

4. Ляхомский А.В. Исследование воздействия на человека напряжения и тока с фазовыми отсечками. Межвуз. сб. научн. тр. «Вопросы электроснабжения и электропривода». – Калинин, 1997. – С. 52 – 54.

5. Животовский А.Г. Совершенствование защиты от утечек тока в контактных сетях шахтного электровозного транспорта // Охрана труда и техника безопасности в горнорудной промышленности, 1989. - Вып.4. – С.19-20.

6. Волоотовский С.А. Полупроводниковые преобразовательные подстанции для подземного электровозного транспорта / В.Д. Фурсов, Г.Г. Пивняк // К.:Высшая школа, 1971 г. - 224 с.

Рукопись постуила в редакцию 19.03.13

УДК 621.926

С.І. ЛІПАНЧИКОВ, аспірант, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ НА ОСНОВІ РІВНЯННЯ МАСОВОГО БАЛАНСУ ЧАСТИНОК З УРАХУВАННЯМ ЗМІНИ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ВХІДНОГО ПОТОКУ РУДИ

В умовах сучасного металургійного виробництва, і, зокрема, в технологічному процесі дроблення та подрібнення, як відомо, гостро стає питання керування промисловим обладнанням.

Для вирішення цієї задачі ключовим є складання якомога більш адекватної математичної моделі об'єкту керування. У статті проаналізовано один з найбільш популярних способів складання математичної моделі – підходу на основі матеріального балансу, доповнений врахуванням зміни властивостей вхідного потоку руди.

**Ключові слова:** матеріальний баланс, матриці руйнування, класифікації.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Однією з ключових задач керування обладнання для дезінтеграції залізної руди є складання його математичного опису (моделі). Одним з розповсюджених (найбільш широко використовуваних) методів до складання математичного опису обладнання, що використовується для дроблення та подрібнення, є підхід на основі матеріального балансу частинок.

Враховуючи те, що в умовах сучасної промисловості необхідно постійно підвищувати якість і точність складання математичних моделей обладнання, постає необхідність у вдосконаленні даного підходу та візуалізації результатів його реалізації.

**Аналіз досліджень і публікацій.** У роботі [1] приведено модель конусної дробарки на основі матеріального балансу.

У роботі [2] описано підходи до математичного опису дезінтеграційного обладнання, а також безпосередньо моделювання та математичного опису механічного руйнування матеріалу в робочих камерах млинів та дробарок. Але ні в одному з джерел, описаних раніше, не враховується зміна властивостей вхідного потоку руди в млині.

**Постановка завдання.** Метою даної статті є моделювання процесу подрібнення, описаного в [1], [2] з урахуванням зміни властивостей вхідного потоку.

**Викладення матеріалу та результати.** Імітаційне моделювання концепції математичного опису на основі матеріального балансу в *MATLAB*. Підхід до математичного опису процесу дезінтеграції на основі матеріального балансу.

Рівняння масового балансу вмісту дробарки або млина та його розв'язок подається за допомогою наступного рівняння [1]

$$\frac{dm(t)}{dt} = f(t) - p(t) - \gamma(t)(S - BS)m(t)$$

де  $\gamma(t)$  - змінна, що представляє міцність руди,  $f(t)$ ,  $p(t)$  - вектори, що представляють масову продуктивність та  $i$ -ї фракції живлення та виходу, відповідно. Маса  $i$ -ї фракції вмісту дробарки позначено як  $m$ . Матриця  $S$  - діагональна матриця, що представляє питому ступінь дроблення розміру  $i$ ,  $B$  - нижня трикутна матриця, де кожний елемент  $b_{ij}$  представляє собою долю частинок розміру  $j$ , що знаходяться серед частинок розміру  $i$  після дроблення (матриця руйнування). Ваговий розхід продукту вважається пропорційним масовому вмісту, тобто

$$p = Dm,$$

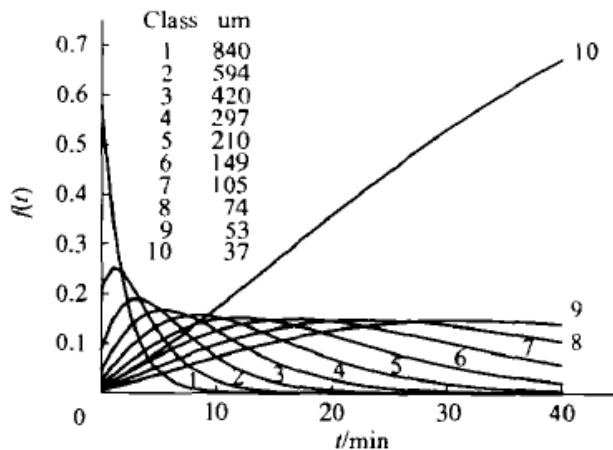
де  $D$  - діагональна матриця, що представляє швидкість розвантаження кожного елемента розміру  $j$ . Стійкий розв'язок може бути знайдено шляхом прийняття першого терму рівного нулю та вираження  $p$  як

