

*В.Я. Груданов, д.т.н., профессор, А.А. Бренч, к.т.н., доцент, И.Е. Дацук  
Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Республика Беларусь*

## РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ МЯСОКОСТНОГО СЫРЬЯ ШНЕКОВЫМ УЗЛОМ ОТЖАТИЯ

*V. Grudanov, A. Brench, I. Datsuk*

*Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus*

## RHEOLOGICAL BASES OF THE PROCESS OF SEPARATION OF MEAT AND BONE RAW MATERIALS BY THE SCREW PRESSING UNIT

*e-mail: gvyu.pererab@bsatu.by, abrench@mail.ru, datsukigor@gmail.com*

*Рассмотрен процесс разделения мясокостного сырья с помощью шнековых устройств. Разработана реологическая модель полноты выделения мясной фракции при разделении мясокостного сырья шнековым узлом отжатия. Спроектирован и изготовлен лабораторный стенд со шнековым узлом отжатия для разделения мясокостного сырья. Представлены результаты экспериментальных исследований влияния режимно-конструктивных параметров лабораторного шнекового обвалочного пресса на полноту выделения мясной фракции при разделении мясокостного сырья.*

*The process of separating meat and bone raw materials using screw devices is considered. A rheological model of the fullness extraction of the meat fraction during the separation of meat and bone raw materials by the screw pressing unit has been developed. A laboratory stand with a screw pressing unit for separating meat and bone raw materials was designed and manufactured. The results of experimental studies of the influence of modal constructive parameters of a laboratory deboning press on the fullness extraction of meat fraction during the separation of meat and bone raw materials are presented.*

**Ключевые слова:** разделение мясокостного сырья; шнековый пресс; мясная фракция; костный остаток; шнек; перфорированная втулка; полнота выделения мясной фракции; экспериментальный стенд.

**Key words:** separation of meat and bone raw materials; screw press; meat fraction; bone residue; screw; perforated sleeve; fullness extraction of meat fraction; experimental stand.

**Введение.** Мясо и мясные продукты, как один из основных источников поступления белка в организм, имеет большое значение в питании человека. По пищевой ценности мясо птицы практически не отличается от мяса сельскохозяйственных животных – говядины, свинины, баранины, так что все эти виды мяса являются вполне взаимозаменяемыми. Но с экономической стороны мясо птицы гораздо предпочтительнее: из-за физиологических различий животных и птиц, вряд ли могут быть достигнуты более высокие результаты при выращивании крупного и мелкого рогатого скота или свиней.

Широкие возможности для роста производства мяса птицы открывает глубокая переработка мяса птицы.

Во время механического разделения мясокостного сырья в сепарирующей головке пресса развивается большое давление (до  $3 \cdot 10^7$  Па), что вызывает разрушение костной ткани и выход костного мозга в мясную фракцию (мясо механической обвалки) и приводит к изменению химического состава мяса. При этом, мясо птицы после механического разделения остается мясным продуктом со

свойствами, характерными для обычного тонкоизмельченного мяса. Мясную фракцию, после механической обвалки, можно реализовывать как полуфабрикат, но экономически целесообразно использовать ее в виде компонента рецептуры более дорогих продуктов: рубленых полуфабрикатов, колбасных изделий, ветчины и др. [1]

**Цель исследований** – разработка реологической математической модели полноты выделения мясной фракции при разделении мясокостного сырья шнековым узлом отжатия в зависимости от технических параметров применяемого оборудования и технологических свойств обрабатываемого сырья.

**Материалы и методы исследований.** Анализ конструкций прессов для механического разделения мясокостного сырья ведущих производителей оборудования для птицеперерабатывающих предприятий.

**Результаты и их обсуждение.** В результате проведенных исследований предложены математические зависимости, позволяющие определить полноту выделения мясной фракции при разделении мясокостного сырья шнековым узлом отжатия еще на стадии проектирования оборудования с учетом геометрических параметров его рабочих органов и технологических свойств обрабатываемого сырья.

Для практической апробации полученных зависимостей и дополнительных исследований процесса разделения мясокостного сырья шнековым узлом отжатия в обвалочных прессах, определения влияния конструктивных особенностей рабочих органов и режимных параметров работы на качество полученной мясной фракции разработан и смонтирован экспериментальный стенд и изготовлены образцы рабочих органов.

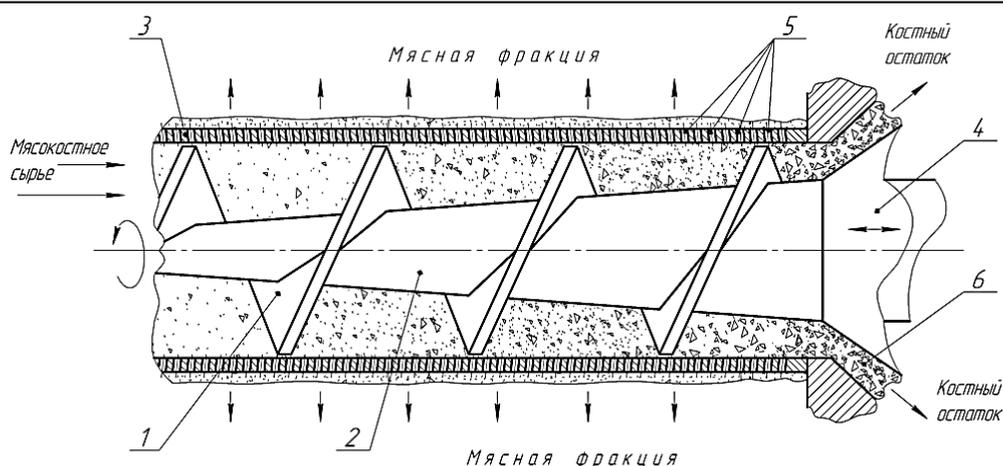
*Предварительные сведения. Процесс разделения мясокостного сырья в шнековых обвалочных прессах.*

