висоти: 1 – $B=0,4$ м; 2 – $B=0,3$ м; 3 – $B=0,2$ м

$$v_1 = \frac{14,3186h}{\left(\sqrt{\frac{0,4h}{2h+0,4}} + 0,575 \right) (2h+0,4)}, \quad (10)$$

$$v_2 = \frac{10,7390h}{\left(\sqrt{\frac{0,3h}{2h+0,3}} + 0,575 \right) (2h+0,3)}, \quad (11)$$

$$v_3 = \frac{7,1593h}{\left(\sqrt{\frac{0,2h}{2h+0,2}} + 0,575 \right) (2h+0,2)}, \quad (12)$$

де h - висота потоку виражена у метрах; v_1, v_2, v_3 - середня швидкість руху пульпи.

Залежності середньої швидкості руху пульпи у пісковому жолобі механічного спірального класифікатора від висоти потоку

показані на рис.4. З нього видно, що середня швидкість пульпи нелінійно змінюється з висотою потоку. Ця залежність буде функціональною для конкретних умов роботи спірального класифікатора - певному значенні ширини піскового жолоба, його похилу та коефіцієнта шорсткості, оскільки режим руху пульпи не залежить від її в'язкості. Похил піскового жолоба і матеріал, з якого виконують його футеровку, звичайно є незмінними. Ширину піскового жолоба в проектній документації закладають з різними значеннями. Найчастіше вона дорівнює 0,4 або

0,3 м. Ширину 0,2 м звичайно не використовують, оскільки існує імовірність забивання комунікації у випадку попадання скрапу з класифікатора. Як видно з рис. 4, середня швидкість руху пульпи сильно залежить від ширини піскового жолоба. При збільшенні висоти потоку пульпи її середня швидкість спочатку стрімко зростає, потім цей процес уповільнюється. Якщо взяти середнє значення висоти потоку 0,1 м, то відхилення висоти на $\pm 0,04$ м, тобто від 0,06 до 0,14 м, приводить до зміни середньої швидкості потоку наближено на $\pm 0,5$ м/с. Це відчутна зміна швидкості і вона суттєво впливає на процеси, які відбуваються у пісковому жолобі механічного односпірального класифікатора.

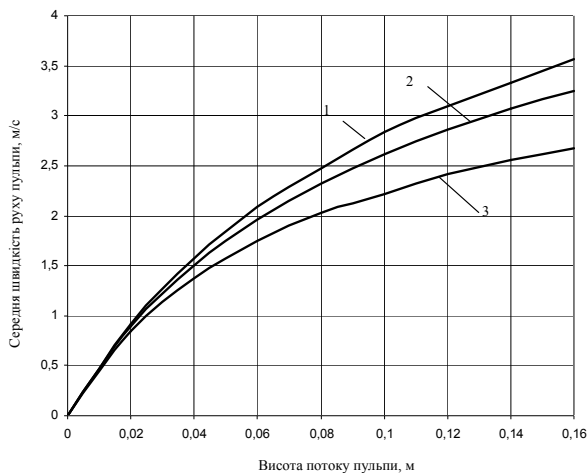


Рис. 4. Залежність середньої швидкості руху пульпи у пісковому жолобі механічного односпірального класифікатора від висоти потоку при $n=0,025$: 1 – $B=0,4$ м; 2 – $B=0,3$ м; 3 – $B=0,2$ м

Пісковий жолоб механічного односпірального класифікатора має довжину наближено 2,5 м і ширину здебільшого 0,3 м. З рис.3 (залежність 2) видно, що мінімальній витраті пульпи $0,016$ м³/с і максимальній витраті $0,063$ м³/с відповідають висоти потоку 0,037 і 0,085 м. При таких висотах потоку мінімальна середня швидкість дорівнює 1,4 м/с, а максимальна – 2,4 м/с. При цьому час руху пульпи у пісковому жолобі односпірального класифікатора складає 1,04 і 1,79 с. З рис.4 слідує, що мало-

ймовірно, але можуть виникати режими роботи, коли час руху пульпи у пісковому жолобі односпірального класифікатора буде дещо меншим – 0,96 с ($h=0,1$ м), 0,89 с ($h=0,12$ м), 0,82 с ($h=0,14$ м).

