

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ

ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

**КАФЕДРА МЕХАНИЗАЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ПРОДУКЦИИ**

Практикум

Часть 2. Оборудование мясной отрасли

НОВОСИБИРСК 2023

Кафедра механизации животноводства и переработки
сельскохозяйственной продукции.

Составители: канд. техн. наук, доцент **Е.А. Пшенов**

Рецензент: канд. техн. наук, доцент И.В. Тихонкин

Проектирование технологического оборудования для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции: практикум Ч 2. Оборудование мясной отрасли / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: Е.А. Пшенов. – Новосибирск, 2023. – 64 с.

Практикум предназначен для студентов очной формы обучения по направлению подготовки «Агроинженерия», профили – «Машины и оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции», «Технические системы и роботизация пищевых производств».

Утвержден и рекомендован к изданию методическим советом Инженерного института (протокол № 8 от 28 марта 2023 г.).

© Новосибирский ГАУ, 2023

1.ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СРЕДНЕГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСА

Дисковые и ленточные

Пила дисковая В2-ФО-20-1/10 предназначена для разрезания тушек птицы на две половины или порционирования при производстве полуфабрикатов.

Пила состоит из каркаса 10, на котором установлен электродвигатель 9, корпуса 3, оправки 5. В корпусе на подшипниках качения смонтирован вал 2 со шкивом 4, соединенным клиновым ремнем со шкивом 12, установленном на валу электродвигателя. Оправка снабжена съемным коническим наконечником 6, привод закрыт откидывающимся кожухом 8. На каркасе посредством оси крепится подпружиненный защитный щиток 7. Включение пилы осуществляется с поста управления. Для присоединения заземления на каркасе имеется болт 11. Дисковый нож 1 с зажимными шайбами устанавливается на валу и крепится гайкой. В средней части оправки имеется прорезь для дискового ножа.

При включенном электродвигателе оператор надевает тушку грудкой вверх через разрез в брюшной полости на оправку и подает ее в зону резания. После полного разреза в тушка переворачивается и разрезается вдоль позвоночного столба.

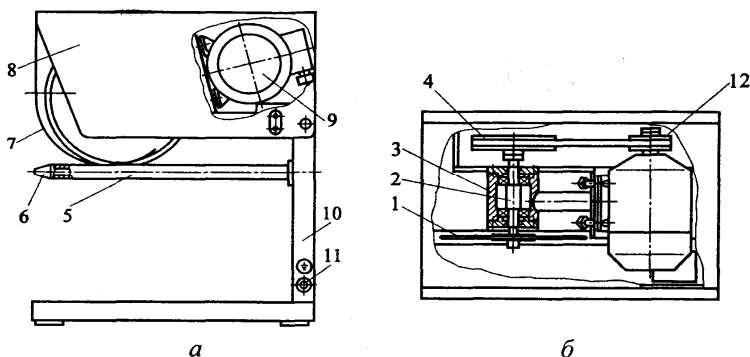


Рис.1.1. Дисковая пила В2-ФО-20-1/10:

а - общий вид; б - вид сверху: 1 - нож дисковый; 2 - вал; 3 - корпус; 4, 12 - шкивы; 5 - оправка; 6 - наконечник; 7 - щиток защитный; 8 — кожух; 9 — электродвигатель; 10 — каркас; 11- болт заземления.

Ленточные пилы предназначены для разрезания пищевой кости и замороженных брикетов рыбного филе, субпродуктов и мяса в мясных цехах предприятий общественного питания и в специализированных цехах или участках по производств мясных полуфабрикатов.

Режущим инструментом ленточной пилы (рис. 1.1) является бесконечное ленточное пильное полотно (лента) 3, натянутое между натяжным 1 и веду-

щим 5 шкивами и приводимое в движение силами трения на ведущем шкиве. Винтовым натяжным устройством 2 лента натягивается для придания ей продольной устойчивости и для прижатия к ведущему шкиву с силой, обеспечивающей создание тянущей силы трения. Для уменьшения прогиба ленты предназначены ролики 6. Разрезаемый продукт укладывается на каретку 7 и вручную подается в зону резания. Размер отрезаемой порции определяется положением упора 8, установка которого осуществляется винтом 4. Для снижения возможности проскальзывания ленты предусмотрена зачистка шкивов скребками.

Некоторые ленточные пилы имеют ленточное полотно ограниченной длины, которому сообщается возвратно-поступательное движение.

Производительность дисковой и ленточной пил периодического действия

$$Q = \frac{m}{T_u} = \frac{m}{t_z + t_0}, \text{ кг/с} \quad (1.1)$$

где m - масса нарезаемой порции продукта, кг; T_u - продолжительность цикла нарезания порции продукта, с; t_z - время закрепления продукта, с, $t_z = 1 \dots 2,5$ с; t_0 - время нарезания порции продукта, с.

Время нарезания порции продукта на ленточной пиле

$$t_0 = \frac{60l}{n_d \delta}, \text{ с} \quad (1.2)$$

где l — длина нарезаемой порции продукта, м; n_d - число двойных ходов каретки, мин^{-1} ; δ - толщина отрезаемого ломтика, м.

Минимальный диаметр диска с гладким сплошным лезвием

$$D \geq \frac{2(h + c_0)}{(1 - \sin \rho)}, \text{ м} \quad (1.3)$$

где h - максимальная толщина разрезаемого продукта, м; c_0 - запас на высоту сегмента, выступающего над разрезаемым материалом, м;

Для зубчатого ножа диаметр диска

$$D > 2(h + r + c_0), \text{ м} \quad (1.4)$$

где r - радиус шайбы крепления диска к валу, м; c_0 - запас на толщину крышки стола или направляющих на требуемые зазоры и на высоту сегмента, выступающего над разрезаемым материалом, м, $c_0 = (10 \dots 20) \cdot 10^{-3}$ м.

Толщина ножа из условий прочности, устойчивости и вибрации для ориентировочных расчетов принимается:

$$b = (0,08 \dots 0,15) \sqrt{D}, \text{ мм.} \quad (1.5)$$

Практикой установлено, что для обеспечения достаточной жесткости дисковых ножей их нужно устанавливать с помощью зажимных шайб, рекомендуемое значение радиуса которых определяется по формуле:

$$r_{ш} = 2,5 \sqrt{D}, \text{ мм.} \quad (1.6)$$

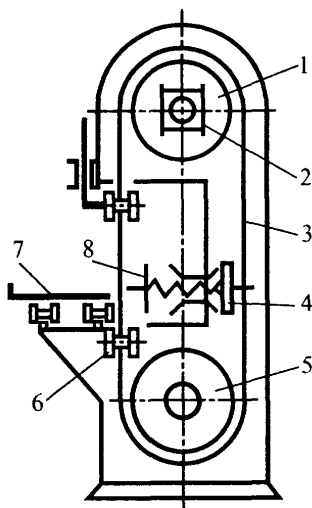


Рис. 1.2. Схема ленточной пилы:
1 – натяжной шкив; 2 – натяжное устройство; 3 – пильное полотно; 4 – винт; 5 – ведущий шкив; 6 – ролики; 7 – каретка; 8 – упор.

Внутренний диаметр резьбы на конце вала, на котором установлен дисковый нож, должен быть:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4P_3 z_n}{\pi[\sigma_p]}}, \text{ м} \quad (1.9)$$

где $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение на растяжение, Па; z_n – число ножей на ножевом валу, шт.

Винтовая часть вала испытывает не только напряжение растяжения, но и напряжение кручения от затяжки. Поэтому допускаемые напряжения в этом случае:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_m}{1,3n}, \text{ Па} \quad (1.10)$$

где σ_m – предел текучести материала вала, Па; n – коэффициент запаса прочности, $n = 2 \dots 3$.

Толщину полотна ленточных пил выбирают в зависимости от длины ленты $b = 0,00125L$ или от диаметра шкива $b = 0,001D$. Мощность электродвигателя к дисковым пилам:

При креплении зажимными шайбами во избежание проворачивания дискового ножа его затягивают с силой, необходимой для создания момента сил трения, достаточного для передачи рабочего крутящего момента. Сила затяжки должна быть:

$$P_3 \geq \frac{P_p D}{f r_m}, \text{ Н} \quad (1.7)$$

где P_p – окружная сила резания, Н; f – коэффициент трения между зажимной гайкой и диском, для пары трения сталь по стали $f = 0,15 \dots 0,8$; r_m – средний радиус площади трения, м.

Средний радиус площади трения вычисляется по формуле:

$$r_m = \frac{(D_{\text{ш}} - d_{\text{ш}})}{2} + d_{\text{ш}}, \quad (1.8)$$

здесь $D_{\text{ш}}$, $d_{\text{ш}}$ – соответственно, наружный и внутренний диаметры зажимной шайбы, м.

$$N = \frac{P_p v_0 \eta_a}{1000 \eta}, \text{ кВт} \quad (1.11)$$

где v_0 — окружная скорость на внешней окружности диска, м/с; η_a — коэффициент запаса мощности, $\eta_a = 1,2 \dots 1,3$; η — КПД механической передачи.

Силу резания определяют по экспериментально полученным удельным сопротивлениям:

$$P_p = q S h \frac{v_n}{v_0}, \text{ Н} \quad (1.12)$$

где q — удельное сопротивление резанию, Н/м (для замороженного мяса $q = (100 \dots 200) \cdot 10^6$ Н/м², для охлажденного мяса с костями $(100 \dots 250) \cdot 10^6$, для плотной сырой кости $q = (200 \dots 500) \cdot 10^6$ Н/м²); S — ширина пропила, м; v_n — скорость подачи, м/с.

Ширина пропила

$$S = \varphi b, \quad (1.13)$$

где φ — коэффициент, учитывающий величину развода зубьев, $\varphi = 1,2 \dots 1,3$.

Более точной является методика, предложенная В. И. Карповым, поскольку учитывает характер взаимодействия разрезаемого продукта с дисковым ножом. При этом определяют момент на оси дискового ножа от сил, приложенных к кромочной части ножа, и момент сил трения разрезаемой части материала о боковые поверхности дискового ножа. По суммарной величине момента рассчитывается мощность дискового ножа.

Мощность электродвигателя привода ленточной пилы рассчитывается по методике В. И. Ивашова:

$$N = \frac{P_0 v_0 \eta_a}{1000 \eta}, \text{ кВт} \quad (1.14)$$

где P_0 — окружное усилие на ведущем шкиве, Н; v_0 — окружная скорость на ведущем шкиве, м/с.

