

прямая пропорциональность, т.е. при неизменных значениях постоянных потерь, сопротивления главных цепей, магнитного потока и скорости двигателя.

Наиболее практично, при проектировании, использовать методы эквивалентного момента и эквивалентной мощности, так как для циклично работающих механизмов, составляют циклограммы моментов и мощностей. Находят эквивалентную мощность по формуле (1):

$$P_{\text{экз}} = \sqrt{\frac{\sum \int_0^{t_i} P_i^2 \cdot dt}{\sum t_i}} = P_{\text{ср.кв}} = \text{const} \quad (1)$$

где $P_{\text{экв}}$ – эквивалентная мощность;

P_i – мощность на валу двигателя в промежуток времени,

t_i – длительность промежутка.

Это справедливо для перемежающего режима. В данном случае не исключается наличие зон «холостого хода», что приводит к неизбежным потерям энергии. Двигатель подбирают номинальной мощностью выше эквивалентной, и это усугубляет ситуацию. При продолжительном режиме эквивалентная мощность равна или чуть ниже номинальной, что сокращает потери энергии.

Заключение: исходя из проведенного анализа, можем предположить, что, проектируя машины циклического действия, нужно стремиться к постоянным нагрузкам на приводном валу. Частично или полностью достичь такого результата можно методами замещения рабочих операций, рекуперации энергии, использованием параллельных рабочих органов.

Список использованной литературы

1. Насонкин Г.А. Введение в эволюционное экспериментально-статистическое моделирование технологического процесса / Г.А. Насонкин. Київ: Техніка, 2002. – 68 с.
2. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин / Я.Т. Кіницький. Київ: Наукова думка, 2002. – 660 с.

УДК 637.531.45

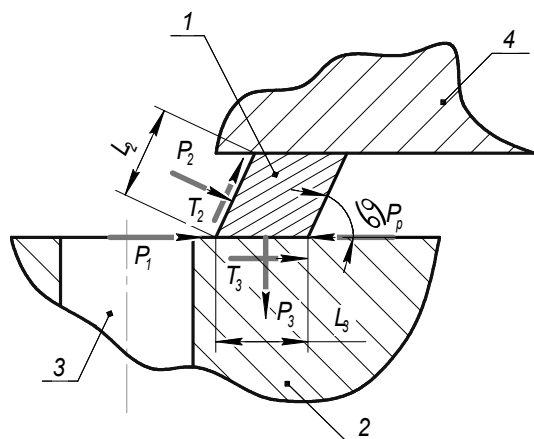
**Груданов В.Я., доктор технических наук, профессор,
Бренч А.А., кандидат технических наук, доцент, Данилькевич А.А., Лещенко П.Ю.**
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ РЕЗАНИЯ В ЭМУЛЬСИТАТОРЕ

Основной задачей процесса тонкого измельчения мясного сырья в эмульситах является получение однородной структуры фарша с заданной степенью измельчения, обладающего максимальной влагосвязывающей способностью и обеспечивающего наилучшее качество готовых изделий. Процесс резания при тонком измельчении выполняют на высоких скоростях режущих органов, при этом выделяется большое количество теплоты, что вызывает нежелательное повышение температуры сырья и приводит к денатурации белков, изменению водосвязывающей способности и структурно-механических свойств продукта. Для интенсификации процесса резания мясного сырья, создания оптимальных условий тонкого измельчения с учетом реологических характеристики измельчаемого продукта и геометрических параметров режущего инструмента, необходимо определить затраты мощности на резание.

Рассмотрим сечение пера ножа (рисунок 1) и силы, действующие в момент измельчения на его режущие кромки.

Силы трения приложенные к режущему инструменту, при скользящем резании направлены в сторону, обратную направлению относительного движения ножа. Активную силу, приложенную к ножу и вызывающую перечисленные реакции, обозначим P_p . Считая движения ножа установившимся, можем применить к нему уравнения статики. Будем считать силу P_3 известной, зависящей от скорости вращения и геометрии ножа.



P_1 – сила сопротивления измельчению, Н; P_2 – сила сопротивления проникновению в продукт лезвия ножа, Н; P_3 – сила проталкивания продукта, создаваемая гранью ножа, Н; L_2 и L_3 – длины граней лезвия, м; P_p – нормальная составляющая к общей силе резания; α – угол заточки, рад; T_2 и T_3 – силы трения на гранях ножа, Н; 1 – режущая кромка; 2 – ножевая решетка; 3 – отверстия решетки; 4 – вращающийся нож

Рисунок 1. Схема сил, действующих на режущую кромку ножа при измельчении

Проектируя все силы на направление опорной грани ножа, получим:

$$P_p - P_1 - P_2 \sin \alpha - T_2 \cos \alpha - T_3 = 0; \quad (1)$$

где α – угол заточки лезвия ножа.

Силы трения на гранях ножа:

$$T_2 = P_2 f_2, \quad (2)$$

$$T_3 = P_3 f_3, \quad (3)$$

где f_2 – коэффициент трения продукта о нож;

f_3 – коэффициент трения между ножом и решеткой в присутствии продукта.

Подставляя их в уравнение проекций, получим:

$$P_p = P_1 + P_2 \sin \alpha + P_2 f_2 \cos \alpha + P_3 f_3 = P_1 + P_2 (\sin \alpha + f_2 \cos \alpha) + P_3 f_3; \quad (4)$$

Сумма проекций сил на ось, перпендикулярную первой, будет

$$P_2 \cos \alpha - P_3 - T_2 \sin \alpha = 0, \quad P_2 \cos \alpha - P_3 - P_2 f_2 \sin \alpha = 0. \quad (5)$$

Подставляя сюда значение T_2 :

$$P_2 (\cos \alpha - f_2 \sin \alpha) = P_3; \quad (6)$$

$$P_2 = \frac{P_3}{\cos \alpha - f_2 \sin \alpha} \quad (7)$$

Силу сопротивления измельчению продукта (P_l) считаем равномерно распределенной. При известной величине q (q – удельное сопротивление продукта резанию на единицу длины лезвия, Н/м) сила P_l определяется как произведение

$$P_l = q \cdot L_1, \quad (8)$$

где L_1 – длина лезвия, м.