Наибольшее распространение среди устройств для разделения мясокостного сырья птицы получили шнековые прессы, которые применяют для обвалки тушек, частей тушек и птицы после ручной обвалки, а также дообвалки мяса с костного остатка, полученного при использовании установок барабанного типа. [2]

Разделение мясокостного сырья в шнековых прессах (рисунок 1) происходит при его сдавливании между винтовыми поверхностями шнека 1, его вала 2 и перфорированной втулки 3 (сепаратора). Сдавливание происходит за счет уменьшения объема межвиткового пространства и применения специального запирающего конуса 4, установленного на выходном конце шнека. При этом давление прессования в каждой последующей винтовой канавке увеличивается, и мясная фракция, имеющая коллоидную структуру, начинает течь и отводится через большое количество мелких отверстий в сепараторе, а твердая костная часть, как менее текучая, остается не продавленной и удаляется через кольцевой зазор между цилиндрическим корпусом и запирающим конусом.

Следует отметить, что качество удаляемой фракции в зависимости от давления не одинаково. Вначале выделяется чистая мышечная ткань, а затем, при росте давления, начинает выделяться костный мозг и более грубые ткани, в том числе соединительные. Это позволяет производить разделение конечной продукции в зависимости от качества по длине перфорированной втулки шнекового обвалочного пресса.[3]

Несмотря на то, что шнековые обвалочные прессы широко применяются при переработке птицы, в настоящее время в научной, методической и учебной литературе крайне недостаточно освещены вопросы, связанные с техническими расчетами обвалочных прессов.



1 – винтовая поверхность шнека; 2 – вал шнека; 3 – перфорированная втулка;  
4 – запирающий конус; 5 – отверстия перфорации; 6 – кольцевой зазор

Рисунок 1 – Схема разделения мяскокостного сырья в шнековом обвалочном прессе  
Источник данных: собственная разработка.

*Построение реологической математической модели полноты выделения мясной фракции при разделении мяскокостного сырья шнековым узлом отжатия.*

Полнота выделения мясной фракции при разделении мяскокостного сырья прессованием зависит от геометрических параметров рабочих органов шнекового узла отжатия, давления сжатия и соотношения мясной и костной фракций в исходном сырье. При этом следует отметить, что данный способ разделения мяскокостного сырья не обеспечивает стопроцентного отделения мясной фракции от кости. Это можно объяснить тем, что костные включения при их сжатии и разрушении не представляют собой однородный компонент, а пространство между включениями заполнено мясной фракцией.

Уплотнение мяскокостного сырья в шнековой камере обеспечивается за счет уменьшения шага навивки шнека, уменьшения наружного диаметра шнека, увеличения диаметра вала шнека, а также комбинации указанных вариантов.

Представим пространство, образованное шнеком и перфорированной втулкой узла отжатия, в виде сужающегося желоба трапецеидального сечения, при этом глубина желоба также уменьшается. Сужение желоба свидетельствует об уменьшении шага навивки шнека, а уменьшение глубины – об уменьшении диаметра шнека или увеличении диаметра вала шнека, что ведет к повышению давления на мяскокостное сырье по мере его продвижения.

Длина желоба  $L$  выбрана по зависимости

$$L = \pi \frac{d_{cp}^{1/2}}{2} z_{\theta}, \quad (1)$$

где  $d_{cp}^{1/2}$  – средний диаметр шнека в средней по длине канала части, м;

$z_{\theta}$  – количество витков шнека расположенных в зоне отверстий перфорированной втулки.

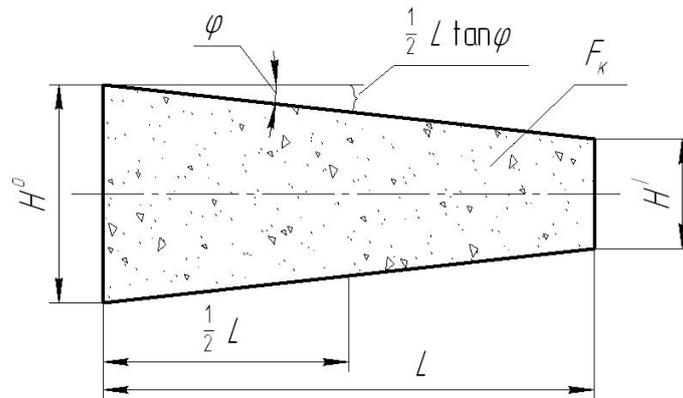
При рассмотрении такой модели следует сделать допущения, что линейная скорость движения мяскокостной массы вдоль желоба постоянна в каждой его точке.