Если ведущий шкив установлен непосредственно на валу электродвигателя, то $\eta = 1$.

Окружное усилие равно разности натяжений ленты, набегающей на ведущий шкив и сбегаящей с него

$$P_0 = P_2 - P_1. \quad (1.15)$$

Натяжение ленты, набегающей на шкив (наибольшее), определяют последовательно методом обхода контура с точки с наименьшим натяжением (точка 1). Натяжение в этой точке равно предварительному натяжению ленты ($P_1 - P_n$), а натяжение в точке 2 — $P_2 = P_1$.

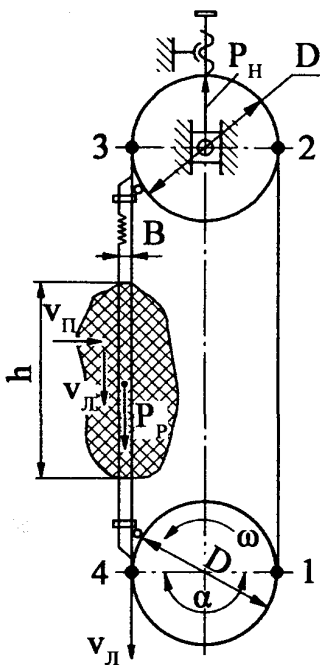


Рис. 1.3. Расчетная схема ленточной пилы

где C_n - приведенный коэффициент сопротивления в подшипниках шкива (для подшипников скольжения $C_n = 0,015...0,025$, для подшипников качения $C_n = 0,002...0,008$); α - угол обхвата лентой ведущего шкива, град; ξ - коэффициент жесткости полотна.

Для стальной ленты коэффициент жесткости полотна

$$\xi = \frac{b}{D}. \quad (1.21)$$

Решая совместно уравнения (19) и (20) получим

$$P_3 = \frac{P_2 \left[1 + \left(C_n \sin \frac{\alpha}{2} + \xi \right) \right]}{\left[1 - \left(C_n \sin \frac{\alpha}{2} + \xi \right) \right]}. \quad (1.22)$$

Наибольшее натяжение ленты включает силу резания

$$P_4 = P_3 + P_p. \quad (1.23)$$

Сила резания

$$P_p = qbh, \quad (1.24)$$

Удельная сила натяжения P'_n для инженерных расчетов может быть принята равной 25...35 Н/м. С учетом реальной длины ленты сила натяжения:

$$P_n = P'_n \cdot L. \quad (1.16)$$

Необходимо учитывать линейное расширение полотна от нагрева. При нагревании ленты на 1 °С напряжение уменьшается на $2,5 \cdot 10^5$ Па. Начальная сила натяжения уменьшается при этом на величину:

$$P_t = 2,5 \cdot 10^5 t B b, \quad (1.17)$$

где t — температура нагрева полотна, град; B — ширина полотна, м.

Общая сила натяжения, исключаяющая блуждание ленты:

$$P_n = P_n + P_t. \quad (1.18)$$

Натяжение ленты при сбегании с натяжного шкива:

$$P_3 = P_2 + \Delta P_C, \quad (1.19)$$

где ΔP_C — сила сопротивления шкива, Н.

$$\Delta P_C = (P_2 + P_3) \left(C_n \sin \frac{\alpha}{2} + \xi \right), \quad (1.20)$$

где q - удельная сила резания зубчатой лентой, Н/м².

Проверку тянущей способности ведущего шкива, исключающей проскальзывание ленты, проводят по формуле Л. Эйлера:

$$P_0 = P_n(e^{\mu\alpha} - 1), \quad (1.25)$$

где μ - коэффициент трения ленты на шкиве; α - угол обхвата лентой ведущего шкива, рад.

Примеры расчета машин Рассчитать дисковую пилу

Исходные данные: производительность Q - 500 кг/ч; частота вращения дискового ножа n - 960 об/мин; крепление – зажимными шайбами; продукт - охлажденные тушки цыплят-бройлеров средней массой $m = 1,2$ кг.

Определить: размеры дискового ножа D и b ; размеры узла крепления ножа; мощность электродвигателя N .

Последовательность расчета:

1. Принимая коэффициент трения продукта о направляющие $f=0,4$, определяем угол трения:

$$\rho = \arctg f = \arctg 0,4 = 21^\circ 50'.$$

2. Принимая наибольшую высоту продукта h - 0,05 м и запас на высоту сегмента ножа, выступающего над продуктом, $c = 0,02$ м, по формуле (1.3) имеем:

$$D \geq \frac{2(0,05 + 0,02)}{(1 - \sin 21^\circ 50')} = 0,223 \text{ м}$$

Принимаем, исходя из размеров стандартных ножей, $D = 0,25$ м (см. стр. 14)

3. Толщина ножа b по формуле (1.5):

$$b = (0,08 \dots 0,15) \sqrt{250} = 1,27 \dots 2,37 \text{ мм.}$$

Принимаем толщину ножа $b = 1,8$ мм.

4. Радиус зажимных шайб по формуле (1.6):

$$r_{ш} = 2,5 \sqrt{250} = 39,5 \text{ мм.}$$

По полученному значению радиуса зажимной шайбы выбираем стандартную шайбу по ГОСТ 11371-78 (см. стр. 12). Для нее наружный диаметр $D_m = 0,078$ м, внутренний диаметр $d_m = 0,043$ м, высота шайбы $S_{ш} = 0,007$ м.

5. Ширина пропила для гладкого дискового ножа $\delta = b = 1,8$ мм.

6. Окружная скорость дискового ножа вычисляется по формуле:

$$\begin{aligned} v_0 &= \frac{\pi D n}{60}; \\ v_0 &= \frac{3,14 \cdot 0,25 \cdot 960}{60} = 12,56 \text{ м/с.} \end{aligned}$$

7. Принимая $t_3 = 1$ с, из формулы (1.1) определим время обработки продукта:

$$t_0 = \frac{1,2 \cdot 3600}{500} - 1 = 7,64 \text{ с.}$$

8. Находим скорость подачи при принятой средней длине тушки $L = 0,22$ м по формуле:

$$v_n = \frac{L}{t_0};$$

$$v_n = \frac{0,22}{7,64} = 0,03 \text{ м/с.}$$

9. Силу резания определяем по формуле (1.12) при $q = 200 \cdot 10^6$ Н/м²:

$$P_p = 200 \cdot 10^6 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05 \cdot \frac{0,03}{12,56} = 43 \text{ Н}$$

10. Средний радиус площади трения вычисляется по формуле (1.8):

$$r_m = \frac{(0,078 - 0,043)}{2} + 0,043 = 0,0605 \text{ м.}$$

11. При коэффициенте трения между зажимной гайкой и диском $f = 0,35$ усилие затяжки по формуле (1.7) составит:

$$P_z \geq \frac{43 \cdot 0,25}{0,35 \cdot 0,0605} = 508 \text{ Н.}$$

12. При предел текучести стали $\sigma_T = 220 \cdot 10^6$ Па и коэффициенте запаса прочности $n=2$ находим допускаемые напряжения на растяжение по формуле (1.10):

$$[\sigma_p] = \frac{220 \cdot 10^6}{1,3 \cdot 2} = 84,6 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

13. Внутренний диаметр резьбы на конце вала, на котором установлен дисковый нож, по формуле (1.9):

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 508 \cdot 1}{3,14 \cdot 84,6 \cdot 10^6}} = 0,0029 \text{ м.}$$

Принимаем диаметр вала $d_1 = 0,03$ м.

14. Мощность электродвигателя к дисковой пиле при коэффициенте запаса мощности $\eta_a = 1,3$ и КПД механической передачи $\eta = 0,8$ по формуле (1.11):

$$N = \frac{43 \cdot 12,56 \cdot 1,3}{1000 \cdot 0,8} = 0,88 \text{ кВт}$$

Рассчитать ленточную пилу

Исходные данные: размер нарезаемой порции продукта $l \times a \times h =$

400x350x150 мм; толщина отрезаемого ломтика $\delta = 0,015$ м; число двойных ходов каретки $n_k = 10 \text{ мин}^{-1}$; длина ленты $L = 1,84$ м; диаметр шкива $D = 0,35$ м; ширина пильного полотна $B = 0,02$ м; шкив установлен на валу электродвигателя с частотой вращения $n = 670 \text{ об/мин}$; продукт - охлажденное мясо с костями.

Определить: производительность Q ; мощность электродвигателя N .

Последовательность расчета:

1. Толщина полотна ленточной пилы (см. стр. 5.)

$$b = 0,001 \cdot 0,35 = 0,00035 \text{ м.}$$

Принимаем $b = 0,7$ мм.

2. Время нарезания порции продукта по формуле (1.2):

$$t_0 = \frac{60 \cdot 0,4}{10 \cdot 0,015} = 160 \text{ с.}$$

3. Считая порцию продукта сплошной, определим ее массу при плотности $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$:

$$m = 0,4 \cdot 0,35 \cdot 0,15 \cdot 1100 = 19,8 \text{ кг.}$$

4. Принимая время закрепления продукта $t_3 = 1,5$ с, по формуле (1.1) определим производительность пилы:

$$Q = \frac{3600 \cdot 19,8}{1,5 + 160} = 441 \text{ кг/ч.}$$

5. Принимаем удельную силу натяжения P'_n - 30 Н/м, тогда с учетом длины ленты по формуле (1.16)

$$P_n = 30 \cdot 1,84 = 55,2 \text{ Н.}$$

6. Считая, что максимальное нагревание ленты составляет 10°C , определим по формуле (1.17) величину уменьшения натяжения от нагревания:

$$P_t = 2,5 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 0,02 \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} = 35 \text{ Н.}$$

7. Общая сила натяжения по формуле (1.18):

$$P_n = 55,2 + 35,0 = 90,2 \text{ Н.}$$

8. Натяжение в точках 1 и 2:

$$P_1 = P_2 = 90,2 \text{ Н.}$$

9. Коэффициент жесткости полотна по формуле (1.21):

$$\xi = \frac{0,7 \cdot 10^{-3}}{0,35} = 0,002.$$

10. По формуле (1.22) рассчитываем натяжение в точке 3, зная, что угол обхвата шкива лентой $\alpha = 180^\circ$, и приняв приведенный коэффициент сопротивления $C_n = 0,02$:

$$P_3 = \frac{90,2 \cdot \left[1 + \left(0,02 \cdot \sin \frac{180}{2} + 0,002 \right) \right]}{\left[1 - \left(0,02 \cdot \sin \frac{180}{2} + 0,002 \right) \right]} = 94,3 \text{ Н}$$

11. Сила резания по формуле (1.24) при приближенном значении удельной силы резания охлажденного мяса с костями $q = 15 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$:

$$P_p = 15 \cdot 10^5 \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15 = 157,5 \text{ Н}$$

12. Наибольшее натяжение ленты по формуле (1.23):

$$P_4 = 94,3 + 157,5 = 251,8 \text{ Н}$$

13. Окружное усилие по формуле (1.15):

$$P_0 = 251,8 - 90,2 = 161,6 \text{ Н}$$

14. Проводим проверку тянущей способности по формуле (1.25) при коэффициент трения ленты на шкиве $\mu = 0,3$:

$$P_0 = 90,2 \cdot (e^{0,3 \cdot 180} - 1) = 140,5 \text{ Н.}$$

Поскольку ранее рассчитанное окружное усилие меньше усилия, определенного по формуле Л. Эйлера, то проскальзывание ленты отсутствует.