Тогда активная сила (сила нормального давления на лезвие ножа) P_p с учетом формулы (4)

$$P_p = qL_1 + P_3 \frac{\sin \alpha + f_2 \cos \alpha}{\cos \alpha - f_2 \sin \alpha} + P_3 f_3. \quad (9)$$

Общее усилие на резание с учетом двух режущих кромок:

$$P_{рез} = \frac{2P_p}{\cos \beta} = 2 \frac{qL_1 + P_3 \left(\frac{\sin \alpha + f_2 \cos \alpha}{\cos \alpha - f_2 \sin \alpha} + P_3 f_3 \right)}{\cos \beta}. \quad (10)$$

Плечо приложения силы $P_{общ}$ определим по выражению

$$R = \frac{R_n + R_{вн}}{2}. \quad (11)$$

Используя уравнения, получим выражение момента на лезвии ножа:

$$M = P_{рез} R = \frac{qL_1 + P_3 \left(\frac{\sin \alpha + f_2 \cos \alpha}{\cos \alpha - f_2 \sin \alpha} + P_3 f_3 \right) (R_n + R_{вн})}{2 \cos \beta}. \quad (12)$$

Умножая M на угловую скорость ножа ω , получим мощность, затрачиваемую на общую мощность проталкивания и резания продукта ножом через отверстия решетки:

$$N_{общ} = M\omega = \frac{\pi n \left[qL_1 + P_3 \left(\frac{\sin \alpha + f_2 \cos \alpha}{\cos \alpha - f_2 \sin \alpha} + P_3 f_3 \right) (R_n + R_{вн}) \right]}{60 \cos \beta}. \quad (13)$$

Оптимальная длина режущей кромки лезвия ножа:

$$L = \sqrt{b^2 + 2R_n (R_n - b)}, \quad (14)$$

где b – ширина кольца (рабочей поверхности решетки).

Подставляя уравнение (14) в формулу (13) окончательно получаем:

$$N_{общ} = \frac{\pi n \left[q \left(\sqrt{b^2 + 2R_n (R_n - b)} \right) + P_3 \left(\frac{\sin \alpha + f_2 \cos \alpha}{\cos \alpha - f_2 \sin \alpha} + P_3 f_3 \right) (R_n + R_{вн}) \right]}{60 \cos \beta}. \quad (15)$$

Данная формула позволяет определить затраты мощности, зная реологические характеристики измельчаемого продукта и геометрические параметры режущей пары, что дает возможность интенсифицировать процесс для создания оптимальных условий тонкого измельчения мясного сырья в эмульсаторах.

Список использованной литературы

1. Вышелесский, А.Н. Как определить силы трения при конструировании машины для резки продуктов/ А.Н. Вышелесский, Г.А. Каргина// Общественное питание. – 1973. – №11. – С. 54–55.
2. Клименко, М.Н. Развитие теории процесса резания мяса и совершенствование машин для измельчения сырья в производстве колбасных изделий: дис. ...д-ра техн. наук: 05.18.12 /М.Н. Клименко – М., 1990. – 460 с.
3. Груданов, В.Я. Совершенствование конструкций машин и аппаратов пищевых производств: учебн. пособие/В.Я. Груданов, Л.Ф. Глущенко, В.В. Климович. – Минск: Высш. школа, 1996. – 248с.
4. Резник, Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник. – М.: Машиностроение, 1975. – 311 с.

УДК 637.5.02

Христонко Н.В., магистр, Чепелюк Е.А., кандидат технических наук, доцент
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЛЧКА
ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ БЕСКОСТНОГО МЯСНОГО СЫРЬЯ**

В литературе достаточно много работ, посвященных проблемам эффективного и качественного измельчения мяса, а также повышению надежности и долговечности рабочих органов волчков, прежде всего режущего комплекта. На процесс измельчения влияют как геометрические характеристики, так и режимы работы оборудования, а также свойства измельчаемого сырья – его состав, содержание жира, температура [1].

Цель работы: обосновать рациональные режимы работы волчка К7-ФВП-160, установить влияние геометрических и режимных параметров на эффективность работы оборудования и предложить вариант усовершенствования его отдельных элементов.

Объектом исследований является процесс измельчения бескостного мяса на волчке К7-ФВП-160. Предмет исследования: конструктивные и эксплуатационные характеристики устройств для подачи сырья и режущего комплекта.

Измельчение мясного сырья является механическим процессом, который классифицируется как стохастический. Построить дифференциальное уравнение такого процесса сложно, поэтому целесообразно проводить натурные [2] и физические эксперименты, применять имитационное моделирование, учитывая при этом реальные структурно-механические свойства материала и их изменение в процессе измельчения. Для описания процесса возможно использовать и критериальные уравнения, построение которых осуществляется с использованием теории размерностей. Именно такая методика использована в представленной работе. При построении критериального уравнения, описывающего процесс измельчения сырья в волчке, принято, что необходимая для работы мощность двигателя привода N ($\text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^3$) зависит от размеров кусков мяса b (м), диаметра решеток d (м), частоты вращения шнеков n (с^{-1}), шага между витками h (м), а также плотности продукта ρ ($\text{кг}/\text{м}^3$).