Масса мясной фракции  $M_m$ , полученная при разделении мясокостного сырья, занимающего объем межвиткового пространства прессующих витков шнека равна, кг

$$M_m = g_{cen} F_{cen} t_{разд} \rho_m, \quad (2)$$

где  $g_{cen}$  – скорость выделения мясной фракции сквозь отверстия перфорированной втулки, м/с;  
 $F_{cen}$  – эффективная площадь перфорированной втулки, м<sup>2</sup>;  
 $t_{разд}$  – время выделения мясокостного сырья сквозь отверстия перфорированной втулки, с;  
 $\rho_m$  – плотность мясной фракции, выходящей из отверстий перфорированной втулки, кг/м<sup>3</sup>.

Для определения эффективной площади перфорированной втулки рассмотрим пятно контакта мясокостной массы с внутренней поверхностью перфорированной втулки (рисунок 2).



$H^0$  – ширина канала по наружному диаметру шнека в плоскости начала разделения мясокостного сырья;  $H^1$  – ширина канала по наружному диаметру шнека в конце канала;  
 $L$  – длина канала шнека в зоне разделения мясокостного сырья;  
 $\varphi$  – угол образующийся при уменьшении шага навивки шнека

Рисунок 2 – Схема к определению пятна контакта мясокостной массы с внутренней поверхностью перфорированной втулки  
 Источник данных: собственная разработка.

Из геометрических соображений площадь пятна контакта мясокостной массы  $F_k$  с внутренней поверхностью втулки равна

$$F_k = H^0 \cdot L - L^2 \cdot \text{tg } \varphi = L(H - L \text{tg } \varphi), \quad (3)$$

где  $H^0$  – ширина канала в плоскости начала разделения мясокостного сырья, м;  
 $L$  – длина канала шнека в зоне разделения мясокостного сырья, м;  
 $\varphi$  – угол образующийся при уменьшении шага навивки шнека.

Тогда с учетом (3) эффективная площадь перфорированной втулки  $F_{cen}$  определится из равенства

$$F_{cen} = k_{жс} L(H - L \text{tg } \varphi), \quad (4)$$

где  $k_{жс}$  – коэффициент живого сечения перфорированной втулки.

Время разделения представим как отношение пути пройденного элементарным слоем мясокостного сырья к скорости его движения

$$\tau_{разд} = \frac{L}{g_{ш}}, \quad (5)$$

где  $g_{ш}$  – линейная скорость витков шнека по среднему его диаметру, м/с.

$$g_{ш} = \frac{\pi n d_{cp}^{1/2}}{30 \cdot 2} = \frac{\pi d_{cp}^{1/2} n}{60} \quad (6)$$

где  $n$  – частота вращения шнека, об/мин;

$d_{cp}^{1/2}$  – средний диаметр шнека в средней по длине его части, м.

Так при работе шнековых устройств мясокостная масса проскальзывает относительно поверхности шнека, то для учета реальной частоты вращения шнека может быть применен эмпирический коэффициент, учитывающий эту особенность.

Тогда зависимость (5) примет вид

$$\tau_{разд} = \frac{60L}{\pi n k_{ск} d_{cp}^{1/2}}, \quad (7)$$

где  $k_{ск}$  – эмпирический коэффициент учитывающий влияние проскальзывания мясокостной массы относительно поверхности витков шнека.

Представим полноту разделения  $\eta$  как отношение масс

$$\eta = \frac{M_{ш}}{M_{МК} K}, \quad (8)$$

где  $M_{МК}$  – масса мясокостного сырья, занимающая объем межвиткового пространства шнека структурой в начальный момент разделения, кг;

$K$  – коэффициент учитывающий отношение массы мясной фракции к костным включениям в исходном мясокостном сырье.

$$M_{МК} = V_{МК} \rho_{МК}, \quad (9)$$

где  $V_{МК}$  – условный объем мясокостного сырья в зоне разделения при одинаковой его плотности, м<sup>3</sup>;

$\rho_{МК}$  – плотность мясокостного сырья в зоне разделения, кг/м<sup>3</sup>.

Объем, который занимает мясокостное сырье в шнековой камере представим как произведение площади поперечного сечения канала шнека в средней по длине его части на длину канала, расположенного в зоне разделения. С учетом того, что поперечное сечение канала шнека представляет форму трапеции, уравнение примет вид

$$V_{МК} = H_{cp}^{1/2} t^{1/2} L, \quad (10)$$

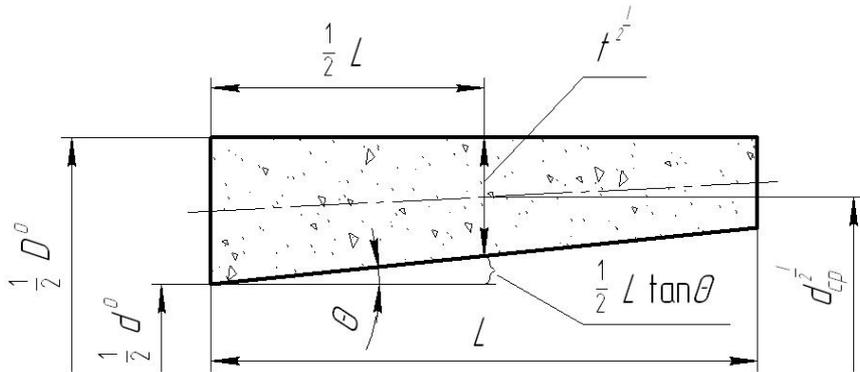
где  $H_{cp}^{1/2}$  – средняя ширина сечения канала шнека в средней по длине его части, м;

$t_{cp}$  – высота сечения канала шнека в средней по длине его части, м.