15. Окружная скорость шкива

$$v_0 = \frac{3,14 \cdot 670 \cdot 0,35}{30 \cdot 2} = 12,27 \text{ м/с.}$$

16. Принимаем коэффициент запаса $\eta = 1,2$; КПД $\eta = 1$, поскольку шкив установлен непосредственно на валу электродвигателя. По формуле (1.14) имеем:

$$N = \frac{161,3 \cdot 12,27 \cdot 1,2}{1000 \cdot 1} = 2,38 \text{ кВт}$$

Варианты индивидуальных заданий

Исходные данные для расчета дисковой (1) и ленточной (2) пил

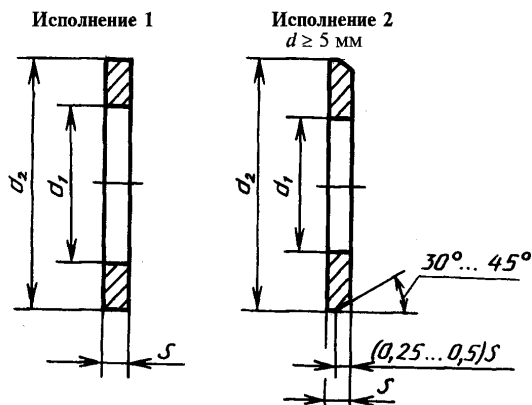
Номер варианта	Производительность Q, кг/ч	Размеры нарезаемой порции $l \times a \times h$, мм	Число двойных ходов каретки, $n_s = 10 \text{ мин}^{-1}$	Длина ленты /Диаметр шкива L/D, м	Частота вращения рабочего органа n, об/мин	Тип машины
1	500	-	-	-	980	1
2	-	230x220x85	10	1,84/0,25	980	2
3	480	-	-	-	920	1
4	-	245x195x100	11	1,65/0,21	940	2
5	460	-	-	-	1040	1
6	-	440x360x110	9	3,10/0,40	920	2
7	520	-	-	-	940	1
8	-	310x230x90	10,5	2,02/0,25	950	2
9	440	-	-	-	1000	1
10	-	320x270x95	9,5	2,40/0,30	960	2

При расчете принять следующие данные: 1. для дисковой пилы - продукт: замороженное мясо с костями $h = 0,06 \text{ м}$ (варианты 1, 7), охлажденное мясо с костями $h = 0,055 \text{ м}$ (вариант 5), плотная сырая кость $h = 0,065 \text{ м}$ (варианты 3, 9); крепление - зажимными шайбами;

2. для ленточной пилы - толщина отрезаемого ломтика $\delta = 0,015 \text{ м}$; ширина пильного полотна $B = 0,02 \text{ м}$; шкив установлен на валу электродвигателя (варианты 2, 6, 10), шкив связан с электродвигателем клиноременной передачей (варианты 4, 8); удельную силу резания зубчатой лентой q принимать по согласованию с преподавателем.

Приложения

ГОСТ 11371-78.





Размеры в мм.

Диаметр крепеж- ной дета- ли d	d_1		d_2	s	c	c_1 <i>min</i>
	исполнение 1	исполнение 2				
3	3,4	3,2	7,0	0,5	0,13 ... 0,25	0,25
4	4,5	4,3	9,0	0,8	0,2... 0,4	0,4
5	5,5	5,3	10,0	1,0	0,25 ... 0,5	0,5
6	6,6	6,4	12,5	1,6	0,4 ... 0,8	0,8
8	9,0	8,4	17,0	1,6	0,4 ... 0,8	0,8
10	10,5	10,5	21,0	2,0	0,5... 1,0	1,0
12	13,5	13,0	24,0	2,5	0,6... 1,25	1,25
14	15,5	15,0	28,0	2,5	0,6... 1,25	1,25
16	17,5	17,0	30,0	3,0	0,75... 1,5	1,5
18	20,0	19,0	34,0	3,0	0,75... 1,5	1,5
20	22,0	21,0	37,0	3,0	0,75... 1,5	1,5
22	24,0	23,0	39,0	3,0	0,75 ... 1,5	1,5
24	26,0	25,0	44,0	4,0	1,0 ... 2,0	2,0
27	30,0	28,0	50,0	4,0	1,0 ... 2,0	2,0
30	33,0	31,0	56,0	4,0	1,0 ... 2,0	2,0
36	39,0	37,0	66,0	5,0	1,25 ... 2,5	2,5
42	43,0	45,0	78,0	7,0	1,75... 3,5	3,5
48	50,0	52,0	92,0	8,0	2,0 ... 4,0	4,0

Основные размеры пильных полотен

Наименование пилы	Длина, мм	Ширина, мм	Наименование пилы	Длина, мм	Ширина, мм
KT210	1570	15/16	BERKEL V 16(US)	3200/3213	16
KT325	2345	20	C E REICH 200 T/200	1750	15/16
KT360	2755	20	C E REICH 280 T/280 G	2315	15/16
KT400	3135	20	C E REICH 380 T/400 T	3204	15/16
KT460	3135	20	C. E REICH 800 R/800 A	3636	15/16
KT750	4260	20	C. E REICH Vario S 220	1981	15/16
KT1100	5850	20	C E REICH Vano S 280 T	1981	15/16
KOLBE K 200	1750	15/16	C E REICH /2809/300T	2490	15/16
KOLBE K 220	1820	16	C. E REICH Vario S 450	3560	15/16
KOLBE K 260	2170	16	BUTCHER BOY B 12	2490	15/16
KOLBE K 300/310020	2490	15/16	BUTCHER BOY B 14/1435	2845	15/16
KOLBE K 410/420	3150	15/16	BUTCHER BOY B 16/1640	3188/3200	15/16
KOLBE K 800	4280	15/16	BUTCHER BOY SA 20	3912	20/16
MADO MKB 545	1480	20	BUTCHER BOY SA 30	5486	25
MADO MKB 547	1750	20	BUTCHER BOY SA 36	6299	25
MADO MKB 548/549	1750	16	BIZERBA FK 20/SOTS	1600	15
MADO MKB 648 / 649	1750	16	BIZERBA SO Milano	1600	20
MADO MKB 551	2315	20	BIZERBA FK 22	1670	15
MADO MKB 554	2315	16	BIZERBA FK 23	1760	15
MADO MKB 555/651	2430	16	BIZERBA FK 30/31/32	2430	15/16
MADO MKB 653	3150	16	BIZERBA FK 35	2800	15/16
BRAHER SH 100	1510	20	BIZERBA GB 16 (Gross)	3150	15/16
BRAHER SHC/SAN 242	1740	16	BIRO 11	1980	15/16
BRAHER F 1	1840	16	BIRO 22 AA AA-1	2311	15/16

BRAHER SHC/SHN 300	2040	16	BIRO 33	2946	15/16		
BRAHER F 2	2200	16	BIRO 34/350 GT	2997	15/16		
LA MINVERVA C/93XB	2390	15	BIRO 3334/3336	3150	15/16		
LA MINVERVA C/96 X	3100	15	BIRO 44	3429	15/16		
BERKEL BS 1750/	1750	20	BIRO 12 01	4436/4178	15/16		
BERKEL S 240	1840	20	BIRO 4436/13 - 14	4534	15/16		
BERKEL BS 2300/4445	2315	20	JARVIS Buster P 760	2845	16		
BERKEL VS 12 (US)	2591/2603	15/16	JARVIS HO 80 (112')	2845	20		
BERKEL 4444	2735	20	JARVIS Buster III	3023	20		
BERKEL V 14 (US)	2883/2896	16	JARVIS Buster V	3226	20		
	Нож для замороженного мяса - 3 зубца на дюйм			Нож для свежего мяса с костью - 4 зубца на дюйм			
Ширина /Толщина, мм			ДЮЙМ	Ширина/Толщина, мм		ДЮЙМ	
12,5	0,60	1/2	.024	12,5	0,50	1/2	.020
*16	0,50	5/8	.020	12,5	0,60	1/2	.024
*16	0,56	5/8	.022	15,5	0,45	5/8	.018
16	0,60	5/8	.024	16	0,40	5/8	.016
19	0,56	3/4	.022	16	0,50	5/8	.020
20	0,50	3/4	.020	16	0,56	5/8	.022
20	0,60	3/4	.024	16	0,60	5/8	.024
25	0,50	1	.020	20	0,50	3/4	.020
25	0,80	1	.031	20	0,60	3/4	.024

Полотна дисковых пил

					
HFZ	HGZ	с крупны- ми зубья- ми GZ	с мелкими зубьями FZ	гибкий HFZ	бесшум- ный HFZ / HGZ
карбидизированные (повышенной твердо- сти)					

Стандартная толщина дисковых полотен: 1,2; 1,8; 2; 2,2; 2,5; 2,8; 3; 5.

Стандартные диаметры дисковых полотен и режущих ножей: 60; 63; 80; 90; 100; 110; 125; 130; 150; 155; 160; 165; 170; 175; 178; 180; 185; 192; 200; 210; 230; 240; 250; 265; 270; 275; 280; 295; 300; 320; 330; 350; 400; 520; 720.

2.ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕЛКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСА

Мясорубки

В зависимости от производительности мясорубки можно подразделить на три группы: бытовые - производительностью до 10 кг/ч, для предприятий общественного питания - производительностью от 10 до 1000 кг/ч, промышленные (волчки) - производительностью свыше 1000 кг/ч.

