

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Китун, А.В. Исследование процесса работы измельчителя-смесителя кормов вертикального типа / А.В. Китун, В.И. Передня, А.В. Кузьмицкий // Вестник Белорусской Сельскохозяйственной Академии. – 2004. – №3. – С. 83–86.

2. Надежин, А.В. К обоснованию геометрических параметров измельчителей стебельчатых кормов / А.В. Надежин // сб. науч. тр. / Совершенствование технологий и технических средств в животноводстве. – Зерноград, 1988. – 140 с.

3. Овчинников, А.А. К вопросу обоснования конструктивно-режимных параметров измельчителя-смесителя непрерывного действия / А.А. Овчинников, Е.В. Сурмев, А.В. Влазнев // Механизация заготовки, приготовления и раздачи кормов. – Саратов, 1982. – С. 74–82.

4. Голиков, В.А. Рабочий орган для измельчения грубых кормов повышенной влажности / В.А. Голиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1978. – № 11. – С. 17–19.

5. Рабочий орган измельчителя кормов: пат. 1523 Респ. Беларусь / В.И. Передня, А.В. Китун ; опубл. 21.01.04// Офиц. бюл./ Нац центр интелект. собств.

УДК 664

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 21.04.2009

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ УСТАНОВОК ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МЯСОКОСТНОГО СЫРЬЯ ПТИЦЫ

В.Я. Груданов, докт. техн. наук, профессор, А.А. Бренч, канд. техн. наук, доцент, И.Е. Дацук, аспирант (УО БГАТУ); Д.В. Коховец (КУП «Минский мясокомбинат»)

Аннотация

Приведен анализ конструктивных особенностей установок для разделения мясокостного сырья птицы, в результате которого предложена их классификация. Разработана расчетная модель, взаимосвязывающая геометрические параметры рабочих органов шнековых обвалочных прессов и работу, совершаемую шнеком. Предложены новые технические решения в области конструирования рабочих органов шнековых установок для отделения мяса от кости птицы.

Введение

В последние годы в птицеперерабатывающей промышленности всего мира отмечается тенденция глубокой переработки мяса птицы. Это обусловлено, прежде всего, изменением спроса со стороны потребителя на продукты из мяса птицы и его стремлением купить продукт с минимальным количеством отходов, каким является бескостное мясо.

В настоящее время в птицеперерабатывающей промышленности разных стран, в том числе и в Республике Беларусь, для разделения мясокостного сырья птицы широко используется процесс механической сепарации, который заключается в размельчении исходного сырья и последующем отделении кости, соединительной ткани и сухожилий путем пропускания размельченного сырья через «сито» под высоким давлением.

Несмотря на существование устройств различных типов, процесс отделения мяса от кости не является совершенным, кроме того, имеют место высокие энергозатраты на выработку продукции и металлоемкость оборудования.

Основная часть

Анализ конструктивных особенностей установок для разделения мясокостного сырья птицы и разработка классификации

На современных предприятиях для разделения мясокостного сырья используется разное оборудование,

которое по принципу действия можно разделить на два типа, принципиально отличающихся друг от друга:

- установки периодического действия (гидравлические);
- установки непрерывного действия (шнековые и с гибкой эластичной лентой).

Устройства для механической обвалки тушек и частей тушек по типу обвалочного устройства разделяют на поршневые (отделение мяса от костей производится при сжатии в камере постоянного объема под давлением до 35 МПа), шнековые (разделение происходит при сдавливании мясокостной фракции между шнеком и корпусом, который называют сепарирующей втулкой или сепаратором) и установки с гибкой эластичной лентой (в пространстве между лентой и барабаном на сырье воздействует определенное давление, при этом мягкие части проникают через отверстия барабана в его внутреннюю полость) [1].

Выделяют два типа устройств по направлению движения продукта. В первом из них мясная фракция продавливается через ячейки перфорированного барабана с его внешней стороны, при этом костные ткани задерживаются и остаются вне барабана. В устройствах другого типа мясная фракция продавливается изнутри перфорированной втулки, а костная часть остается внутри этой втулки [2].

По принципу подготовки сырья для измельчения разделяют установки с дробилкой и без дробилки, назначение которых – измельчить сырье на части за-

данных размеров и подать его на обвалку. В некоторых шнековых установках роль дробилки выполняет подающий шнек. С этой целью высота шнека значительно увеличивается. Установки с гибкой эластичной лентой (барabanные) дополнительно оснащаются устройством для измельчения или для этих целей рекомендуется использовать волчок.

