

Фадин Ю. М., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСЧЁТ МАКСИМАЛЬНОГО РАДИУСА ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ НАКЛОННОЙ ПЕРЕГОРОДКИ В ТРУБНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ

v.s_bogdanov@mail.ru

Используя метод малого параметра получены аналитические выражения, определяющие радиус максимальной зоны влияния наклонной перегородки.

Ключевые слова: наклонная перегородка, радиус влияния, трубная мельница.

Основным агрегатом для измельчения клинкера и добавок, то есть получения цемента, являются трубные шаровые мельницы, как у нас в стране, так и за рубежом. Не смотря на то что эти мельницы эксплуатируются и совершенствуются в течении длительного времени, они имеют целый ряд недостатков: это низкий коэффициент полезного действия, большие удельные энергозатраты, большой износ мелющих тел и футеровок. Причины недостатков заключаются в наличии застойных зон в мелющей загрузке, которые составляют до 40% от общего объёма загрузки.

Часто ликвидировать этот недостаток позволяет применение внутримельничных энергообменных устройств, наклонных перегородок, которые разрушают застойные зоны мелющей загрузки интенсифицируют движение мелющих тел, сообщая им не только поперечное, но и продольное движение, позволяют увеличивать энергообмен между мелющими телами и перегородкой. Засчет установки наклонной пере-

городки снижается на 20-30% вес мелющих тел, улучшается аспирационный режим, срок эксплуатации перегородки, снижаются удельные энергозатраты [1].

Установлено [2], что возмущение вносимое плоскостью наклонной перегородки в движение шароматериальной загрузки барабана трубной шаровой мельницы оказывают одинаковое действие как с лева, так и справа от перегородки. При этом возникает область, в которой влияние наклонной перегородки обеспечивает мелющим телам параметры движения, которые существенно отличаются от таковых в отсутствие перегородки. Данную область принято называть зоной активного влияния наклонной перегородки. Знание параметров, которые определяют количественные характеристики зоны активного влияния наклонной перегородки имеют важное практическое значение при определении длин камер, угла наклона перегородки, расчёте параметров продольного движения загрузки и потребляемой мощности.