Все мясорубки имеют принципиально одинаковое устройство исполнительного и режущего механизмов, которое рассмотрим на примере мясорубки МИМ-300.

Мясорубка МИМ-300 (рис. 2.1) предназначена для измельчения мяса и рыбы на фарш, повторного измельчения котлетной массы и набивки колбас на предприятиях общественного питания. Она состоит из собственно мясорубки в сборе, редуктора 5, чаши 20 и рамы 23, собранных вместе.

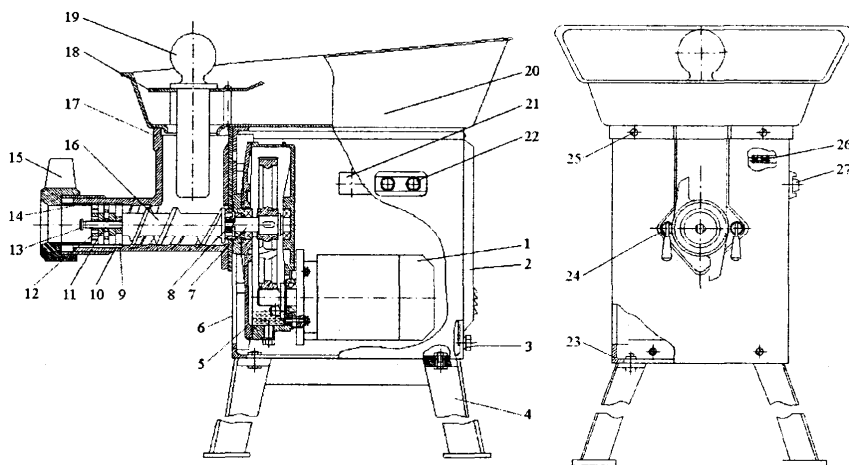


Рис. 2.1. Мясорубка МИМ-300:

1- электродвигатель; 2, 6 - облицовка; 3 - зажим заземления; 4 - опора; 5 - редуктор; 7 - вал приводной; 8 — втулка; 9 - решетка подрезная; 10 - шпонка; 11 - нож двусторонний; 12 - решетка ножевая; 13 - палец; 14 - кольцо упорное; 15 - гайка зажимная; 16 - шнек; 17 - корпус; 18 - предохранитель; 19 - толкач; 20 - чаша; 21 - пускатель; 22, 27- кнопки «Пуск» и «Стоп»; 23 - рама; 24 - зажим; 25 - винт; 26 - блок зажимов.

Собственно мясорубка в сборе состоит из алюминиевого корпуса 17, в котором вращается шнек 16, зажимной гайки 15, двусторонних ножей 11, набора ножевых решеток 12, кольца упорного 14 и подрезной решетки 9. На передней части корпуса нарезана наружная резьба, на которую навинчивается

ся зажимная гайка, а на задней предусмотрен фланец, которым корпус крепится к раме посредством зажимов 24 и резьбовых штырей.

Цилиндрическая полость корпуса, в которой вращается шнек, имеет винтовые канавки, препятствующие проворачиванию продукта относительно корпуса и улучшающие подачу продукта к режущему инструменту.

Шнек представляет собой однозаходный винт с переменным шагом витков, уменьшающимся в сторону разгрузки. В хвостовик шнека ввинчена втулка 8 с пазом, в переднюю часть - палец 13. Центрируется шнек пазом втулки по приводному валу 7 редуктора и пальцем - по отверстиям в решетках. Выступающая часть пальца имеет квадратное сечение, такой же профиль имеют отверстия в ножах, что обеспечивает их легкую установку.

Вращение на шнек передается через паз втулки 8 параллельными лысками, расположенными на конце приводного вала. Палец шнека передает вращение двусторонним ножам.

Решетки свободно надеваются на палец шнека и удерживаются от проворачивания шпонкой 10, жестко закрепленной в корпусе мясорубки. Ножи и решетки плотно прижимаются друг к другу и к торцу корпуса с помощью упорного кольца и зажимной гайки. Для получения фарша разной степени измельчения мясорубка комплектуется набором ножевых решеток с отверстиями диаметром 3, 5 и 9 мм.

На раме установлена чаша 20 и прикреплена к ней винтами 25. Горловина чаши входит в горловину корпуса мясорубки. Для исключения возможности травмирования руки оператора шнеком работающей мясорубки над загрузочным отверстием расположен несъемный предохранитель 18.

Привод мясорубки состоит из электродвигателя 1, с насаженной на его вал шестерней, и одноступенчатого редуктора. Шестерня привода передает вращение зубчатому колесу, неподвижно закрепленному на приводном валу редуктора. Редуктор крепится к передней части рамы болтами, а электродвигатель - к корпусу редуктора шпильками.

Перерабатываемый продукт из чаши вручную подается к горловине корпуса мясорубки, а затем толкачом - к вращающемуся шнеку. Увлекаемый шнеком продукт проходит через отверстия подрезной решетки к первому двустороннему ножу, которым разрезается на части. Прижимаемый шнеком к первой ножевой решетке продукт продвигается в ее отверстия и предварительно измельчается другой стороной того же ножа на более мелкие кусочки. Грубо измельченный продукт поступает в следующую полость между двумя ножевыми решетками для окончательного измельчения вторым двусторонним ножом.

Мясорубка может комплектоваться двумя наборами решеток и ножей (рис.2): для мелкого измельчения при приготовлении паштетной или котлетной массы (решетка подрезная - нож двусторонний - решетка ножевая с отверстиями 9 мм - нож двусторонний - решетка ножевая с отверстиями 3 или 5 мм), и для крупного измельчения при приготовлении натуральных

рубленных полуфабрикатов (решетка подрезная - нож двусторонний - решетка ножевая с отверстиями 9 мм).

С помощью рассматриваемой мясорубки можно осуществлять набивку колбас через насадку (цевку). Для ее установки необходимо снять режущий инструмент и надеть на палец шнека поддержку для центрирования шнека, приставить к ней насадку для набивки колбас и зажать зажимной гайкой.

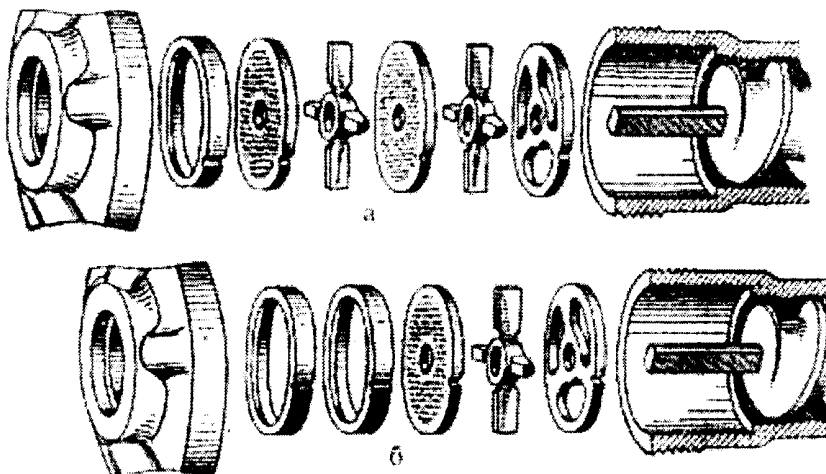


Рис. 2.2. Набор режущих органов мясорубки:
а - для мелкого измельчения; б - для крупного измельчения

Теоретическую производительность мясорубки как машины непрерывного действия можно определить по пропускной способности режущих или питающих механизмов, либо по режущей способности измельчительного механизма нож-решетка.

При равной частоте вращения ножей и рабочего шнека (ножи крепят на хвостовике рабочего шнека) определяющим фактором производительности является пропускная способность режущего механизма. Производительность мясорубки в этом случае рассчитывается по формуле:

$$Q = F_0 v_0 \rho \phi, \text{ кг/с}, \quad (2.1)$$

где F_0 - суммарная площадь отверстий в первой ножевой решетке, ближайшей к шнеку, м^2 ;

v_0 - скорость продвижения продукта через отверстия первой ножевой решетки, м/с ;

ρ - плотность продукта, кг/м^3 , $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;

ϕ - коэффициент использования площади отверстий первой ножевой решетки, практически $\phi = 0,7 \dots 0,8$.

Суммарная площадь отверстий определяется по формуле:

$$F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} z_0, \quad (2.2)$$

где d_0 - диаметр отверстия в решетке, м;

z_0 - количество отверстий в ножевой решетке, шт.

Скорость продвижения продукта

$$v_0 = \frac{\pi n}{60} (r_H + r_B) \operatorname{tg} \beta_{\Pi} k_B, \quad (2.3)$$

где n - частота вращения шнека, об/мин;

r_H, r_B - наружный и внутренний радиусы последнего витка шнека, м;

β_{Π} - угол подъема винтовой линии последнего витка шнека, град;

k_B - коэффициент объемной подачи продукта, $k_B = 0,35 \dots 0,40$:

$$k_B = \frac{\omega - \omega_{np}}{\omega} \quad (2.4)$$

где ω, ω_{np} - угловая скорость, соответственно, шнека и продукта, рад/с.

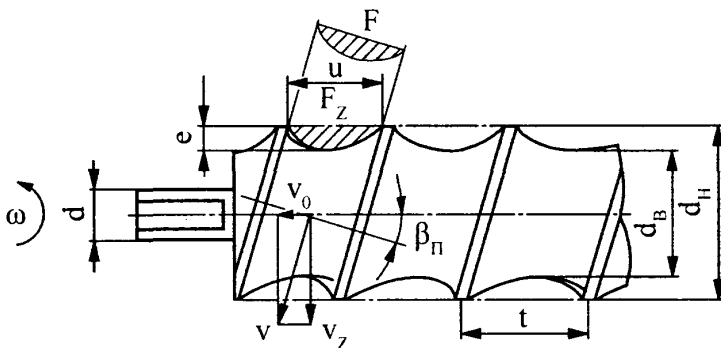


Рис. 2.3. Шнек мясорубки

Наружный и внутренний диаметры шнеков мясорубок (рис. 2.3) определяются из следующих соотношений: $d_H = (0,8 \dots 0,9)D$ (где D - диаметр ножевой решетки, м), $d_B = (0,4 \dots 0,5)d_H$; диаметр хвостовика шнека $d = (0,2 \dots 0,3)d_H$; длина $L = (2,5 \dots 3,8)d_H$; из условия непрохождения мяса (намазывания на вал шнека) минимальный шаг шнека принимается равным $t_{\min} = (0,7 \dots 0,8)d_H$; угол подъема последнего витка $\beta_H = 7 \dots 10^\circ$.