Степень измельчения исходного сырья различна и зависит от количества мяса на кости. Чем меньше остаточного мяса, тем выше степень измельчения сырья.

Основными элементами, обеспечивающими сепарацию (отделение мяса от кости), являются:

- шнек (в шнековых прессах) или поршень (в гидравлических);
- сепаратор в виде перфорированной втулки или набора концентрических колец (в шнековых и поршневых установках);
- кольцевой клапан (ограничитель);
- гибкая лента и перфорированный барабан (в прессах барабанного типа).

При помощи шнека обеспечивается подача сырья из бункера в зону сепарации, измельчение сырья режущей кромкой и сжатие сырья в зоне обвалки. Сжатие происходит за счет уменьшения межвиткового объема шнека. Наибольшее давление в тракте создается в конце шнека, где и производится отжатие мясной фракции от костной. Шнек выполняют цилиндрическим

(в прессах марки «УНИКОН», «РВС» и др.) с уменьшающимся шагом по ходу движения продукта, с постоянным шагом и увеличивающимся внутренним диаметром, а также коническим (в прессах фирмы «Beehive», «EMF», «К 25.537.01») с уменьшающимся по ходу движения внешним диаметром с постоянным и переменным шагом навивки.

Сепарирующая втулка является одним из основных элементов пресса, обеспечивающих отделение мяса от кости. По своей конструкции различают втулки цилиндрические и конические, с количеством отверстий от 3600 до 32000. Для разного вида сырья используются втулки (гильзы) с разным диаметром отверстий (от 0,4 мм, которые применяются для обвалки рыбы и частей тушки птицы с содержанием мяса не менее 80%, до 1,9 мм – для дообвалки мяса всех видов домашней птицы с содержанием мяса на кости не менее 25%). Применяют сепарирующие втулки комбинированного типа, когда по длине втулки имеются зоны с разными диаметрами отверстий (большими в начале сжатия сырья и меньшими – в конце), что приводит к получению продукта более высокого качества и возможности разделения мясного сырья по структуре. Существуют также конструкции сепарирующих втулок с отверстиями, изготовленными в виде штрихов.

