

Список літератури: 1. *Липатов Ю.С.* Физическая химия наполненных полимеров / *Ю.С. Липатов.* – М.: Химия, 1977. – 304 с. 2. *Круглицкий Н.Н.* Дисперсные структуры в органических и кремнийорганических средах / *Н.Н. Круглицкий, В.Я. Круглицкая.* – К.: Наук. думка, 1981. – 316 с. 3. Полифункциональные элементоорганические покрытия / *Под общ. ред. А.А. Пащенко.* – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – 198 с. 4. *Пащенко А.А.* Гидрофобизация / *А.А. Пащенко.* – К.: Наук. думка, 1972. – 230 с. 5. *Круглицкий Н.Н.* Очерки по физико-химической механике / *Н.Н. Круглицкий.* – К.: Наук. думка, 1988. – 224 с.

Надійшла до редколегії 20.08.10

УДК 622.74:621.928.2

В.П. НАДУТЫЙ, докт. техн. наук, проф., ИГТМ НАН України;
А.И. ЕГУРНОВ, канд. техн. наук, президент, ЗАО “АНА-ТЕМС”;
П.В. ЛЕВЧЕНКО, аспирант, ИГТМ НАН України, Днепропетровск

ИДЕНТИФИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРОГРОХОТА ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ

В статті на підставі апроксимації результатів експериментальних досліджень продуктивності віброгрохота при імпульсному збудженні отримана узагальнена залежність від основних факторних ознак.

In paper on the basis approximation of experimental results of vibratory screen productivity at impulse excitation the generalized dependence on the basic factorial signs is gained.

Вибрационное грохочение горной массы мелкой и тонкой фракции является одной из массовых технологических операций. Совершенствование оборудования для ее осуществления связано со снижением энергоемкости процесса и повышением удельной производительности. В настоящее время широко используются виброгрохоты с электромеханическими вибровозбудителями, реализующими гармонические колебания рабочего органа грохота. Выполненные сравнительные испытания виброгрохота с электромеханическим приводом в виде мотор-вибратора и пневмоударным показали преимущество последнего [1]. При импульсном воздействии повышение технологических показателей грохочения минерального сырья обусловлено особенностью поведения рабочей поверхности грохота и ее взаимодействием с сыпу-

чей горной массой. Полученная количественная оценка результатов сравнительных испытаний и их статистический анализ позволяют идентифицировать эти результаты и представить их в модельной форме, что дает возможность обосновать расчетным путем параметры виброгрохотов с пневмоударным приводом для мелкой и тонкой классификации.

Такой подход является актуальным, поскольку он позволяет повысить эффективность использования виброгрохотов на последних стадиях переработки горной массы.

Целью исследований является идентификация результатов экспериментальных испытаний эффективности использования пневматического вибровозбудителя импульсного типа для получения достоверных аналитических зависимостей, служащих для определения производительности грохота в пределах регулирования факторных признаков.

В качестве варьируемых параметров, при работе виброгрохота, принимались следующие факторные признаки: угол наклона грохота $\alpha = 12, 15, 16, 18, 21$ град.; частоты вибрации $\omega = 1380, 1410, 1440, 1470, 1500$ уд/мин; влажность горной массы $W = 0, 1.9, 3.6, 5.6, 6.1$ %; размер ячейки сетки $\Delta = 0.63, 1.2, 2, 3$ мм; угол наклона пневмовибратора $\beta = 58, 70, 78, 84, 90$ град.

Расчеты зависимостей производительности экспериментального грохота от указанных выше факторных признаков выполнялись методом наименьших квадратов с помощью программного комплекса SPSS Statistics 17.0.

На основании графического анализа результатов зависимости производительности грохота Q (т/ч) от угла наклона грохота α (град) сформулировано предположение о линейной зависимости:

$$Q = -0,706 + 0,063 \cdot \alpha \quad (1)$$

Основные статистические характеристики этой зависимости: коэффициент детерминации $R^2 = 0,945$; критерий адекватности Фишера $F = 51,585$; табличное значение распределения Фишера $F_{табл} = 10,13$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$, т.е. $F > F_{табл}$ – модель адекватна. Расчетные $Q_{расч} = f(\alpha)$ и экспериментальные значения $Q_{эксн} = f(\alpha)$ приведены на рисунке (кривая 1), из которого видно, что с увеличением угла наклона грохота производительность линейно возрастает. Проверка параболической модели показала, что детерминация увеличивается ($R^2 = 0,956$), статистика Фишера снижается

($F = 21,824$), а коэффициенты регрессии объясняющих переменных α и α^2 незначимы.