Коэффициент использования площади отверстий решетки

$$\varphi = F_{\Pi} / F_0, \quad (2.5)$$

где F_{Π} - суммарная площадь отверстий первой ножевой решетки, через которые проходит продукт, м²:

$$F_{\Pi} = \frac{\pi d_0^2}{4} z_n, \quad (2.6)$$

где z_n - количество отверстий, через которые проходит продукт, шт.

Углы подъема винтовой линии определяются следующим образом:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{t}{(\pi d_H)}; \beta = \arctg \left[\frac{t}{(\pi d_H)} \right], \quad (2.7)$$

где t - шаг винтовой нарезки, м.

Площадь отверстий в подрезной решетке

$$F_{o1} = [\pi(r_{\max}^2 - r_{\min}^2) - 3bl], \quad (2.8)$$

где r_{\max} , r_{\min} - наружный и внутренний радиусы отверстий подрезной решетки, м;

b , l - соответственно, ширина перемычки и длина лезвия подрезной решетки, м (рис.2.4).

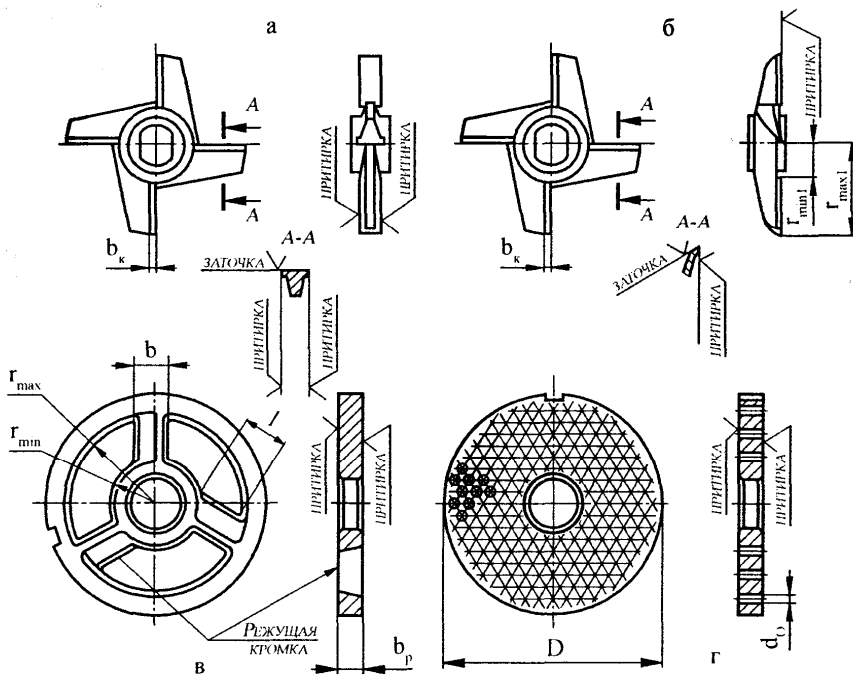


Рис. 2.4. Режущие инструменты мясорубки:

а - двусторонний нож; *б* - односторонний нож; *в* - подрезная ножевая решетка; *г* - ножевая решетка.

Если частота вращения ножей, имеющих самостоятельный привод, больше частоты вращения рабочего шнека, предпочтительно определять производительность мясорубки по режущей способности измельчительного механизма:

$$Q = \frac{\alpha F}{F_1}, \text{ кг/ч,} \quad (2.9)$$

где α - коэффициент использования режущего механизма, $\alpha = 0,7-0,8$;

F - режущая способность измельчительного механизма, $\text{м}^3/\text{ч}$;

F_1 - удельная поверхность продукта после измельчения, $\text{м}^2/\text{кг}$.

Режущая способность измельчительного механизма

$$F = 15n\pi D^2 (z_1 K_{p1} + z_2 K_{p2} + \dots + z_\phi K_{p\phi}), \quad (2.10)$$

где z - количество лезвий (перьев) на каждом ноже, шт.;

K_p - коэффициент использования площади решетки под отверстия для прохождения мяса;

ϕ - количество плоскостей резания.

Коэффициент использования площади решетки представляет отношение площади всех отверстий для прохода мяса к общей площади решетки

$$K_p = \frac{z_o d_o^2}{D^2}, \quad (2.11)$$

Коэффициент использования площади обычно составляет 0,3-0,35 для решетки с отверстиями 2-3 мм и 0,4-0,45 для решетки с отверстиями 20-25 мм, но не менее 0,25.

Численное значение F_1 зависит от степени измельчения и для расчетов, по данным А. И. Пелеева, можно принять при измельчении мяса мясорубках при положительной температуре следующие значения:

Диаметр отверстия в выходной решетке d_0 , мм	F_1 , $\text{м}^2/\text{кг}$
2	1,1 – 1,2
6	0,6 – 0,7
25	0,07 – 0,1

При измельчении мясопродуктов в замороженном состоянии численное значение F_1 увеличивается на 15-20%.

Производительности шнековых устройств в мясорубках рассчитывается по формуле:

$$Q = F\phi v, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.12)$$

где F - площадь нормального сечения винтовой канавки шнека, м^2 ;

ϕ - коэффициент заполнения продуктом сечения канавки, $\phi = 0,6-0,8$;

v - средняя скорость перемещения продукта по винтовой спирали, м/с .

Для мясорубок расчет производительности по этой формуле ведут по последнему перед подрезной решеткой витку шнека. Так как угол β_n мал, то с достаточной для практических расчетов точностью можно принять:

$$Fv = F_z v_z \quad (2.13)$$

где F_z — площадь осевого сечения винтовой канавки в последнем витке, м^2 ;

v_z — окружная скорость в ней же, м/с (рис. 2.3):

$$F_z = \frac{F}{\cos \beta_n}; v_z = v \cos \beta_n \quad (2.14)$$

Нормальное сечение F винтовой канавки шнека имеет обычно форму, близкую к параболическому сегменту (рис. 2.3), и может быть принято равным $\frac{2}{3}ue$ [где u — ширина винтовой канавки шнека по его наружному диаметру d_H , ($u = (t_{\min} + t_n)0,5 - s$), здесь s — толщина витка; e — глубина винтовой канавки на диаметре d_e , $e = 0,5(d_H - d_B)$].

Средняя окружная скорость продукта v_z зависит от окружной скорости шнека, но меньше нее из-за обратного проскальзывания продукта по поверхности шнека:

$$v_z = \pi d_{cp} n k_{CK}, \quad (2.15)$$

где d_{cp} — средний диаметр шнека, м ;

n — частота вращения шнека, об/с ;

k_{CK} — коэффициент проскальзывания продукта относительно поверхности витков шнека, $k_{CK} = 0,3-0,4$.

Технологическая мощность мясорубки рассчитывается по формуле:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4, \text{ Вт} \quad (2.16)$$

где N_1 — мощность, необходимая для разрезания продукта в режущем механизме, Вт ;

N_2 — мощность, необходимая для преодоления трения в режущем механизме, Вт ;

N_3 — мощность, необходимая для преодоления трения продукта о поверхность шнека, Вт ;

N_4 — мощность, затрачиваемая на продвижение продукта через режущий механизм, Вт .

Для мясорубки с подрезной решеткой, двумя двусторонними ножами и двумя ножевыми решетками мощность, необходимая для разрезания продукта в режущем механизме, определяется по формуле:

$$N_1 = F_p (K_{n.p.} + 2K_{p1} + K_{p2}) \frac{n}{60} a z, \quad (2.17)$$

где F_p — площадь ножевой решетки, м^2 ;

$K_{n.p.}$, K_{p1} , K_{p2} , — коэффициенты использования площади решеток, соответственно, подрезной, промежуточной и выходной;

a — удельный расход энергии на разрезание продукта, Дж/м^2 , $a = (2,5 \dots 3,5) 10^3 \text{ Дж/м}^2$.

Мощность, необходимая на преодоление трения в режущем механизме:

$$N_2 = \frac{\pi n}{60} P_3 (r_{\max 1} + r_{\min 2}) f_1 \phi, \quad (2.18)$$

где P_3 - усилие затяжки режущего механизма, Н;
 $r_{\max 1}, r_{\min 2}$ - наружный и внутренний радиусы ножа (рис.2.4), м;
 f_1 - коэффициент трения скольжения ножа по решетке в условиях смазывания соком продукта, $f_1 - 0,1$.

Усилие затяжки режущего механизма определяется по формуле:

$$P_3 = P_y b_k z (r_{\max 1} - r_{\min 2}), \quad (2.19)$$

где P_y - усредненное удельное давление на поверхности контакта ножей и решеток, Па, $P_y = (2...3) \cdot 10^6$ Па;

b_k — ширина площадки контакта лезвия ножа и решетки (рис.2.4), м, $b_k \approx 0,002$ м.

Мощность, необходимая для преодоления трения продукта о поверхность шнека:

$$N_3 = \frac{\pi^2 n}{45} P_1 f m k_B (r_n^3 - r_e^3), \quad (2.20)$$

здесь f — коэффициент трения продукта о шнек, $f - 0,3...0,5$;

m - количество витков шнека, шт.

P_1 — давление за последним витком шнека, Па, $P_1 = (3...5) \cdot 10^5$ Па.

Мощность, затрачиваемая на продвижение продукта через режущий механизм:

$$N_4 = \pi (r_n^2 - r_B^2) P_1 v_0, \quad (2.21)$$

Давление за последним витком, представляющее собой сумму давлений продавливания продукта (P_n) через каждую решетку, рассчитывается по следующей формуле:

$$P_n = \frac{4\tau}{d_o}, \quad (2.22)$$

где τ - напряжение среза мяса, Н/м, $\tau \approx 300$ Н/м.

