

УДК 677.021.178.2:004-9

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫСОТЫ СТОЛБА
ЗАСОРЕННОЙ ВОЛОКНИСТОЙ СМЕСИ
В ШАХТЕ БУНКЕРНОГО ПИТАТЕЛЯ**

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

(Ивановская государственная текстильная академия)

При проектировании и расчетах технологического процесса в системах бункерного питания недоучет засоренности как фактора может влиять на расчетное значение высоты слоя волокон в бункере. Ниже

решается задача о соотношении между высотой столба волокон в бункере, характеристиками питающей смеси и давлением в распределительном канале в условиях, когда засоренность продукта такова,

что в расчетах ее величиной нельзя пренебречь.

Расчеты показывают, что увеличение засоренности поступающего продукта ведет к уменьшению высоты слоя волокон в бункере при обеспечении необходимого значения линейной плотности настила. Причина этого явления заключается в том, что, обладая собственным весом, сорная составляющая смеси оказывает собственное силовое сжимающее воздействие на волокнистый продукт в смеси. Причем чем выше засоренность смеси, тем заметнее отличие высоты столба малозасоренной смеси от высоты столба высокозасоренной.

$$\rho = \rho_{\text{пр}} \left\{ \frac{k}{\alpha Y - k} [1 - \exp(-Ah)] + 1 \right\} + \frac{kp}{Yg} [2 - \exp(-Ah)],$$

где $A = \alpha \cdot Y^{-1} k$; $Y = 1 - y_3$; $\alpha = 2\mu f(a + b)/(ab)$; $\rho_{\text{пр}}$ – плотность поступающей в бункер засоренной волокнистой смеси; g – ускорение свободного падения; k – коэффициент сжимаемости волокнистого продукта, учитывающий изменение его плотности при изменении давления; y_3 – засоренность в долях единицы; μ – коэффициент поперечного распора (отношение давления волокнистого продукта на стенки бункера к давлению, сжимающему слой в вертикальном направлении); f – коэффициент трения волокнистого продукта о стенки бункера.

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].

Выведем зависимость для определения высоты заполнения шахты бункерного питателя засоренным волокнистым продуктом. Примем во внимание, что в реальных условиях величина засоренности $y_3 \ll 1$. Следовательно, $Y^{-1} = 1 + y_3$.

Введем следующие обозначения:

$$Q(h) = \exp(-Gh), \quad G = \alpha \cdot k, \quad s_1 = k/(\alpha - k), \\ s_2 = \alpha / (\alpha - k), \quad s_3 = kh,$$

Пусть в бункерный питатель поступает засоренный волокнистый продукт. Высота заполнения шахты равна h . Пусть a – расстояние между передней и задней стенками бункера, b – ширина бункера, p – давление воздуха в распределительном канале.

Ранее в [1] было получено дифференциальное уравнение, моделирующее процесс бункерного питания засоренной волокнистой смесью. Решение этого уравнения представляется следующей базовой аналитической зависимостью для плотности продукта на нижнем уровне бункера:

$$s_4 = 1 - \exp(-Gh), \quad s_5 = \exp(-Gh) s_3, \\ s_6 = s_2 s_4 - s_5 = s_2 - (s_2 - s_3)Q, \quad s_7 = 1 + s_4 - s_5.$$

Тогда очевидно, что существуют следующие зависимости:

$$A = G - ky_3, \quad 1 - \exp(-Ah) = s_4 - s_5 y_3, \\ \frac{k}{\alpha Y - k} [1 - \exp(-Ah)] \cong s_1 (s_4 + s_6 y_3), \\ kpg^{-1} Y^{-1} [2 - \exp(-Ah)] \cong kpg^{-1} (1 + s_4 + s_7 y_3),$$

Следовательно,

$$\rho \cong \rho_{\text{пр}} (1 + s_1 s_4 + s_1 s_6 y_3) + kpg^{-1} (1 + s_4 + s_7 y_3).$$

Обозначим через $\rho_{\text{в}}$ плотность волокнистой составляющей смеси, поступающей в бункер, а через ρ^* – плотность продукта на нижнем уровне бункера при $y_3=0$.

Так как

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{\rho_{\text{в}}}{1 - y_3} \approx \rho_{\text{в}} (1 + y_3),$$

то, обозначая $K_p = kp/(\rho_{\text{в}}g)$, имеем

$$\rho \cong \rho_{\text{в}} [(s_1 s_4 + 1) + K_p (1 + s_4)] + \\ + \rho_{\text{в}} (1 + s_1 s_4 + s_1 s_6 + K_p s_7) y_3.$$

Обозначим

$$(\rho - \rho^*) / \rho_B = c_s y_3 .$$

$$c_s = 1 + s_1 (s_4 + s_6) + K_p s_7 ,$$

$$c_{nt} = 1 + s_1 s_4 + K_p (1 + s_4) .$$

Следовательно,

$$\rho = \rho^* + \rho_B c_s y_3 = \rho_B (c_{nt} + c_s y_3) .$$

Отсюда, в частности, следует, что

$$\rho_{внс} = \rho_B \left\langle \left\{ \frac{k}{\alpha Y - k} [1 - \exp(-Ah)] + 1 \right\} + K_p [2 - \exp(-Ah)] \right\rangle .$$

Рассмотрим решение следующей задачи. Пусть бункер загружен волокнистым продуктом с плотностью $\rho_{внс1}$ и засоренностью y_{31} . В этом случае высота столба равна h_1 при уровне давления в распределительном канале p_1 .

Полагаем, что далее по технологической цепочке волокнистый продукт подвергается очистке, и в результате линейная плотность конечного продукта становится равной T_{k1} .

