

### Определение величины сжатия мясного сырья в загрузочном бункере пресс-сепаратора ПС-500

Андрей Владимирович Богданов<sup>1</sup>, Максим Сергеевич Силков<sup>1</sup>, Никита Владимирович Ломачинский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», г. Челябинск, Россия.

<sup>2</sup>ООО «КЭП Лаборатория вариаторов», г. Челябинск, Россия

e-mail: bav-64@mail.ru.

**Аннотация.** В статье рассматривается механизм расчета величины сжатия тушки птицы усовершенствованного пресс-сепаратора ПС-500. Величина сжатия тушки птицы необходима для расчета силы упругости, возникающей при сжатии сырья, что позволяет уточнить мощностные характеристики пресс-сепаратора. Величина сжатия тушки птицы определяется геометрическими параметрами пресс-сепаратора, а именно конфигурацией загрузочного бункера и размерами захватного зуба модифицированного шнека. На основе расчетной схемы получена аналитическая зависимость, из которой видно, что величина сжатия сырья зависит от радиуса шнека, размеров внутренней стенки бункера, смещения центра бункера относительно оси шнека, величины зазора между стенкой бункера и зубом шнека на входе в зону захвата сырья и угла поворота шнека в зоне загрузки сырья. Полученная зависимость может быть использована для расчета величины сжатия сырья в рассматриваемом, а также в аналогичных пресс-сепараторах.

**Ключевые слова:** пресс-сепаратор; загрузочный бункер; шнек; захват; мясо птицы; механическая обвалка.

**Для цитирования:** Богданов А. В., Силков М. С., Ломачинский Н. В. Определение величины сжатия мясного сырья в загрузочном бункере пресс-сепаратора ПС-500 // Аграрный научный журнал. 2022. № 9. С. 86–91. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i9pp86-91>.

#### AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

### Determination of the compression value of meat raw materials in the loading hopper of the PS-500 press separator

Andrey V. Bogdanov<sup>1</sup>, Maxim S. Silkov<sup>1</sup>, Nikita V. Lomachinsky<sup>2</sup>

<sup>1</sup>South-Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

<sup>2</sup>Design Experimental Enterprise Laboratory of variators, Chelyabinsk, Russia.

e-mail: bav-64@mail.ru

**Abstract.** The article discusses the mechanism for calculating the compression value of the bird carcass of the improved PS-500 press-separator. The compression value of the bird carcass is necessary to calculate the elastic force that occurs when compressing raw materials, which makes it possible to clarify the power characteristics of the press-separator. The amount of compression of the bird carcass is determined by the geometric parameters of the press separator, namely the configuration of the loading hopper and the size of the gripping tooth of the modified auger. Based on the calculation scheme, an analytical dependence is obtained, from which it can be seen that the amount of compression of raw materials depends on the radius of the auger, the size of the inner wall of the hopper, the displacement of the center of the hopper relative to the axis of the auger, the size of the gap between the wall of the hopper and the tooth of the auger at the entrance to the raw material capture zone and the angle of rotation of the auger in the raw material loading zone. The obtained dependence can be used to calculate the amount of compression of raw materials in the considered, as well as in similar press-separators.

**Keywords:** press separator; loading hopper; auger; gripper; poultry meat; mechanical deboning.

**For citation:** Bogdanov A. V., Silkov M. S., Lomachinsky N. V. Determination of the compression value of meat raw materials in the loading hopper of the PS-500 press separator. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(9): 86–91. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i9pp86-91>.

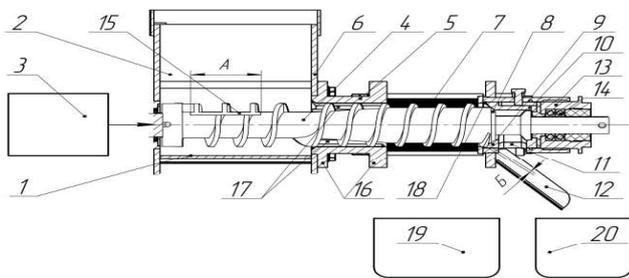
**Введение.** Для увеличения производства мясной продукции требуется повышение производительности соответствующего оборудования. Хорошо зарекомендовавший себя пресс-сепаратор ПС-500, выпускаемый конструкторским экспериментальным предприятием «Лаборатория вариаторов» и предназначенный для механической обвалки мясокостного сырья, также требует совершенствования с точки зрения повышения его производительности [2, 3].