Полезная мощность, потребная для работы шнекового питателя мясорубки, может быть также определена по формуле:

$$N_3 = \frac{2}{3} \pi^2 n P_1 (r_n^3 - r_B^3) m (tg \beta_{cp} + f). \quad (2.23)$$

Для мясорубки с двумя ножевыми решетками полная потребная мощность может быть определена по формуле:

$$N = 1,33\pi^2 n b_p P_1 \operatorname{ftg}(\beta_n + \rho_T) \left[d_1 z_1 \left(1 - \frac{\delta}{2} \right) + d_2 z_2 \frac{(1 - \delta)}{2} \right] \frac{(r_H^3 - r_B^3)}{(r_H^2 - r_B^2)} \quad (2.24)$$

где b_p - толщина решеток (рис. 2.4), м;

ρ_T - угол трения, град, $\rho_T \approx 16...22^\circ$;

d_1, d_2, z_1, z_2 - соответственно, диаметры и число отверстий в первой и второй решетках, м и шт.;

δ - коэффициент падения давления в решетке, $\delta = 0,4...0,5$.

Пример расчета машин для обработки мяса Рассчитать мясорубку

Исходные данные: набор режущих инструментов для мелкого измельчения: подрезная решетка $D = 105$ мм; первая ножевая решетка - диаметр отверстий $d_1 = 9$ мм, число отверстий $z_1 = 54$ шт.; вторая ножевая решетка - диаметр отверстий $d_2 = 5$ мм, число отверстий $z_2 = 140$ шт.; два двусторонних ножа с количеством перьев $z = 4$ шт.; частота вращения шнека и ножей $n = 200$ об/мин.

Определить: параметры шнека; производительность мясорубки Q ; мощность электродвигателя N .

Последовательность расчета:

1. Определяем параметры шнека (см. стр. 18 рис. 2.3):

- наружный диаметр $d_H = 0,9 \cdot 105 = 94,5$ мм;
- внутренний диаметр $d_B = 0,45 \cdot 94,5 = 42,5$ мм;
- диаметр хвостовика $d = 0,3 \cdot 94,5 = 28,35$ мм;
- длина шнека $L = 3 \cdot 94,5 = 283,5$ мм;
- минимальный шаг $t_{\min} = 0,7 \cdot 94,5 = 66,15$ мм;
- угол подъема винтовой линии (формула 2.7)

$$\beta = \arctg \left[\frac{66,15}{(3,14 \cdot 94,5)} \right] = \arctg[0,223] = 12^\circ 35';$$

- угол подъема последнего витка принимаем $\beta_n = 8^\circ$;
- шаг последнего витка (формула 2.7) $t_n = 0,1405 \cdot 3,14 \cdot 94,5 = 41,7$ мм;
- количество витков шнека $m = 283,5 / 66,15 = 4,3$ шт.

Учитывая переменность шага, принимаем $m = 4,5$ шт.

2. Суммарную площадь отверстий в подрезной и ножевых решетках определяем по формулам (2.2) и (2.8). Для подрезной решетки принимаем: наружный и внутренний радиусы отверстий

$$r_{\max} = D/2 - 0,005 = 0,105/2 - 0,005 = 0,0475 \text{ м}$$

$$r_{\min} = d_0/2 = 0,0425/2 = 0,02125 \text{ м,}$$

ширину перемычки принимаем из соотношения $b = (0,14...0,15)D$:

$$b = 0,145 \cdot 0,105 = 0,015 \text{ м}$$

длину лезвия (см. рис. 2.4) $l = (r_{\max} - r_{\min}) - 0,001 = 0,025 \text{ м.}$

$$F_{01} = [3,14 \cdot (0,0475^2 - 0,02125^2) - 3 \cdot 0,015 \cdot 0,025] = 0,0045 \text{ м}^2;$$

$$F_0^1 = \frac{3,14 \cdot 0,009^2}{4} \cdot 54 = 0,0034 \text{ м}^2;$$

$$F_0^2 = \frac{3,14 \cdot 0,005^2}{4} \cdot 140 = 0,00275 \text{ м}^2.$$

3. Скорость продвижения продукта через отверстия первой ножевой решетки при коэффициенте объемной подачи $k_e = 0,4$ вычисляем по формуле (2.3):

$$v_0 = \frac{3,14 \cdot 200}{60} (0,04725 + 0,02125) \cdot 0,1405 \cdot 0,4 = 0,04 \text{ м / с}.$$

4. Производительность мясорубки при плотности продукта $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ и коэффициенте использования площади отверстий первой ножевой решетки $\varphi = 0,75$ рассчитываем по формуле (2.1):

$$Q = 0,0034 \cdot 0,04 \cdot 1000 \cdot 0,75 \cdot 3600 = 367,2 \text{ кг/ч}.$$

5. Площадь ножевой решетки

$$F_p = \frac{3,14 \cdot 0,105^2}{4} = 0,00865 \text{ м}^2.$$

6. Коэффициент использования площади решетки по формуле (2.11):

$$\text{подрезной ножевой решетки } K_{n.p} = \frac{0,0045}{0,00865} = 0,52;$$

$$\text{первой ножевой решетки } K_{p1} = \frac{0,0034}{0,00865} = 0,39;$$

$$\text{второй ножевой решетки } K_{p2} = \frac{0,00275}{0,00865} = 0,32.$$

7. Проверяем производительность шнекового устройства мясорубки по формуле (2.12) при коэффициенте заполнения продуктом сечения канавки $\varphi = 0,6$. Приняв толщину витка шнека 5 мм, имеем $u = 0,0523 - 0,005 = 0,0473 \text{ мм}$, $e = 0,04725 - 0,02125 = 0,026 \text{ м}$. Вычисляем площадь нормального сечения винтовой канавки шнека $F = (2/3) \cdot 0,0473 \cdot 0,026 = 0,00082 \text{ м}^2$. Средняя окружная скорость продукта по формуле (2.15) при коэффициенте проскальзывания $k_{ск} = 0,35$:

$$v_z = 3,14 \cdot \frac{(0,0945 + 0,0425)}{2} \cdot \frac{200}{60} \cdot 0,35 = 0,25 \text{ м / с}.$$

Средняя скорость перемещения продукта по винтовой спирали по формуле (2.14):

$$v = \frac{0,25}{0,99} = 0,252 \text{ м / с}.$$

$$Q = 0,00082 \cdot 0,6 \cdot 0,252 \cdot 1000 \cdot 3600 = 446 \text{ кг/ч}.$$

Следовательно, производительность мясорубки обеспечивается.

8. Приняв удельный расход энергии на перерезание продукта $a = 3 \cdot 10^3$ Дж/м², по формуле (2.17) рассчитаем мощность, необходимую на разрезание продукта в режущем механизме:

$$N_1 = 0,00865 \cdot (0,52 + 2 \cdot 0,39 + 0,32) \frac{200}{60} \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 4 = 560,5 \text{ Вт}.$$

9. Принимаем наружный $r_{\max} = r_{\min} + 0,001 = 0,0475 + 0,001 = 0,0485$ м и внутренний $r_{\min} = r_{\min} - 0,0015 = 0,02125 - 0,0015 = 0,01975$ м радиусы ножа. При усредненном удельном давлении на поверхности контакта ножей и решеток $P_y = 2,5 \cdot 10^6$ Па по формуле (2.19) усилие затяжки режущего механизма:

$$P_3 = 2,5 \cdot 10^6 \cdot 0,002 \cdot 4 \cdot (0,0485 - 0,01975) = 575 \text{ Н}.$$

10. Мощность, необходимая на преодоление трения в режущем механизме, по формуле (2.18):

$$N_2 = \frac{3,14 \cdot 200}{60} \cdot 575 \cdot (0,0485 + 0,01975) \cdot 0,1 \cdot 4 = 164,3 \text{ Вт}.$$

11. Мощность, необходимая для преодоления трения продукта о поверхность шнека, по формуле (2.20):

$$N_3 = \frac{3,14^2 \cdot 200}{45} \cdot 3 \cdot 10^5 \cdot 0,3 \cdot 0,35 \cdot 4,5 \cdot (0,04725^3 - 0,02125^3) = 596,7 \text{ Вт}.$$

12. Давление для продавливания продукта по формуле (2.22):

$$\text{для подрезной решетки } (d_o \approx l) \quad P_1^n = \frac{4 \cdot 300}{0,025} = 48000 \text{ Па};$$

$$\text{для первой ножевой решетки } P_1^{1n} = \frac{4 \cdot 300}{0,009} = 133333 \text{ Па};$$

$$\text{для второй ножевой решетки } P_1^{2n} = \frac{4 \cdot 300}{0,005} = 240000 \text{ Па}.$$

$$\text{Общее давление } P_f = 48000 + 133333 + 240000 = 421333 \text{ Па}.$$

13. Мощность, затрачиваемая на продвижение продукта через режущий механизм, по формуле (2.21):

$$N_4 = 3,14 \cdot (0,04725^2 - 0,02125^2) \cdot 421333 \cdot 0,04 = 94,2 \text{ Вт}.$$

14. Мощность электродвигателя при КПД механического привода $\eta = 0,9$

$$N = \frac{560,5 + 164,3 + 596,7 + 94,2}{1000 \cdot 0,9} = 1,573 \text{ кВт}.$$

**Варианты индивидуальных заданий по расчету машин для
измельчения мяса**

Исходные данные для расчета мясорубки

Номер варианта	Диаметр решетки D, мм	Диаметр отверстий		Количество отверстий		Частота вращения шнека n, об/мин
		первой ножевой решетки d ₁ , мм	второй ножевой решетки d ₂ , мм	первой ножевой решетки z ₁ , мм	второй ножевой решетки z ₂ , мм	
1	82	9	3	30	217	250
2	82	9	5	30	90	250
3	60	9	3	12	82	170
4	60	9	5	12	42	170
5	54	6	3	34	52	160
6	54	6	4,5	34	48	160
7	82	12	3	18	225	180
8	82	12	5	18	90	180
9	60	6	3	28	82	110
10	60	6	4,5	28	54	110
11	105	9	3	54	276	250
12	105	9	5	54	132	250
13	82	9	3	36	225	240
14	82	9	5	36	90	240
15	105	9	3	54	276	200
16	105	9	5	54	132	200
17	82	9	3	30	225	170
18	82	9	5	30	90	170
19	60	9	4,5	12	54	180
20	60	5	3	42	82	180

3.ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСА И МЯСОРЕЗАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

3.1. Куттеры

К машинам тонкого измельчения относятся куттеры периодического действия с различной формой и расположением серповидных ножей. При измельчении сырья в куттере процесс ведется в открытой чаше или под вакуумом.