Висновки та напрямок подальших досліджень. Отже, в процесі математичного моделювання рівномірного руху пульпи у пісковому жолобі механічного односпірального класифікатора з врахуванням роботи технологічного агрегату в реальних умовах отримані аналітичні залежності об'ємної витрати пісків та їх швидкості руху від висоти потоку. Спостерігається практично лінійна залежність між об'ємною витратою пульпи і висотою потоку, зміна в достатньо широких межах висоти потоку, об'ємної витрати пульпи, середньої швидкості і часу переміщення матеріалу. Середня швидкість потоку пульпи нелінійно залежить від висоти при будь-якій ширині піскового жолоба. При певних похилах піскового жолоба, матеріали футеровки та ширині дана залежність є функціональною. Встановлено, що ширину піскового жолоба при проектуванні слід вибирати такою, що дорівнює 0,3 м. Такий канал має необхідну пропускну спроможність і незначну нелінійність статичної характеристики. Отримані результати є достовірними, оскільки в дослідженнях використовувалися точні аналітичні методи і перевірені на практиці гідравлічні залежності.

Отримані результати слугують основою для розробки засобів вимірювання об'ємної витрати пульпи у відкритих потоках і математичного моделювання хвильового руху пульпи у піскових жолобах механічних односпіральних класифікаторів.

Список літератури

1. **Herbst J.A.** Model-based control of mineral processing operations / **J.A. Herbst, W.T. Pate, A.E. Oblad** // Powder Technology.- 1992.- Vol.69.- P. 21-32.-ISSN 0032-5910.
2. **Линч А. Дж.** Циклы дробления и измельчения / **Линч А. Дж.**: [пер. с англ.]- М.: Недра, 1981.- 342с.
3. **Моркун В.С.** Формирование робастного автоматизированного управления замкнутым циклом измельчения на основе H_∞ -нормы / **В.С. Моркун, Н.В.Моркун, В.В.Тронь** // Гірничий вісник: наук.-техн. зб. ДВНЗ «КНУ».- 2014.- Вип. 98.- С. 83-85.
4. **Тронь В.В.** Формування адаптивного керування процесом подрібнення залізородної сировини в умовах невизначеності характеристик об'єкта / **В.В. Тронь, К.В.Маєвський** // Гірничий вісник: наук.-техн. зб. ДВНЗ «КНУ».- 2015.- Вип. 99.- С. 27-32.
5. **Купін А.І.** Інтелектуальна ідентифікація та керування в умовах процесів збагачувальної технології / **Купін А.І.** – Кривий Ріг: Видавництво КТУ, 2008.- 204с.
6. **Назаренко М.В.** Прогнозуюче адаптивне керування стохастичною системою для забезпечення раціональних техніко-економічних показників на прикладі залізородного гірничо-збагачувального комбінату / **Назаренко М.В.** – Кривий Ріг: Діоніс (ФОП Чернявський Д.О.). – 2010. – 309 с.