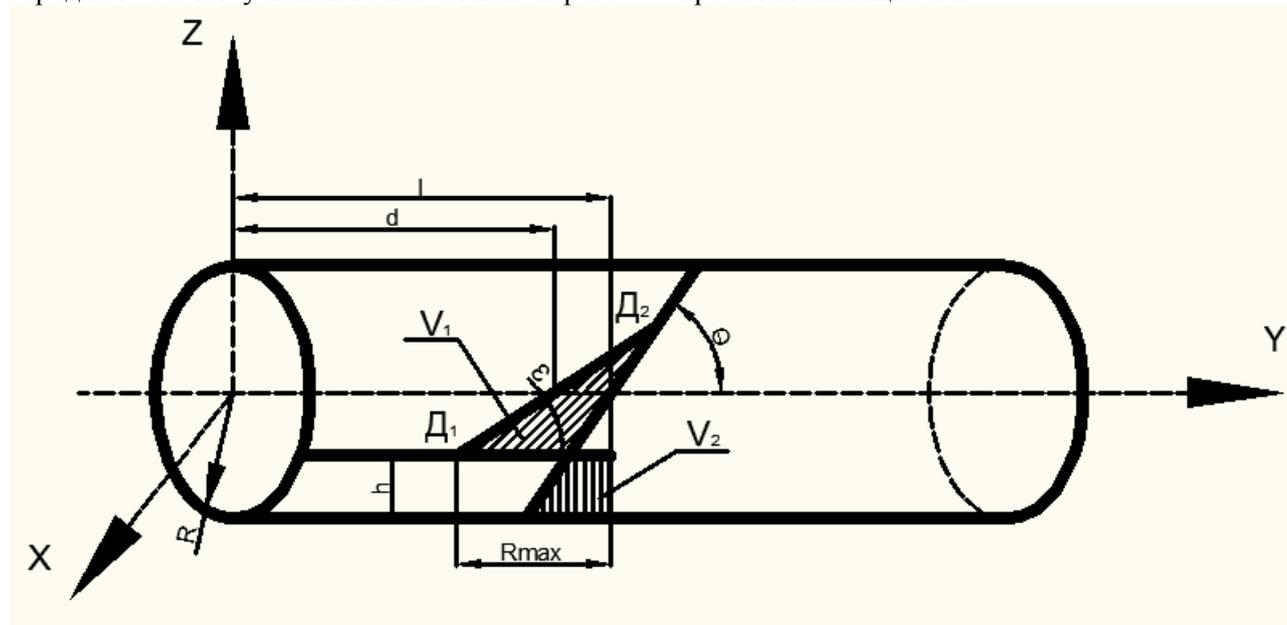


Рисунок 1. Расчетная схема к вычислению максимального радиуса влияния наклонной перегородки

Согласно расчётной схеме приведено на рисунке 1, находим, что объём V_1 , заключённый

между вертикальной плоскостью и нижней частью наклонной перегородки равен:

$$V_1 = \frac{2}{3} \cdot h^3 \cdot \text{ctg}\theta \cdot \left(2 \cdot \frac{R}{h} - 1\right)^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

где h - уровень загрузки барабана мельницы, м;
 R - радиус барабана, м;

θ - угол, который образывает наклонная перегородка с горизонтом (осью «оу»), град.
 Величина объёма загрузки V_2 вытесняемого плоскостью наклонной перегородки на основании расчётной схемы на рисунке 1 равна:

$$V_2 = R^3 \cdot [\xi_z \cdot \sqrt{1 - \xi_z^2} + \sqrt{2} \cdot \left(\frac{h}{R}\right)^{1/2} \cdot \left(1 - \frac{h}{R}\right) \cdot \left(1 - \frac{h}{2R}\right)^{1/2} + \arcsin \xi_z + \arcsin \left(1 - \frac{h}{R}\right)] - \frac{2}{3} \cdot (\text{ctg}\theta - \text{ctg}\varepsilon) \cdot (1 - \xi_z^2)^{3/2} + \frac{2}{3} \cdot (\text{ctg}\theta - \text{ctg}\varepsilon) \cdot \left(\frac{h}{2R}\right)^{3/2} \cdot \left(1 - \frac{h}{2R}\right)^{3/2} \quad (2)$$

где ξ_z - величина определяемая соотношением:

$$\xi_z = \left(\frac{l}{R} - \frac{d}{R}\right) \cdot \frac{\text{tg}\theta \cdot \text{tg}\varepsilon}{\text{tg}\theta - \text{tg}\varepsilon} \quad (3)$$

В рамках приближения в равенстве перемещённых наклонной перегородкой объёмов загрузки $V_1 = V_2$ получаем следующее соотношение:

$$\frac{\Delta}{R} \cdot \left[A \cdot \frac{\Delta}{R} \cdot \sqrt{1 - \left(A \cdot \frac{\Delta}{R}\right)^2} + \arcsin \left(A \cdot \frac{\Delta}{R}\right) + \sqrt{2} \cdot \Delta_1^{1/2} \cdot (1 - \Delta_1) \cdot \left(1 - \frac{\Delta_1}{2}\right)^{1/2} + \arcsin(1 - \Delta_1)\right] + \frac{2}{3 \cdot A} \cdot \left[1 - \left(A \cdot \frac{\Delta}{R}\right)^2\right]^{3/2} - \frac{4 \cdot \sqrt{2}}{3} \cdot \Delta_1^{3/2} \cdot \left(1 - \frac{\Delta_1}{2}\right)^{3/2} \cdot \text{ctg}\varepsilon = 0 \quad (4)$$

где введены следующие обозначения:

$$\Delta = l - d \quad (5)$$

$$\Delta_1 = h/R \quad (6)$$

$$A = \frac{\text{tg}\theta \cdot \text{tg}\varepsilon}{\text{tg}\theta - \text{tg}\varepsilon} \quad (7)$$

