

УДК 663,8; 634,7

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОЧЕГО ОРГАНА ВАЛКОВО-ЛЕНТОЧНОГО ПРЕССА

Бахарев Алексей Александрович

кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

г. Мичуринск, Россия

e-mail: BakharevAlex@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты теоретических исследований необходимые для работы разработанной в ФГБОУ ВО Мичуринском государственном аграрном университете конструкции рабочих органов валково-ленточного пресса позволяющей получать высокий и стабильный выход сока из ягод. Конструкция отличается от существующих наличием деформируемого (пневматического) вала, в который для создания рабочего давления прессования накачивается воздух.

Для определения энергетических характеристик составлена упрощенная модель и рассмотрено равновесие системы состоящей из деформирующегося и жесткого валков, и прессуемой мезги без учета сил инерции.

Определено что момент необходимый для вращения разработанной конструкции рабочего органа валково-ленточного пресса состоит из суммы моментов от силы, которая выдавливает мезгу из зоны отжима и от силы закручивающей оболочку деформирующегося вала.

Для определения момента от силы, выдавливающей мезгу из межвалкового пространства рассмотрен элементарный участок зоны отжима. Учитывая, что толщина мезги значительно меньше радиуса жесткого вала данную область с достаточной точностью можно представить в виде трапеции.

Выявлена связь данного момента с зависимостью выхода сока от времени прессования при соответствующем давлении.

Определено что момент от закручивания оболочки зависит от отклонения реакции в опоре жесткого вала от линии, соединяющей оси валков. Вследствие того что отклонение этой реакции происходит на незначительный угол для определения момента от закручивания необходимо определить зависимости отклонения реакции от линии соединяющие центры валков и от конструктивных параметров пресса и параметров отжима.

Ключевые слова: Ленточный пресс, сок, отжим, момент вращения

В Мичуринском государственном аграрном университете разработана конструкция рабочих органов пресса, которая дает возможность получать высокий и стабильный выход сока из ягод. Данная конструкция отличается от существующих наличием деформируемого (пневматического) вала, в который для создания давления прессования накачивается воздух. [1, 2, 3]

Так как оболочка вращается медленно, упростим расчетную модель и рассмотрим равновесие системы состоящей из жесткого вала, деформирующегося вала и прессуемой мезги без учета возникающих инерционных сил (рисунок 1).

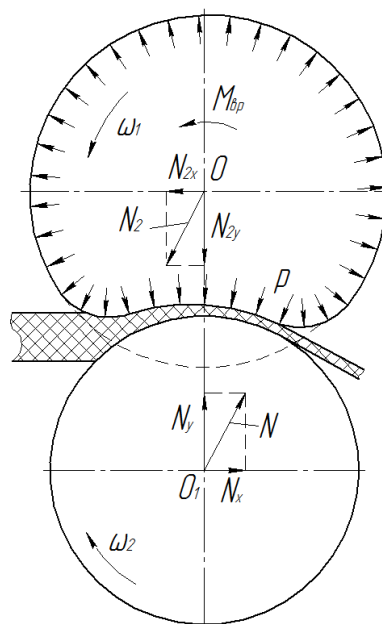


Рисунок 1 – К определению равновесия моментов сил приложенных к рабочему органу

Для определения потребляемой мощности пресса необходимо узнать требуемый вращающий момент. Для этого необходимо рассмотреть равновесие моментов сил приложенных к рабочему органу пресса при вращении валков и процессе отжима относительно оси вращения деформируемого валка. Трение в подшипниках валков не учитываем.

$$\sum M_O = M_{вр} - M_{выд} - M_{об} \quad (1)$$

где: $M_{вр}$ – момент вращения от привода рабочего органа;

$M_{выд}$ – момент от силы, стремящейся выдавить мезгу из рабочей зоны;

$M_{об}$ – момент, возникающий в результате нарушения симметрии оболочки (рассмотрено ниже).

Найдем зависимости, для определения этих моментов сил.

