

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 631.363.285

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОТЖИМА СОКА ШНЕКОВЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ДРЕНИРУЮЩИМ КОНТУРОМ

**Д.А. ЯКОВЛЕВ**

(Донской государственный технический университет)

Приведены результаты теоретических исследований процесса отжима сока шнековым прессом. Построена математическая модель отжима сока шнековым рабочим органом с дополнительным дренирующим контуром. **Ключевые слова:** шнек, шнековый пресс, дополнительный дренирующий контур, зелёная масса, отжим сока, механическое обезвоживание, влажное фракционирование.

**Введение.** Шнековые прессы являются наиболее распространённым отжимным устройством непрерывного действия в технологии влажного фракционирования [1]. В таких прессах возможно достичь давление, необходимое для обезвоживания зелёной массы. Эффект самодозирования шнековых прессов исключает необходимость равномерной подачи материала. Однако вследствие большой толщины прессуемого слоя и сравнительно малой площади контакта обезвоживаемого материала с дренирующим контуром шнековые прессы обладают меньшей в сравнении с другими устройствами степенью обезвоживания.

С целью повышения качества отжима предложена конструкция шнека с дополнительным дренирующим контуром [2, 3] (рис.1). Для теоретической оценки эффективности разработанной конструкции составлена математическая модель, позволяющая рассчитать выход сока в процессе механического обезвоживания.

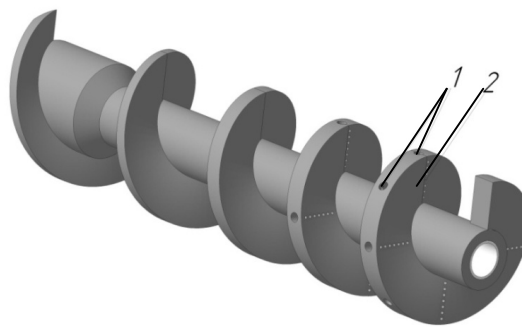


Рис.1. Конструкция шнекового рабочего органа с дополнительным дренирующим контуром: 1 – канал; 2 – отверстия

**Расчёт скорости фильтрации сока при отжиме.** Для описания процесса фильтрации зелёного сока через пористую среду растительного скелета воспользуемся законом Дарси [4]:

$$\begin{cases} v_x = -k_x \cdot \frac{\partial H}{\partial x} \\ v_y = -k_y \cdot \frac{\partial H}{\partial y} \\ v_z = -k_z \cdot \frac{\partial H}{\partial z} \end{cases}, \quad (1)$$

где  $v_x, v_y, v_z$  – скорости фильтрации жидкости в направлениях  $x, y, z$  соответственно;

$k_x, k_y, k_z$  – коэффициенты фильтрации жидкости в направлениях  $x, y, z$  соответственно;

$\frac{\partial H}{\partial x}, \frac{\partial H}{\partial y}, \frac{\partial H}{\partial z}$  – падение напора на единицу длины в направлениях  $x, y, z$  соответственно

(градиенты порового давления).

Межвитковое пространство шнека представлено в виде трапециевидального жёлоба (рис.2):