3) Найдем высоту сечения канала шнека в средней по длине его части (рисунок 3)

$$t^{\frac{1}{2}} = \frac{D^o - d^o}{2} - \frac{1}{2} L \operatorname{tg} \theta \quad (11)$$

где  $D^o$  – наружный диаметр шнека в зоне начала разделения, м;  
 $d^o$  – диаметр вала шнека в зоне начала разделения, м;  
 $\theta$  – угол подъема дна желоба.



$D^o$  – наружный диаметр шнека в зоне начала разделения;  $d^o$  – диаметр вала шнека в зоне начала разделения;  $t^{\frac{1}{2}}$  – высота сечения канала шнека в средней по длине его части;  $L$  – длина канала шнека в зоне разделения мясокостного сырья;  $\theta$  – угол подъема дна желоба;  $d_{cp}^{\frac{1}{2}}$  – средний диаметр шнека в средней части канала

Рисунок 3 – Схема к определению высоты сечения канала шнека в средней по длине его части

Источник данных: собственная разработка.

Используя рисунок 3 найдем средний диаметр шнека в средней части канала

$$d_{cp}^{\frac{1}{2}} = D^o + \left( D^o - \frac{1}{2} L \right) \operatorname{tg} \theta. \quad (12)$$

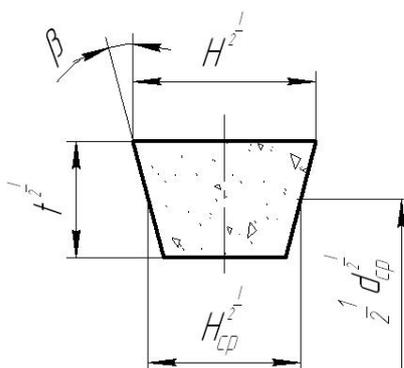
С учетом выражений (12), (7) и (4) найдем массу мясной фракции, полученную при разделении мясокостного сырья,

$$M_{.м} = \frac{60 g_{cen} L^2 (H - L \operatorname{tg} \varphi) k_{жс} \rho_{.м}}{\pi n k_{ск} \left( D^o + \left( D^o - \frac{1}{2} L \right) \operatorname{tg} \theta \right)}. \quad (13)$$

Ширина канала желоба в средней по длине его части по наружному диаметру шнека определится как

$$H^{\frac{1}{2}} = H^o - L \operatorname{tg} \varphi. \quad (14)$$

Составим схему к определению средней ширины сечения канала шнека и его площади в средней по длине канала части (рисунок 4).



$H^{1/2}$  – ширина канала желоба в средней по длине его части по наружному диаметру шнека;  $H_{cp}^{1/2}$  – средняя ширина сечения канала шнека в средней по длине его части;  $d_{cp}^{1/2}$  – средний диаметр шнека в средней по длине его части;  $t^{1/2}$  – высота сечения канала шнека в средней по длине его части;  $\beta$  – угол наклона поверхности витка шнека

Рисунок 5 – Схема поперечного канала шнека в средней по длине его части  
 Источник данных: собственная разработка.

Следовательно, средняя ширина сечения канала шнека в средней по длине его части запишется в виде выражения

$$H_{cp}^{1/2} = H^{1/2} - t^{1/2} \operatorname{tg} \beta, \quad (15)$$

где  $\beta$  – угол наклона поверхности витка шнека.

Подставив (11) и (14) в выражение (15) получим

$$H_{cp}^{1/2} = H^o - L \operatorname{tg} \varphi - \left( \frac{D^o - d^o}{2} - \frac{1}{2} L \operatorname{tg} \theta \right) \operatorname{tg} \beta. \quad (16)$$

С учетом (16) и (11) формула для определения объема мясокостного сырья в зоне разделения примет вид

$$\begin{aligned}
 V_{\text{мк}} = & \left( H^o - L \operatorname{tg} \varphi - \left( \frac{D^o - d^o}{2} - \frac{1}{2} L \operatorname{tg} \theta \right) \operatorname{tg} \beta \right) \times \\
 & \times \left( \frac{D^o - d^o}{2} - \frac{1}{2} L \operatorname{tg} \theta \right) L, \quad (17)
 \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned}
 M_{\text{мк}} = & \left( H^o - L \operatorname{tg} \varphi - \left( \frac{D^o - d^o}{2} - \frac{1}{2} L \operatorname{tg} \theta \right) \operatorname{tg} \beta \right) \times \\
 & \times \left( \frac{D^o - d^o}{2} - \frac{1}{2} L \operatorname{tg} \theta \right) L \rho_{\text{мк}}. \quad (18)
 \end{aligned}$$