Деформирующийся валок создает постоянное давление на мезгу по всей площади контакта. В результате отделения сока толщина слоя мезги уменьшается. Т.к. деформируемый валок «прижимает» мезгу к жесткому валку, а радиус жесткого остается неизменным, то вместе с уменьшением толщины слоя мезги будет изменяться и радиус кривизны деформирующегося валка.

Выделим в зоне отжима элементарный участок (рисунок 2).

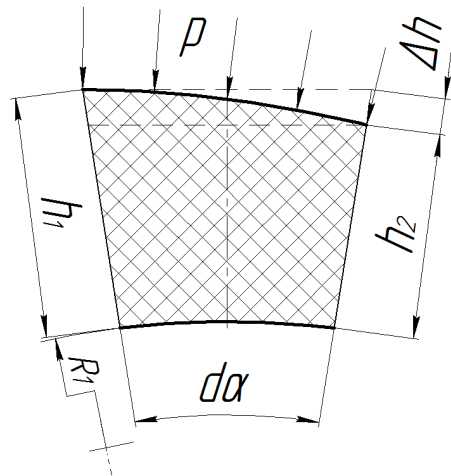


Рисунок 2 – Элементарный участок рабочей зоны

При толщине мезги значительно меньшей радиуса жесткого валка эту область можно представить в виде трапеции (рисунок 3) с основанием $Rd\alpha$ (при $R \gg h_2$ $Rd\alpha \approx (R+h_2)d\alpha$) и сторонами h_1 и h_2 .

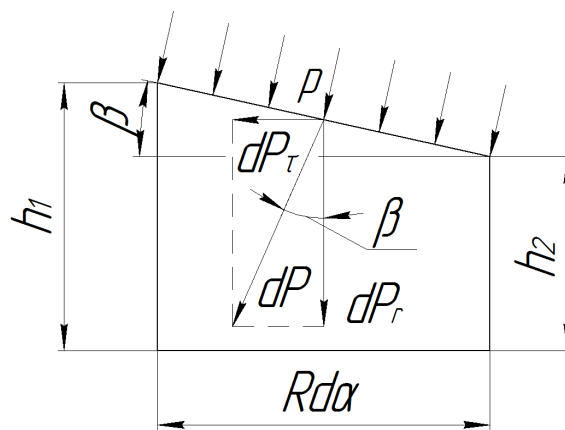


Рисунок 3 – К определению силы dP

Для удобства, заменим распределенное давление p на мезгу сосредоточенной dP :

$$dP = \frac{p \cdot R_1 \cdot b \cdot d\alpha}{\cos \beta} \quad (2)$$

где: b – ширина деформируемого валка.

Нагрузку от давления деформирующегося валка можно разложить на составляющие: радиальную dP_r (направленную к центру жесткого валка) и тангенциальную dP_t (направленную по касательной к жесткому валку), которые равны.

$$dP_r = dP \cdot \cos \beta \quad (3)$$

$$dP_r = dP \cdot \sin \beta \quad (4)$$

При этом $\sin \beta$ и $\cos \beta$ можем определить по формулам:

$$\cos \beta = \frac{R_1 \cdot d\alpha}{\sqrt{R_1^2 + (h_1 - h_2)^2}} \quad (5)$$

$$\sin \beta = \frac{h_1 - h_2}{\sqrt{R_1^2 + (h_1 - h_2)^2}} \quad (6)$$

Подставив выражение (2), (5) и (6) в (3) и (4) получим:

$$dP_r = p \cdot R_1 \cdot b \cdot d\alpha \quad (7)$$

$$dP_r = p \cdot (h_1 - h_2) \cdot b \quad (8)$$

Усилие dP_r стремится выдавить мезгу из рабочей зоны, момент от которого будет определяться по формуле:

$$dM_{\text{выд}} = dP_r \cdot OK \quad (9)$$

Плечо ОК зависит от положения рассматриваемого элементарного участка в рабочей зоне (рисунок 4).

