

УДК 622.693

Б.Б. Тогизбаева**К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО
РАЗМЕРА ВЫПУСКНОГО ОТВЕРСТИЯ БУНКЕРА**

Приведены результаты эксперимента на модели, имитирующей с достаточной степенью надежности действительный производственный процесс подвижности рудной массы, на который влияют многочисленные факторы, такие как сцепление, влажность и другие.

Ключевые слова: выпускное отверстие бункера, слеживаемость руды, моделирование, сыпучего материал.

На процесс подвижности рудной массы влияют многочисленные факторы, такие как сцепление, влажность и другие. Аналитическим путем установить их преимущественное влияние не представляется возможным, поэтому их взаимодействие и их предельные значения определяются путем постановки эксперимента на модели, имитирующей с достаточной степенью надежности действительный производственный процесс.

Для плохосыпучих грузов наименьший диаметр круглого отверстия бункеров определится по формуле [1].

$$d = \frac{4 \cdot (1 + \sin \varphi) k \cdot \tau_0}{g \cdot p} + a, \quad (1)$$

где a — средний размер куска, мм; τ_0 — начальное сопротивление сдвигу, МПа; φ — угол внутреннего трения, град.; p — плотность, кг/м³; k — коэффициент надежности истечения.

При проведении экспериментальных исследований на модели параболического бункера, диаметр выпускного отверстия модели был проверен по условию (1).

При определении основных геометрических параметров модели бун-

кера и исследовании физических процессов, происходящих в материале при его хранении и истечении, воспользуемся основными положениями теории подобия.

Теория подобия исходит из тех же предпосылок, что и аналитический расчет, должны быть заданы начальные условия, параметры и координаты исследуемого процесса. Общего решения теория подобия не дает: она позволяет лишь обобщать опытные данные в области, ограниченной условиями подобия.

Определим критерии подобия и связь между ними при истечении сыпучего материала из отверстия бункера, что даст возможность моделировать явление. Параметрами процесса являются:

Q — расход мелкодробленой медной руды, кг/сек; d — диаметр отверстия, м; p — плотность, кг/м³; расход материала является функцией остальных параметров

$$Q = F(d, a, p, g), \quad (2)$$

Показатели d , p , g примем за основные. Получив связь между безразмерными комплексами и вычислив определитель матрицы рассчитали два критерия подобия, соблюдение которых на модели обеспечит идентичность физических процессов, проис-

ходящих в мелкодробленой руде находящегося в модели и в реальном бункере.

С целью изучения процесса слеживания мелкодробленой руды в бункере и изыскания способов ее снижения было проведено исследование влияния основных факторов на этот процесс: соотношения геометрических размеров бункера, степени шероховатости внутренней поверхности бункера (коэффициент внешнего трения). Количественно влияние этих факторов оценивалось по величинам нормальных и касательных напряжений, создаваемых слеживающейся мелкодробленой рудой.

Для установления общих закономерностей истечения слеживающихся руд было изучено влияние времени нахождения руды на ее слеживаемость. Использование методов физического моделирования процессов, происходящих в бункере обусловлено сложностью их непосредственного изучения на объектах промышленного масштаба и практической невозможностью составления уравнения связи даже для основных определяющих факторов. Моделирование процессов загрузки, хранения и выгрузки мелкодробленой руды позволяет изучить влияние основных факторов, определяющих эти процессы. При этом, проведение опытов на модели в масштабе 1:20 дает возможность оценить достоверность прогнозирования характера исследуемых процессов в натуральных условиях.

$$\tau_0 = F(W, T, a, P, K)$$

Метод моделирования загрузки, хранения и выпуска руды достаточно полно разработан в трудах Г.М. Малахова, Г.Н. Кузнецова и других ученых.

Предложенные ими условия подобия тоже использованы в настоящей работе для расчета физико-механических констант горной массы и параметров лабораторных стендов, где гранулометрический состав подбирался с учетом в пределах 0,5 мм — 5 мм при различных значениях влажности.

Влияние влажности моделировалось с учетом постоянства следующих факторов: гранулометрического состава, времени хранения, давления и других факторов. Продолжительность нахождения рудной массы варьировалось в пределах 0—72 часа.

Исходя из общей теории моделирования, наличие геометрических, кинематических и динамических констант подобия обеспечивает подобие механического процесса в целом [2].

