

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫПУСКА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

В соответствии с современными представлениями о процессе, выпуск сыпучего материала (СМ) происходит в виде стохастических сдвигов блоков вещества произвольной, постоянно изменяющейся формы с пониженной концентрацией вещества на границах между ними [1–3].

ВВЕДЕНИЕ

Комплексная автоматизация производственных процессов, осуществляемая в промышленности, строительстве, предусматривает применение машин и устройств, среди которых важное место занимают бункеры. Сыпучесть грузов характеризуется зависимостями предельных касательных напряжений от давления в толщине насыпного груза. Надежность бункерных устройств зависит от их параметров и режима эксплуатации. Состав насыпного груза характеризует количественное распределение частиц (кусков) по крупности.

I. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЫПУСКА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Формирующиеся при периодическом обрушении блоковых структур своды могут принимать любые очертания, однако, среднестатистическая их форма должна быть достаточно гладкой. Упрощенно процесс может быть представлен в виде системы периодически возникающих и разрушающихся сводов, расположенных во всем объеме материала. При этом обрушение нижележащих сводов предшествует обрушению вышележащих, и, таким образом, параметры процесса выпуска СМ определяются, в основном, условиями образования свода над выпускным отверстием [1]. Гидравлическая или массовая форма характерна для хорошо сыпучего вещества (как правило, имеющего низкую влажность и малое содержание тонких фракций), и при ее наличии область неподвижного материала имеет место только в нижней части емкости. Использовано выражение [3], описывающее действие сил на слой вещества, имеющий форму пространственного конуса, частным случаем которого и является соотношение Буссинеска-Фрелиха [2]:

$$\bar{\nu}\sigma_r = \frac{\nu q \cos^{\nu-2} \theta}{2(1 - \cos^{\nu} \beta)},$$

Пригара Виктория Николаевна, ассистент, магистр технических наук, заместитель декана факультета информационных технологий и управления БГУИР, kaftae@bsuir.by.

Научный руководитель: Шилин Леонид Юрьевич, декан факультета информационных технологий и управления БГУИР, доктор технических наук, профессор

где Δ_k – радиальное напряжение в массиве материала; ν – коэффициент распределительной способности; q – вертикальное напряжение, действующее на уровне плоскости выпускного отверстия; β – угол наклона стенок емкости к вертикали.

Вдоль линий с постоянным значением угла θ для случая радиального движения получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} V_r \frac{dV_r}{dr} = -\frac{\nu d_0^2 q \cos^{\nu-2} \theta}{2(1 - \cos^{\nu} \beta)}, \\ V_r \frac{\rho}{dr} + \rho + \left(\frac{2V_r}{r} + \frac{dV_r}{dr} \right) = 0 \end{cases},$$

где f – коэффициент внутреннего трения сыпучей среды.

С учетом условия равномерного движения несжимаемого сыпучего материала до границы конической зоны выпуска $V_r = V_0$ и $\rho = \rho_0$ при $r = D_0 / (2tg\alpha_3 \cos \theta)$ значения искомых функций примут следующий вид:

$$\begin{aligned} V_r &= V_0 - \frac{\nu d_0^2 q \cos^{\nu} \theta tg^2 \alpha_3}{f \rho_0 V_0 D^2 (1 - \cos^{\nu} \beta)} \ln(2r \cos \theta tg \alpha_3 / D); \\ \rho &= \rho_0 V_0 / V_r (D / d_0 \cos \theta tg \alpha_3). \end{aligned}$$

где α_3 – угол, определяющий зону ускоренного движения сыпучего материала; d_0 – диаметр выпускного отверстия; D – диаметр массива.

Выводы

Предлагаемый метод расчета напряжений и объемных плотностей в неподвижном слое сыпучего материала учитывает наличие характерных зон (предельных и неопредельных), влияние жесткого основания и основан на математически строгой теории предельного напряженного состояния.

1. Фиалков, Б. С., Плицын, В. Т., Максимов, В. Е. Управление истечением сыпучих материалов. – Алма-Ата : Наука, 1981
2. Прошунин, Ю. Е. К расчету поля напряжений в неподвижном слое сыпучего материала // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2004
3. Дженике, Э. В. Складирование и выпуск сыпучих материалов. – М.: Мир, 1968