

УДК 621.626.7.088.8

В. Я. ГРУДАНОВ, А. А. БРЕНЧ, Л. Т. ТКАЧЕВА, А. К. НАВАРАЙ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПРЕССОВ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБВАЛКИ МЯСА ПТИЦЫ

Белорусский государственный аграрный технический университет

(Поступила в редакцию 01.03.2007)

Введение. На птицеперерабатывающих предприятиях Республики Беларусь широко распространен метод прессования мясного сырья – механический процесс, при котором обрабатываемое сырье подвергается давлению. Метод прессования используется для выделения жидкой, текучей фракции при обработке шквары, в процессах обвалки, жиловки и сортировки мяса, при выработке бекона, формировании окороков, рулетов, для уплотнения продукции и в ряде других случаев. При этом следует отметить, что прессование по удельным энергозатратам и качеству вырабатываемой продукции в ряде случаев является более рациональным способом выделения жидкой фракции из мясопродуктов, чем центрифугирование, экстракция и другие способы.

По этой причине наибольшее распространение метод прессования получил на птицеперерабатывающих предприятиях средней мощности и на заготовительных предприятиях массового питания, а также в фермерских хозяйствах, занимающихся глубокой переработкой птицы. В настоящее время для механической обвалки тушек цыплят, цыплят-бройлеров, кур, уток, гусей, индеек, частей тощей баранины и козлятины на указанных предприятиях в основном применяют прессы типа «Уником-500», РВС-1000 и РВС-500.

Однако, как показывает опыт эксплуатации таких прессов, данные машины имеют ряд весьма существенных недостатков: значительное потребление электрической энергии (до 0,011 кВт·ч/кг); недостаточная эксплуатационная надежность (до 1000 ч на пластинах, до 1500 ч на гильзе); низкое качество перерабатываемого сырья.

Таким образом, необходимо провести теоретические и экспериментальные исследования по совершенствованию процесса механической обвалки мяса птицы в части улучшения качества, снижения удельных энергозатрат и повышения износостойкости и прочности рабочих органов прессов.

Расчетная модель узла сепарации. Для определения оптимальных конструктивных параметров рабочих органов прессов для механической обвалки мяса птицы была разработана расчетная модель. Она позволяет определять работу, затрачиваемую шнеком за один оборот, в зависимости от конструктивных параметров узла отжатия. Схема расположения сил в зоне выделения мясной фракции представлена на рис. 1.

Общая сила, направленная на разделение продукта на фракции:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

где Q_1 – сила проталкивания продукта сквозь отверстия сепаратора по оси шнека, N ; Q_2 – сила проталкивания продукта через кольцевой зазор, N

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

$$T_1 = Nf,$$

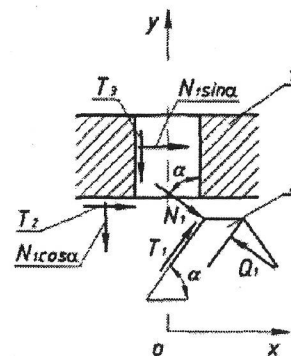


Рис. 1. Схема расположения сил в зоне выделения мясной фракции: 1 – перфорированный сепаратор; 2 – виток нагнетающего шнека

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

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

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

где α – угол наклона ребра шнека, град.

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

$$Q_1 \cos \alpha - N_1 \cos \alpha + T_1 \sin \alpha - T_2 - T_3 = 0.$$

После выполнения преобразований получаем

$$Q_1 = N_1(1+f).$$

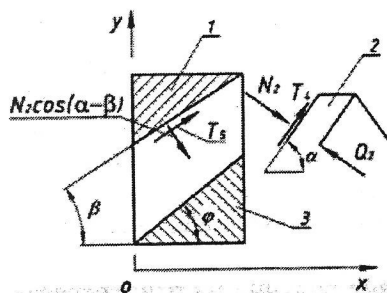


Схема расположения сил в зоне кольцевого зазора представлена на рис. 2.

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

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

Рис. 2. Схема расположения сил в зоне кольцевого зазора: 1 – втулка коническая, 2 – последний виток нагнетающего шнека, 3 – концевая коническая часть нагнетающего шнека

где N_2 – нормальная сила воздействия костного остатка на последний виток шнека в зоне кольцевого зазора, Н

Проекция сил на ось x

$$T_5 \cos \beta + N_2 \sin \alpha + T_4 \cos \alpha - Q_2 \sin \alpha = 0.$$

После выполнения преобразований

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

Тогда

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

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

$$M_{кр} = Q \sin \alpha R_{шн},$$

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

Работа, совершаемая шнеком за один оборот:

$$A = 2Q \sin \alpha R_{шн} \pi$$

или

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

или

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

Результаты исследований. В существующих конструкциях обвалочных прессов не рассматриваются особенности отдельных деталей сепарирующего узла в зависимости от вида мясного сырья. При этом основные геометрические параметры перфорированного сепаратора и узла отжатия необходимо определять исходя из производительности шнека с использованием свойств «золотой» пропорции, так как соотношение мясной и костной тканей птицы соответствует знаменателю «золотой» пропорции [1].

Пропускные способности перфорированного сепаратора и сепарирующего узла (узла отжатия) необходимо увязать с производительностью шнека, для этого требуется 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 (м²) можно определить по формуле:

$$F_c = \frac{F_{ш}}{1,618},$$

где $F_{ш}$ – площадь поперечного сечения канавки шнека в последнем витке, м²; 1,618 – коэффициент пропорциональности, учитывающий отношение мяса к кости.

Особое внимание было уделено конструкции узла отжатия, 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 так, чтобы угол при вершине конуса конического шнека определялся по формуле

$$\alpha > \beta(1 + 0,1S),$$

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 без дополнительного сопротивления, связанного с уменьшением проходного сечения кольцевого зазора.