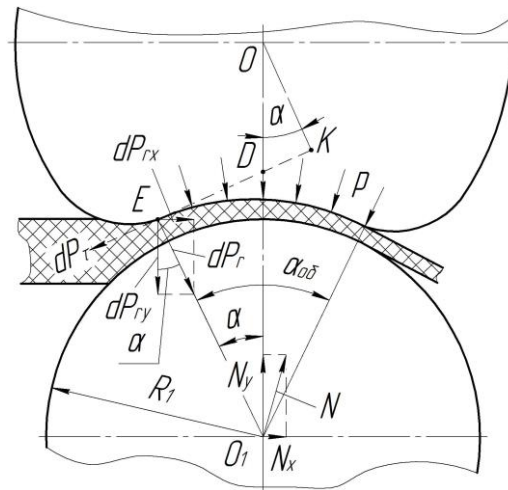


Рисунок 4 – К определению момента от силы, стремящейся выдавить мезгу из межвалкового пространства (Мвыд), и усилия в опоре жесткого валка (N)

Из рисунка (4), в виду подобия треугольников ОКD и O1ED:

$$\frac{OK}{R_1} = \frac{OD}{DO_1} \quad (10)$$

$$DO_1 = \frac{R_1}{\cos \alpha} \quad (11)$$

$$OD = R_1 + R_2 - \Delta - DO_1 \quad (12)$$

$$OK = \frac{OD \cdot R_1}{DO_1} = \frac{(R_1 + R_2 - \Delta - R_1 / \cos \alpha) \cdot R_1}{R_1 / \cos \alpha} = (R_1 + R_2 - \Delta) \cdot \cos \alpha - R_1 \quad (13)$$

Так как мезга является однородной массой, то уменьшение толщины мезги будет пропорционально выделившемуся соку.

$$h_1 = h_0 - \frac{W(t)_1 \cdot h_0}{100} = h_0 \left(1 - \frac{W(t)_1}{100} \right) \quad (14)$$

$$h_2 = h_0 - \frac{W(t)_2 \cdot h_0}{100} = h_0 \left(1 - \frac{W(t)_2}{100} \right) \quad (15)$$

где: h_0 – начальная толщина мезги

$W(t)_1$, $W(t)_2$ – выход сока, соответствующий сечениям слоя мезги с толщиной h_1 и h_2 в % по объему.

$$h_1 - h_2 = h_0 \left(1 - \frac{W_1(t)}{100} \right) - h_0 \left(1 - \frac{W_2(t)}{100} \right) = h_0 \left(\frac{W_2(t) - W_1(t)}{100} \right) \quad (16)$$

$$\text{Или при } d\alpha \rightarrow 0 \quad h_1 - h_2 = \frac{h_0 \cdot dW}{100} \quad (17)$$

Подставив полученные выражения в формулу (9), получим

$$dM_{\text{выд.}} = \frac{h_0 \cdot p \cdot b}{100} ((R_1 + R_2 - \Delta) \cos \alpha - R_1) \cdot dW \quad (18)$$

При известной зависимости выхода сока от времени отжима $W(t)$, $M_{\text{выд.}}$ получаем интегрированием представленной формулы в пределах угла обхвата, заменив при этом время t на выражение:

$$t = \frac{\alpha}{\omega_2}$$

где: ω_2 – угловая скорость вращения деформируемого вала.

$$M_{\text{выд.}} = \int_{-\frac{\alpha_{\text{об}}}{2}}^{\frac{\alpha_{\text{об}}}{2}} \frac{h_0 \cdot p \cdot b}{100} ((R_1 + R_2 - \Delta) \cos \alpha - R_1) \cdot \frac{dW \left(\frac{\alpha}{\omega_2} \right)}{d\alpha} \cdot d\alpha \quad (19)$$

Для практических расчетов предварительно (с запасом) можно использовать формулу, полученную из следующих соображений:

$$R_2 - \Delta \geq (R_1 + R_2 - \Delta) \cos \alpha - R_1 \quad (20)$$

$$M_{\text{выд.}} = \int \frac{h_0 \cdot p \cdot b}{100} (R_2 - \Delta) dW = \frac{h_0 \cdot p \cdot b}{100} (R_2 - \Delta) \cdot W \quad (21)$$

где: W – предполагаемый выход сока.