**Методика исследований.** Повышение производительности во многом зависит от надежного захвата сырья шнеком в бункере загрузки. Для обеспечения этого нами предложено изменение конструкции шнека путем выполнения выточки в виде захватного зуба в зоне загрузки сырья [1, 9, 10]. На усовершенствованный пресс-сепаратор ПС-500 получен патент на полезную модель [8]. Схема пресс-сепаратора представлена на рис. 1.

При работе пресс-сепаратора приводной механизм 3 вращает шнек, который захватывает тушку птицы в загрузочном бункере 2 с помощью захватного зуба 15 (выточки А). Для транспортирования сырья из загрузочного бункера 2 в зону сепарации к перфорированному фильтру 7 требуется предварительное измельчение тушки птицы, которое осуществляется посредством насадки 5 после захвата и проталкивания сырья шнеком. Перфорированный фильтр 7 отделяет мягкие ткани (мышцы) от костей и прочих включений. Отделенная мягкая ткань попадает в специальную емкость, располагаемую под перфорированным фильтром. Костный остаток продвигается до конца навивки шнека и удаляется из рабочей зоны через окно 11 по лотку 12.

Таким образом, в процессе работы захватный зуб шнека эффективно захватывает сырье (например, тушки птицы). Наличие захватного зуба требует корректировки параметров пресс-сепаратора ПС-500, прежде всего по мощностным характеристикам [1].





**Рис. 1. Пресс-сепаратор для механической обвалки мяса птицы:** 1 – корпус; 2 – загрузочный бункер; 3 – привод; 4 – шнек; 5 – насадка для предварительного излома костей; 6 – стенка бункера; 7 – перфорированный фильтр; 8 – конический конец шнека; 9 – коническая часть клапана; 10 – клапан для разрушения кости и отвода костного остатка; 11 – окно клапана; 12 – лоток для отвода костного остатка; 13 – регулировочная гайка; 14 – подшипниковый узел; 15 – разгрузочный паз в виде выточки А для обеспечения надежного захвата сырья (захватный зуб); 16 – торцевые фланцы насадки для предварительного излома костей; 17 – продольные пазы насадки для предварительного излома костей; 18 – разрушительные пазы в виде выточки В для предотвращения вращения костного остатка

**Результаты исследований.** Мощность двигателя рассчитана с учетом энергетических затрат, связанных с проталкиванием сырья. Но применение захватного зуба требует дополнительной энергии, а значит, корректировки мощности двигателя. Это связано с тем, что усовершенствование шнека в зоне захвата сырья влечет за собой появление дополнительных усилий, возникающих при захвате сырья. Прежде всего, это сила упругости тушки птицы, возникающая при ее перемещении в зоне захвата (рис. 2). Силу упругости можно определить на основе закона Гука [6, 7]:

$$F_{\text{а}} = \sigma S = E \varepsilon S = E \frac{\Delta l}{l} \cdot S, \quad (1)$$

где  $F_{\text{а}}$  – сила, действующая на тушку со стороны бункера (равна по значению силе упругости, возникающей при деформации тушки), Н;  $\sigma$  – напряжение в материале, Па;  $S$  – площадь сечения тушки в зоне захвата, м<sup>2</sup>;  $E$  – модуль упругости тушки, Па;  $\varepsilon$  – упругая деформация;  $\Delta l$  – величина сжатия тушки (насколько сжимается тушка или уменьшается ее размер при сжатии), м;  $l$  – длина тушки в зоне захвата между зубом и стенкой бункера, м.

Из формулы (1) видно, что сила упругости зависит от величин  $E$ ,  $l$  и  $S$ , которые при расчетах можно принять неизменными. Также сила упругости зависит от величины сжатия сырья  $\Delta l$ , которая изменяется от угла поворота шнека:

$$\Delta l = f(\alpha), \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол поворота шнека, рад.