Экспериментальные результаты зависимости Q от частоты вибрации ω (уд/мин) аппроксимируются параболической функцией:

$$Q = -145,259 + 0,202 \cdot \omega - 0,00007 \cdot \omega^2 \quad (2)$$

Статистические характеристики этой зависимости: $R^2 = 0,976$; $F = 40,472$; $F_{табл} = 19,0$, $F > F_{табл}$ – модель адекватна. Расчетный график $Q_{расч} = f(\omega)$ и экспериментальные значения $Q_{эксп} = f(\omega)$ приведены на рисунке (кривая 2), из которого видно, что по мере увеличения ω от 1380 до 1440 уд/мин производительность квадратично увеличивается до точки экстремума (максимум), в которой происходит резонанс частот (вибровозбудителя и РЛСС), а последующее повышение частоты вибровозмущения приводит к снижению Q .

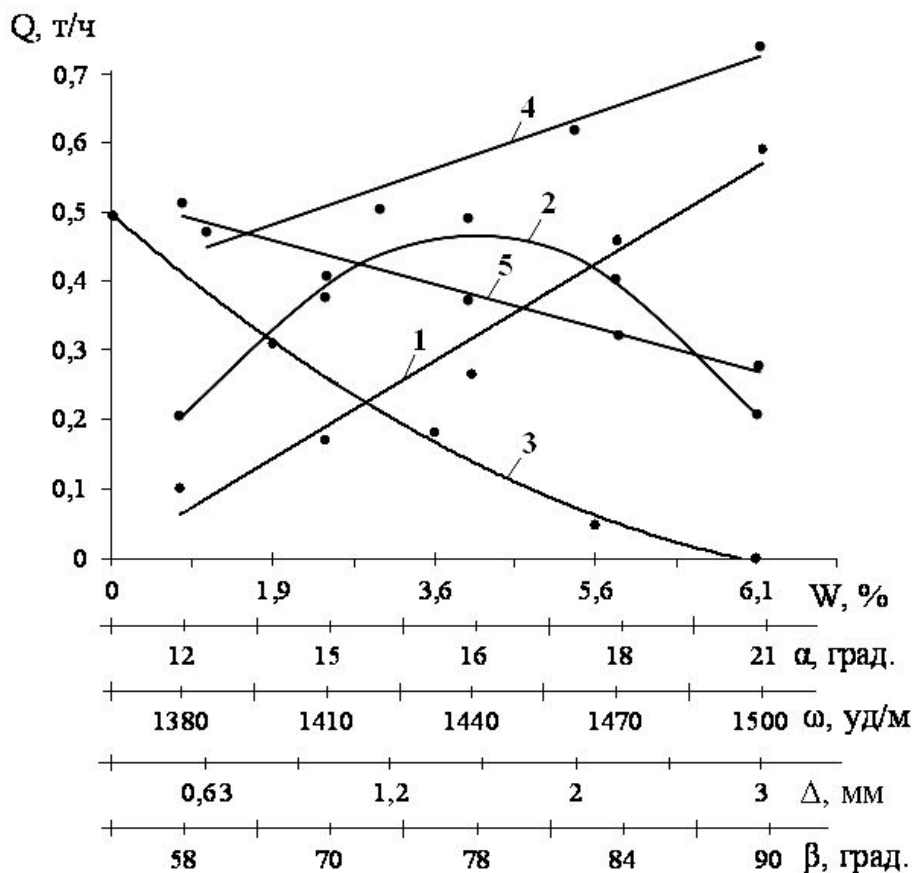


Рисунок – Зависимость производительности грохота Q от варьируемых факторов

После графического анализа экспериментальных данных, зависимость Q от процентного содержания влаги в горной массе W (%) с высокой адекватностью можно идентифицировать линейной зависимостью:

$$Q = 0,4925 - 0,099 \cdot W + 0,0032 \cdot W^2 \quad (3)$$

Характеристики статистики: $R^2 = 0,999$; $F = 800,48$; $F_{табл} = 10,13$, $F > F_{табл}$ – модель адекватна. График этой функции показан на рисунке (кривая 3), из которого видно, что с увеличением W производительность снижается по параболическому закону до точки $W = 6$ %, при которой материал на грохоте окомковывается и слипается. Последующее увеличение влажности материала приводит к тому, что он прекращает свое движение на рабочей поверхности. Это связано с тем, что возмущающего усилия мало, чтобы разорвать силы вязкости грохотимого материала. Для повышения скорости транспортирования материала в таких условиях требуется специальный режим работы грохота, в результате которого, ускорения на рабочем органе будут достаточными, чтобы преодолеть силы вязкого сцепления между частицами горной массы [2].

