

Расчет системы уравнений для рабочей части корпуса  
(по предложениям комплекса №1)

Зона подачи продукта к режущей паре.

Выполнение рабочей части корпуса с обратным конусом (п.16), уменьшающимися по высоте ребрами (п.17) и увеличивающимися в направлении к режущей паре числом ребер (п.18) позволяет получить у решетки уменьшающийся зазор между корпусом и шнеком (рис.83).

При этом шнек может быть цилиндрическим и с постоянным шагом (п.22.1), т.к. уплотнение продукта будет происходить за счет сужения корпуса. По ГОСТ 4025-83 минимальное число витков шнека в пределах рабочей зоны не должно быть меньше 2, иначе возрастает обратный поток сырья. В то же время увеличение числа витков больше 5-6 вызывает повышенный расход энергии<sup>1)</sup>.

Если рабочую и тыльную сторону витков проточить на токарном станке (п.24), получатся витки с вертикальными стенками (п.23). При этом улучшится заполнение шнека продуктом и исключатся потери за счет местных утолщений на шнеке.

По ГОСТ 4025-83 коэффициент уплотнения  $K_{упл.} = 1,6 \div 2,0$ .

$$V_1 = K_{упл.} \cdot V_2 \quad (1)$$

где:  $V_1$  и  $V_2$  — объемы продукта на входе и выходе рабочей зоны; Пренебрегая сечением ребер (хотя на входе корпуса их и больше, но высота у них меньше), получим для кольцевых канавок одинаковой ширины:

$$\frac{\pi \cdot (d_{к1}^2 - d_{шв}^2)}{4} = \frac{\pi \cdot K_{упл.} \cdot (d_{к2}^2 - d_{шв}^2)}{4} \quad (2)$$

$$d_{к1}^2 = K_{упл.} \cdot (d_{к2}^2 - d_{шв}^2) + d_{шв}^2 \quad (3)$$

$$d_{к1} = \sqrt{K_{упл.} \cdot (d_{к2}^2 - d_{шв}^2) + d_{шв}^2} \quad (4)$$

где:  $d_{к1}$  — внутренний диаметр корпуса на входе в рабочую часть;  
 $d_{к2}$  — внутренний диаметр корпуса у режущей пары;  
 $d_{шв}$  — диаметр цилиндрической части шнека.

1) Чижикова Т.В. Машины для измельчения мяса и мясных продуктов. —М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. с.171.