Под величиной сжатия сырья  $\Delta l$  понимается разница между расстоянием между стенкой бункера и зубом шнека и изначальным размером тушки птицы (при  $\alpha = \pi$ ). Конфигурация тушек птицы (например, курицы) имеет неправильную форму и различные размеры. Это делает затруднительным описание процесса сжатия сырья. Но, с определенными допущениями, можно принять, что перед захватом тушки ее размеры соответствуют расстоянию между стенкой бункера и зубом шнека  $l$ . Процесс сжатия также зависит от геометрических размеров бункера и шнека. Руководствуясь конструкторской документацией пресс-сепаратора ПС-500 [2], составим схему (см. рис. 2), позволяющую проанализировать процесс захвата и сжатия сырья, в координатной плоскости. Согласно конструкторской документации [2] условно разделим пространство между шнеком и бункером на зону захвата сырья и зону его проталкивания в сторону последующей сепарации. При этом зона захвата сырья рассматривается в пределах  $45^\circ$  (от  $\pi$  до  $5/4\pi$ ).

Для описания процесса захвата сырья представим шнек как окружность с центром в начале координат в точке  $O_1$  (см. рис. 2). В параметрическом виде уравнение окружности запишется следующим образом:

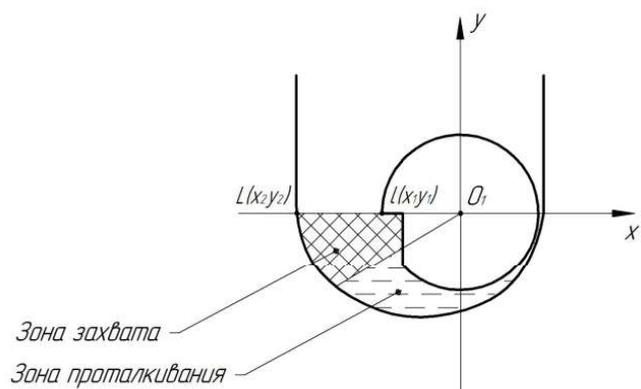
$$\begin{cases} x_1 = r \cos \alpha \\ y_1 = r \sin \alpha \end{cases} \quad (3)$$

где  $x_1, y_1$  – координаты точки, принадлежащей окружности, м;  $r$  – радиус окружности, описываемый поверхностью шнека ( $r = 0,054$  м), м.

Необходимо отметить, что угол поворота шнека  $\alpha$  можно рассматривать как угол поворота точки, принадлежащей окружности с центром в точке  $O_1$ , относительно оси  $Ox$  ( $0 \leq \alpha < 2\pi$ ).

Стенку бункера в зоне захвата сырья также можно представить в виде дуги окружности (рис. 3), центр которой  $O_2$  смещен относительно центра  $O_1$  шнека (относительно начала координат) на величину  $-17$  мм по оси  $Ox$  и на  $14,38$  мм по оси  $Oy$ . Это следует из чертежей, представленных в технической документации пресс-сепаратора ПС-500 (см. рис. 3).

В параметрическом виде уравнение окружности с центром в точке  $O_2$ , описывающее стенку бункера в зоне захвата сырья, можно представить следующим образом с учетом рис. 3:



**Рис. 2. Координатная плоскость с представленными на ней зонами между шнеком и бункером**



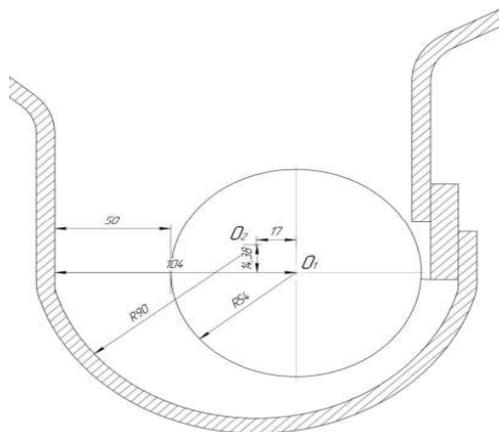


Рис. 3. Размеры шнека и бункера, необходимые для расчетов, мм

$$\begin{cases} x_2 = x_0 + R \cos \varphi, \\ y_1 = y_0 + R \sin \varphi, \end{cases} \quad (4)$$