Подставив полученные выражения (13) и (18) в отношение (8) определим степень полноты разделения шнекового узла отжатия обвалочного пресса

$$\eta = \frac{609L(H^o - L \operatorname{tg} \varphi) k_{\text{жс}} \rho_m}{\pi n k_{\text{ск}} \left( D^o + \left( D^o - \frac{1}{2} L \right) \operatorname{tg} \theta \right)} \times \frac{1}{\left( H^o - L \operatorname{tg} \varphi - \left( \frac{D^o - d^o}{2} - \frac{1}{2} L \operatorname{tg} \theta \right) \operatorname{tg} \beta \right) \cdot \left( \frac{D^o - d^o}{2} - \frac{1}{2} L \operatorname{tg} \theta \right) \rho_{\text{мк}} K} \quad (19)$$

В работе [4] для корректировки влияния частоты вращения шнека на степень полноты разделения введен эмпирический коэффициент  $K_n$ , при этом сам коэффициент  $K_n$  зависит от приложенного давления на выходе  $p_{\text{вых}}$ .

Тогда уравнение полноты выделения мясной фракции  $\eta$  при разделении мясокостного сырья шнековым узлом отжатия будет иметь вид

$$\eta = \frac{609L(H^o - L \operatorname{tg} \varphi) k_{\text{жс}} \rho_m}{\pi (n k_{\text{ск}} + K_n p_{\text{вых}}^c) \left( D^o + \left( D^o - \frac{1}{2} L \right) \operatorname{tg} \theta \right)} \times \frac{1}{\left( H^o - L \operatorname{tg} \varphi - \left( \frac{D^o - d^o}{2} - \frac{1}{2} L \operatorname{tg} \theta \right) \operatorname{tg} \beta \right) \cdot \left( \frac{D^o - d^o}{2} - \frac{1}{2} L \operatorname{tg} \theta \right) \rho_{\text{мк}} K} \quad (20)$$

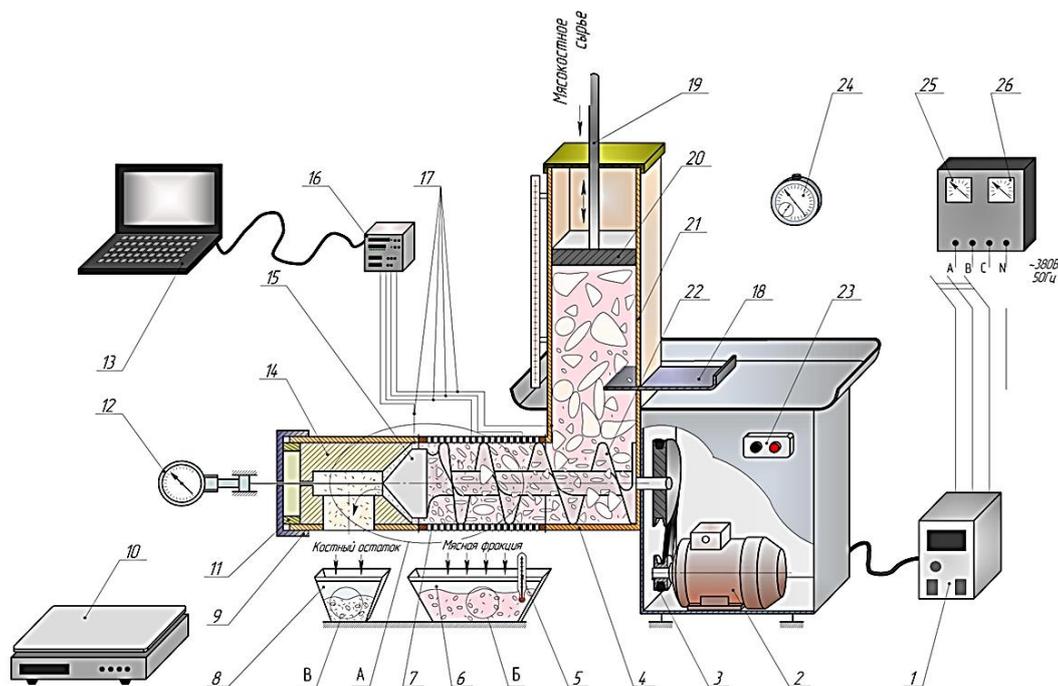
где  $K_n$  – эмпирический коэффициент, корректирующий степень влияния частоты вращения шнека, зависящий от прикладываемого давления на выходе, Па<sup>c</sup>;  
 $p_{\text{вых}}$  – давление на выходе, Па;  
 $c$  – эмпирический коэффициент, устанавливающий степень влияния давления на выходе на коэффициент  $K_n$ .

Следует отметить, что полученная зависимость справедлива для равномерного изменения шага навивки шнека и глубины его канавки, а также при постоянстве угла наклона поверхности витка шнека.

Представленная модель значительно упрощается для шнековых узлов отжатия со шнеком постоянного шага или постоянной глубины его канала.

#### *Практическая часть. Экспериментальные исследования.*

Для исследования процесса разделения мясокостного сырья шнековым узлом отжатия в обвалочных прессах, определения влияния конструктивных особенностей рабочих органов и режимных параметров работы на качество конечной продукции на кафедре технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» разработан и смонтирован экспериментальный стенд, представленный на рисунке 5 и изготовлены опытные образцы рабочих органов обвалочного пресса, общий вид которых представлен на рисунке 6.