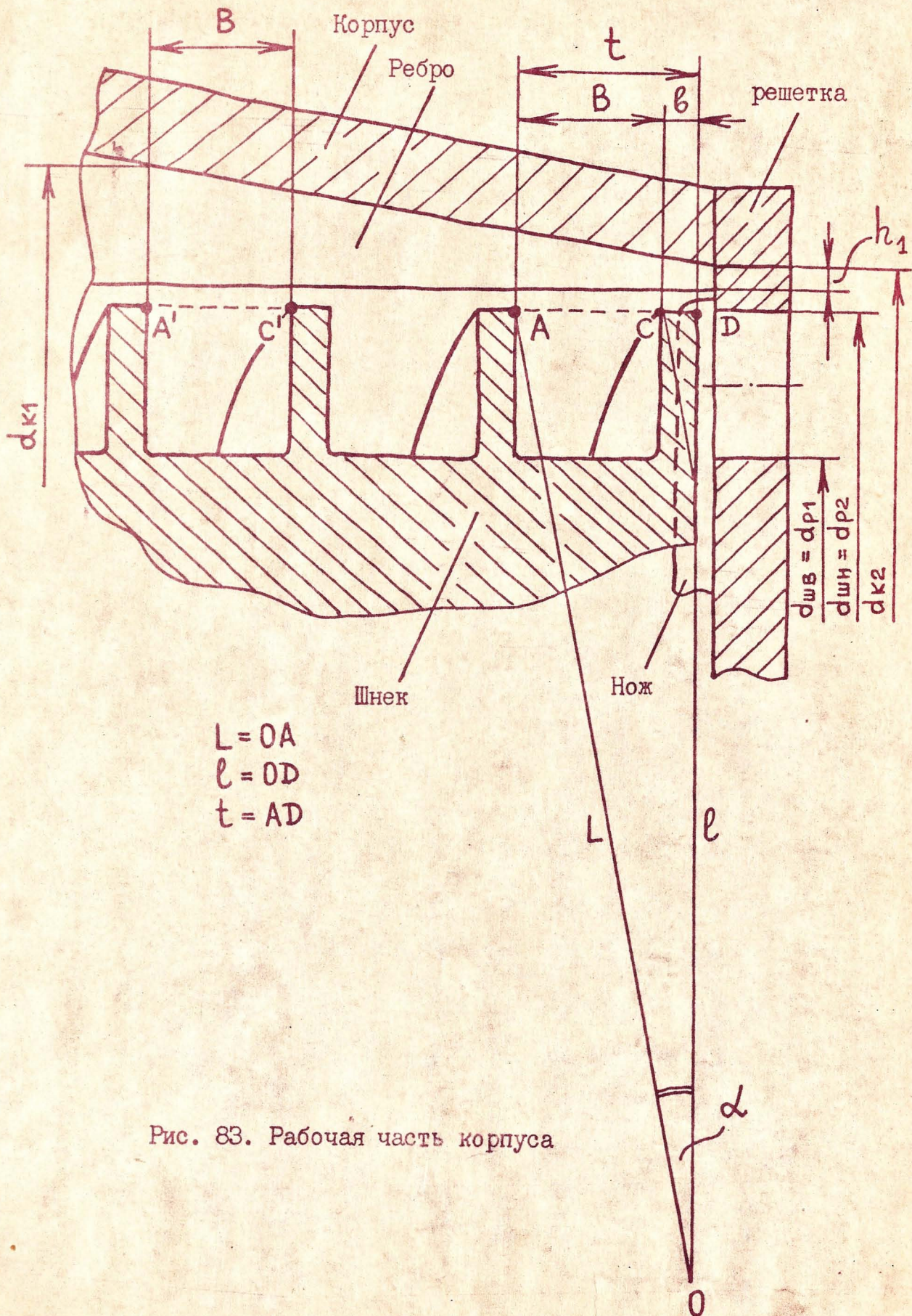


Рис. 83. Рабочая часть корпуса

За счет толщины витка уменьшается заполнение шнека продуктом. Введем учитывающий это коэффициент.

$$B = t - b = t \cdot K_T \quad (5)$$

$$K_T = \frac{t - b}{t} = \frac{B}{B + b} \quad (6)$$

где:  $K_T$  - коэффициент, учитывающий ухудшение заполнения шнека продуктом за счет толщины витка;

$t$  - шаг витка;

$B$  - ширина канавки между витками;

$b$  - толщина витка;

Если выполнить ребра на корпусе спиральными (п.19.1), то можно добиться, что угол между витками шнека и ребрами будет равен  $90^\circ$  и будут полностью отсутствовать потери на смятие продукта, выдавливание из него жидкой фракции, нагрев фарша и т.д. Если из технологических соображений ребра выполнить прямыми, то необходимо ввести коэффициент, учитывающий потери энергии из-за этого.

#### Зона измельчения продукта.

Если отверстия в решетке выполнить на площади, ограниченной с одной стороны окружностью, равной диаметру центральной части шнека, а с другой стороны - наружному диаметру шнека (п.47), то потери на вдавливание продукта в решетку будут минимальными. Наружный диаметр решетки равен при этом наружному диаметру корпуса (п.26) и буртик гайки не перекрывает отверстия в решетке.