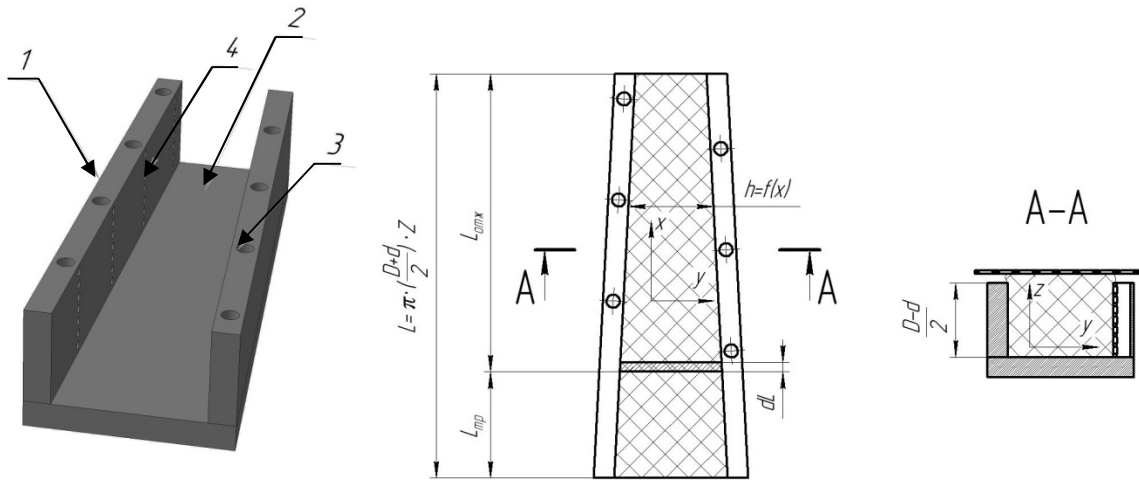


Рис.2. Модель развёрнутого межвиткового пространства шнека:  
 1 – виток; 2 – вал шнека; 3 – канал дополнительного дренирующего контура; 4 – отверстия;  
 $D$  и  $d$  – внешний и внутренний диаметры шнека;  $Z$  – количество витков шнека

Разобьём объём межвиткового пространства на конечное число элементарных слоёв, толщиной  $dl$ . Применительно к модели шнека с дополнительным дренирующим контуром закон (1) приобретает следующий вид:

$$\begin{cases} v_{1y} = -k_y \cdot \frac{\partial H}{\partial y} \\ v_{1z} = -k_z \cdot \frac{\partial H}{\partial z} \end{cases} \quad (2)$$

При фильтрации через фильтрующую перегородку изменением давления внутри прессируемого слоя можно пренебречь. Интегрируем каждое уравнения системы (2).

Для направления по оси  $y$  (начальные условия  $y=0$ , граничные условия – длина участка фильтрации равна ширине канала  $y=h$ ), для направления по оси  $z$  (начальные условия  $z = \frac{d}{2}$ , граничные условия  $z = \frac{D}{2}$ ) получает следующие зависимости:

$$\begin{cases} v_{1y} = k_y \cdot \frac{H - C_1}{h} \\ v_{1z} = k_z \cdot \frac{2 \cdot (H - C_2)}{(D - d)} \end{cases} \quad (3)$$

При отсутствии порового давления,  $H = 0$ , скорость фильтрации равна нулю  $v_{1y} = 0$ ,  $v_{1z} = 0$ . Таким образом,

$$C_1 = 0; \quad C_2 = 0.$$

Уравнение (3) приобретает вид:

$$\begin{cases} v_{1y} = k_y \cdot \frac{H}{h} \\ v_{1z} = k_z \cdot \frac{2H}{(D-d)} \end{cases} \quad (4)$$

Скорость фильтрации одновременно в двух направлениях рассчитывается по общеизвестному свойству градиента:

$$v_1 = \sqrt{v_{1y}^2 + v_{1z}^2};$$

$$v_1 = \sqrt{\left(k_y \cdot \frac{H}{h}\right)^2 + \left(k_z \cdot \frac{2H}{(D-d)}\right)^2} \quad (5)$$

Скорость фильтрации сока во всём канале будет определяться как сумма скоростей каждого слоя на участке  $0 - L_{отж}$ . В дифференциальной форме зависимость будет следующей:

$$\begin{cases} v = \int_0^{L_{отж}} \sqrt{\left(k_y \cdot \frac{H}{h}\right)^2 + \left(k_z \cdot \frac{2H}{(D-d)}\right)^2} \cdot dx \\ v_z = \int_0^{L_{отж}} k_z \cdot \frac{2H}{(D-d)} \cdot dx \end{cases} \quad (6)$$

где  $v$  – скорость фильтрации жидкости при отжиге экспериментальным шнеком (фильтрация в направлениях  $y$  и  $z$ );  $v_z$  – скорость фильтрации жидкости при отжиге стандартным шнеком (фильтрация в направлении  $z$ ).

Для расчёта скоростей фильтрации на всём участке отжима сока  $L_{отж}$  представим все зависимости, входящие в уравнение (6), от координаты  $x$ . На рис.3 представлена зависимость ширины канала  $h$  от координаты  $x$ .