где  $x_2, y_2$  – координаты точки, принадлежащей окружности с центром в точке  $O_2$ , м;

$x_0, y_0$  – смещение центра дуги окружности  $O_2$  относительно начала координат (или относительно точки  $O_1$ ), м;  $R$  – радиус окружности ( $R = 0,09$  м), соответствующий стенке бункера, м;  $\varphi$  – угол поворота точки, принадлежащей окружности с центром в точке  $O_2$ , относительно оси  $OX$  ( $\pi \leq \varphi < 2\pi$ ), рад.

Для того чтобы определить величину сжатия сырья  $\Delta l$ , необходимо выразить угол  $\varphi$  через угол  $\alpha$  (рис. 4) и величину сжатия сырья  $\Delta l$  через координаты точек  $(x_1, y_1)$  и  $(x_2, y_2)$ .

Угол  $\varphi$  определим как разницу между углом  $2\pi$  и углами  $\angle O_1O_2L_2$  и  $\angle O_1O_2A$  (рисунок 4):

$$\varphi = 2\pi - \angle O_1O_2L_2 - \angle O_1O_2A. \quad (5)$$

Угол  $\angle O_1O_2A$  определяется конструкцией пресс-сепаратора и не зависит от угла поворота шнека:

$$\angle O_1O_2A = \arctg \frac{O_1A}{O_2A}, \quad (6)$$

где  $O_1A$  – смещение точки  $O_2$  относительно начала координат по оси  $OY$ , м;  $O_2A$  – смещение точки  $O_2$  относительно начала координат по оси  $OX$ , м.

Для нахождения угла  $\angle O_1O_2L_2$  воспользуемся теоремой синусов [4]:

$$\frac{O_2L_2}{\sin \angle O_2O_1L_2} = \frac{O_1O_2}{\sin \angle O_1L_2O_2} = \frac{O_1L_2}{\sin \angle O_1O_2L_2}. \quad (7)$$

Так как радиус  $R = O_2L_2$  окружности, описывающей бункер, и расстояние между центрами окружностей  $O_1O_2$  определены конструкцией пресс-сепаратора, то через них можно выразить угол  $\angle O_1L_2O_2$ . Для его определения необходимо выразить также угол  $\angle O_2O_1L_2$  через угол  $\alpha$  (см. рис. 4):

$$\angle O_2O_1L_2 = \alpha - \frac{\pi}{2} - \arctg \frac{O_2A}{O_1A}. \quad (8)$$

Определим синус угла  $\angle O_1L_2O_2$  из выражения (7):

$$(9) \quad \sin \angle O_1L_2O_2 = \frac{\sin \angle O_2O_1L_2 \cdot O_1O_2}{R}.$$

Отсюда найдется угол  $\angle O_1L_2O_2$ :

$$\angle O_1L_2O_2 = \arcsin \left( \frac{\sin \angle O_2O_1L_2 \cdot O_1O_2}{R} \right). \quad (10)$$

Подставляя значение угла  $\angle O_2O_1L_2$  из равенства (8) в уравнение (10), получим:

$$\angle O_1L_2O_2 = \arcsin \left( \frac{\sin \left( \alpha - \frac{\pi}{2} - \arctg \frac{O_2A}{O_1A} \right) \cdot O_1O_2}{R} \right). \quad (11)$$