Чем меньше прирези мяса на кости, тем мень-

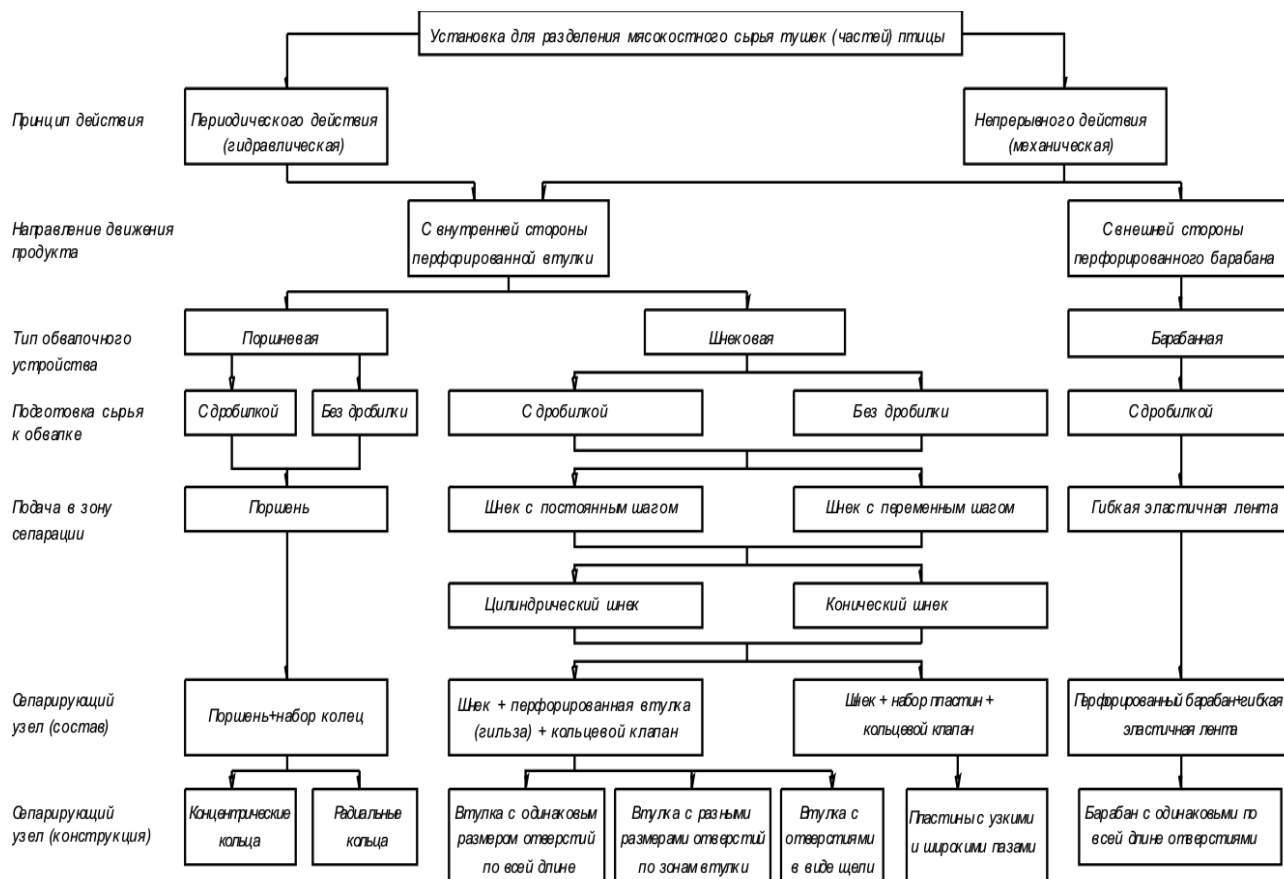


Рисунок 1. Классификация устройств для разделения мясокостного сырья птицы

ше должна быть площадь проходного сечения отверстия втулки.

В некоторых моделях прессов вместо перфорированной втулки используется набор концентрических пластин с широкими и узкими пазами, жестко собранных в катушку так, что мясная масса продавливается через радиальные щели, образованные пазами.

Следующим основным элементом устройств для разделения мясокостного сырья является кольцевой клапан (ограничитель), назначение которого, во-первых, – регулировать давление прессования, во-вторых – разрушать (измельчать) кость, в-третьих – удалять костный остаток.

Давление регулируется путем приближения или удаления друг от друга конических поверхностей шнека и клапана. Острые края клапана выполняют роль режущего инструмента (ножа), которым измельчается кость. Удаление костного остатка осуществляется через боковой или осевой выход.

Если гидравлические прессы (поршневые) и шнековые установки имеют жесткие рабочие органы, то барабанные сепараторы отделяют мясо от кости с помощью гибкой ленты. В таких устройствах рабочими органами являются перфорированный барабан и гибкая эластичная лента. Барабан вращается навстречу движения ленты, сырье прижимается к барабану, расплющивается, мякотные ткани продавливаются через отверстия внутри барабана, а костный остаток остается на внешней поверхности барабана и удаляется скребком [1].

В результате анализа научно-технической литературы и на основании проведенных теоретических ис-

следований была разработана классификация устройств для разделения мясокостного сырья птицы (рис. 1).

Расчетная модель шнековой установки для разделения мясокостного сырья птицы

На предприятиях птицеперерабатывающей промышленности наибольшее распространение получили шнековые обвалочные устройства.

Для определения оптимальных конструктивных параметров рабочих органов шнековых прессов для механической обвалки мяса птицы была разработана расчетная модель. Схема расположения сил в зоне выделения мясной фракции представлена на рис. 2, а расположение сил в зоне кольцевого зазора представлена на рис. 3.

Общая сила, направленная на разделение продукта на фракции, H

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

где Q_1 – сила проталкивания продукта сквозь отверстия сепаратора и вдоль оси шнека, H ; Q_2 – сила проталкивания продукта через кольцевой зазор, H .

Сила трения продукта о шнек (T_1, H) определяется по формуле:

$$T_1 = N_1 f,$$

где N_1 – нормальная сила воздействия продукта на виток шнека в зоне выдавливания жидкой фракции, H ; f – коэффициент трения продукта о поверхность.

Сила трения продукта о цилиндрическую поверхность сепаратора (T_2, H) определяется из выражения:

$$T_2 = N_1 f \cos \alpha,$$

где α – угол наклона ребра шнека, град.