Рассмотрим теперь влияние силы dP_r

Действие радиальной силы dP_r будет компенсироваться возникающей в опоре жесткого валка реакцией N . Значение и направление реакции определим интегрированием проекции на оси dP_r по зоне обхвата (рисунок 4).

$$N_x = P_x = \int_{-\frac{\alpha_{об}}{2}}^{\frac{\alpha_{об}}{2}} dP_{rx} = \int_{-\frac{\alpha_{об}}{2}}^{\frac{\alpha_{об}}{2}} p \cdot R_1 \cdot b \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha = p \cdot R_1 \cdot b \cdot \sin \alpha \Big|_{-\frac{\alpha_{об}}{2}}^{\frac{\alpha_{об}}{2}} = 2 \cdot p \cdot R_1 \cdot b \cdot \sin \frac{\alpha_{об}}{2} \quad (22)$$

$$N_y = P_y = \int_{-\frac{\alpha_{об}}{2}}^{\frac{\alpha_{об}}{2}} dP_{ry} = \int_{-\frac{\alpha_{об}}{2}}^{\frac{\alpha_{об}}{2}} p \cdot R_1 \cdot b \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha = -p \cdot R_1 \cdot b \cdot \left(\cos \frac{\alpha_{об}}{2} - \cos \frac{\alpha_{об}}{2} \right) = 0 \quad (23)$$

Следовательно реакция N будет равна

$$N = N_x = 2 \cdot p \cdot R_1 \cdot b \cdot \sin \frac{\alpha_{об}}{2} \quad (24)$$

Реакция N должна быть направлена вдоль соединяющей оси валков линии. Однако, момент вращения, закручивая оболочку, нарушает симметрию её формы, натягивая оболочку в зоне вывода выжимок и создавая дополнительную выпуклость в зоне захвата мезги (рисунок 5а). В результате реакция N будет отклонена на некоторый угол γ , создавая тем самым относительно центра O момент от закручивания оболочки (рисунок 6б).

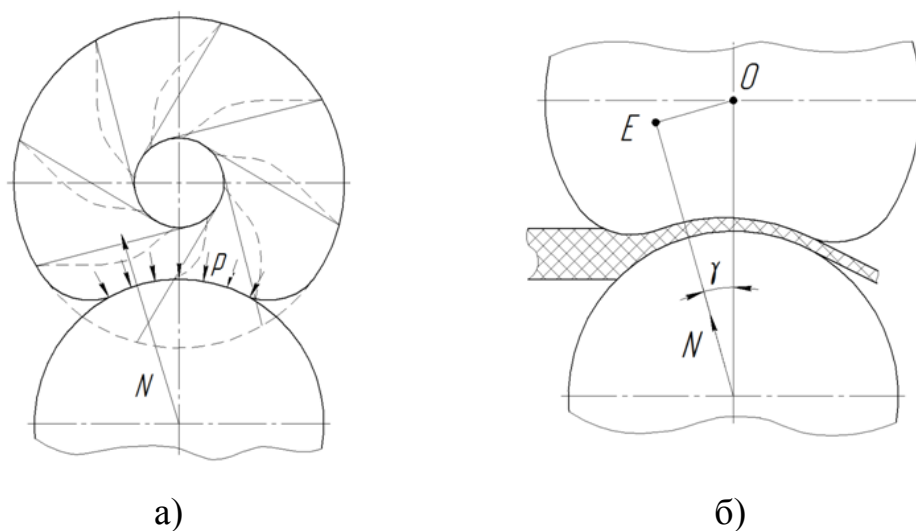


Рисунок 5 – Определение момента от закручивания оболочки

Момент будет определен из выражения:

$$M_{o\delta} = N \cdot EO = 2 \cdot p \cdot R_1 \cdot b \cdot \sin \frac{\alpha_{o\delta}}{2} \cdot (R_1 + R_2 - \Delta) \cdot \sin \gamma \quad (25)$$

Заметим, что отклонение реакции происходит на незначительный угол и, ввиду неопределенности этого отклонения данный момент, необходимо определять опытным путем.