Полученное соотношение (4) представляет собой существенно нелинейное уравнение относительно безразмерной переменной величины Δ/R . Решение данного уравнения можно найти только нелинейными методами с применением ЭВМ. Однако если предположить, что безразмерные параметры Δ/R и Δ_1/R являются малыми величинами первого порядка малости и провести разложение в ряд в (4) всех величин, в (4) имеем:

$$\frac{\Delta}{R} \cdot \left[A \cdot \frac{\Delta}{R} \cdot \left(1 - \frac{A^2}{2} \cdot \left(\frac{\Delta}{R}\right)^2\right) + A \cdot \frac{\Delta}{R} + \frac{1}{6} \cdot \left(A \cdot \frac{\Delta}{R}\right)^3 + \sqrt{2} \cdot \Delta_1^{1/2} \cdot (1 - \Delta_1) \cdot \left(1 - \frac{\Delta_1}{4}\right) + (1 - \Delta_1) + \frac{1}{6} \cdot (1 - \Delta_1)^3\right] + \frac{2}{3 \cdot A} \cdot \left(1 - \frac{3}{2} \cdot \left(A \cdot \frac{\Delta}{R}\right)^2\right) - \frac{4 \cdot \sqrt{2}}{3} \cdot \text{ctg}\varepsilon \cdot \Delta_1^{3/2} \cdot \left(1 - \frac{3}{4} \cdot \Delta_1\right) = 0 \quad (8)$$

Тогда если в соотношении (8) ограничиться малыми величинами второго порядка малости, уравнение (8) можно привести к следующему виду:

$$A \cdot \left(\frac{\Delta}{R}\right)^2 + B \cdot \left(\frac{\Delta}{R}\right) + C = 0 \quad (9)$$

где в качестве величин B и C введены следующие обозначения:

$$B = \frac{7}{6} + \sqrt{12} \cdot \Delta_1^{1/2} - \frac{5 \cdot \sqrt{2}}{4} \cdot \Delta_1^{3/2} - \frac{3}{2} \cdot \Delta_1 + \frac{\Delta_1^2}{2} > 0 \quad (10)$$

$$C = \frac{2}{3 \cdot A} - \frac{4 \cdot \sqrt{2}}{3} \cdot \Delta_1^{3/2} \cdot \text{ctg} \varepsilon \quad (11)$$

Для нахождения максимального радиуса R_{\max} зоны влияния наклонной перегородки введём безразмерный параметр r_{\max} согласно следующему соотношению:

$$r_{\max} = \frac{R_{\max}}{R} \quad (12)$$

$$r_{\max} = \frac{l}{R} - \frac{y(D_1)}{R} = \frac{l-d}{R} + \left(1 - \frac{h}{R}\right) \cdot \text{ctg} \varepsilon = \frac{\Delta}{R} + (1 - \Delta_1) \cdot \text{ctg} \varepsilon \quad (14)$$

В силу соотношения (10) интересующий нас корень уравнения (9) будет определяться следующим соотношением:

$$\frac{\Delta}{R} = -\frac{B}{2 \cdot A} + \frac{\sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A} \quad (15)$$

$$r_{\max} = -\frac{B}{2 \cdot A} + \frac{\sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A} + (1 - \Delta_1) \cdot \text{ctg} \varepsilon \quad (16)$$

С учетом соотношения (12) окончательно находим, размер максимального радиуса R_{\max} зоны влияния наклонной перегородки:

$$R_{\max} = R \cdot \left[\frac{\sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A} - \frac{B}{2 \cdot A} + (1 - \Delta_1) \cdot \text{ctg} \varepsilon \right] \quad (17)$$

Таким образом, полученное соотношение (17) даёт аналогичную зависимость максимального радиуса зоны влияния наклонной перегородки отнесённого к радиусу барабана мельницы, в зависимости от конструктивных (h, R, θ, l) параметров и технологического ε - динамического угла естественного откоса материала.

На основании расчётной схемы на рисунке 1, «у» - координата точки D_1 равна:

$$y(D_1) = d - (R - h) \cdot \text{ctg} \varepsilon \quad (13)$$

а безразмерный максимальный радиус зоны влияния наклонной перегородки будет определяться следующим соотношением:

тогда с учётом (15) соотношение (14) окончательно приводится к виду:

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богданов, В.С. Снижение энергоёмкости процесса измельчения [Текст] // Платонов В.С., Богданов Н.С. / Цемент, 1984. – № 12. – С.7-9.
2. Богданов, В.С. Повышение эффективности работы шаровых барабанных мельниц [Текст] / Богданов В.С. [и др.] // Строительные дорожные машины, 2006. – № 11. – С.21-23.