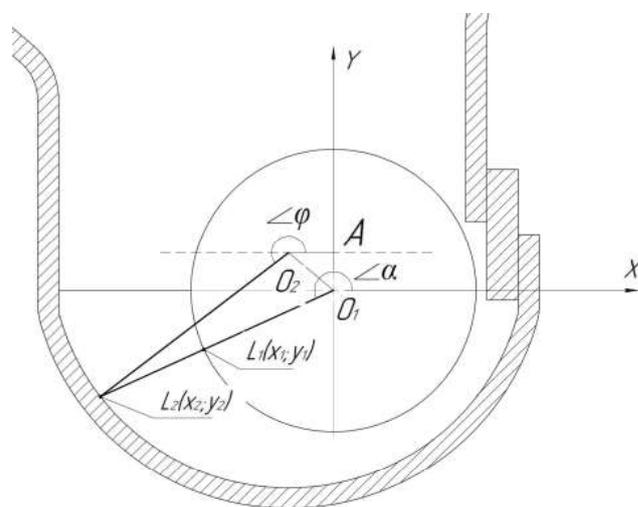


Рис. 4. Графическая схема для определения величины сжатия



Угол  $\angle O_1 O_2 L_2$ , необходимый для определения угла  $\varphi$  по выражению (5), найдется из свойств треугольника (см. рис. 4):

$$\angle O_1 O_2 L_2 = \pi - \angle O_2 O_1 L_2 - \angle O_1 L_2 O_2. \quad (12)$$

Тогда, с учетом выражений (8) и (11), равенство (12) примет следующий вид:

$$\angle O_1 O_2 L_2 = \pi - \left( \alpha - \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{O_2 A}{O_1 A} \right) - \arcsin \left( \frac{\sin \left( \alpha - \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{O_2 A}{O_1 A} \right) \cdot O_1 O_2}{R} \right). \quad (13)$$

Подставляя угол  $\angle O_1 O_2 A$  из выражения (6) и угол  $\angle O_1 O_2 L_2$  из выражения (13) в равенство (5), получим угол  $\varphi$ :

$$\varphi = 2\pi - \left( \pi - \left( \alpha - \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{O_2 A}{O_1 A} \right) - \arcsin \left( \frac{\sin \left( \alpha - \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{O_2 A}{O_1 A} \right) \cdot O_1 O_2}{R} \right) \right) - \operatorname{arctg} \frac{O_1 A}{O_2 A}. \quad (14)$$

После преобразований:

$$\varphi = \alpha + \arcsin \left( \frac{\sin \left( \alpha - \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{O_2 A}{O_1 A} \right) \cdot O_1 O_2}{R} \right). \quad (15)$$

Полученное значение угла  $\varphi$  необходимо для нахождения по выражению (4) координаты точки  $(x_2, y_2)$ , принадлежащей окружности с центром в точке  $O_2$  (рисунки 2, 4). Зная координаты этой точки, а также координаты точки  $(x_1, y_1)$ , можно определить величину сжатия сырья  $\Delta l$  в зависимости от угла  $\alpha$  поворота шнека, то есть раскрыть функцию (2).

Под величиной сжатия сырья  $\Delta l$  понимается разница между расстоянием между стенкой бункера и зубом шнека и изначальным размером тушки птицы:

$$\Delta l = l - L_1 L_2, \quad (16)$$

где  $l$  – размер куска сырья в несжатом состоянии, принимается равным зазору между стенкой бункера и поверхностью шнека в начале процесса захвата ( $l = 0,05$  м), м;

$L_1 L_2$  – величина зазора между стенкой бункера и поверхностью шнека, м.

Так как величина зазора  $L_1 L_2$  изменяется при вращении шнека, то ее значение можно определить как разницу координат [5] с помощью теоремы Пифагора:

$$L_1 L_2^2 = (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2. \quad (17)$$

Отсюда:

$$L_1 L_2 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (18)$$

Подставляя равенство (18) в формулу (16), получим:

$$\Delta l = l - \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}. \quad (19)$$

Из выражений (19), (3), (4) и (15) можно составить систему для определения величины  $\Delta l$ :

$$\begin{cases} \Delta l = l - \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}, \\ x_1 = r \cdot \cos \alpha, \\ y_1 = r \cdot \sin \alpha, \\ x_2 = x_0 + R \cdot \cos \varphi, \\ y_2 = y_0 + R \cdot \sin \varphi, \\ \varphi = \alpha + \arcsin \left( \frac{\sin \left( \alpha - \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{O_2 A}{O_1 A} \right) \cdot O_1 O_2}{R} \right). \end{cases} \quad (20)$$





