**Надутьий В.П.***Институт
геотехнической
механики
им. Н.С. Полякова
НАН Украины***Маланчук Е.З.***Национальный
университет
водного хозяйства и
природопользования***Эрперт А.М.
Государственный
ВУЗ «Национальный
горный
университет»****УДК 622.74:621.928.235****МОДЕЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ
ЗАВИСИМОСТИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ВИБРОГРОХОТА ПРИ МЕЛКОЙ
КЛАССИФИКАЦИИ ОТ
РЕГУЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ**

У статті представлено результати розрахунку багатofакторних регресійних залежностей і розробки спільної моделі для визначення ефективності класифікації базальтової сировини на віброгрохоті

The calculation results of multifactor regression relation are presented in the article. In addition, results of a common model design for determine the vibrating screen effectiveness basalt are presented also

Мелкое вибрационное грохочение является одним из слабых мест подготовки горной массы и дальнейшей переработки или использования. Постоянно возникает необходимость повышения эффективности классификации, которая существенно зависит от характера горной массы, режимных и конструктивных параметров грохота. При рассмотрении вопроса синтеза параметров машин в процессе переработки горной массы возникает необходимость выбора для всего комплекса машин рациональных или оптимальных режимов. Учитывая значительное суммарное количество всех регулируемых параметров схемы, интуитивно или основываясь на опыт работы, выбор рациональных или оптимальных параметров практически невозможен. Поэтому возникает необходимость моделирования процессов с учетом параметров машин с последующим компьютерным анализом полученных моделей.

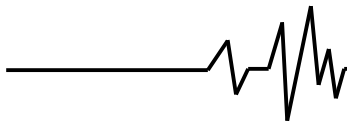
В настоящее время ведутся интенсивные исследования по комплексной разработке базальтовых месторождений Волыни с использованием безотходной технологии [1]. Это связано с богатым минеральным составом базальтового сырья, где кроме базальта содержится значительная часть цеолит-селективных туфов и лавокластической брекчии. Все три составляющие месторождения содержат высокий процент

железа, титана и самородной меди. Эти составляющие представляют промышленный интерес, но для их извлечения нужна специальная технология рудоподготовки [2].

В ИГТМ НАНУ и НУВГП ведутся исследования по разработке комплексной технологии переработки базальтового сырья. При этом исследуются зависимости технологических показателей каждой из единиц оборудования, участвующих в процессе, и на основании результатов разрабатываются их математические модели.

Целью настоящей работы являются определение зависимости эффективности мелкого вибрационного грохочения базальтовой горной массы от основных доминирующих регулируемых параметров.

Поскольку физико-механические характеристики горной массы вносят существенное влияние на показатели классификации и установленные ранее [3] зависимости для конкретных условий классификации требуют уточнения и корректировки, то в работе [4] экспериментально были определены зависимости эффективности тонкого грохочения базальтового сырья от целого ряда варьируемых параметров, в частности: γ – плотности горной массы ($\gamma_1=2,6$ – базальт, $\gamma_2=2,2$ – лавобрекчия, $\gamma_3=1,4$ – туф), β – угла наклона возмущающей силы, α – угла наклона



рабочего органа грохота, Δ – размера ячейки сита, q – удельной нагрузки на грохот, ω – частоты возмущений привода грохота и его длины L . Варьирование этими параметрами оказывает существенное влияние на показатели эффективности грохочения. Для анализа влияния указанных факторов на систему необходимо составить многофакторную регрессионную зависимость.

Расчет линейных регрессионных зависимостей производился методом наименьших квадратов. При этом нелинейные зависимости от факторных признаков приводились к линейным путем замены переменных. В исследуемом случае это зависимость эффективности от размера ячейки сита $E=f(\Delta)$, а для остальных, перечисленных выше, более адекватной являлась параболическая зависимость. На основании коэффициентов корреляции R для каждой пары признаков составлялась корреляционная матрица и вычислялся множественный коэффициент детерминации, показывающий, какая часть вариации результативного признака объясняется вариацией факторных признаков модели. В свою очередь адекватность модели оценивалась с помощью статистики Фишера F , которая сравнивалась с ее критическим значением $F_{кр}$ по уровню адекватности $\alpha = 0,05$ или $\alpha = 0,01$.