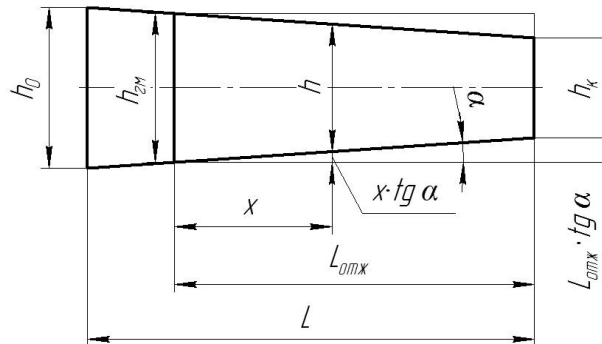


Рис.3. Геометрические параметры межвиткового пространства шнека

Толщина межвиткового пространства (канала)  $h$  в любой точке будет определяться соотношением:

$$h = h_0 - 2 \cdot (x + L_{отж}) \cdot tg\alpha \Big|_{x=0} \quad (7)$$

Найдём величину  $tg\alpha$ . Отношение начальной толщины канала  $h_0$  к конечной толщине  $h_k$  является коэффициентом сжатия материала  $k_{сж}$ :

$$\frac{h_0}{h_k} = k_{сж} \quad (8)$$

Согласно зависимости (8) конечная толщина канала:

$$h_k = h_0 - 2L \cdot \operatorname{tg} \alpha .$$

Подставим данную зависимость в уравнение (8):

$$\frac{h_0}{h_0 - 2L \cdot \operatorname{tg} \alpha} = k_{\text{сж}} ,$$

откуда

$$\operatorname{tg} \alpha = h_0 \frac{k_{\text{сж}} - 1}{2L \cdot k_{\text{сж}}} . \quad (9)$$

Формула (8) с учётом (10) приобретает вид:

$$h = h_0 \left( 1 - (x + L_{\text{мп}}) \cdot \frac{k_{\text{сж}} - 1}{L \cdot k_{\text{сж}}} \right) \Bigg|_{x=0}^{L_{\text{отж}}} . \quad (10)$$

Ширина канала в середине участка отжима равна

$$h_{\text{ис}} = h_0 \left( 1 - \left( \frac{L_{\text{отж}}}{2} + L_{\text{мп}} \right) \cdot \frac{k_{\text{сж}} - 1}{L \cdot k_{\text{сж}}} \right) \Bigg|_{x=0}^{L_{\text{отж}}} . \quad (11)$$

Поровое давление, входящее в уравнение скорости фильтрации сока (6), является составной частью общего давления [6]:

$$P = H + E , \quad (12)$$

где  $P$  – полное давление на прессующую поверхность витка шнека в направлении прессования;  $H$  – поровое (нейтральное) давление;  $E$  – эффективное давление.

Эффективное давление определяется из условия равновесия выделенного элементарного объёма обезвоживаемого материала. Оно определяется следующим выражением:

$$E = E_{\text{вых}} \cdot e^{-a(L_{\text{отж}} - x)} \Bigg|_{x=0}^{L_{\text{отж}}} .$$

При условии, что на выходе из прессующей камеры  $E_{\text{вых}} = P_{\text{вых}}$ ,

$$E = P_{\text{вых}} \cdot e^{-a(L_{\text{отж}} - x)} \Bigg|_{x=0}^{L_{\text{отж}}} , \quad (13)$$

где  $P_{\text{вых}}$  – общее давление на выходе из прессующей секции;  $a$  – расчетный коэффициент.

Осевое давление  $E$  связано с радиальным  $E^{\text{рад}}$  следующим законом:

$$\frac{E^{\text{рад}}}{E} = \xi . \quad (14)$$

Для описания порового давления примем следующую зависимость:

$$H = H_{\text{эм}} \cdot e^{-a_h(x - L_{\text{мп}})} , \quad (15)$$

где  $H_{\text{эм}}$  – поровое давление на этапе достижения состояния гидромассы;  $a_h$  – эмпирический коэффициент.

Поровое давление  $H_{\text{эм}}$  свяжем с эффективным давлением на этапе достижения состояния гидромассы  $E_{\text{эм}}$  следующей зависимостью:

$$H_{\text{эм}} = b_h \cdot E_{\text{эм}} , \quad (16)$$

где  $E_{\text{эм}}$  определяется зависимостью (13) при  $x = 0$ ;  $b_h$  – эмпирический коэффициент.