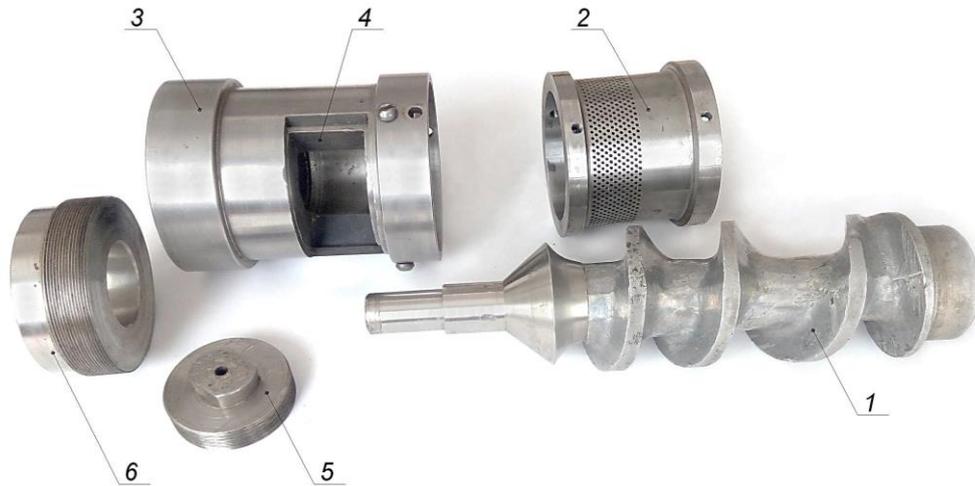
- 1 – векторный преобразователь частоты E2-8300; 2 – электродвигатель; 3 – клиноременная передача; 4 – корпус; 5 – термометр; 6 – емкость для сбора мясной фракции; 7 – сепарирующая втулка; 8 – емкость для сбора костного остатка; 9 – гайка зажимная; 10 – весы электронные SC 4010; 11 – втулка; 12 – тахометр АКИП-9202; 13 – персональный компьютер; 14 – запирающий клапан; 15 – конус; 16 – измеритель-регулятор микропроцессорный ТРМ-148; 17 – термопары ТХА; 18 – заслонка; 19 – шток поршня; 20 – поршень; 21 – корпус питателя; 22 – шнек; 23 – пускатель; 24 – секундомер; 25 – вольтметр; 26 – амперметр

Рисунок 5 – Принципиально-конструктивная схема экспериментальной установки для разделения мясокостного сырья  
Источник данных: собственная разработка.

Привод машины, состоящий из электродвигателя 2 и клиноременной передачи 3, приводит во вращение шнек 22, скорость вращения которого контролируется тахометром 12, и регулируется с помощью векторного преобразователя частоты 1. Предварительно крупноизмельченное сырье загружается в корпус питателя 21 и поршнем 20 подаётся к шнеку. Шнек захватывает сырье, дополнительно измельчает его за счет уменьшения межвиткового пространства и продавливает мясную фракцию через отверстия сепарирующей втулки 7, а костная фракция проходит сквозь зазор образованный гильзой 14 и конусом 15 и попадает в емкость для сбора костного остатка 8. Мясная ткань отделенная от кости поступает в емкость для сбора мясной фракции 6, где измеряют ее конечную температуру с помощью термометра 5.

Выход костного остатка регулируется зажимной гайкой 9 и втулкой 11 которая перемещает гильзу 14 в корпусе и тем самым изменяет зазор между поверхностями конуса и гильзы.

Показания температуры сырья, по ходу его продвижения по рабочей камере установки, для разделения мясокостного сырья определяются при помощи установленных термопар 17 подключенных к микропроцессорному измеритель-регулятору 16, который, в свою очередь, подключен к персональному компьютеру 13, с целью одновременного отслеживания изменения температуры в каждой из измеряемых точек. Для определения затрачиваемой мощности на процесс разделения мясокостного сырья птицы используются вольтметр 25 и амперметр 26 [5].



1 – шнек нагнетающего типа; 2 – перфорированная втулка (сепаратор); 3 – опорный корпус; 4 – запирающий конус (клапан); 5, 6 – винты регулировки кольцевого зазора

Рисунок 6 – Внешний вид узла сепаратора в разобранном виде  
Источник данных: собственная разработка.

*Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение.*

Для определения влияния режимно-конструктивных параметров лабораторного шнекового обвалочного пресса на полноту выделения мясной фракции при разделении мясокостного сырья проведены эксперименты, для которых управляемыми параметрами выбраны частота вращения шнека обвалочного пресса, ширина кольцевого зазора между конусной частью шнека и запорным клапаном, отношение костной части к мясной в исходном сырье.

На рисунке 7 представлена зависимость полноты выделения мясной фракции от ширины кольцевого зазора между конусной частью шнека и запорным клапаном при частоте вращения шнека  $n=115 \text{ мин}^{-1}$  и отношении массы мясной фракции к костным включениям в исходном мясокостном сырье  $K=53\%$ .