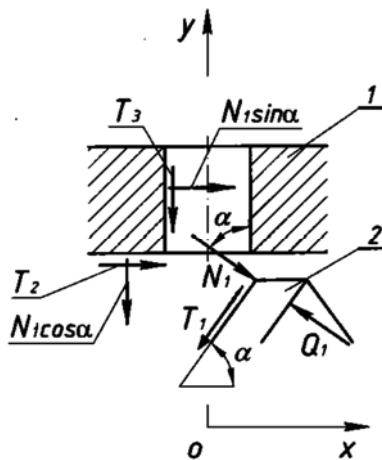


Рисунок 2. Схема расположения сил в зоне выделения мясной фракции:

1 – сепаратор; 2 – виток шнека;

Q_1 – сила проталкивания продукта сквозь отверстия сепаратора и вдоль оси шнека; N_1 – нормальная сила воздействия продукта на виток шнека в зоне выдавливания жидкой фракции;

T_1 – сила трения продукта о шнек; T_2 – сила трения продукта о цилиндрическую поверхность сепаратора; T_3 – сила трения продукта о цилиндрическую поверхность отверстия сепаратора;

α – угол наклона ребра шнека

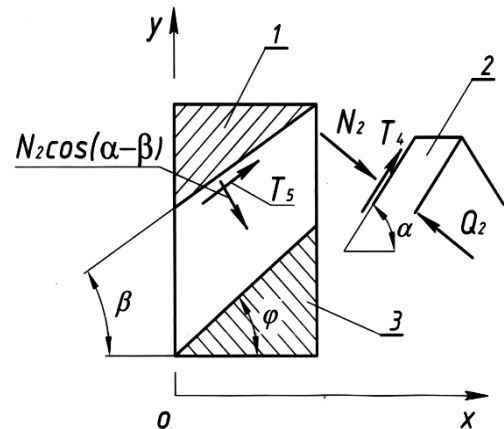


Рисунок 3. Схема расположения сил в зоне кольцевого зазора:

1 – часть клапана, образующая кольцевой зазор;

2 – виток шнека; 3 – конусная часть шнека;

Q_2 – сила проталкивания продукта через кольцевой зазор; N_2 – нормальная сила воздействия костного остатка на последний виток шнека в зоне кольцевого зазора; T_4 – сила трения костного остатка на последний виток шнека в зоне кольцевого зазора; T_5 –

сила трения продукта о коническую поверхность кольцевого зазора; α – угол наклона ребра шнека; β – угол при вершине конуса конической части цилиндра;

ϕ – угол наклона конуса

Сила трения продукта о цилиндрическую поверхность отверстия сепаратора ($T_3, Н$) представлена в виде:

$$T_3 = N_1 f \sin \alpha.$$

Проекция сил на ось «y»

$$Q_1 \cos \alpha - N_1 \cos \alpha + T_1 \sin \alpha - T_3 = 0.$$

После выполнения преобразований получаем:

$$Q_1 = N_1 (1 - f \operatorname{tg} \alpha).$$

Сила трения костного остатка о последний виток шнека ($T_4, Н$) определяется по формуле:

$$T_4 = N_2 f.$$

Сила трения продукта о коническую поверхность кольцевого зазора ($T_5, Н$) представлена в виде:

$$T_5 = N_2 f \cos(\alpha - \beta),$$

где N_2 – нормальная сила воздействия костного остатка на последний виток шнека в зоне кольцевого зазора, H ; β – угол при вершине конуса конической части цилиндра.

Проекция сил на ось «x»

$$T_3 \cos \beta + N_2 \sin \alpha + T_4 \cos \alpha - Q_2 \sin \alpha = 0.$$

После выполнения преобразований

$$Q_2 = N_2 \left[1 + f \frac{\cos(\alpha - \beta) \cdot \cos \beta + \cos \alpha}{\sin \alpha} \right].$$

Тогда

$$Q = N_1 (1 + f \cdot \operatorname{tg} \alpha) + N_2 \left[1 + f \frac{\cos(\alpha - \beta) \cdot \cos \beta + \cos \alpha}{\sin \alpha} \right]$$

Крутящий момент на шнеке ($M_{кр}, Н \cdot м$)

$$M_{кр} = Q \cos \alpha R_{шн},$$

где $R_{шн}$ – наружный радиус шнека, м.

Работа, совершаемая шнеком за один оборот

$$A = 2 Q \cos \alpha R_{шн} \pi$$

или

$$A = \left[N_1 (1 + f \cdot \operatorname{tg} \alpha) + N_2 \left(1 + f \frac{\cos(\alpha - \beta) \cdot \cos \beta + \cos \alpha}{\sin \alpha} \right) \right] \times \cos \alpha \cdot R_{шн} \cdot 2\pi.$$

Полученная расчетная модель позволяет определять работу, затрачиваемую шнеком за один оборот, в зависимости от конструктивных параметров узла отжатия.