Исследования [5] показали, что взаимосвязь осевого и радиального поровых давлений целесообразно описывать уравнением:

$$\frac{H}{H^{\text{рад}}} = \frac{H_y}{H_z} = \xi . \quad (17)$$

Конечная зависимость поровых давлений  $H_y$  и  $H_z$  от положения в прессовом канале, исходя из (15), имеет вид

$$\begin{cases} H_y = H_{\text{эм}} \cdot \xi \cdot e^{-a_h x} \\ H_z = H_{\text{эм}} \cdot e^{-a_h x} \end{cases} \Bigg|_{x=0}^{L_{\text{отж}}} . \quad (18)$$

Определение коэффициента фильтрации зелёного сока через «скелет» растительной массы подробно рассмотрено в работе В.Н. Фомина [1]. Начальный коэффициент фильтрации (в момент достижения материалом состояния гидромассы) определяется зависимостью:

$$k_{\phi 0} = \xi_a \cdot \frac{\gamma_{zc} \cdot \mu_a}{\gamma_a \cdot \mu_{zc}} \cdot \left( a_{10} - a_{11} \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_a} \right) \cdot \left[ 1 - \frac{\gamma_e \cdot (C_e - C_j)}{\gamma_{sm} \cdot (C_{sm} - C_j) \cdot (1 - x_*)} \right]^{b_4}, \quad (19)$$

где  $\xi_a$  – коэффициент соотношения продольной и поперечной фильтрации;

$$k_{\phi}^z = \xi_a \cdot k_{\phi}^y \quad (20)$$

$\gamma_{zc}, \gamma_a$  – плотность зелёного сока и воды соответственно;  $\mu_a, \mu_{zc}$  – коэффициент вязкости зелёного сока и воды соответственно;  $a_{10}, a_{11}, b_4$  – эмпирические коэффициенты;  $\gamma_e, \gamma_c = \gamma_e \cdot C_e$  – объёмная плотность измельчённой зелёной массы и сухого вещества измельчённой зелёной массы соответственно;  $C_e, C_j$  – содержание сухого вещества в измельчённой зелёной массе и зелёного сока;  $\gamma_{sm}$  – объёмная плотность максимально деформированной измельчённой зелёной массы;  $C_{sm}$  – содержание сухого вещества в максимально деформированной измельчённой зелёной массы;  $x_*$  – относительная линейная деформация.

По аналогии с зависимостью изменения коэффициента пористости [4] примем следующую модель изменения коэффициента фильтрации:

$$k_{\phi} = k_{\phi 0} \cdot \left( 1 - a_k \cdot P_{\text{вылх}} \cdot e^{-a \cdot (L_{\text{отжк}} - x)} \right) \Big|_{x=0}^L, \quad (21)$$

где  $a_k$  – эмпирический коэффициент.

Полученные зависимости подставим в систему уравнений скорости фильтрации сока (6):

$$\begin{cases} v = \int_0^{L_{\text{отжк}}} \sqrt{\left( k_{\phi 0y} \cdot \left( 1 - a_k \cdot P_{\text{вылх}} \cdot e^{-a \cdot (L_{\text{отжк}} - x)} \right) \cdot \frac{H_{zm} \cdot \xi \cdot e^{-a_h \cdot x}}{h_{\text{плс}}} \right)^2 + \left( k_{\phi 0z} \cdot \left( 1 - a_k \cdot P_{\text{вылх}} \cdot e^{-a \cdot (L_{\text{отжк}} - x)} \right) \cdot \frac{2H_{zm} \cdot e^{-a_h \cdot x}}{(D-d)} \right)^2} \cdot dx \\ v_z = \int_0^{L_{\text{отжк}}} k_{\phi 0z} \cdot \left( 1 - a_k \cdot P_{\text{вылх}} \cdot e^{-a \cdot (L_{\text{отжк}} - x)} \right) \cdot \frac{2H_{zm} \cdot e^{-a_h \cdot x}}{(D-d)} \cdot dx \end{cases} \quad (22)$$

Произведём интегрирование при помощи математической программы Wolfram Mathematica 7.0:

$$\begin{cases} v = \sqrt{\left( a \cdot e^{a \cdot L_{\text{отжк}}} - a_h \cdot e^{a \cdot L_{\text{отжк}}} + a_h \cdot a_k \cdot e^{a \cdot x} \cdot P_{\text{вылх}} \right) \times \left( e^{-2a_h \cdot x} \left( H_{zm} - a_k \cdot e^{a \cdot (x - L_{\text{отжк}})} \cdot H_{zm} \cdot P_{\text{вылх}} \right)^2 \cdot \left( \frac{4k_{\phi 0z}^2}{(D-d)^2} + \frac{k_{\phi 0y}^2 \cdot \xi^2}{h_{\text{плс}}^2} \right) \right)} \Big|_{x=0}^{L_{\text{отжк}}} + C_3 \\ v_z = \frac{2e^{a_h \cdot x} \cdot k_{\phi 0z} \cdot H_{zm} \cdot \left( \frac{1}{a_h} + \frac{a_k \cdot e^{a \cdot (x - L_{\text{отжк}})} \cdot P_{\text{вылх}}}{a - a_h} \right)}{D - d} \Big|_{x=0}^{L_{\text{отжк}}} + C_4 \end{cases} \quad (23)$$