Окончательно из формулы (1) с учетом формул (21) и (25) получим уравнение для определения момента вращения:

$$M_{ep} = \int \frac{h_0 \cdot p \cdot b}{100} (R_2 - \Delta) \cdot W + 2 \cdot p \cdot R_1 \cdot b \cdot \sin \frac{\alpha_{o\delta}}{2} \cdot (R_1 + R_2 - \Delta) \quad (26)$$

Момент необходимый для вращения рабочего органа разработанной конструкции пресса будет получен из суммы моментов: от силы, которая выдавливает мезгу из зоны отжима и от силы закручивающей оболочку деформирующегося вала. Для определения значений момента от закручивания оболочки необходимо определить зависимость отклонения реакции в опоре жесткого вала от линии соединяющие центры валков и от конструктивных параметров пресса и параметров отжима. А также необходимо определить зависимости выхода сока от времени прессования при соответствующем давлении для определения момента от силы, выдавливающей мезгу из межвалкового пространства.

Список литературы

1. Бахарев А.А. Исследование процесса отжима ягодных соков на валково-ленточном прессе / Завражнов А.И., Пустовалов Д.В., Бахарев А.А. // Вестник МичГАУ – 2012 – №1. С. 162 – 165

2. Бахарев А.А. «Валково-ленточный пресс для отжима сока из плодов, ягод и овощей» / Завражнов А.И., Пустовалов Д.В., Бахарев А.А. // Патент на изобретение №239061 от 10.08.2010г.

3. Бахарев А.А. «Ленточный пресс для отжима сока из плодов, ягод и овощей с деформирующимся валком» / Завражнов А.И., Пустовалов Д.В., Бахарев А.А. // Патент на полезную модель. №148630 от 11.11.2014г.

THE RESULTS OF THEORETICAL RESEARCH WORK ON THE ROLLER-BELT PRESS

Bakharev Alexey Alexandrovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Michurinsk State Agrarian University,

Michurinsk, Russia

e-mail: BakharevAlex@mail.ru

Abstract. The article presents the results of theoretical studies are necessary to developed in of the Michurinsk state agrarian University the structure of the working bodies of the roller-belt press which allows to obtain high and stable yield of juice from the berries. The design differs from the existing presence of a deformable (pneumatic) roll, which is to create a work of compacting pressure pumped air.

To determine the energy characteristics is composed of a simplified model and considered the equilibrium of a system consisting of rigid and deformable rolls, and the pressed pulp without taking into account the inertia forces.

Determined that the torque required for rotation of the developed design of the working body of the roller-belt press consists of the sum of the moments of the force, which squeezes the pulp from the zone of extraction and the strength of the swirling shell of the deformable roll.

To determine the moment of the force, crushing the pulp of the roll space is considered a basic area of extraction. Given that the thickness of the pulp is much smaller than the radius of the hard roll in this region with sufficient accuracy can be represented in the form of a trapezoid. Correlation of the time dependence of the yield of juice from the time of pressing with appropriate pressure.

Determined that the torque from the twisting of the shell depends on the deviation of the reaction in the support of the hard roll of the line connecting the axes of the rolls. Due to the fact that the deviation of the response occurs at a slight angle to determine the torque from tightening it is necessary to determine the dependence of the deviation of the reaction from the line connecting the centers of the rolls and the constructive parameters of the press and parameters extraction.

Keywords: Belt press, juice, spin, torque