

КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ КАНАЛОВ ШНЕКОВЫХ  
УСТРОЙСТВ И ИХ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

В качестве основных критериев для классификации транспортирующих порошок каналов можно выделить следующие: относительное расположение каналов, их геометрическая форма и конструктивное исполнение. По относительному расположению каналы можно разделить на две группы (рис. 1). К первой группе отнесем каналы, расположенные на наружной или внутренней поверхностях тел вращения. Преимущественно каналы имеют винтовую форму. По аналогии с наружно- или внутренней резьбой транспортирующие каналы целесообразно называть соответственно наружными или внутренними. В зависимости от формы обрезающей тела вращения винтовые каналы могут быть цилиндрическими, коническими, параболическими и т.д.

Ко второй группе можно отнести каналы, выполненные на плоских поверхностях, например на торцах тел вращения. Они могут быть спиральными, эвольвентными, круговыми, циклоидальными и т.д. Целесообразно выполненные на плоских поверхностях каналы именовать плоскими.

По форме профиля поперечного сечения каналы могут быть прямоугольными, квадратными, трапецеидальными, полукруглыми, полуэллипсными и т.д. Площадь сечения канала по длине может быть постоянной, т.е. фиксированной или переменной.

Конструктивно полости каналов ограничиваются поверхностями двух или трех сопрягаемых тел. Каналы, ограниченные поверхностями двух тел, имеет смысл именовать глухими, а трех тел - сквозными. Возможна также их комбинация, т.е. полость каналов на части их длины ограничивается поверхностями двух сопрягаемых тел, а на остальной части - трех тел. Такие каналы следует называть комбинированными.

Математическое описание геометрических параметров винтовых каналов будем осуществлять в цилиндрической системе координат  $\{r, \theta, z\}$ , жестко связанной с неподвижным шнеком. Вращательное движение сообщается сопрягаемой со шнеком гиль-



Рис. I. Схема классификации транспортирующих каналов

зе.

Направим ось  $Oz$  вдоль оси шнека в направлении движения порошка. Точку отсчета координат выберем таким образом, чтобы плоскость  $z = z_0 = 0$  определяла начало канала. Конец канала будет определяться плоскостью  $z = z_3$ . Угол  $\theta$  будем отсчитывать в направлении поворота винтового канала.

Рассмотрим два вида конических каналов (рис. 2). Их основное отличие состоит в том, что боковые стенки каналов первого вида перпендикулярны оси шнека, а боковые стенки каналов второго вида перпендикулярны образующей наружной поверхности шнека. Подвижную поверхность  $\Sigma_2$  каналов обоих видов зададим уравнением

$$r = r_2(z) = r_{20} - \beta z,$$

где  $r_{20}$ ,  $\beta > 0$  - константы.

Остальные геометрические параметры каждого вида рассмотрим в отдельности.

Вид I. Поверхность  $\Sigma_1$  состоит из поверхностей боковых стенок  $\Sigma_{z_1}$ ,  $\Sigma_{z_2}$  и поверхности дна  $\Sigma_{r_1}$ :

$$\Sigma_1 = \Sigma_{z_1} + \Sigma_{z_2} + \Sigma_{r_1}.$$

Поверхности боковых стенок и дна задаются уравнениями

$$z = z_1(\theta) = a_1(\theta),$$

$$z = z_2(\theta) = b_0 + a_2 \theta,$$

$$r = r_1(\theta) = r_{10} + \alpha \theta.$$

Параметры  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_0$ ,  $r_{10}$ ,  $\alpha$  являются константами и удовлетворяют следующим неравенствам:

$$a_1 > a_2 > 0, \quad b_2 > 0, \quad 0 < r_{10} < r_{20}.$$

На всем протяжении канала

$$z_1(\theta + 2\pi) > z_2(\theta).$$

Положим

$$h_1(\theta) = r_2(z_1(\theta)) - r_1(\theta) = r_{20} - r_{10} - (\beta a_1 + \alpha) \theta,$$