При измельчении в открытой чаше возможна некоторая аэрация фарша вследствие примешивания к измельченному мясу и жиру большого количества воздуха, что создает благоприятные условия для протекания окислительных процессов. Куттерование под вакуумом позволяет получить фарш и готовые изделия более высокого качества за счет улучшения цвета, вкуса и исключения образования крупных пор и воздушных пустот. Колбасные изделия, выработанные из фарша, куттерованного под вакуумом, более длительно сохраняют вкус и запах.

Принцип работы куттера периодического действия показан на рис. 3.1. Сырье подается в приемную чашу 5, имеющую форму полутора, которая медленно вращается. Вал вращения чаши располагается вертикально, а ножевой вал расположен горизонтально. Серповидные ножи 2 ножевого вала проходят по касательной к поверхности чаши. Крышка 1 может иметь загрузочное отверстие, позволяющее загружать ингредиенты на ходу. Качество измельчения намного лучше и потерь питательных веществ меньше, чем в мясорубке, поскольку измельчение сырья происходит путем чистого среза, но здесь ножи и продукт не испытывают такого сильного давления, как в мясорубке.

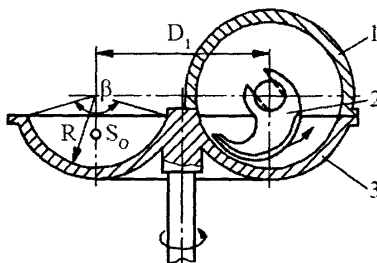


Рис. 3.1. Режущий механизм куттера:
1 —крышка; 2 - серповидный нож; 3 - чаша

Количество серповидных ножей зависит от вместимости куттера. Обычно устанавливают от 3 до 12 ножей. Неправильный выбор ножей и снижение в процессе эксплуатации их режущих свойств приводит к повышению температуры обрабатываемого сырья. Ножи крепятся на валу открытым или закрытым гнездом (рис. 3.2).

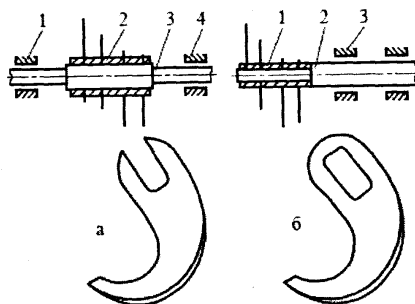


Рис. 3.2. Крепление серповидного ножа куттера:

*а - с открытым гнездом: 1, 4 - подшипники; 2 - распорная втулка; 3 - вал;
б - с закрытым гнездом: 1 - распорная втулка; 2 - вал; 3 - подшипники.*

При креплении ножей на валу открытым гнездом с обеих сторон вала установлены подшипники. Ножи насаживаются на вал вилкообразной полостью и зажимаются гайкой. Такой способ крепления применяется на куттерах малой производительности с небольшим числом оборотов вала, так как ножи на валу удерживаются силой трения. При увеличении скорости вращения ножевого вала под действием возрастающих центробежных сил нож может выпасть из ножевой головки. Однако ножи с вилкообразной посадочной частью имеют меньшую массу, что способствует экономии дорогостоящих инструментальных сталей. Кроме того, крепление открытым гнездом возможно и на консольном валу.

В куттерах высокой производительности применяется крепление ножей закрытым гнездом. В этом случае подшипники устанавливаются только с одной стороны вала. Одностороннее расположение подшипников обуславливает меньшую устойчивость вала, но зато закрытое гнездо ножей обеспечивает большую надежность их крепления. Для повышения надежности крепления ножей на ножевом валу куттера иногда применяют посадочные диски, на которых фиксируются ножи.

При обоих способах крепления ножи по отношению друг к другу на валу располагаются с поворотом, что необходимо для балансировки ножевого вала и обеспечения тем самым безотказной работы куттера.

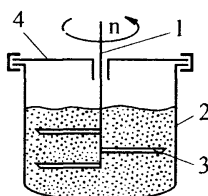


Рис. 3.3. Принципиальная схема миникуттера:

1 - ножевой вал; 2 - рабочая камера; 3 - ножи; 4 - крышка.

В настоящее время за рубежом широкое распространение получили измельчители с вертикально расположенным ножевым валом, установленным в цилиндрической рабочей камере - миникуттеры (рис. 3.3), блендеры и бликсеры. Они могут иметь как верхнее, так и нижнее расположение привода. Эти multifunctional кухонные машины с емкостями чаши от 2,5 до 11,5 л позволяют измельчать орехи, сухофрукты, сухари, зелень, лук, шоколад, сыр, лед; гомогенизировать овощные и фруктовые пюре, соусы, ягодные муссы, паштеты; рубить мясо; взбивать кремы, эмульсии, белки и замешивать тесто от блинного до густого.

Производительность куттера периодического действия и мини-куттера определяется по формуле:

$$Q = \frac{G}{T_u} = \frac{V\rho\phi}{t_z + t_u + t_e} \quad (3.1)$$

где G - масса единовременной загрузки сырья, кг; T_u - продолжительность полного цикла обработки, с; V - геометрический объем рабочей емкости чаши, м³; ρ - плотность обрабатываемого сырья, кг/м³ (для фарша $\rho = 900$ кг/м³); ϕ - коэффициент заполнения объема чаши (для куттеров с гладкой откидной крышкой, на которой не установлены подшипники ножевого вала, $\phi = 0,6$, для куттеров, в которых подшипники ножевого вала установлены на крышке чаши с выступом внутрь чаши, $\phi = 0,55$); t_z - время загрузки фарша в чашу куттера, с; t_u - время измельчения и перемешивания порции продукта, с; t_e - время выгрузки фарша, с.

Геометрический объем рабочей емкости чаши (рис.3.1)

$$V = 2\pi R_1 S_0 \quad (3.2)$$

где R_1 - расстояние от оси вращения чаши до центра тяжести слоя фарша, м; S_0 - площадь сегмента, которым образована внутренняя часть чаши куттера, м².

Геометрический объем рабочей камеры мини-куттера рассчитывается по известным из геометрии формулам.

Минимальное время измельчения и перемешивания порции продукта

$$t_u = \frac{60GF_1}{\phi_0 F_0} = \frac{60GF_1}{\phi_0 S_1 z n} \quad (3.3)$$

где F_1 — площадь раздела при измельчении 1 кг продукта, м²/кг; ϕ_0 - коэффициент использования режущей способности механизма измельчителя, $\phi_0 = 0,7 - 0,8$; F_0 - режущая способность механизма, м²/мин; S_1 - площадь разреза слоя фарша одним ножом за один оборот, м²; z — число ножей в режущем механизме, шт; n - частота вращения ножевого вала, об/мин.

На стадии интенсивного измельчения мяса в куттере наиболее рационально использовать скорость ножей 30-40 м/с в течение 3-4 мин. На стадии образования вторичной структуры фарша наиболее рационально вести процесс при скорости 100-120 м/с в течение 3-4 мин. Благодаря двухступенча-

той обработке мяса в куттере при рекомендованных режимах получают фарш и готовый продукт высокого качества.

Площадь разреза слоя фарша одним ножом за один оборот

$$S_1 = \frac{V_3}{2\pi R_1} = \varphi S_0 \approx \frac{G}{2\pi R_1 \rho} \quad (3.4)$$

где V_3 - объем загрузки, м^3 .

Мощность электродвигателя куттера периодического действия

$$N = N_1 + N_2, \quad (3.5)$$

где N_1 - мощность, необходимая для куттерования сырья, Вт;

N_2 - мощность, необходимая для вращения загруженной сырьем чаши, Вт.

Мощность, необходимая для куттерования сырья:

$$N_1 = \frac{aS_1zn\eta_a}{60\eta}, \quad (3.6)$$

где a - удельный расход энергии на перерезание слоя фарша одним ножом за один оборот, Дж/м^2 (при измельчении мясного сырья при окружной скорости ножей до 30 м/с без добавления в фарш воды $a = 2700-3100 \text{ Дж/м}^2$, с добавлением в фарш воды - $a = 2000-2400 \text{ Дж/м}^2$); η_a - коэффициент запаса мощности, $\eta_a = 1,3-1,5$; η - КПД передач от двигателя к ножевому валу.

Второе слагаемое мощности электродвигателя куттера периодического действия обычно принимается в зависимости от вместимости чаши.

3.2 Мясо- и шпигорезательные машины

Мясо- и шпигорезательные машины служат для нарезания шпика или вареного мяса на куски заданной формы - кубики или параллелепипеды. Принципиальное устройство режущего узла у всех видов машин данного типа одинаково (рис. 3.4). Наименьший допускаемый размер куска - 4 мм.

Наиболее распространенный режущий инструмент в машинах этого типа - вращающийся нож 10 с фасонной режущей кромкой в комбинации с двумя группами плоских ленточных ножей 5, которые закреплены в движущихся возвратно-поступательно ножевых рамках 4 и расположены перпендикулярно друг другу. При такой установке ножей обеспечивается разрезание продукта в трех плоскостях: на продольные полосы заданного поперечного сечения, определяемого шагом между пластинчатыми ножами, и отрезание кусочков серповидным ножом, совершающим непрерывное или периодическое движение. Продукт принудительно подается толкателем 7, за один оборот вращающегося ножа - на длину отрезаемого кусочка. Возвратно-поступательное движение ножевых рамок обеспечивается преобразованием вращательного движения приводного вала 1 посредством эксцентрика 2,

вилки 3 для первой рамки и углового рычага 8 для второй рамки.

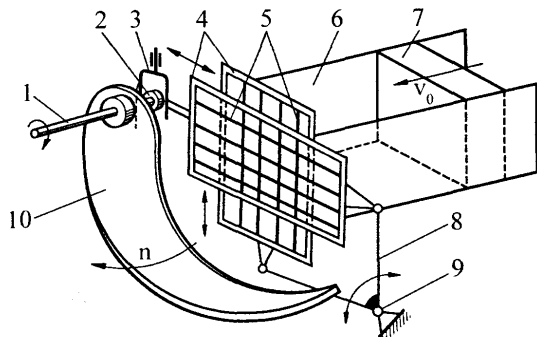


Рис. 3.4. Принципиальная схема режущего узла шпигорезки:

1 - *приводной вал*; 2 - *эксцентрик*; 3 - *вилка*; 4 - *ножевые рамки*; 5 - *пластинчатые ножи*; 6 - *короб питателя*; 7 - *толкатель*; 8 - *угловой рычаг*; 9 - *шарнир*; 10 - *серповидный нож*:

Толкатель приводится в действие либо механически, либо при помощи гидравлического цилиндра.

