

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ДЛЯ РАСЧЕТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ВОЛОКНИСТОГО ПРОДУКТА ПО ВЫСОТЕ БУНКЕРА

А.С. МКРТУМЯН, А.Г. ХОСРОВЯН, Я.М. КРАСИК, Г.А. ХОСРОВЯН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Представим решение уравнения механики засоренного волокнистого продукта в шахте бункерного питателя [1]:

$$\frac{dq_x}{dx} = -Aq_x + B,$$

где q_x – величина отношения силы, с которой слой смеси высотой x воздействует на нижележащий слой, к площади поперечного сечения бункера; $A = \alpha - Y^{-1}k$, $B = Y^{-1}\rho_b g$, $\alpha = \frac{2\mu f(a+b)}{a+b}$, f – коэффициент

трения волокнистого продукта о стенки бункера; μ – коэффициент поперечного распора (отношение давления волокнистого продукта на стенки бункера к давлению, сжимающему слой в вертикальном направлении); ρ_b – плотность волокна; g – ускорение свободного падения; k – коэффициент сжимаемости волокнистого продукта, учитывающий изменение его плотности при изменении давления; a – расстояние между передней и задней стенками бункера; b – ширина бункера.

Интегрируя дифференциальное уравнение, находим последовательно

Таким образом

$$q_x = [B - (Ap + B)\exp(-Ax)]/A = \frac{B}{A} - \left(p + \frac{B}{A}\right)\exp(-Ax).$$

Дифференцируя полученное соотношение, получим

$$dq_x = (Ap + B)\exp(-Ax)dx.$$

Имеем

$$d\rho_{\text{пр}x} = \frac{k}{Yg} dq_x.$$

$$\frac{dq_x}{-Aq_x + B} = dx,$$

$$-\frac{1}{A} \ln|-Aq_x + B| = x + \ln|C|,$$

где C – постоянная.

Полагая, что начальное условие для q_x задается аналогично [2], определяем константу C из следующего соотношения

$$\ln|C| = -\frac{1}{A} \ln|Ap + B|.$$

Величину q_x находим, подставляя выражение для константы C

$$-\frac{1}{A} \ln \left| \frac{-Aq_x + B}{Ap + B} \right| = x.$$

Последовательно из следующих соотношений выводим формулу для q_x :

$$\frac{-Aq_x + B}{Ap + B} = \exp(-Ax),$$

или

$$Aq_x + B = (Ap + B)\exp(-Ax).$$

Принимая во внимание соотношение для dq_x , имеем

$$d\rho_{\text{пр}x} = \frac{k}{Yg} (Ap + B)\exp(-Ax)dx.$$

Обозначим начальное условие для этого уравнения относительно $\rho_{\text{пр}x}$ через $\rho_{\text{пр}h}$.

Учитывая вышеизложенное, имеем

$$\rho_{\text{пр.н}} = (kp/g + \rho_b) / Y.$$

Интегрируем уравнение и получаем

$$\rho_{\text{прх}} - \rho_{\text{пр.н}} = -\frac{k}{AYg} (Ap + B) [\exp(-Ax) - 1]$$

$$\rho_{\text{прх}} = \rho_{\text{пр.н}} + \frac{kB}{YgA} [1 - \exp(-Ax)] + \frac{kp}{Yg} [1 - \exp(-Ax)].$$

Так как

$$\frac{kB}{YgA} = \frac{k\rho_b g}{Yg \left(\alpha - \frac{k}{Y} \right) Y} = \frac{k\rho_b}{Y(\alpha Y - k)Y},$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{пр}} &= \frac{kp}{Yg} + \frac{\rho_b}{Y} + \frac{k\rho_b}{Y(\alpha Y - k)} [1 - \exp(-Ax)] + \frac{k\rho_b}{Yg} [1 - \exp(-Ax)] = \\ &= \frac{\rho_b}{Y} \left\{ \frac{k}{\alpha Y - k} [1 - \exp(-Ax)] + 1 \right\} + \frac{kp}{Yg} [2 - \exp(-Ax)] = \\ &= \frac{1}{Y} \left\langle \rho_b \left\{ \frac{k}{\alpha Y - k} [1 - \exp(-Ax)] + 1 \right\} + \frac{kp}{g} [2 - \exp(-Ax)] \right\rangle. \end{aligned}$$

или

$$\rho_{\text{прх}} - \rho_{\text{пр.н}} = -\frac{k}{Yg} \left(p + \frac{B}{A} \right) [\exp(-Ax) - 1].$$

Перепишем полученное соотношение в удобной для преобразований форме:

то последовательно приходим к следующим формулам:

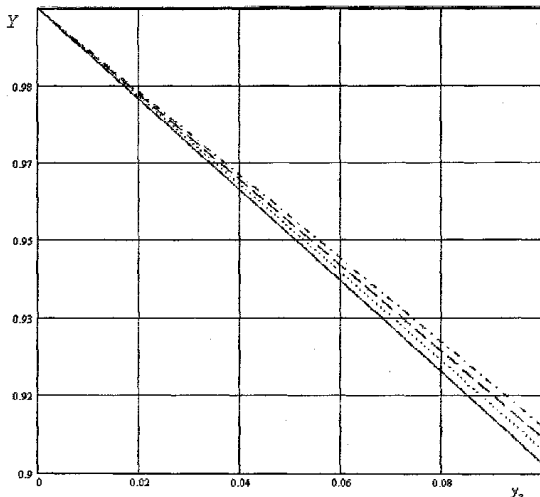


Рис. 1

Плотность засоренного волокнистого продукта на самом нижнем, "нулевом" (рис.1 – график для определения величины \$Y\$ в зависимости от \$y_3\$ при различных \$R_c\$, где — — — — — \$R_c=0,02\$; ····· — \$R_c=0,05\$; — · — · — \$R_c=0,075\$; — · — — — — \$R_c=0,1\$) уровне шахты бункерного питателя обозначим через \$\rho\$.

Эта величина определяется подстановкой в формулу для \$\rho_{\text{прх}}\$ вместо \$x\$ величины \$h\$. Отсюда имеем следующую базовую зависимость:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{Y} \left\langle \rho_b \left\{ \frac{k}{\alpha Y - k} [1 - \exp(-Ah)] + 1 \right\} + \frac{kp}{g} [2 - \exp(-Ah)] \right\rangle = \\ &= \rho_{\text{пр}} \left\{ \frac{k}{\alpha Y - k} [1 - \exp(-Ah)] + 1 \right\} + \frac{kp}{Yg} [2 - \exp(-Ah)]. \end{aligned}$$

Отметим, что выведенная зависимость при $Y=1$, то есть в том случае, когда величина засоренности мала и ею можно в расчетах параметров столба волокна пренебречь, совпадает с результатами, приведенными в [2].

Получена аналитическая зависимость, связывающая величину высоты столба волокнистого продукта с геометрическими параметрами бункера, с механическими характеристиками питающей смеси, с ее засоренностью и величиной давления в распределительном канале.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мкртумян А.С. и др. К расчету модели механики волокон в шахте бункера // Изв. Ивановск. отд. Петровской акад. наук и искусств. Секция технических наук. – Иваново: ИГТА, 2006.

2. Мкртумян А.С. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №. 2. С.75...78.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 16.06.07.