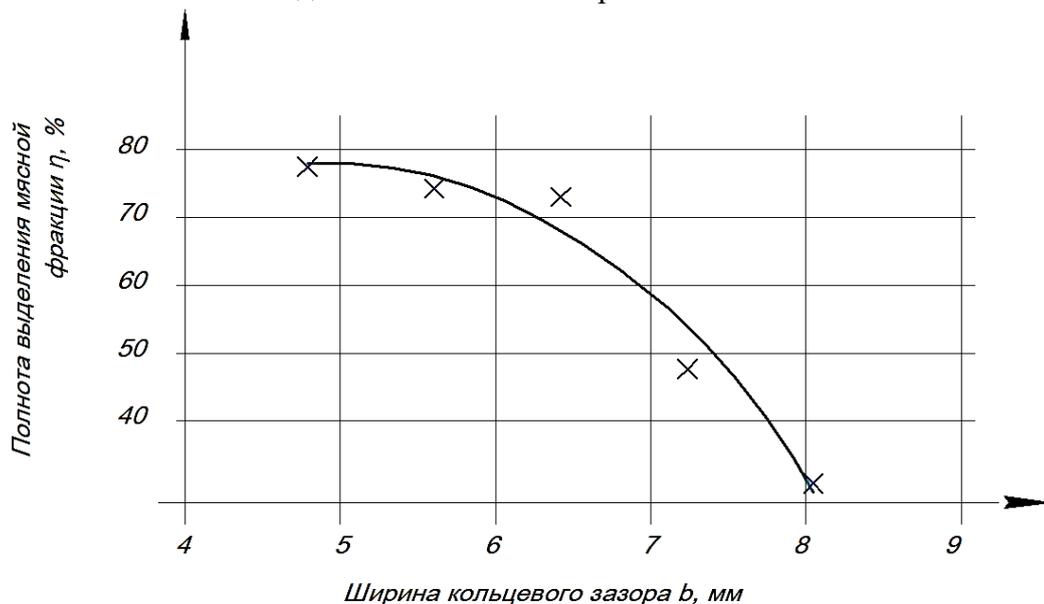


Рисунок 7 – Зависимость полноты выделения мясной фракции от ширины кольцевого зазора между конусной частью шнека и запорным клапаном  
Источник данных: собственная разработка.

Из графика видно, что с увеличением ширины кольцевого зазора между конусной частью шнека и запорным клапаном полнота выделения мясной фракции уменьшается. Связано это с тем, что с увеличением ширины кольцевого зазора снижается давление в камере прессования, что в свою очередь уменьшение давления в камере прессования позволяет меньшей части мясной фракции переходить в текучее состояние, от чего все больше мясной составляющей удаляется с костным остатком, а это снижает эффективность разделения.

На рисунке 8 представлена зависимость полноты выделения мясной фракции от соотношения масс мясной фракции к костным включениям в исходном сырье при ширине кольцевого зазора  $b=6,5$  мм и частоте вращения шнека  $n=115$  мин<sup>-1</sup>.



Рисунок 8 – Зависимость полноты выделения мясной фракции от соотношения масс мясной фракции к костным включениям в исходном сырье  
Источник данных: собственная разработка.

Увеличение костной части в исходном сырье при неизменных остальных режимно-конструктивных параметрах негативно сказывается как на степени полноты выделения мясной фракции, так и на производительности лабораторного шнекового обвалочного пресса. Снижение полноты выделения мясной фракции с ростом содержания костных включений в исходном сырье, объясняется увеличением пути движения мясной фракции по межкостным каналам, для чего необходимо затратить больше времени.

На рисунке 9 представлена зависимость полноты выделения мясной фракции в зависимости от частоты вращения шнека при ширине кольцевого зазора  $b=6,5$  мм и отношении массы мясной фракции к костным включениям в исходном мясокостном сырье  $K=53\%$ .

В диапазоне частоты вращения от 65 мин<sup>-1</sup> до 130 мин<sup>-1</sup> полнота выделения мясной фракции уменьшается, а от 130 мин<sup>-1</sup> до 165 мин<sup>-1</sup> происходит ее увеличение. Однако следует отметить, что изменение полноты выделения мясной фракции невелико.

Так как общим критерием эффективной работы шнекового обвалочного пресса является максимально возможная полнота выделения мясной фракции, то при оптимизации процесса необходимо будет определить режимно-конструктивные параметры, удовлетворяющие этому условию.