Совершенствование конструкции шнековой установки для разделения мясокостного сырья птицы

Использование свойств «золотой» пропорции позволяет увязать пропускные способности перфорированного сепаратора и сепарирующего клапана с производительностью шнека в зависимости от вида мясного сырья (содержания мясной фракции в исходном сырье). Предложено выполнить рабочие органы таким образом, чтобы суммарная площадь живого сечения сепаратора и кольцевого зазора узла отжатия была равна площади поперечного сечения канавки шнека в последнем витке. При этом площадь живого сечения сепаратора F_c можно определить по формуле:

$$F_c = \frac{F_{ш}}{1,618},$$

где F_c – площадь живого сечения сепаратора, $м^2$; $F_{ш}$ – площадь поперечного сечения канавки шнека в последнем витке, $м^2$; 1,618 – коэффициент пропорциональности, учитывающий отношение мяса к кости [3].

Особое внимание было уделено конструкции кольцевого клапана, служащего для отвода костной составляющей мясного сырья. Уменьшение размера проходного сечения кольцевого зазора между коническим шнеком и цилиндром с конической внутренней поверхностью по ходу движения костной составляющей сырья может привести к увеличению сопротивления движению продукта, снижению качества отделения мяса от кости и вследствие этого – к снижению эффективности работы устройства.

Выполнение кольцевого зазора между коническим шнеком и цилиндром с конической внутренней поверхностью осуществляется так, чтобы угол при вершине конуса конического шнека определялся из условия $\alpha > \beta(1+0,1S)$,

где S – начальный кольцевой зазор; α – угол при вершине конуса конического шнека; β – угол при вершине конуса конической части цилиндра, позволит потоку костной составляющей сырья, поступающему в кольцевой зазор, равномерно перемещаться по нему без дополнительного сопротивления, связанного с уменьшением проходного сечения кольцевого зазора [4].

В конструкциях серийных прессов не учитывается изменение ко-

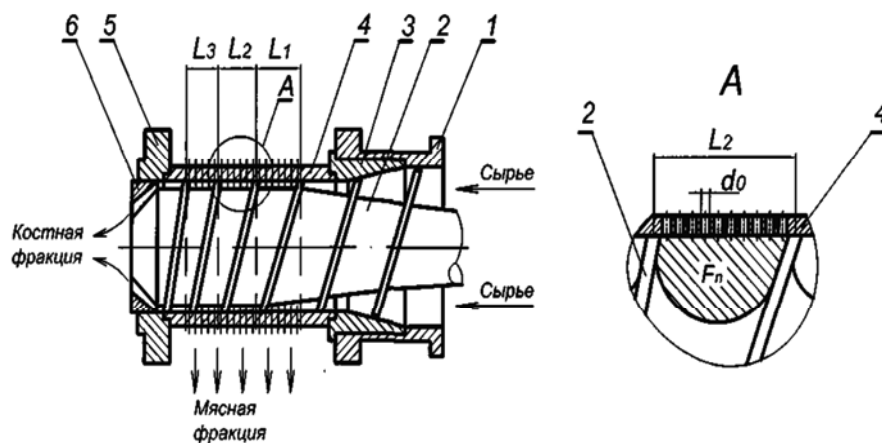


Рисунок 4. Схема шнекового обвалочного устройства:

1 – стакан; 2 – шнек; 3 – диффлектор; 4 – сепаратор; 5 – гайка; 6 – кольцевой клапан;
 L_1, L_2, L_3 – соответственно 1-я, 2-я и 3-я основные зоны;
 d_0 – отверстие сепаратора

личества мясной фракции по ходу движения сырья в нагнетающем шнеке, т.е. отверстия равномерно расположены по всей длине цилиндрической рабочей поверхности перфорированного сепаратора, что приводит к неэффективному использованию площади поперечного сечения отверстий перфорации, вероятности нежелательного дополнительного попадания костного остатка в мясную фракцию.

Рабочую поверхность сепаратора мы условно разделили по длине на ряд зон (рис. 4). Количество отверстий в каждой зоне перфорированного сепаратора можно определить по формуле:

$$Z_n = \frac{\sqrt{\Phi}}{d_o^2} \cdot \left(F_n - \frac{k \cdot \sum_{n=1}^m F_n}{m} \right),$$

где Z_n – количество отверстий перфорации в n -ой зоне; Φ – значение «золотой» пропорции ($\Phi = 1,618$); F_n – площадь нормального сечения n -ой винтовой канавки шнека; d_o – диаметр отверстий перфорации сепаратора; k – коэффициент, учитывающий среднее отношение кости к мясу в тушках различных видов птицы; m – количество зон перфорированного сепаратора [5].