Определим коэффициент использования площади решетки ( $K_{ир}$ ).

$$\left. \begin{aligned} d_{шв} &= d_{р1} \\ d_{шн} &= d_{р2} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где:  $d_{р1}$  и  $d_{р2}$  - диаметры окружностей, ограничивающих размещение отверстий в решетке.

$$S_1 = \frac{z \cdot \pi \cdot d^2}{4} \quad (8)$$

где:  $S_1$  - суммарная площадь отверстий в решетке (для круглых отверстий).

$z, d$  - число отверстий в решетке и их диаметр.

$$S_2 = \frac{\pi}{4} (d_{p2}^2 - d_{p1}^2) = \frac{\pi}{4} (d_{шн}^2 - d_{шв}^2) \quad (9)$$

где:  $S_2$  - площадь кольца, на котором размещены отверстия в решетке.

$$K_{ип} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{z \cdot d^2}{d_{шн}^2 - d_{шв}^2} \quad (10)$$

По ГОСТ 4025-83 коэффициент использования площади решетки должен быть не менее 0,3. Если выполнить отверстия некруглыми (п.35), перемычки между отверстиями сделать узкими (п.36), а площадь каждого отверстия, выполнить, при необходимости, не по ГОСТу (п.34.2), то коэффициент использования площади решетки можно значительно увеличить.

Определим объем продукта перед решеткой между стенками последнего витка

$$V_2 = L \cdot B \frac{d_{шн} - d_{шв}}{2} \quad (11)$$

где:  $L$  - длина канавки между стенками последнего витка (по средней линии).

$$L = \frac{l}{\cos \alpha} \quad (12)$$

где:  $l$  - длина окружности, перпендикулярной оси шнека (по средней линии канавки);

$\alpha$  - угол подъема витка шнека.

При небольших значениях угла  $\alpha$  можно для упрощения вычислений принять  $L \approx l$ .

Погрешность при  $\alpha = 10^\circ$  не превысит 1,5%.

$$L \approx l = \frac{\pi (d_{шн} + d_{шв})}{2} \quad (13)$$

Для однозаходного шнека:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t}{e} \quad (14)$$

Для многозаходного шнека:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t \cdot z_1}{e} \quad (15)$$

где:  $z_1$  - число заходов шнека.

$$t = \frac{l \cdot \operatorname{tg} \alpha}{z_1} = \frac{\pi \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot (d_{\text{шн}} + d_{\text{шв}})}{2 \cdot z_1} \quad (\text{I6})$$

Подставив значения (I3), (5), (I6) в (II), получим:

$$v_2 = \frac{\pi \cdot (d_{\text{шн}} + d_{\text{шв}})}{2} \cdot \frac{\pi \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot (d_{\text{шн}} + d_{\text{шв}})}{2 \cdot z_1} \cdot \frac{(d_{\text{шн}} - d_{\text{шв}}) \cdot K_T}{2} \quad (\text{I7})$$

После упрощений:

$$v_2 = \frac{\pi^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot K_T \cdot (d_{\text{шн}}^2 - d_{\text{шв}}^2) \cdot (d_{\text{шн}} + d_{\text{шв}})}{8 \cdot z_1} \quad (\text{I8})$$

Определим массу сжатого продукта между стенками последнего витка ( $m$ ):

$$m = v_2 \cdot \rho \cdot K_{\text{упл}} \quad (\text{I9})$$

где:  $\rho$  - плотность продукта (для говядины в несжатом состоянии = 1,1 г/см<sup>3</sup>).

Продукт, находящийся между стенками последнего витка частично вдавливается в отверстия решетки, а частично - в зазор между корпусом и шнеком. Определим коэффициент потерь продукта через этот зазор.

$$K_B = \frac{S_1}{S_1 + S_3} \quad (\text{20})$$

где:  $S_3$  - площадь зазора между шнеком и корпусом в сечении, перпендикулярном оси шнека.

$$S_3 = \frac{\pi \cdot (d_{\text{к2}}^2 - d_{\text{шн}}^2)}{4} - z_2 \cdot b_1 \cdot h_1 \quad (\text{21})$$

где:  $z_2$  - число ребер у режущей пары;

$b_1, h_1$  - ширина и высота ребер у режущей пары.