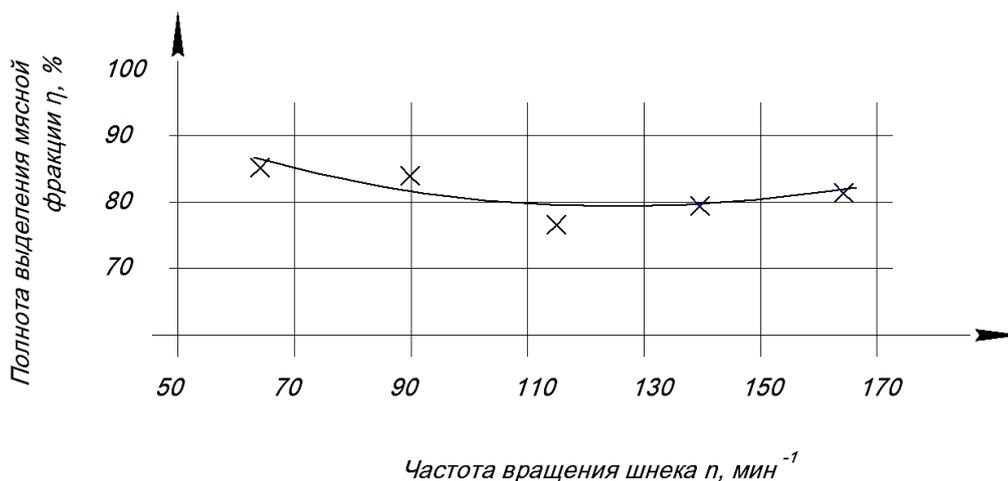


Рисунок 9 – Зависимость полноты выделения мясной фракции в зависимости от частоты вращения шнека

Источник данных: собственная разработка.

**Заключение.** Одним из критериев эффективной работы шнекового обвалочного пресса является максимальная полнота выделения мясной фракции при сохранении технологических параметров сырья. Получены графические и аналитические зависимости полноты выделения мясной фракции при разделении мясокостного сырья лабораторного шнекового обвалочного пресса от режимно-конструктивных параметров, которые наглядно доказывают возможность применения шнековых установок для механического разделения мясокостного сырья. После оценки точности полученных экспериментально аналитических уравнений зависимости полноты выделения мясной фракции можно сделать вывод, что данные расчетные зависимости адекватно описывают реальный процесс разделения мясокостного сырья на лабораторном шнековом обвалочном прессе.

Следует отметить, что на эффективность работы шнекового обвалочного пресса влияют не конкретные численные значения режимно-конструктивных факторов, а их сочетание. Поэтому для определения оптимальных параметров работы шнекового обвалочного пресса следует провести более глубокий анализ.

#### Список использованных источников

1. Сэмс, Р.А. Переработка мяса птицы / Р.А. Сэмс. – Спб.: Профессия, 2007. – 432 с.
1. Sjemis, R.A. Pererabotka mjasa pticy [Poultry meat processing] / R.A. Sjemis. – Spb.: Professija, 2007. – 432 s.
2. Мясо птицы механической обвалки / В.А. Гоноцкий [и др.]; под ред. А.Д. Давлеева. – М.: Альфа-Дизайн, 2004. – 200 с.
2. Mjaso pticy mehanicheskoj obvalki [Mechanical baking poultry meat] / V.A. Gonockij [i dr.]; pod red. A.D. Davleeva. – M.: Al'fa-Dizajn, 2004. – 200 s.
3. Бренч, А.А. Анализ средств механизации процесса разделения мясокостного сырья птицы / А.А. Бренч, И.Е. Дацук // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: докл. междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21-22 марта 2013 г. / УО «Белорус. гос. аграрный техн. ун-т»; редкол.: А.А. Бренч [и др.]. – Минск, 2013. – С. 63–66.
3. Brench, A.A. Analiz sredstv mehanizacii processa razdelenija mjasokostnogo syr'ja pticy [Analysis of means of mechanization of poultry meat-and-bone raw material separation process] / A.A. Brench, I.E. Datsuk // Pererabotka i upravlenie kachestvom sel'skohozjajstvennoj produkcii: dokl. mezhdunar. nauch. prakt. konf., Minsk, 21–22 marta 2013 g. / UO «Belorus. gos. agrarnyj tehn. un-t»; redkol.: A.A. Brench [i dr.]. – Minsk, 2013. – S. 63–66.
4. Яковлев, Д.А. Обоснование конструктивно-кинематических параметров шнекового рабочего органа для механического
4. Jakovlev, D.A. Obosnovanie konstruktivno-kinematiceskix parametrov shnekovogo rabocheho organa dlja mehanicheskogo obezvozhivanija

обезвоживания зеленой массы рапса: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Д. А. Яковлев; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов н/Д., 2012. – 19 с.

5. Дацук, И.Е. Разработка экспериментального стенда и совершенствование конструкции установки для разделения мясокостного сырья / И.Е. Дацук // Инновационные технологии в пищевой промышленности: доклады VIII междунар. науч.-практ. конфер. (8–9 октября 2009 г.) / Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». - Минск, 2009. - С. 458–462.

zelenoj massy rapsa [Substantiation of structural-kinematic parameters of screw working member for mechanical dehydration of green rapeseed mass] : avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.20.01 / D. A. Jakovlev; Donskoj gos. tehn. un-t. – Rostov n/D., 2012. – 19 s.

5. Datsuk, I.E. Razrabotka jeksperimental'nogo stenda i sovershenstvovanie konstrukcii ustanovki dlja razdelenija mjasokostnogo syr'ja [Development of an experimental bench and improvement of the structure of the plant for separation of meat and bone raw materials] / I.E. Datsuk // Innovacionnye tehnologii v pishhevoj promyshlen-nosti: doklady VIII mezhdunar. nauch.-prakt. konfer. (8–9 oktjabrja 2009 g.) / Nacional'naja akademija nauk Belarusi, RUP «Nauchno-prakticheskij centr Nacional'noj akademii nauk Belarusi po prodovol'stviju». - Minsk, 2009. - S. 458–462.