По полученной системе уравнений (20) можно определить величину сжатия сырья  $\Delta l$ , задавая угол поворота шнека  $\alpha$ . Другие величины, входящие в систему (20), можно найти из технической документации пресса-сепаратора ПС-500. Так, радиус шнека  $r = 0,054$  м, радиус стенки бункера в зоне захвата сырья  $R = 0,09$  м, начальный размер сырья перед захватом тушки, соответствующий расстоянию между стенкой бункера и зубом шнека,  $l = 0,05$  м, расстояние  $O_1O_2 = 0,0223$  м между точками  $O_1$  и  $O_2$  (между центрами окружностей), расстояния  $O_2A = 0,017$  м и  $O_1A = 0,0144$  м.

Для проверки адекватности полученной системы уравнений (20) сравним расчетное значение  $\Delta l$  с измеренным по чертежам из конструкторской документации  $\Delta l_{\text{ч}}$ . Измерения размеров по чертежам проводилось с помощью программы КОМПАС-3D v19. Результаты расчетов и измерений приведены в таблице.

По теоретическим данным, представленным в таблице, построена кривая (рис. 5) изменения сжатия сырья в зависимости от угла поворота шнека (для наглядности угол поворота представлен в градусах, а сжатие сырья – в мм). Анализ данных, полученных на основе измерений с чертежной документации, позволил получить с помощью системы Excel уравнение регрессии (21), по которому построена аналогичная кривая, также приведенная на рис. 5:

$$\Delta l_{\text{ч}} = 10,46\alpha^2 - 54,66\alpha + 68,29 \quad (21)$$

Как видно из графика (см. рис. 5), сжатие сырья повышается при увеличении угла поворота шнека в рассматриваемом промежутке (от 180 до 225°). Необходимо отметить, что расхождения между теоретической кривой и кривой, построенной на основе данных с конструкторских чертежей, незначительны. Наибольшее расхождение составляет около 5%. Поэтому полученную систему уравнений (20) можно использовать для практических расчетов.

**Заключение.** Таким образом, полученные система (20) и уравнение (21) необходимы для расчета силы упругости сырья в зоне захвата в зависимости от угла поворота шнека. Определение силы упругости по формуле (1) позволит рассчитать дополнительную мощность, создаваемую захватным зубом, а значит скорректировать мощность электродвигателя усовершенствованного пресса-сепаратора. Полученная система (20) может быть использована для расчета величины сжатия сырья в аналогичных пресса-сепараторах.

Результаты расчетов и измерений сжатия сырья от угла  $\alpha$

$\alpha$ , град	$\alpha$ , рад	$\Delta l$ , мм	$\Delta l$ , м	$\Delta l_{\text{ч}}$ , мм	$\Delta l_{\text{ч}}$ , м	$\Delta l - \Delta l_{\text{ч}}$ , мм	$\delta$ , %
180	3,14	0	0	0	0	0	0
195	3,40	3,18	0,00318	3,12	0,00312	0,06	1,89
210	3,67	8,95	0,00895	8,94	0,00894	0,01	0,01
225	3,93	14,93	0,01493	14,93	0,01493	0	0