С учетом коэффициента  $K_B$  за один оборот шнека сквозь решетку пройдет масса продукта ( $m_1$ ). Из уравнения (I9) получаем:

$$m_1 = m \cdot K_B = v_2 \cdot \rho \cdot K_{\text{упл}} \cdot K_B \quad (\text{22})$$

Если выполнить гайку с радиальным ребром (п.31), а решетку - тонкой (п.32), либо в толстой решетке выполнить наклонные отверстия (п.48), то потери на вдавливание продукта в стенки отверстий будут сведены к минимуму и поправочный коэффициент не понадобится.

Если число лопастей ножа выполнить равным числу заходов шнека (п.4I и 43.I), то нож может быть размещен в теле витка шнека (п.39). При этом он не перекрывает отверстий в решетке и не уменьшает, тем самым, коэффициент использования площади решетки.

$$Z_3 = Z_1 \quad (23)$$

где:  $Z_3$  - число лопастей ножа.

Определим, как в этом случае связаны между собой размеры частиц фарша и угол подъема витка шнека  $\alpha$ .

Принимаем для решетки с круглыми отверстиями:

$$l_1 = \sqrt{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \quad (24)$$

где:  $l_1$  - длина частицы фарша;  
 $d$  - диаметр отверстий в решетке.

Для однозаходного шнека:

$$l_1 = B = t \cdot K_T \quad (25)$$

Для многозаходного шнека:

$$l_1 z_1 = B = t \cdot K_T \quad (26)$$

$$l_1 = \frac{t \cdot K_T}{z_1} = \frac{\pi \cdot t \cdot \operatorname{tg} \alpha (d_{шн} + d_{шв}) \cdot K_T}{2 z_1^2} \quad (27)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2 \cdot z_1^2 \cdot l_1}{\pi \cdot K_T \cdot (d_{шн} + d_{шв})} \quad (28)$$

Задавшись производительностью мясорубки  $N$  (кг/час), числом оборотов шнека  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ), можно определить массу продукта  $m_1$ , прошедшего сквозь решетку за один оборот

$$m_1 = \frac{N \cdot 1000}{60 \cdot n} \quad (r) \quad (29)$$

Приравняв (22) и (29), получим:

$$v_2 \cdot \rho \cdot K_{упл} \cdot K_B = \frac{N \cdot 1000}{60 \cdot n} \quad (30)$$

Подставим в (30) значение  $v_2$  из (18):

$$\frac{\pi^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot K_T \cdot (d_{шн}^2 - d_{шв}^2)(d_{шн} + d_{шв}) \cdot \rho \cdot K_{упл} \cdot K_B}{8 \cdot z_1} = \frac{N \cdot 1000}{60 \cdot n} \quad (31)$$

$$t_{gd} = \frac{N \cdot 1000 \cdot z_1 \cdot 8}{60 \cdot n \cdot \pi^2 \cdot \rho \cdot K_T \cdot K_{упл} \cdot K_B (d_{шн}^2 - d_{шв}^2)(d_{шн} + d_{шв})} \quad (32)$$

$$t_{gd} = \frac{13,5 \cdot N \cdot z_1}{n \cdot \rho \cdot K_T \cdot K_{упл} \cdot K_B (d_{шн}^2 - d_{шв}^2)(d_{шн} + d_{шв})} \quad (33)$$

Планом работ по ФСА на 1988 год предусмотрено составление уравнений для остальных функциональных зон приставки - зоны ввода продукта, заходной зоны, зоны предварительного измельчения, а также взаимоувязка геометрических размеров приставки с параметрами редуктора и мощностью электродвигателя.