В серийно выпускаемых шнековых прессах не учитывается направление движения мясной фракции, подаваемой нагнетающим шнеком в отверстия сепаратора. Отверстия расположены радиально к продольной оси сепаратора по всей его цилиндрической рабочей поверхности, что приводит к дополнительному сжатию и сдавливанию продукта, снижению качества отделения мяса от кости.

Угол наклона осей отверстий уменьшается по ходу движения продукта и определяется по формуле:

$$\beta_i = 90 - \alpha_i,$$

где β_i – угол наклона оси отверстия; α_i – угол наклона ребра нагнетающего шнека.

Угол наклона ребер шнека увеличивается по ходу движения продукта, т.е. $\alpha_3 > \alpha_2 > \alpha_1$ (рис. 5). Соответственно, угол наклона осей отверстий уменьшается, т.е. $\beta_3 < \beta_2 < \beta_1$.

В этом случае сила нормального давления на продукт поверхности ребра нагнетающего шнека совпадает с осями отверстий перфорации сепаратора и напрямую, без дополнительных сопротивлений, проталкивает мясную фракцию через отверстия, что и необходимо для эффективной работы пресса [6].

Выводы

В результате анализа литературных источников, приведен анализ конструктивных особенностей установок для разделения мясокостного сырья птицы и предложена их классификация. Проведены теоретические исследования по определению оптимальных конструктивных параметров рабочих органов шнековых прессов для механической обвалки мяса птицы. Разработана расчетная модель, позволяющая определить энергетические параметры обвалочного пресса в зависимости от конструк-

тивных параметров кольцевого клапана. На основе разработанной модели были предложены новые технические решения в области конструирования рабочих органов обвалочных прессов.

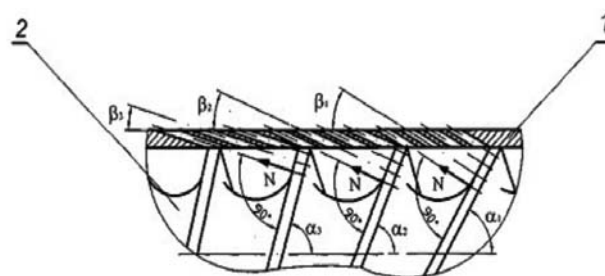


Рисунок 5. Схема расположения отверстий в перфорированной втулке шнекового обвалочного пресса:

1 – сепаратор; 2 – шнек; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – углы наклона отверстий соответственно в 1-й, 2-й и 3-й условной зоне; N – сила нормального давления на продукт поверхности ребра шнека

ЛИТЕРАТУРА

1. Мясо птицы механической обвалки/ В.А.Гоноцкий [и др.]; под общ. ред. В.А. Гоноцкого.– Москва, 2004.– 200с.
2. Сэмс, Р.А. Переработка мяса птицы/ Р.А. Сэмс.– Спб.: Профессия, 2007.– 432с.
3. Устройство для отделения мяса от кости птицы: пат 8343 Респ. Беларусь, МПК7 А22С17/04/ В.Я.Груданов, А.К.Наварай, А.А.Бренч; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия.– №а20030855; заявл. 05.09.2003; опубл. 30.03.2004// Афіцыйны бюл./Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.–2006.– №4.– С.29.
4. Устройство для отделения мяса от кости птицы: пат 8344 Респ. Беларусь, МПК7 А22С17/04/ В.Я.Груданов, А.К.Наварай, И.Д.Иванова; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия.– №а20031131; заявл. 03.12.2003; опубл. 30.06.2004// Афіцыйны бюл./Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.– 2006.– №4.– С.30.
5. Пресс для механической обвалки птицы: пат 8776 Респ. Беларусь, МПК7 А22С17/04/ В.Я. Груданов, А.К. Наварай, Л.Т. Ткачева; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия.– №а20031245; заявл. 30.12.2003; опубл. 30.09.2004//Афіцыйны бюл./Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.–2006.–№6.– С.45.
6. Пресс для механической обвалки птицы: пат 8777 Респ. Беларусь, МПК7 А22С17/04/ В.Я. Груданов, А.К. Наварай, А.А. Бренч; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия.–№а20040057; заявл. 30.01.2004; опубл. 30.09.2004//Афіцыйны бюл./Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.–2006.–№6.– С.46.