В конструкциях серийных прессов не учитывается изменение количества мясной фракции по ходу движения сырья в нагнетающем шнеке, отверстия равномерно расположены по всей длине цилиндрической рабочей поверхности перфорированного сепаратора, что приводит к неэффективному использованию площади поперечного сечения отверстий перфорации, вероятности нежелательного попадания костного остатка в мясную фракцию.

Рабочую поверхность сепаратора мы условно разделили по длине на ряд зон (рис. 3). Количество отверстий в каждой зоне перфорированного сепаратора можно определить по формуле

$$Z_n = \frac{\sqrt{\Phi}}{d_0^2} \left(F_n - \frac{n-1}{m} \right),$$

где Z_n – количество отверстий перфорации в n -й зоне; Φ – значение «золотой» пропорции ($\Phi = 1,618$); F_n – площадь нормального сечения n -й винтовой канавки шнека; d_0 – диаметр отверстий перфорации сепаратора; k – коэффициент, учитывающий среднее отношение массы костной ткани птицы к мясной; m – количество зон перфорированного сепаратора.

В серийно выпускаемых прессах не учитывается направление движения мясной фракции, подаваемой нагнетающим

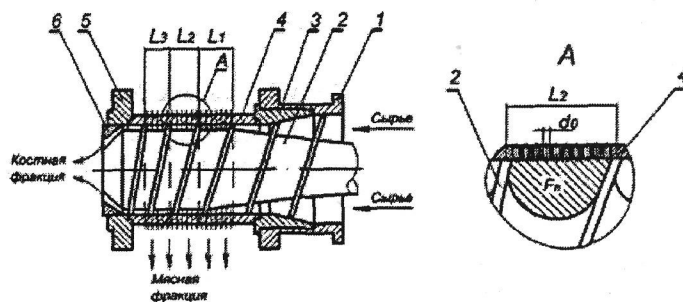


Рис. 3. Схема узла сепарации пресса: 1 – стакан; 2 – нагнетающий шнек; 3 – дефлектор; 4 – перфорированный сепаратор; 5 – корпус; 6 – втулка коническая

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 процесса обвалки.

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

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

где 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. 4). 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 без дополнительных сопротивлений продвигает мясную фракцию через отверстия, что необходимо для эффективной работы пресса.

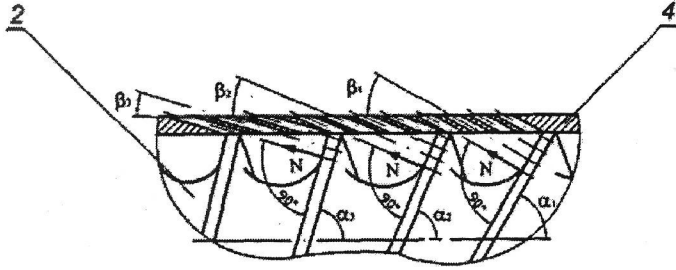


Рис. 4. Схема расположения отверстий перфорации: 2, 4 см. на рис. 3

фракцию через отверстия, что необходимо для эффективной работы пресса.

По вышеприведенным рекомендациям были изготовлены рабочие органы для механического пресса РВС-1000 и проведены заводские испытания на РУСПП «Приднепровская птицефабрика». Получены следующие результаты:

улучшается качество получаемого продукта (снижение костных включений в получаемой мясной фракции на 10–12%);

снижается разность начальной и конечной температуры (3–5 °С) перерабатываемого сырья; повышается производительность пресса на 20–25%; снижаются удельные энергозатраты на 15–20%.

Заключение. В результате проведенных исследований для определения оптимальных конструктивных параметров рабочих органов прессов для механической обвалки мяса птицы была разработана расчетная модель. Она позволяет определять энергетические параметры обвалочного пресса в зависимости от конструктивных параметров узла отжатия. На основе разработанной модели с использованием законов «золотой» пропорции были разработаны оптимальные технические решения в области конструирования рабочих органов обвалочных прессов. Сравнительные промышленные испытания подтвердили достоверность выводов теоретических исследований.

Литература

1. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания всех форм собственности. М., 1996.

2. Мачихин Ю. А., Мачихин С. А. Инженерная реология пищевых материалов. М., 1981.

3. Семенюта Н. Ф., Михаленко В. Л. Золотая пропорция в природе и искусстве. Гомель., 2002.

4. Груданов В. Я., Наварай А. К., Бренч А. А. Устройство для отделения мяса от кости птицы. Пат. 8343 РБ.

5. Груданов В. Я., Наварай А. К., Иванова И. Д. Устройство для отделения мяса от кости птицы. Пат. 8344 РБ.

6. Груданов В. Я., Наварай А. К., Ткачева Л. Т. Пресс для механической обвалки мяса птицы. Пат. 8776 РБ.

7. Груданов В. Я., Наварай А. К., Бренч А. А. Пресс для механической обвалки мяса птицы. Пат. 8777 РБ.

V. Ya. GRUDANOV, A. A. BRENCH, L. T. TKACHYOVA, A. K. NAVARAY

WORKING BODIES DESIGN IMPROVEMENT OF PRESSES FOR MECHANICAL DIVISION OF BIRD'S MEAT

Summary

The model for definition of optimum design data of working bodies of press for mechanical division of fowl is developed. The obtained model allows to define power parameters of a press depending on design data of unit of expression. On the basis of the developed model with use of laws of a golden section optimum technical decisions have been developed in the field of designing of press working bodies. Comparative industrial tests which results have confirmed reliability of conclusions of theoretical research are lead.