Для вычисления констант  $C_3, C_4$  рассмотрим состояние в начале процесса отжима после достижения материалом состояния гидромассы. В этот момент сумма скоростей (23) будет равна скорости фильтрации этого элементарного участка (22) при  $x = 0$ .

Окончательный вид суммарных скоростей фильтрации сока. Для экспериментальной конструкции шнека:

$$\begin{aligned}
 v = & \left( a \cdot e^{\alpha \cdot L_{отж}} - a_h \cdot e^{\alpha \cdot L_{отж}} + a_h \cdot a_{\kappa} \cdot e^{\alpha \cdot L_{отж}} \cdot P_{вых} \right) \times \\
 & \times \sqrt{e^{-2\alpha_h \cdot L_{отж}} \left( H_{\text{зМ}} - a_{\kappa} \cdot H_{\text{зМ}} \cdot P_{вых} \right)^2 \cdot \left( \frac{4k_{\phi 0z}^2}{(D-d)^2} + \frac{k_{\phi 0y}^2 \cdot \xi^2}{h_{\text{Илс}}^2} \right)} / \\
 & \left( a_h (a_h - a) \cdot \left( e^{\alpha \cdot L_{отж}} - a_{\kappa} \cdot e^{\alpha \cdot L_{отж}} \cdot P_{вых} \right) \right) - \\
 & \frac{\left( a \cdot e^{\alpha \cdot L_{отж}} - a_h \cdot e^{\alpha \cdot L_{отж}} + a_h \cdot a_{\kappa} \cdot P_{вых} \right) \cdot \sqrt{\left( H_{\text{зМ}} - a_{\kappa} \cdot e^{-\alpha \cdot L_{отж}} \cdot H_{\text{зМ}} \cdot P_{вых} \right)^2 \cdot \left( \frac{4k_{\phi 0z}^2}{(D-d)^2} + \frac{k_{\phi 0y}^2 \cdot \xi^2}{h_{\text{Илс}}^2} \right)}}{\left( a_h (a_h - a) \cdot \left( e^{\alpha \cdot L_{отж}} - a_{\kappa} \cdot e^{\alpha \cdot L_{отж}} \cdot P_{вых} \right) \right)} + \\
 & + \sqrt{\left( k_{\phi 0y} \cdot \left( 1 - a_{\kappa} \cdot P_{вых} \cdot e^{-\alpha(L_{отж})} \right) \cdot \frac{H_{\text{зМ}} \cdot \xi}{h_{\text{Илс}}} \right)^2 + \left( k_{\phi 0z} \cdot \left( 1 - a_{\kappa} \cdot P_{вых} \cdot e^{-\alpha(L_{отж})} \right) \cdot \frac{2H_{\text{зМ}}}{(D-d)} \right)^2}
 \end{aligned} \tag{24}$$

Для стандартной конструкции:

$$\begin{aligned}
 v_z = & - \frac{2e^{\alpha_h \cdot L_{отж}} \cdot k_{\phi 0z} \cdot H_{\text{зМ}} \cdot \left( \frac{1}{a_h} + \frac{a_{\kappa} \cdot P_{вых}}{a - a_h} \right)}{D - d} + \\
 & + k_{\phi 0z} \cdot \left( 1 - a_{\kappa} \cdot P_{вых} \cdot e^{-\alpha(L_{отж})} \right) \cdot \frac{2H_{\text{зМ}}}{(D-d)} + \frac{k_{\phi 0z} \cdot H_{\text{зМ}} \cdot \left( \frac{1}{a_h} + \frac{a_{\kappa} \cdot e^{-\alpha \cdot L_{отж}} \cdot P_{вых}}{a - a_h} \right)}{D - d}.
 \end{aligned} \tag{25}$$