Допустим, что происходит смена питающего бункер продукта и изменение качественных характеристик этого продукта заключается в том, что засоренность стала равной y_{32} . При этом ставится задача – сохранить плотность волокнистой составляющей продукта на самом нижнем уровне бункера с тем, чтобы при дальнейшей

Получим аналитические зависимости для различных вариантов технологического расчета процесса бункерного питания. Плотность волокнистой составляющей продукта на самом нижнем уровне в шахте бункера определяется по формуле

очистке волокон линейная плотность конечного продукта T_{k2} была неизменной, то есть

$$T_{k1} = T_{k2} .$$

При перезагрузке бункера волокнистый продукт имеет плотность $\rho_{внс2}$, а высоту столба – h_2 при уровне давления в распределительном канале p_2 .

Таким образом,

$$\rho_{внс1} = \rho_{внс2} ; \quad Y_1 = 1 - y_{31} ,$$

$$A_1 = \alpha - Y_1^{-1} k , \quad K_{p1} = k p_1 / (\rho_B g) ;$$

$$Y_2 = 1 - y_{32} , \quad A_2 = \alpha - Y_2^{-1} k ,$$

$$K_{p2} = k p_2 / (\rho_B g) .$$

Тогда в первом случае имеем

$$\rho_{внс1} = \rho_B \left\langle \left\{ \frac{k}{\alpha Y_1 - k} [1 - \exp(-A_1 h)] + 1 \right\} + K_{p1} [2 - \exp(-A_1 h)] \right\rangle ,$$

а во втором:

$$\rho_{внс2} = \rho_B \left\langle \left\{ \frac{k}{\alpha Y_2 - k} [1 - \exp(-A_2 h)] + 1 \right\} + K_{p2} [2 - \exp(-A_2 h)] \right\rangle .$$

Следовательно, параметры системы в первом и во втором случаях связаны меж-

ду собой следующим образом:

$$\left\{ \frac{k}{\alpha Y_1 - k} [1 - \exp(-A_1 h)] + 1 \right\} + K_{p1} [2 - \exp(-A_1 h)] =$$

$$= \left\{ \frac{k}{\alpha Y_2 - k} [1 - \exp(-A_2 h)] + 1 \right\} + K_{p2} [2 - \exp(-A_2 h)] .$$

Полученные зависимости носят общий характер. Упрощение полученного соотношения с учетом того, что $y_3 \ll 1$, дает следующую зависимость:

$$\begin{aligned} & s_1 s_4(h_1) + K_{p1} [1 + s_4(h_1)] + \\ & + [s_1 - K_{p1}] s_5(h_1) y_{31} = \\ = & s_1 s_4(h_2) + K_{p2} [1 + s_4(h_2)] + \\ & + [s_1 - K_{p2}] s_5(h_2) y_{32}, \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} & s_1 [s_4(h_2) - s_4(h_1)] + K_{p2} [1 + s_4(h_2)] - \\ - & K_{p1} [1 + s_4(h_1)] = [s_1 - K_{p1}] s_5(h_1) y_{31} - \\ & - [s_1 - K_{p2}] s_5(h_2) y_{32}. \end{aligned}$$

Так как

$$\begin{aligned} s_1 [s_4(h_2) - s_4(h_1)] &= s_1 [1 - Q(h_2) - 1 + \\ + Q(h_1)] &= s_1 [Q(h_1) - Q(h_2)], \end{aligned}$$

то

$$\begin{aligned} & s_1 [Q(h_1) - Q(h_2)] + K_{p2} [1 + s_4(h_2)] - \\ - & K_{p1} [1 + s_4(h_1)] = [s_1 - K_{p1}] s_5(h_1) y_{31} - \\ & - [s_1 - K_{p2}] s_5(h_2) y_{32}. \end{aligned}$$

Таким образом, получено соотношение, связывающее следующие величины:

$$y_{31}, y_{32}, h_1, h_2, p_1 \text{ и } p_2.$$

Рассмотрим другую задачу, когда при изменении засоренности волокнистого продукта давление в распределительном канале постоянно. В этом случае

$$K_{p1} = K_{p2}.$$

Принимая во внимание постоянство давления, находим, что

$$\begin{aligned} & K_{p2} [1 + s_4(h_2)] - K_{p1} [1 + s_4(h_1)] = \\ = & K_{p1} [2 - Q(h_2) - 2 + Q(h_1)] = \\ = & K_{p1} [Q(h_1) - Q(h_2)]. \end{aligned}$$

Так как

$$\begin{aligned} & s_1 [Q(h_1) - Q(h_2)] + K_{p2} [1 + s_4(h_2)] - \\ - & K_{p1} [1 + s_4(h_1)] = [Q(h_1) - Q(h_2)] (s_1 + K_{p1}), \end{aligned}$$

то

$$\begin{aligned} & [Q(h_1) - Q(h_2)] (s_1 + K_{p1}) = \\ = & [s_1 - K_{p1}] [s_5(h_1) y_{31} - s_5(h_2) y_{32}]. \end{aligned}$$

Полученное уравнение должно быть решено относительно нового значения высоты волокнистого слоя в шахте h_2 .

ВЫВОДЫ

1. Получены зависимости для расчета величины высоты слоя засоренного волокнистого продукта в шахте бункерного питателя с учетом величины и качественного состава засоренности, давления в распределительном канале.

2. Выведены аналитические зависимости для различных вариантов технологического расчета процесса бункерного питания засоренным волокнистым продуктом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мкртумян А.С. и др. К расчету модели механики волокон в шахте бункера // Известия Ивановского отделения Петровской академии наук и искусств. Секция технических наук. – Иваново: ИГТА, 2006.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 30.01.06.