Геометрическое подобие предусматривает постоянное отношение минимальных размеров натурального объекта L к соответствующим размерам модели l

$$C_L = \frac{L}{l}, \quad (3)$$

Динамическое подобие для сыпучей среды устанавливает взаимосвязь между показателями прочности. При этом для сыпучего материала в качестве таких показателей обычно используются начальное сопротивление сдвигу и угол внутреннего трения. Условием подобия является равенство:

$$tg\varphi_M = tg\varphi_H; C_\varphi = 1 \quad (4)$$

$$C_\tau = \frac{\tau_M}{\tau_H}, \quad (5)$$

Изменение показателей прочности мелкодробленой руды при приложении внешних сил определяет необходимость соблюдения подобия пластических деформаций,

то есть подобие кривых деформаций материалов модели и натуры при действии подобных сил. Подобие напряжений и деформаций выражается следующим соотношением:

$$C_G = \frac{G_H}{G_M} = \frac{y_H \cdot L}{y_M \cdot l} = C_L, \quad (6)$$

Для определения производительности выпуска мелкодробленной руды установили масштаб весовых количеств руды

$$C_P = \frac{P_H}{P_M} = \frac{y_H \cdot L^3}{y_M \cdot l^3}, \quad (7)$$

Кинематическое подобие в общем виде выражается отношением времени протекания исследуемых процессов

$$C_t = \frac{T}{t}, \quad (8)$$

Определим масштаб времени для процесса загрузки руды в бункер. При свободном падении руды, без учета сопротивления воздуха и соударения кусков, пройденный путь определяется из следующего выражения

$$B = \frac{g \cdot T^2}{2}, \quad (9)$$

При этом отношение соответствующих величин в натуре и модели равно

$$\frac{B}{b} = \frac{0,5 \cdot g_H \cdot T^2}{0,5 \cdot g_M \cdot t^2}, \quad (10)$$

при $g_H = g_M$.

Исходя из этого масштаб времени равен

$$C_t = C_L^{0,5}, \quad (11)$$

Как следует из приведенного расчета, при линейном подобии размеров бункера масштаб времени соблюдается автоматически.

При определении масштаба производительности выпуска руды предпо-

лагаем, что расход мелкодробленной руды постоянен во времени тогда производительность выпуска V можно представить отношением веса руды в бункере[1]:

$$V = \frac{P}{T}, \quad (12)$$

Тогда

$$\frac{V_H}{V_M} = \frac{P_H \cdot t}{P_M \cdot T}, \quad (13)$$

При изучении показателей истечения руды с учетом ее слеживания, время нахождения мелкодробленной руды в бункере не связано с масштабом моделирования и определяется из зависимости $\tau_0 = F(T)$.

При использовании модельного материала не представляется возможным непосредственно обеспечить условие подобия прочностных характеристик, так как общая деформация горной массы в соответствии с выражением (3) будет в C_L раз меньше необходимой.

Однако для условия рассматриваемой задачи решающее значение имеет не общая деформация рудной массы, а деформация отдельных элементарных слоев мелкодробленной руды, приводящая к увеличению ее плотности и соответственно сдвиговых характеристик.

Исследования показали, что здесь имеет место многофакторный эксперимент, где τ_0 начальное сопротивление сдвигу является функцией многих факторов:

$$\tau_0 = F(W, T, a, P, K)$$

При моделировании движения сыпучего материала в бункере учитывается постоянство отношений диаметра выпускного отверстия к размеру максимального куска материала. Установили, что расход сыпучего материала Q является функцией следующих параметров: $Q = F(d, a, p, g)$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тогизбаева Б.Б.* Совершенствование средств и способов выпуска мелкодробленной медной руды из бункеров ОФ, канд. дисс., Караганда 2002 г.
2. *Протодяконов М.М., Тедер Р.И.* Методика рационального планирования экспериментов. – М.: 1980. – 76 с. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Тогизбаева Б.Б. – кандидат технических наук, Карагандинский государственный технический университет, e-mail: kargtu@kstu.kz



UDC 622.693

CALCULATION OF MAXIMUM BIN OUTLET SIZE

Togizbaeva B.B., PhD Eng, Karaganda State Technical University, e-mail: kargtu@kstu.kz.

The article presents the experimental data on modeling, at sufficient reliability, a real flow of movable ore under influence of such factors as cohesion, moisture and others.

Simulation of feeding, keeping and discharging of fine-crushed ore assists in studying the main factors governing these processes. The simulation at 1:20 scale offers an opportunity of assessing reliable predictability of these processes in full-scale conditions.

Modeling of the free-flowing material behavior in a bin assumes constant ratio of the bin outlet diameter and the maximum material fragment size.

Key words: bin outlet, ore consolidation, modeling, free-flowing material.

REFERENCES

1. *Togizbaeva B.B.*, 2002. Improvement of methods and means of fine-crushed copper ore discharge from bins at processing plants, PhD Eng Dissertation. Karaganda.
2. *Protodyakonov M.M., Teder R.I.*, 1980. Rational Experimental Planning Procedure. Moscow. P. 76.