**Расчёт выхода сока.** Масса сока, вышедшая при отжиге зелёной массы, занимающей объём межвиткового пространства прессующих витков, равна [7]

$$\begin{aligned}
 M^{3C} &= v \cdot (F_{o.в.} + F_3) \cdot \gamma \cdot t^{отж}, \\
 M_z^{3C} &= v_z \cdot F_3 \cdot \gamma \cdot t^{отж},
 \end{aligned} \tag{26}$$

где  $F_3$ ,  $F_{o.в.}$  – эффективные площади зерновой камеры, контактирующей с отжимаемым продуктом и площадь дополнительного дренирующего контура соответственно;  $\gamma$  – объёмный вес зелёного сока;  $t^{отж}$  – время отжима через зерную камеру.

Исходя из зависимости (10), эффективная площадь зерновой камеры, контактирующей с отжимаемым продуктом, равна

$$\begin{aligned}
 F_3 &= F_{ж.с.}^3 \cdot \int_0^{L_{отж}} h_0 \left( 1 - (x + L_{тр}) \cdot \frac{k_{сж} - 1}{L \cdot k_{сж}} \right), \\
 F_3 &= F_{ж.с.}^3 \cdot \frac{h_0 \cdot L_{отж} \cdot (2L - L_{отж}) \cdot (k_{сж} - 1)}{2L \cdot k_{сж}},
 \end{aligned} \tag{27}$$

где  $F_{ж.с.}^3$  – живое сечение зернового цилиндра.

Площадь дополнительного дренирующего контура равна

$$F_{o.в.} = d_{отв}^{\text{днк}} \cdot j \cdot i, \tag{28}$$

где  $d_{отв}^{\text{днк}}$  – диаметр отверстий дополнительного дренирующего контура;  $j$  – количество отверстий в ряду;  $i$  – количество каналов.

Время отжима сока запишем в виде отношения пройденного пути элементарным слоем материала к скорости прохождения:

$$t_{отж} = \frac{L_{отж}}{V}, \quad (29)$$

где  $V$  – линейная скорость витков шнека по среднему диаметру:

$$V = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot \frac{D+d}{4} = \frac{\pi \cdot n}{120} \cdot (D+d), \quad (30)$$

$n$  – число оборотов шнека.

Уравнение (29) принимает окончательный вид:

$$t_{отж} = \frac{120 \cdot L_{отж}}{\pi \cdot n \cdot (D+d)}; \quad (31)$$

Определяем выход сока:

$$\lambda = \frac{M^{3C}}{M_{отж}^{3M}}, \quad (32)$$

$$\lambda_z = \frac{M_z^{3C}}{M_{отж}^{3M}},$$

где  $M_{отж}^{3M}$  – масса измельченной зелёной массы, занимающая объём межвиткового пространства прессующих витков, до прессования (т.е. в состоянии гидромассы):

$$M_{отж}^{3M} = V_{отж}^{3M} \cdot \rho_{з.м.}, \quad (33)$$

где  $V_{отж}^{3M}$  – условный объём зелёной массы в зоне отжима сока при одинаковой плотности массы;  $\rho_{з.м.}$  – плотность гидромассы.

Условный объём, занимаемый зелёной массой при одной плотности, рассчитаем как площадь поперечного сечения канала в месте достижения материалом состояние гидромассы на длину жёлоба  $L$ :

$$V_{отж}^{3M} = \left( \frac{D-d}{2} \right) \cdot h_0 \cdot \left( 1 - L_{тр} \cdot \frac{k_{сж} - 1}{L \cdot k_{сж}} \right) \cdot L_{отж}. \quad (34)$$

Окончательные уравнения, позволяющие рассчитать выход сока, после соответствующих преобразований:

$$\lambda = v \cdot \frac{120 \cdot (2L \cdot k_{сж} \cdot d_{отв}^{одк} \cdot j \cdot i + F_{ж.с.}^3 \cdot h_0 \cdot L_{отж} \cdot (2L - L_{отж} \cdot (k_{сж} - 1))) \cdot \gamma}{\pi \cdot n \cdot (D^2 - d^2) \cdot h_0 \cdot (L + L_{отж} \cdot (k_{сж} - 1)) \cdot \rho_{з.м.}}, \quad (35)$$

$$\lambda_z = v_z \cdot \frac{120 \cdot F_{ж.с.}^3 \cdot L_{отж} \cdot (2L - L_{отж} \cdot (k_{сж} - 1)) \cdot \gamma}{\pi \cdot n \cdot (D^2 - d^2) \cdot (L + L_{отж} \cdot (k_{сж} - 1)) \cdot \rho_{з.м.}}.$$

**Заключение.** Получена математическая модель, позволяющая рассчитать выход сока, отводимого из камеры прессования одновременно в двух направлениях: в направлении зерновой камеры и дополнительного дренажного контура в витках шнека.