$$p = [I - C][I - CB]^{-1}f,$$

де  $p, f$  - вектори, відповідно, швидкості потоку матеріалу на вході і продукту дроблення за фракціями кожного класу крупності,  $C$  - діагональна матриця класифікації, що містить співвідношення частинок окремого класу на вході в зону дроблення.

На основі рівнянь, описаних вище, в [3] наведено опис способу симуляції процесу подрібнення з використанням Mathworks MATLAB®.

Результатом моделювання є графічне представлення об'єму частинок за класами крупності всередині робочої камери млина з плином часу (рис. 1).



У матрицях руйнування та класифікації, враховується грансклад вхідного потоку руди.

У роботі [3] грансклад вхідного потоку і, відповідно, матриця руйнування приймалися постійними.

У даній роботі було враховано зміну гранскладу вхідного потоку за випадковим законом, що було промодельовано за допомогою функції `rand()` в MATLAB®.

Такий підхід є в більшому ступені наближеним до реальних умов виробництва.

Моделювання процесу подрібнення на основі модифікованого підходу.

Для моделювання використовувався па-

кет Simulink®.

Схему представлено на рис. 2.

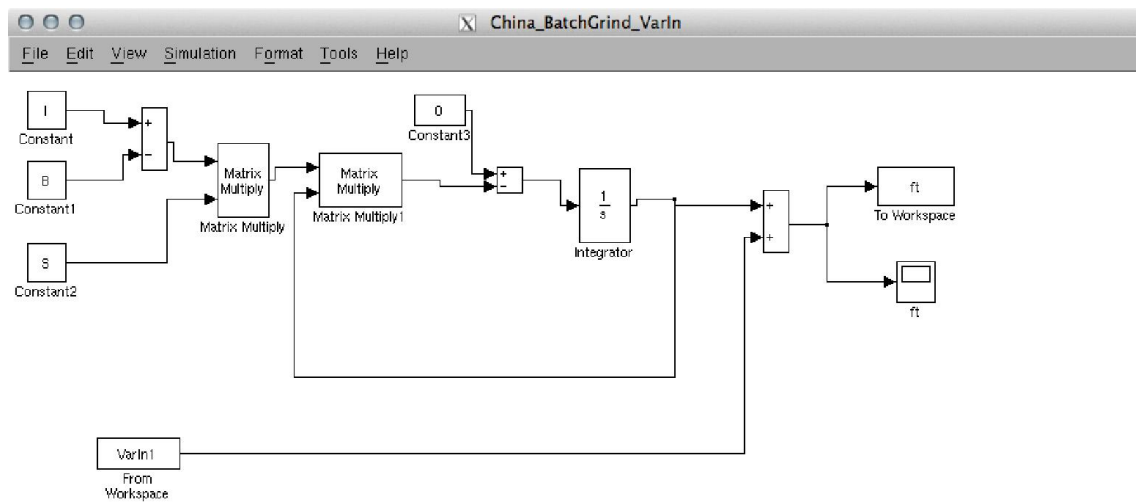


Рис. 2. Схема моделювання процесу подрібнення з урахуванням зміни гранскладу потоку на вході

Після прогону симуляції бачимо розподіл частинок по фракціях, що зображено на рис. 3.

Криві на рис. 3,4 відповідають розподілу частинок руди всередині млина по фракціях.