7. **Азарян А.А.** Автоматизация первой стадии измельчения, классификации и магнитной сепарации – реальный путь повышения эффективности обогащения железных руд / **А.А. Азарян, Ю.Ю. Кривенко, В.Г. Кучер** // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць.- 2014.- Вип. 36.- С. 276-280.
8. Измельчение. Энергетика и технология / [Пивняк Г.Г., Вайсберг Л.А., Кириченко В.И. и др.]– М.: Изд. дом “Руда и Металлы”, 2007.– 296 с.
9. Разработка и применение автоматизированных систем управления процессами обогащения полезных ископаемых / [Морозов В.В., Топчаев В.П., Улитенко К.Я. и др.]– М.: Изд. дом «Руда и Металлы», 2013.– 512 с.
10. **Луткин Н.И.** Приборы для контроля технологического процесса в потоке / **Н.И. Луткин, К.К. Морар.**- М.: Колос, 1978.- 160 с.
11. Ультразвуковой контроль характеристик измельченных материалов в АСУ ТП обогатительного производства / [Моркун В. С., Потапов В. Н., Моркун Н. В., Подгородецкий Н. С.]. – Кривой Рог : Изд. центр КТУ, 2007. – 283 с.
12. **Моркун В. С.** Ультразвуковые поверхностные волны Лэмба и Лява в измерительных системах / **В.С. Моркун, О.В. Поркуян** - Кривий Ріг: Изд. центр КТУ, 2006. – 261 с.
13. **Кондратець В.О.** Ідентифікація співвідношення руда/вода на вході кульового млина / **В.О. Кондратець, О.М. Сербул** // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ.- 2006.- Вип. 17.- С. 265-272.
14. **Кондратець В.О.** Ідентифікація співвідношення руда/вода в процесі подрібнення пісків класифікатора / **В.О. Кондратець, А.М. Мацуй** // Вісник Вінницького політехнічного інституту.- 2009.- №3.- С. 8-12.
15. А.с. 570398 СССР, МКИ В 03 В 13/04. Устройство для измерения циркулирующей нагрузки / **Ф.Н. Дегтярев, А.А. Мерзляков, В.А. Кондратец, Л.П. Байда, Н.В. Гончаров** (СССР). - № 1676560/03; заявл. 28.06.71; опубл. 30.08.77, Бюл. № 32.
16. **Кондратець В.О.** Теоретичне дослідження сканування поверхні відкритих матеріальних потоків променями незмінної довжини / **В.О. Кондратець** // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць.- 2013.- Вип. 35.- С. 174-178.
17. **Кондратець В.О.** Дослідження впливу піскового потоку на стан пульпи у завитковому живильнику / **В.О. Кондратець, А.М. Мацуй** // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ.- 2007.- Вип. 19.- С. 107-114.
18. **Чугаев Р.Р.** Гидравлика (техническая механика жидкости) / **Чугаев Р.Р.**- Л.: Энергия, 1971.- 552с.
19. **Кондратець В.О.** Теоретичне дослідження розрідження пісків односпірального класифікатора джерелом з незмінною витратою води / **В.О. Кондратець, О.М. Сербул** // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ.- 2013.- Вип. 26.- С. 173-180.
20. Автоматический контроль и регулирование технологических процессов на железорудных обогатительных фабриках / [Гончаров Ю.Г., Давидкович А.С., Гейзенблазен Б.Е., Гуленко Г.В.].- М.: Недра, 1968.- 227с.

Рукопис подано до редакції 07.12.15

УДК 622.272: 624.191.5

А.Н. РОЕНКО, д-р техн. наук, проф., Национальный горный университет
С.А. ХАРИН, д-р техн. наук, проф., Институт предпринимательства «Стратегия»

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТУРНОГО ВЗРЫВАНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ JAVA-ПРОГРАММ

Указано, что сооружение протяженных горизонтальных горных выработок буровзрывным способом в крепких породах, в условиях Криворожского бассейна, приводит к тому, что фактическая площадь поперечного сечения может существенно превышать проектную, а величина отбитой породы на 15-19 % быть больше расчетной, что приводит к дополнительным работам и затратам времени и средств при уборке породы и креплении выработок. Отмечено, что в таких условиях для уменьшения переборов и трещинообразования в массиве целесообразно применение контурного взрывания. На основе разработки программного обеспечения на языке Java, которое выступило в качестве инструмента исследований вопросов организации строительства горных выработок, использованы возможности Swing - библиотеки для создания графического интерфейса, которая содержит ряд графических компонентов, таких как кнопки, поля ввода, таблицы и предоставляет более гибкие интерфейсные компоненты, чем более ранняя библиотека АWT. Получена зависимость параметров размещения шпуров при контурном взрывании от коэффициента крепости пород по шкале проф. М.М. Протодяконова, при этом показано, что расстояние между шпурами контурного ряда и линия наименьшего сопротивления в зависимости от f соответственно описываются логарифмической и степенной функциями. Показаны результаты анализа воздействия контурного взрывания на скорость проходки выработок для разных случаев. Отмечено, что интенсивность строительства горизонтальных выработок при контурном взрывании при прочих равных условиях может снижаться в 1,1-1,24 раза, при этом более значительное уменьшение скорости работ при росте f объясняется уменьшением производительности средств бурения.

Ключевые слова: горное производство, горные выработки, отбитая порода, крепление выработок, горное давление.