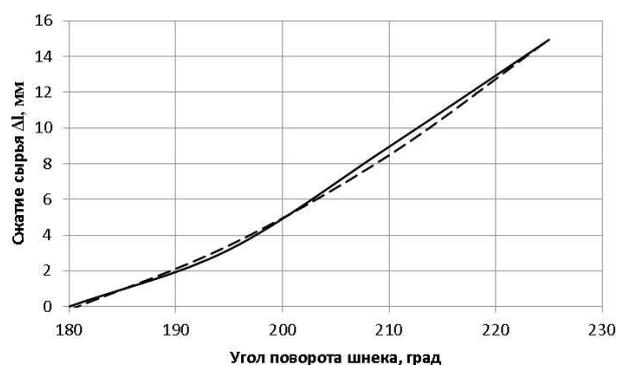


Рис. 5. График изменения сжатия сырья  $\Delta l$  от угла поворота шнека  $\alpha$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов А.В., Силков М.С., Ломачинский Н.В. Мощностной баланс пресса-сепаратора для производства мяса механической обвалки // АПК России. 2021. Т. 28. № 3. С. 351–354.
2. Документация конструкторская на пресс-сепаратор ПС-500. КД 000.001 ПС500. Челябинск, 2018. 36 с.
3. Инструкция по эксплуатации на пресс-сепараторы серии ПС. Паспорт изделия. Челябинск, 2022. 23 с.
4. Епихин В. Е., Граськин С. С. Аналитическая геометрия и линейная алгебра. Теория и решение задач : учеб. пособие для вузов. М., 2019. 606 с.
5. Клауди Альсина. Секта чисел. Теорема Пифагора. М., 2014. 152 с.
6. Кузнецов С. И. Физические основы механики: учеб. пособие. Томск, 2006. 118 с.
7. Падохин В.А., Кокина Н.Р. Физико-механические свойства

сырья и пищевых продуктов: учеб. пособие. Иваново, 2007. 128 с.

8. Пат. 197991 Российская Федерация, МПК А22С 17/04 (2006.01). Устройство для производства мяса механической обвалки / Н.В. Ломачинский, М.С. Силков, Р.Ж. Низамутдинов, А.В. Кузьмина ; заявитель и патентообладатель ООО «Конструкторское Экспериментальное Предприятие Лаборатория вариаторов». № 2020107264 ; заявл. 17.02.2020; опубл. 11.06.2020 Бюл. №17.

9. Силков М.С. Анализ конструкций устройств для обвалки мяса птицы и рыбы // Инновационные достижения науки и техники АПК: сб. науч. трудов. 2019. С. 450–453.

10. Силков М.С. Анализ различных типов приводов пресса механической обвалки мяса птицы // Актуальные вопросы агроинженерных наук в сфере технического сервиса машин, технологического оборудования и безопасности жизнедеятельности: материалы конф. 2021. С. 220–223.

## REFERENCES

1. Bogdanov A.V., Silkov M.S., Lomachinsky N.V. Power balance of a press separator for the production of mechanically deboned meat. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2021; 3(28): 351–354. (In Russ.).

2. Design documentation for the PS-500 press separator. DD 000.001 PS500. Chelyabinsk, 2018. 36 p. (In Russ.).

3. Operating instructions for PS series press separators. Product passport. Chelyabinsk, 2022. 23 p. (In Russ.).

4. Epikhin V. E., Graskin S. S. Analytical geometry and linear algebra. Theory and problem solving. Study guide. Moscow, 2019. 606 p.

5. Claudi Alsina. The sect of numbers. The Pythagorean theorem. Moscow, 2014. 152 p. (In Russ.).

6. Kuznetsov S. I. Physical foundations of mechanics. Study guide. Tomsk, 2006. 118 p. (In Russ.).

7. Padokhin V.A., Kokina N.R. Physical and mechanical properties of raw materials and food products. Study guide. Ivanovo, 2007. 128 p. (In Russ.).

8. Patent No. 197991 of the Russian Federation MPK A22C 17/04 (2006.01). A device for the production of mechanically deboned meat / N.V. Lomachinsky, M.S. Silkov, R.J. Nizamutdinov, A. V. Kuzmina. The patent holder is Design Experimental Enterprise Laboratory of variators. No. 2020107264 ; App. 02/17/2020/ Published June 11, .2020. Bull. No. 17. (In Russ.).

9. Silkov M.S. Analysis of designs of devices for deboning poultry and fish meat. *Innovative achievements of science and technology of agroindustrial complex: collection of scientific papers*. 2019: 450–453. (In Russ.).

10. Silkov M.S. Analysis of various types of drives of the poultry meat mechanical deboning press . *Topical issues of agroengineering sciences in the field of technical service of machinery, technological equipment and life safety*. 2021: 220-223. (In Russ.).

*Статья поступила в редакцию 23.01.2022; одобрена после рецензирования 22.02.2022; принята к публикации 05.03.2022.*

*The article was submitted 23.01.2022; approved after reviewing 22.02.2022; accepted for publication 05.03.2022.*

