

К определению условного диаметра реальной частицы дискретного сыпучего тела

В.А. Богомягих, А.Л. Климович, А.С. Ляшенко,

Азово-Черноморский инженерный институт, Зерноград

Аннотация: В статье решается задача по определению условного диаметра реальных частиц зерновых материалов, которые существенно влияют на технологические параметры бункеров и их конструктивные параметры. Приведены конкретные поправочные коэффициенты среднегеометрического размера для некоторых распространённых форм частиц сыпучего тела.

Ключевые слова: Бункер, условный диаметр, сыпучее тело, коэффициент формы частиц, среднегеометрический размер частиц.

В механике сыпучих тел при теоретическом решении задач, связанных с исследованием процессов хранения, дозирования, транспортирования и истечения зернистых сыпучих материалов, определение условного диаметра дискретных реальных частиц осуществляется по известной формуле проф. Л.В. Гячева [1]

$$d_y = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}, \quad (1)$$

где a , b и c - соответственно, длина (высота), ширина и толщина реальной частицы, м.

Из формулы следует, что d_y равен среднегеометрическому размеру частицы независимо от её формы. Однако, как показывает производственный опыт и результаты экспериментальных исследований [2 - 4], форма реальной частицы оказывает существенное влияние на протекание указанных процессов, а также на конструктивные и технологические параметры устройств, реализующих эти процессы.

В природе формы реальных частиц зернистых материалов многообразны, но, однако, каждая из них может быть выражена одной из пространственных фигур стереометрии. Например, семена гороха близки по форме к шару; кукурузы - к пространственному клину или пирамиде; зерно

пшеницы - к параболическому бочонку; семена подсолнечника - к прямому конусу или пирамиде и т.д.

Поэтому, исходя из принципов геометрического подобия, любую по форме реальную частицу, например, слепленную из пластилина, можно обратить в шарообразную с сохранением её объёма и массы. Отсюда следует, что для определения d_y реальных частиц можно их объёмы из ряда фигур стереометрии приравнять к объёму шара [5, 6]. В результате получим:

- для реальной частицы в форме шара

$$\frac{\pi d_y^3}{6} = \frac{\pi d_u^3}{6} \text{ и } \frac{d_y}{\sqrt[3]{d_u^3}} = 1;$$

- для реальной частицы в форме прямого цилиндра

$$\frac{\pi d_y^3}{6} = \frac{\pi d_c^2}{4} a; \quad \frac{d_y}{\sqrt[3]{d_c^2 a}} = 1.14;$$

- для реальной частицы в форме прямого конуса

$$\frac{\pi d_y^3}{6} = \frac{1}{3} \frac{\pi d_k^2}{4} a; \quad \frac{d_y}{\sqrt[3]{d_k^2 a}} = 0.8;$$

- для реальной частицы в форме прямого параллелепипеда

$$\frac{\pi d_y^3}{6} = a \cdot b \cdot c; \quad \frac{d_y}{\sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}} = 1.24;$$

- для реальной частицы в форме правильной пирамиды

$$\frac{\pi d_y^3}{6} = \frac{1}{3} F \cdot a; \quad \frac{d_y}{\sqrt[3]{F \cdot a}} = 0.86;$$

- для реальной частицы в форме пространственного клина

$$\frac{\pi d_y^3}{6} = \frac{1}{2} a \cdot b \cdot c; \quad \frac{d_y}{\sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}} = 0.98;$$

- для реальной частицы в форме параболической бочки

$$\frac{d_y}{\sqrt[3]{(8b^2 + 4b \cdot c + 3c^2)a}} = 0.47;$$

Из этих выражений следует, что для любой конкретной формы реальной частицы существует вполне конкретное соотношение между её условным диаметром и её среднегеометрическим размером. Фактически это соотношение определяет форму реальной частицы и его можно назвать коэффициентом формы реальной частицы [7 - 9]. Отсюда следует, что условный диаметр любой реальной частицы равен не среднегеометрическому её размеру, а произведению коэффициента её формы на её среднегеометрический размер, то есть,

$$d_y = k_\phi \xi_{сг.р}, \quad (2)$$

где k_ϕ - коэффициент формы реальной частицы;

$\xi_{сг.р}$ - среднегеометрический размер реальной частицы, м.

Коэффициент k_ϕ показывает, во сколько раз d_y по своим размерам отличается от среднегеометрического размера реальной частицы. Как следует из указанных выражений, относительная разница между d_y и $\xi_{сг.р}$ по абсолютному значению составляет: для шаровидных частиц - 0%; для частиц в форме прямого цилиндра - 14%; в форме прямого конуса - 20%; в форме прямого параллелепипеда - 24%; в форме правильной пирамиды - 14%; в форме пространственного клина - 2%; в форме параболической бочки - 53%.

Если реальная частица визуально по своей форме не напоминает ни одну из фигур стереометрии, то условный диаметр этой частицы можно примерно определить, исходя из формулы, выведенной для частицы в форме прямого параллелепипеда,

$$d_y = 1.24 \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c} \quad (3)$$

при условии, что измеряемые параметры a, b и c - максимальны.

В таблице №1 приведена структура формул для определения условного диаметра некоторых реальных частиц, по формуле близких пространственным фигурам стереометрии.