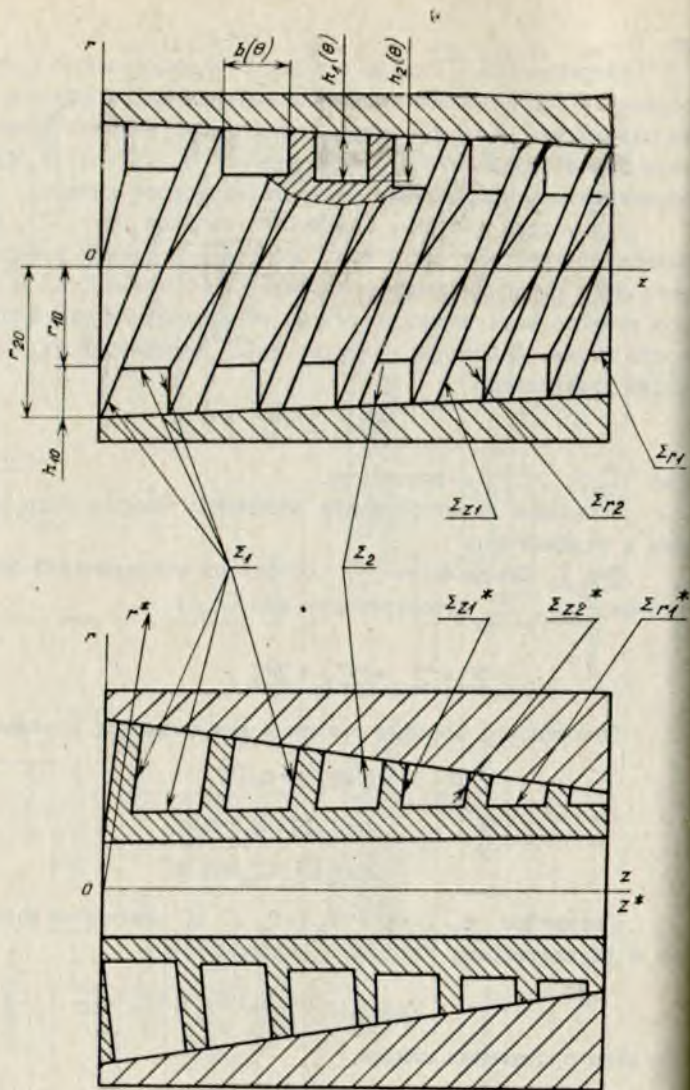


Рис. 2. Конструктивные схемы винтовых каналов

$$h_2(\theta) = r_2(z_2(\theta)) - r_1(\theta) = r_{20} - r_{10} - (\beta a_2 + \alpha) \theta - \rho b_0.$$

$$h_{10} = h_1(\theta_0) = r_{20} - r_{10},$$

$$h_{11} = h_1(\theta_1) = r_{20} - r_{10} - (\beta a_1 + \alpha) \theta_1,$$

$$b(\theta) = z_2(\theta) - z_1(\theta) = b_0 - (a_1 - a_2) \theta,$$

$$b_1 = b(\theta_1) = b_0 - (a_1 - a_2) \theta_1.$$

Параметры  $h_{11}$  и  $b_1$  имеют очевидный геометрический смысл и долж. и быть положительны.

Отметим, что

$$\beta a_1 + \alpha = \frac{h_{10} - h_{11}}{\theta_1}, \quad a_1 - a_2 = \frac{b_0 - b_1}{\theta_1}, \quad b_0 = b(\theta).$$

Полагаем, что величины  $\alpha/r$ ,  $a_1/r$ ,  $a_2/r$  достаточно малы, поэтому будем пренебрегать членами порядка  $\alpha_1^2/r^2$ ,  $\alpha_2^2/r^2$ ,  $\alpha^2/r^2$ ,  $\alpha a_2/r^2$ .

Вид II. Для задания поверхности целесообразно ввести новые координаты  $\{r^*, \theta, z^*\}$ . Пусть

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{1+\beta^2}}, \quad f^* = \frac{\beta}{\sqrt{1+\beta^2}}.$$

Положим

$$r^* = \lambda r + \beta z, \quad z^* = -f^* r - \lambda z.$$

В конечном итоге

$$h(\theta) = r_2^* - r_1^*(\theta) = r_{20}^* - r_{10}^* - \alpha \theta,$$

$$h_0 = h(\theta_0) = r_{20}^* - r_{10}^*,$$

$$h_1 = h(\theta_1) = r_{20}^* - r_{10}^* - \alpha \theta_1,$$

$$b(\theta) = z_2^*(\theta) - z_1^*(\theta) = b_0 - (a_1 - a_2) \theta,$$

$$b_1 = b(\theta_1) = b_0 - (a_1 - a_2) \theta_1.$$

Аналогичные выражения можно получить для всех рассмотрен-

ных каналов шнековых устройств.

УДК 621.762

С.С.Клименков, В.В.Селивончик

### МОЩНОСТЬ И МОМЕНТ ШНЕКОВОГО ПРЕССОВАНИЯ

Расчет мощности и оптимизация энергетических затрат являются важнейшими технологическими факторами целесообразности конкретного применения шнекового прессования.

Полную мощность  $N$  можно рассматривать как сумму мощности  $N_1$ , затрачиваемой на уплотнение порошка в канале шнека, преодоление контактного трения порошка о поверхность канала, и мощности  $N_2$ , затрачиваемой на преодоление контактного трения порошка о цилиндрическую поверхность сопрягаемого со шнеком корпуса или гильзы, т.е.  $N = N_1 + N_2$ .

Очевидно, что

$$N_1 = \iint_{\Sigma_2} U_2 (\mathbf{T}_\theta \bar{e}_2) \bar{n} ds,$$

где  $U_2$  - скорость движения порошка в направлении координаты  $\theta$ ;  $\mathbf{T}_\theta$  - тензор напряжений;  $\bar{e}_2$  - единичный базисный вектор, соответствующий координате  $\theta$ ;  $\bar{n}$  - внешняя к поверхности нормаль;  $ds$  - площадь элементарной площадки,

$$ds = r_2 \sqrt{1 + \beta^2} dz d\theta.$$

Тогда

$$N_1 = \sqrt{1 + \beta^2} \iint_{\Sigma_2} U (\mathbf{T}_\theta \bar{e}_2) \bar{n} r_2^2 dz d\theta.$$

Введем следующие функции:

$$z^{(n)}(\theta) = \begin{cases} z_0, & \theta_2 \leq \theta \leq \theta_0, \\ z_1(\theta), & \theta_0 \leq \theta \leq \theta_3; \end{cases} \quad z^{(2)}(\theta) = \begin{cases} z_2(\theta), & \theta_2 \leq \theta \leq \theta_1, \\ z_3, & \theta_1 \leq \theta \leq \theta_3. \end{cases}$$