Кожна крива відповідає фракції матеріалу: (опис - розміри фракції)

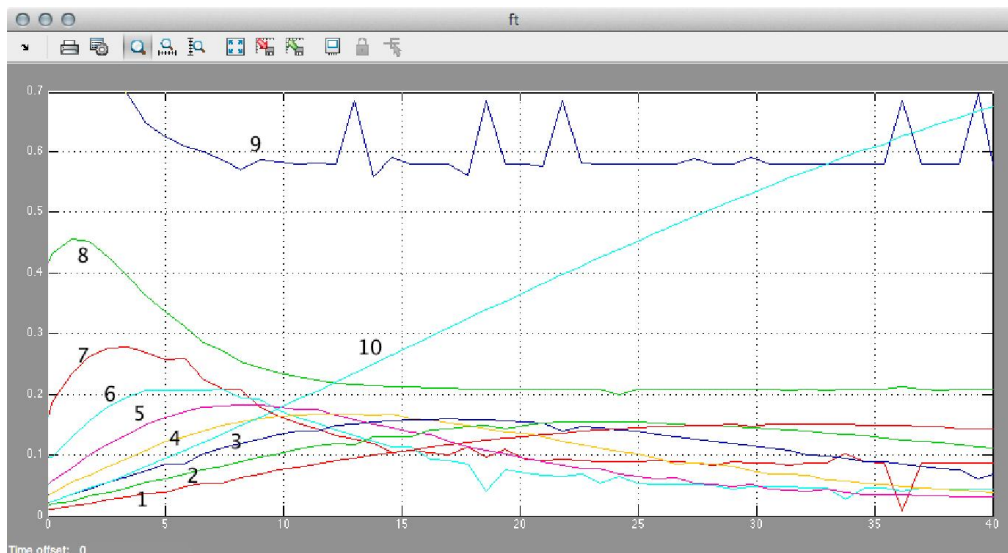


Рис. 3. Модифікований підхід. Прогін перший

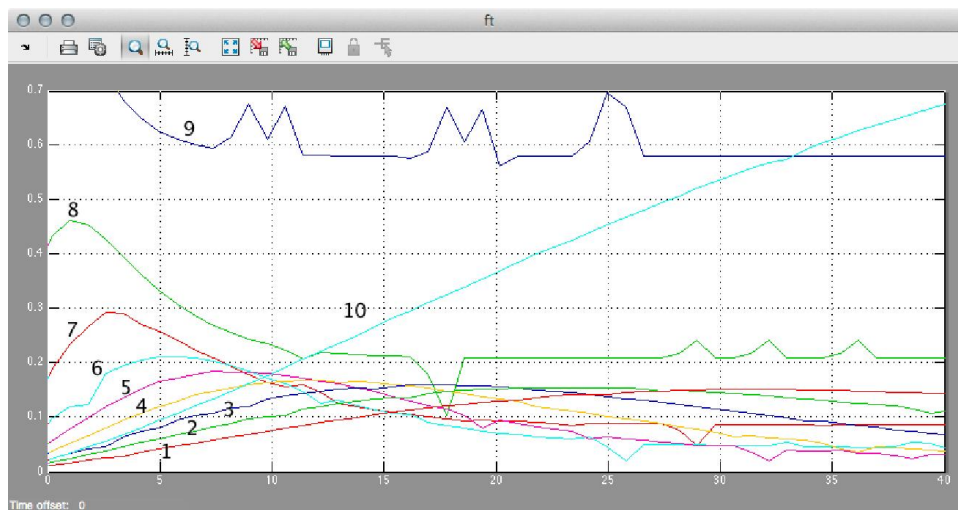


Рис. 4. Модифікований підхід. Прогін другий

Таблиця 1

Відповідність кривих, отриманих в результаті симуляції класу крупності подрібненого матеріалу

Номер кривої	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
клас	840	594	420	297	210	149	105	74	53	37

Як бачимо, у зв'язку зі зміною початкових умов (матриця руйнування  $B$  та класифікації  $C$ ), відбулась зміна розподілу частинок по фракціях, а також на кривих з'явилися піки, що є результатом імітації випадкової зміни фракційного розподілу живлення млина.

**Висновки.** При врахуванні зміни гранскладу вхідного потоку спостерігаються відповідні піки на графіку, що відповідають зміні об'єму частинок відповідних фракцій.

#### Список літератури

1. **W.J.Whiten.** The Simulation of Crushing Plants with Models Developed Using Multiple Spline Regression / **W.J.Whiten** // Journal of the South American Institute of Mining and Metallurgy. – 1972. – pp. 257-264.
2. **Линч А.Дж.** Циклы дробления и измельчения: Пер. с англ. / **Линч А.Дж.** – М., Недра, 1981. – 343 с.
3. **Li Xia, YANG Ying-jie, DENG Hui—yong, HUANG Guang yao.** Computer Simulation of Batch grinding Model based on Simulink 5.0.

Рукопис подано до редакції 19.03.13