Полученная экспериментальным путем зависимость Q от размера ячейки просеивающей поверхности Δ (мм) описывается, с высоким уровнем достоверности, линейно:

$$Q = 0,389 + 0,108 \cdot \Delta \quad (4)$$

Характеристики статистики для этой аппроксимирующей функции: $R^2 = 0,994$; $F = 305,84$; $F_{табл} = 18,51$, $F > F_{табл}$ – модель адекватна. Расчетный график $Q_{расч} = f(\Delta)$ приведен на рисунке (кривая 4), из которого видно, что с увеличением размера ячейки сита грохота производительность линейно возрастает. При рассмотрении параболической модели детерминация ($R^2 = 0,999$) и критерии

адекватности ($F = 535,655$) намного выше, чем при аппроксимации линейной функцией, но коэффициент регрессии объясняющей переменной Δ^2 незначим.

Зависимость Q от угла направления возмущающей силы относительно

рабочего органа β (град) идентифицируется линейной функцией:

$$Q = 0,916 - 0,00706 \cdot \beta \quad (5)$$

Статистические характеристики этой зависимости: $R^2 = 0,983$; $F = 173,838$; $F_{табл} = 10,13$, значит модель адекватна $F > F_{табл}$. Расч

етный график $Q_{расч} = f(\beta)$ изображен на рисунке (кривая 5). С увеличением β пропорционально уменьшается Q . Проверка параболической модели показала, что детерминация практически не изменяется ($R^2 = 0,984$), адекватность модели снижается ($F = 59,67$), а коэффициенты регрессии объясняющих переменных β и β^2 не значимы.

Обобщенная зависимость производительности грохота Q от указанных выше факторов, идентифицировалась следующей нелинейной регрессионной моделью, заданной в виде параболы:

$$y = a_0 + a_1 \cdot \alpha + a_2 \cdot \omega + a_3 \cdot W + a_4 \cdot \Delta + a_5 \cdot \beta + b_1 \cdot \alpha^2 + b_2 \cdot \omega^2 + b_3 \cdot W^2 + b_4 \cdot \Delta^2 + b_5 \cdot \beta^2 \quad (6)$$

Расчет модели выполнялся средствами SPSS Statistics 17.0 методом «Исключение», при котором расчет начинался с результата, содержащего все независимые переменные, и затем исключались независимые переменные с наименьшими частичными корреляционными коэффициентами, пока соответствующий регрессионный коэффициент не оказывается незначимым [3].

Для записи нелинейной регрессионной модели производительности грохота рассчитывались основные статистические характеристики модели: коэффициент детерминации $R^2 = 0,974$; критерий адекватности Фишера $F = 107,485$; $F_{табл} = 2,67$. Сравнение показателей $F > F_{табл}$ указывает на адекватность данной модели. Коэффициенты регрессии и их статистика Стьюдента показали, что коэффициенты a_5 , b_1 , b_3 , b_4 являются незначимыми, т.к. они меньше критического значения $t_{крит} = 1,771$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$, и они исключаются из регрессионной модели, которая в конечном итоге принимает вид:

$$Q = -144,938 + 0,067 \cdot \alpha + 0,2003 \cdot \omega - 0,074 \cdot W + \\ + 0,109 \cdot \Delta - 0,00007 \cdot \omega^2 - 0,00004 \cdot \beta^2 \quad (7)$$

Выводы.

Таким образом, при импульсном возбуждении грохота, установлено, что:

1) зависимость производительности грохота от угла его наклона и от размера ячейки просеивающей поверхности носит линейный характер с положительным уклоном, а от угла направления возмущающей силы относительно рабочего органа – с отрицательным уклоном;

2) производительность грохота имеет параболическую зависимость от частоты вибрации и от процентного содержания влаги в горной массе;

3) обобщенная зависимость производительности грохота от факторов α , ω , W , Δ и β аппроксимируется множественной параболической моделью с высоким уровнем адекватности.

Список литературы: 1. *Надутый В.П.* Результаты испытания вибровозбудителей импульсного и вращательного типа при классификации минерального сырья / *В.П. Надутый, П.В. Левченко, А.И. Егурнов // Збагачення корисних копалин.* – 2010. – № 40(81). – С. 51 – 55. 2. *Надутый В.П.* Вибрационное грохочение горной массы повышенной влажности / *В.П. Надутый, В.В. Калиниченко.* – Днепропетровск: НГУ Украины. – 2004. – 135 с. 3. *Бююль А.* SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: [пер. с нем.] / *А. Бююль, П. Цефель.* – С.-Пб.: ООО «ДиаСофтЮП», 2005. – 608 с.

Поступила в редколлегию 20.08.10