#### Библиографический список

1. Фомин В.И. Влажное фракционирование зелёных кормов / В.И. Фомин / РИСХМ. – Ростов н/Д, 1978. – 160 с.
2. Пат. 93738 Российская Федерация, МПК В 30 В 9/12, В 30 В 9/14. Шнековый пресс для отжима сока из растительного сырья / А.Г. Карапетьян, Д.А. Яковлев; заявл. 15.12.2009; опубл. 10.05.2010. Бюл. №13.
3. Яковлев Д.А. Рационализация шнекового рабочего органа для отжима сока из зелёных растений / Д.А. Яковлев // Вестн. Донс. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т.10, №4. – С.556-559.

4. Мироненко В.А. Основы гидромеханики / В.А. Мироненко, В.М. Шестаков. – М.: Недра, 1974. – 296 с.
5. Яковлев Д.А. Анализ конструкции и выбор шнекового рабочего органа для отжима сока из зелёных растений / Д.А. Яковлев, А.Г. Карапетьян // Инновационные технологии и техника – основа повышения эффективности животноводства: сб. тр. – зерноград: СКНИИМЭСХ, 2010. – С.357-364.
6. Прессы пищевых и кормовых производств / под ред. А.Я. Соколова. – М.: Машиностроение, 1973. – 288 с.
7. Груздев И.Э. Теория шнековых устройств / И.Э. Груздев, Р.Г. Мирзоев, В.И. Янков. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. – 144 с.

Материал поступил в редакцию 06.06.2011.

### **References**

1. Fomin V.I. Vlazhnoe frakcionirovanie zelyony`x kormov / V.I. Fomin / RISXM. – Rostov n/D, 1978. – 160 s. – In Russian.
2. Pat. 93738 Rossijskaya Federaciya, MPK B 30 B 9/12, B 30 B 9/14. Shnekovy`j press dlya otzhima soka iz rastitel`nogo sy`r`ya / A.G. Karapet`yan, D.A. Yakovlev; zayavl. 15.12.2009; opubl. 10.05.2010. Byul. #13. – In Russian.
3. Yakovlev D.A. Racionalizaciya shnekovogo rabocheho organa dlya otzhima soka iz zelyony`x rastenij / D.A. Yakovlev // Vestn. Dons. gos. texn. un-ta. – 2010.– T.10, #4. – S.556-559.
4. Mironenko V.A. Osnovy` gidromexaniki / V.A. Mironenko, V.M. Shestakov. – М.: Nedra, 1974. – 296 s. – In Russian.
5. Yakovlev D.A. Analiz konstrukcii i vy`bor shnekovogo rabocheho organa dlya otzhima soka iz zelyony`x rastenij / D.A. Yakovlev, A.G. Karapet`yan // Innovacionny`e texnologii i texnika – osnova pov`sheniya e`ffektivnosti zhivotnovodstva: sb. tr. – Zernograd: SKNIIME`SX, 2010. – S.357-364. – In Russian.
6. Pressy` pishhevy`x i kormovy`x proizvodstv / pod red. A.Ya. Sokolova. – М.: Mashinostroe-nie, 1973. – 288 s. – In Russian.
7. Gruzdev I.E`. Teoriya shnekovy`x ustrojstv / I.E`. Gruzdev, R.G. Mirzoev, V.I. Yankov. – L.: Izd-vo LGU, 1978. – 144 s. – In Russian.

## **THEORETICAL STUDIES OF JUICING BY SCREW OPERATING DEVICE WITH EXTRA DRAINAGE CONTOUR**

### **D.A. YAKOVLEV**

(Don State Technical University)

*Theoretical studies of the squeezing screw press are made. A mathematical model of juicing by the screw operating device with an extra drainage surface is created.*

**Keywords:** *screw, screw press, extra drainage contour, green crops, juicing, mechanical dehumidification, watery fractionation.*