Таблица №1

Структура формул для определения условного диаметра некоторых реальных частиц

№ п.п.	Форма частицы	Коэф. формы	Среднегеометрический размер частицы	Условный диаметр частицы	Измеряемый параметр						
		K_F	$\xi_{ср.р}$, М	d_{γ} , М	a, М	b, М	c, М	$d_{ш}$, М	$d_{ц}$, М	$d_{кл}$, М	F, М ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Параболическая бочка	0,47	$\sqrt[3]{(8b^2 + 4b \cdot c + 3c^2) \cdot a}$	$0,47 \sqrt[3]{(8b^2 + 4b \cdot c + 3c^2) \cdot a}$	+	+	+				
2	Тетраэдр	0,61	$\sqrt[3]{a^3}$	0,61a	+						
3	Двуосный эллипсоид	0,73	$\sqrt[3]{(b+c)^2 \cdot a}$	$0,73 \sqrt[3]{(b+c)^2 \cdot a}$	+	+	+				
4	Прямой конус	0,80	$\sqrt[3]{d_{ц}^2 \cdot a}$	$0,80 \sqrt[3]{d_{ц}^2 \cdot a}$	+					+	
5	Правильная пирамида	0,86	$\sqrt[3]{F \cdot a}$	$0,86 \sqrt[3]{F \cdot a}$	+						+
6	Пространственный клин	0,98	$\sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}$	$0,98 \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}$	+	+	+				
7	Шар	1,00	$\sqrt[3]{d_{ш}^3}$	$\sqrt[3]{d_{ш}^3}$				+			
8	Прямой цилиндр	1,14	$\sqrt[3]{d_{ц}^2 \cdot a}$	$1,14 \sqrt[3]{d_{ц}^2 \cdot a}$	+				+		
9	Прямой параллелепипед	1,24	$\sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}$	$1,24 \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}$	+	+	+				

Продолжение таблицы №1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	Куб	1,24	$\sqrt[3]{a^3}$	1,24a	+						
11	Нестандартная форма	1,24	$\sqrt[3]{a_{\max}^3 + b_{\max}^3 + c_{\max}^3}$	$1,24\sqrt[3]{a_{\max}^3 + b_{\max}^3 + c_{\max}^3}$	+	+	+				

Решение данной задачи проведено на модельном сыпучем материале, являющимся семенами злаковых культур [10]. Для строительных материалов необходимо определить только коэффициенты трения или сдвига.

Литература

1. Гячев Л.В. Основы теории бункеров. Новосибирск: Новосибирский университет, 1992. 310 с.
2. Богомягих В.А. Теория эквивалентного динамического свода в механике дискретных сыпучих. Зерноград: 2007. 64 с.
3. Богомягих В.А., Скорик И.А., Прилепский В.И. Условия истечения сыпучих материалов из бункера // Механизация и электрификация с.-х. производства. 1969. №12. С. 147-152.
4. Богомягих В.А., Крамаренко А.Н., Рева А.Ф. Определение коэффициента, характеризующего форму частиц сыпучего материала // Совершенствование процессов и технических средств в АПК. 1999. С. 37-45.
5. Рылякин, Е.Г. Обзор технических средств приготовления плющеного зерна, представленных на российском рынке сельхозтехники // Инженерный вестник Дона, 2013, №3 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1954/.
6. Вельшоф Г. Определение расхода сыпучих материалов // Сельское хозяйство за рубежом. 1962. №4. С. 67-69.



7. Семенов В.Ф. Механико-технологические основы истечения зернистых сельскохозяйственных материалов из емкостей: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Новосибирск, 1980. 260 с.

8. Beverloo W., Leniger H., van der Velde. Chemical Engineering, Science. 1961. № 15. 250 p.

9. Fowler R.T., Glastonbury I.R. The flow of granular solids through orifices. Chemical Engineering Science. 1959. № 10. pp. 150-156.

10. Скурятин Н.Ф., Мерецкий С.В. Совершенствование процесса посева зерновых на склоновых почвах // Инженерный вестник Дона, 2012, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/662/.

References

1. Gyachev L.V. Osnovy teorii bunkerov [Bases of the theory of bunkers]. Novosibirsk: Novosibirskiy universitet, 1992. 310 p.

2. Bogomyagkikh V.A. Teoriya ekvivalentnogo dinamicheskogo svoda v mekhanike diskretnykh syuchikh [The theory of the equivalent dynamic arch in mechanics of the discrete loose]. Zernograd: 2007. 64 p.

3. Bogomyagkikh V.A., Skorik I.A., Prilepskiy V.I. Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya s.-kh. proizvodstva. 1969. №12. pp. 147-152.

4. Bogomyagkikh V.A., Kramarenko A.N., Reva A.F. Sovershenstvovanie protsessov i tekhnicheskikh sredstv v APK. 1999. p. 37-45.

5. Rylyakin, E.G. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1954.

6. Vel'shof G. Sel'skoe khozyaystvo za rubezhom. 1962. №4. p. 67-69.

7. Semenov V.F. Mekhaniko-tekhnologicheskie osnovy istecheniya zernistykh sel'skokhozyaystvennykh materialov iz emkostey [Mekhaniko-tekhnologichesky bases of the expiration of granular agricultural materials from capacities]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01. Novosibirsk, 1980. 260 p.



8. Beverloo W., Leniger H., van der Velde. Chemical Engineering, Science. 1961. № 15. 250 p.

9. Fowler R.T., Glastonbury I.R. The flow of granular solids through orifices. Chemical Engineering Science. 1959. № 10. pp. 150-156.

10. Skuryatin N.F., Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/662.