В работе устанавливалась зависимость эффективности мелкого грохочения от наиболее влиятельных факторных признаков в виде

$$E = f(\beta, \alpha, \omega, q, \Delta, L, \gamma)$$

Поэтапно исследовалась модель эффективности грохочения от отдельных факторов при фиксированных размерах ячейки сита Δ и при вариации типа горной массы, характеризуемого плотностью γ . Затем была получена обобщенная модель с фактором плотности γ с учетом влияния угла наклона возмущающей силы. Расчет выполнялся при $\Delta = 2, 3, 5$ мм. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Регрессионная модель задавалась в виде:

$$\hat{E}(\gamma, \beta) = a_0 + a_1\gamma + a_2\gamma^2 + a_3\beta + a_4\beta^2$$

Обобщенная модель при включении размера ячейки сита Δ в число варьируемых факторов, остальные факторы (α, ω, q, L) были зафиксированы

$$\hat{E}(\Delta, \gamma, \beta) = a_0 + a_1\Delta + a_2\gamma + a_3\gamma^2 + a_4\beta + a_5\beta^2$$

Результаты расчетов параметров этой регрессии приведены в табл. 2.

Для каждого из размеров ячейки сита Δ регрессионная модель задавалась в виде варьируемых параметров γ и α

$$\hat{E}(\gamma, \beta) = a_0 + a_1\Delta + a_2\gamma + a_3\alpha + a_4\alpha^2$$

Результаты расчетов параметров этой регрессии приведены в табл. 3.

Обобщенная модель при включении влияния угла наклона грохота α в число варьируемых факторов задавалась в виде

$$\hat{E}(\Delta, \gamma, \alpha) = a_0 + a_1\Delta + a_2\gamma + a_3\gamma^2 + a_4\alpha + a_5\alpha^2$$

Не вошедшие в модель факторы зафиксированы на постоянном уровне. Результаты расчета приведены в табл. 4.

Зависимость эффективности грохочения от частоты возмущений вибратора ω , удельной нагрузки на грохот q и длины сита на грохоте, аналогично как и в предыдущем случае, определялась поэтапно.

Модель с фактором влияния ω имеет вид

$$E(\gamma, \omega) = a_0 + a_1\gamma + a_2\gamma^2 + a_3\omega + a_4\omega^2$$

Результаты расчета приведены в табл. 5.

Обобщенная модель в рассматриваемом случае получена в виде:

$$E = -62,84 + 3,19\Delta + 21,53\gamma - 2,37\gamma^2 + 0,154\omega - 0,00006\omega^2$$

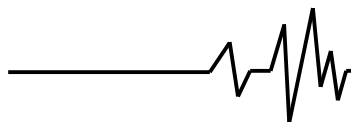
Модель с учетом удельной нагрузки на грохот q имеет вид:

$$E = (\gamma, q) = a_0 + a_1\gamma + a_2\gamma^2 + a_3q + a_4q^2$$

Результаты расчета коэффициентов модели приведены в табл. 6.

В окончательном виде обобщенная регрессионная модель принимает вид

$$E = 59,82 + 4,45\Delta - 1,55\gamma + 3,52\gamma^2 - 4,29q + 0,078q^2$$



Таблиця 1

Результаты расчетов параметров регрессии

Δ	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	R^2	F
2	-25,12	-11,67	5,9	3,94	-0,038	0,979	153,2
3	-47,08	29,58	-4,17	3,35	-0,032	0,979	154,4
5	-35,82	3,33	2,43	4,07	-0,039	0,099	341,6

Таблиця 2

Результаты расчетов параметров регрессии

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	R^2	F
-45,45	2,83	7,07	1,39	3,78	-0,036	0,972	331,3

Таблиця 3

Результаты расчетов параметров регрессии

Δ	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	R^2	F
2	61,93	-8,0	5,21	-0,337	-0,036	0,991	271,7
3	68,12	-6,5	4,58	-0,6	-0,031	0,986	176,7
5	36,79	34,5	-5,83	0,439	-0,081	0,963	64,9

Таблиця 4

Результаты расчетов параметров регрессии

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	R^2	F
39,4	4,71	6,67	1,32	-0,166	-0,049	0,973	282,5

Таблиця 5

Результаты расчетов параметров регрессии

Δ	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	R^2	F
2	-50,88	10,42	0,0	0,156	-0,000058	0,866	93,2
3	-62,65	38,33	-6,42	0,146	-0,000057	0,949	60,2
5	-43,07	15,83	-0,694	0,159	-0,000065	0,934	46,1

Таблиця 6

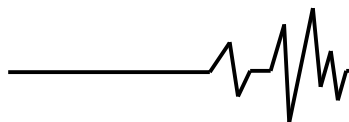
Результаты расчетов параметров регрессии

Δ	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	R^2	F
2	66,09	2,86	2,53	-6,06	0,302	0,986	279,4
3	86,25	-15,0	6,84	-3,34	-0,079	0,985	269,4
5	71,64	7,5	1,19	-3,46	0,012	0,977	170,9

Таблиця 7

Результаты расчетов параметров регрессии

Δ	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	R^2	F
2	0,896	-3,214	2,98	24,59	-2,13	0,991	458,0
3	13,92	-11,43	5,36	24,49	-2,17	0,983	235,0
5	3,54	5,0	1,34	23,49	-1,97	0,993	541,0



Модель с учетом длины сита грохота L запишем в виде

$$E = a_0 + a_1x + a_2\gamma^2 + a_3L + a_4L^2$$

Результаты расчета приведены в табл.7.

В результате расчетов обобщенная модель имеет вид:

$$E = -5,23 + 3,4\Delta - 3,21\gamma + 3,22\gamma^2 + 24,19L - 2,09L^2$$

Представленные модели позволяют решать частные задачи выбора параметров грохота и определения эффективности при этом. Конечной целью исследований являлось моделирование зависимости эффективности грохочения от всей совокупности факторных признаков в виде

$$E = f(\Delta, \gamma, \beta, \alpha, \omega, q, L)$$

Расчеты коэффициентов модели были выполнены по методике, представленной выше, при этом для фактора Δ была принята линейная зависимость (основываясь на экспериментальных данных) [4], а для остальных факторов – параболическая. Общий объем выборки составил $n = 279$, число наложенных связей $m = 14$ и число степеней свободы $\nu = n - m = 265$.

В результате расчета получена обобщенная модель зависимости эффективности грохочения виброгрохота с учетом основных факторных признаков:

$$E = -161,42 + 3,7\Delta + 5,54\gamma + 1,54\gamma^2 + 1,67\beta - 0,012\beta^2 + 2,12\alpha - 0,153\alpha^2 + 0,162\omega - 0,00065\omega^2 + 4,18q - 0,863q^2 + 17,28L - 1,25L^2$$

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,88$, а статистика Фишера $F = 150,3$, что свидетельствует о высокой адекватности полученной модели.

Результаты выполненных исследований позволяют анализировать процесс мелкого вибрационного грохочения базальтового сырья при его отдельной комплексной переработке, прогнозировать рациональные или оптимальные параметры грохота для требуемой эффективности грохочения.

Литература

1. Надутый В.П. Обоснование необходимости комплексной переработки цеолит – смектитовых туфов Воляни/ В.П. Надутый, З.Р. Маланчук, О.Н. Прокопюк, // Матер. міжнар. конф. «Форум гірників – 2010» – Дніпропетровськ : Геологія. Національний гірничий університет, – 2010 – С.50-55.
2. Надутый В.П. Спосіб підготовки мідевісних базальтів до комплексного збагачення / В.П. Надутый, З.Р. Маланчук // Тези доповідей ІХ промислової міжнар. наук. - практ. конф. «Ефективність реалізації наукового, ресурсного і промислового потенціалу в сучасних умовах». – Київ –с. Славське – 2009. – УИЦ «Наука. Техника. Гехнологія» – Київ, 2009. – С. 363-364.
3. Франчук В.П. Математическое моделирование процесса вибрационного грохочения с учетом режимных, конструктивных и технологических параметров грохота / В.П. Франчук, В.П. Надутый, А.И. Егурнов // Збагачення корисних копалин: Наук.–техн. зб. / НГУ. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. № 44(85).– С. 54-64.
4. Надутый В.П. Исследование влияния режимных и конструктивных параметров на технологические показатели тонкого виброгрохочения базальтового сырья / В.П. Надутый, И.П. Хмеленко, Е.З. Маланчук / Збагачення корисних копалин: Наук.–техн. зб. / НГУ. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. № 46(87).– С. 35-41.