В настоящее время технологические возможности данных машин существенно расширены за счет применения комплектов сменных рабочих органов. Они могут обрабатывать не только мясо и шпик, но и овощи. Например, на машинах фирмы «Treif» (Германия), которые называются слайсерами, возможно традиционное нарезание на кубики, а также на полоски, шинковка и т. д.

Производительность машин для резки шпика периодического действия

$$Q = \frac{m}{T_{\text{ц}}} = \frac{V\rho\gamma}{t_3 + t_u}, \text{ кг/с} \quad (3.7)$$

где m - масса кусков шпика, укладываемого в загрузочный короб, кг; $T_{\text{ц}}$ - продолжительность рабочего цикла, с; V - объем загрузочного короба, м^3 ; ρ - плотность продукта, кг/м^3 , (для шпика $\rho = 920\text{--}960 \text{ кг/м}^3$); γ - коэффициент заполнения загрузочного короба, $\gamma = 0,7\text{--}0,8$; t_3 - время, затрачиваемое на укладку кусков шпика в загрузочный короб и поворот короба в рабочее положение, соосное толкателю, с; t_u - время измельчения порции шпика, с.

Время измельчения, рассчитанное через частоту вращения отсекающего ножа:

$$t_0 = \frac{L}{xzn}, \quad (3.8)$$

где L — длина загрузочного короба, м; x - подача продукта за время одного оборота отсекающего ножа, м; z — число вращающихся ножей, шт.;

n - частота вращения отсекающего ножа, об/с.

При постоянной частоте вращения отсекающего ножа

$$Q = bcv_n \rho \gamma, \text{ кг/с} \quad (3.9)$$

где b, c - размеры проходного сечения горловины питателя, м; v_n - скорость подачи продукта, м/с.

При непрерывной подаче сырья время измельчения рассчитывают по скорости движения толкателя из уравнения:

$$Ph_m = \frac{mv^2}{2}, \quad (3.10)$$

где P - усилие толкателя, кг; h_m - ход толкателя, м; m - масса перемещаемого в цилиндре масла, кг; v - скорость движения масла, м/с.

Следовательно,

$$v = \sqrt{\frac{2Ph_m}{m}}. \quad (3.11)$$

Тогда

$$t_0 = \frac{L}{v} = \frac{L}{\sqrt{\frac{2Ph_m}{m}}} = \frac{L}{\sqrt{\frac{2pFh_m}{m}}}, \quad (3.12)$$

где p - давление масла в гидроцилиндре, Па; F - площадь днища поршня, м².

В зону резания продукт подается дискретно, так как в момент отсутствия движения шпика кубики отрезаются серповидным ножом. За время одного оборота отсекающего ножа толкатель питателя должен продвинуть шпик через блок ножевых рамок на расстояние, равное длине стороны кубика $x = d$, то есть

$$v_o = xn, \text{ м/с}. \quad (3.13)$$

Технологическая мощность шпигорезки

$$N = N_1 + N_2, \quad (3.14)$$

где N_1 - мощность, затрачиваемая на перерезание шпика серповидным ножом, Вт; N_2 - мощность, затрачиваемая на продвижение шпика питателем через блок ножевых рамок, Вт.

Первое слагаемое

$$N_1 = \frac{a\varphi F}{60}, \quad (3.15)$$

где a - удельный расход энергии на перерезывание шпика, Дж/м², $a = (90-100) \cdot 10^3$ Дж/м²; φ - коэффициент эффективного использования проходного сечения блока ножевых рамок; F - режущая способность механизма, м²/мин.

Коэффициент эффективного использования

$$\varphi = \frac{F_{жс}}{F_o} = \frac{(F_o - F_c)}{F_o}, \quad (3.16)$$

где $F_{\text{ж}}$ - «живое сечение» блока ножевых рамок, м^2 ; F_o - площадь проходного сечения горловины питателя, м^2 ; F_c - суммарная площадь элементов ножевых рамок (плоских ножей, планок рамки и т.п.), перекрывающих проходное сечение горловины питателя, м^2 .

Режущая способность механизма

$$F = \frac{F_o n}{\alpha} = \frac{bcn}{\alpha}, \quad (3.17)$$

где α - отношение времени резания к времени полного оборота ножа, $\alpha = 0,5$.

Мощность, необходимая для продвижения шпика:

$$N_2 = P_p v_0 \quad (3.18)$$

где P_p - усилие резания плоскими ножами, Н .

Усилие резания

$$P_p = F_p \sigma_p + l_c d_{\text{max}} \tau_p, \quad (3.19)$$

где F_p - площадь поверхности резания, м^2 ; σ_p - нормальное напряжение, возникающее в продукте под действием давления, создаваемого питателем, Н/м^2 , $\sigma_p = (4 \dots 6) \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$; τ_p - касательное напряжение, действующее на поверхности разреза продукта, кН/м^2 , $\tau_p = (8 \dots 10) \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$; l_c - суммарная длина лезвий плоских ножей ножевых рамок, м ; d_{max} - наибольшая величина подачи шпика за один оборот ножа, м .

Пример расчета машин

Задача 3.1. Рассчитать куттер периодического действия

Исходные данные: масса единовременной загрузки сырья $G = 2,5 \text{ кг}$; число ножей в механизме $z = 2$ шт.; частота вращения ножевого вала $n = 1380 \text{ об/мин}$; измельчение с добавлением воды.

Определить: время измельчения мясного сырья $t_{\text{из}}$; производительность куттера Q ; мощность привода N .

Последовательность расчета:

1. Из формулы (3.1) определяем геометрический объем рабочей емкости чаши, при этом принимаем плотность мясного сырья $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$ и коэффициент заполнения объема чаши $\phi = 0,6$:

$$V = \frac{2,5}{1100 \cdot 0,6} = 0,0038 \text{ м}^3.$$

2. Из формулы (3.2) определяем площадь сегмента, при помощи которого образована внутренняя часть чаши куттера, при этом по конструктивным соображениям радиус вращения центра тяжести площади S_0 вокруг вертикальной оси вращения принимается $R_l \sim 0,054 \text{ м}$:

$$S_0 = \frac{0,0038}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,054} = 0,0112 \text{ м}^2.$$

3. По формуле (3.4) вычисляем площадь разреза слоя фарши одним но-

жом за один оборот:

$$S_1 = \frac{2,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 1100 \cdot 0,054} = 0,0067 \text{ м}^2.$$

4. Минимально необходимое время измельчения порции продукта рассчитываем по формуле (3.3), приняв площадь раздела при измельчении 1 кг продукта $F_l = 2,3 \text{ м}^2/\text{кг}$ и коэффициент использования режущей способности механизма измельчителя $\varphi_0 = 0,8$:

$$t_u = \frac{60 \cdot 2,5 \cdot 2,3}{0,8 \cdot 0,0067 \cdot 2 \cdot 1380} = 23,3 \text{ с}.$$

По рекомендации принимаем $t_u = 180 \text{ с}$.

5. Находим продолжительность цикла обработки порции продукта при $t_3 = t_B = 30 \text{ с}$:

$$T_{\text{ц}} = 30 + 180 + 30 = 240 \text{ с}.$$

6. По формуле (3.1) определяем производительность куттер периодического действия:

$$Q = \frac{3600 \cdot 2,5}{240} = 37,5 \text{ кг}^2/\text{ч}.$$

7. Мощность, необходимую для измельчения сырья, рассчитываем по формуле (3.6) при удельном расходе энергии на перерезывание слоя фарша одним ножом за один оборот $a = 2500 \text{ Дж/м}^2$, коэффициенте запаса мощности $\eta_a = 1,3$ и КПД передач от двигателя к ножевому валу $\eta = 0,8$:

$$N_1 = \frac{2500 \cdot 0,0067 \cdot 2 \cdot 1380 \cdot 1,3}{1000 \cdot 60 \cdot 0,8} = 1,25 \text{ кВт}$$

8. Принимаем мощность, необходимую для вращения чаши, $N_2 = 0,1 \text{ кВт}$.

9. По формуле (3.5) рассчитываем мощность электродвигателя куттера периодического действия:

$$N = 1,25 + 0,1 = 1,35 \text{ кВт}.$$

Задача 3.2 Рассчитать шпигорезательную машину Исходные данные: производительность $Q = 500 \text{ кг/ч}$; размеры нарезаемого кубика $6 \times 6 \times 6 \text{ мм}$; частота вращения отсекающего ножа $n = 240 \text{ об/мин}$; длина загрузочного бункера $L = 0,48 \text{ м}$; число отсекающих ножей $z = 1 \text{ шт.}$; шпигорезка гидравлическая горизонтальная.

Определить: время измельчения l_0 ; размеры проходного сечения b и c ; мощность электродвигателя N .

Последовательность расчета:

1. Время измельчения порции шпика по формуле (3.8):

$$t_0 = \frac{0,48 \cdot 60}{0,006 \cdot 1 \cdot 240} = 20 \text{ с}.$$

2. Считая, что $v_n = v_0$, из формулы (3.13) имеем

$$v_0 = \frac{0,006 \cdot 240}{60} = 0,024 \text{ м/с}.$$

3. Принимая плотность шпика $\rho = 940 \text{ кг/м}^3$ и коэффициент заполнения загрузочного короба $\gamma = 0,75$, и считая проходное сечение квадратным, то есть $b = c$, из формулы (3.9) имеем

$$b = \sqrt{\frac{500}{3600 \cdot 0,024 \cdot 940 \cdot 0,75}} = 0,091 \text{ м}.$$

Принимаем из конструктивных соображений $b = c = 0,12 \text{ м}$.

4. Принимая время, затрачиваемое на укладку кусков шпика в загрузочный короб и поворот короба в рабочее положение, соосное толкателю, $t_3 = 15 \text{ с}$, по формуле (3.7) проверяем производительность машины:

$$Q = \frac{3600 \cdot 0,12 \cdot 0,12 \cdot 0,48 \cdot 940 \cdot 0,75}{20 + 15} = 501,2 \text{ кг/ч}.$$

5. Количество пластинчатых ножей в ножевой рамке находим по формуле:

$$z_n = \frac{b}{d} - 1;$$

$$z_n = \frac{0,12}{0,006} - 1 = 19 \text{ шт}.$$

6. Площадь проходного сечения горловины питателя находим по формуле:

$$F_0 = bc;$$

$$F_0 = 0,12 \cdot 0,12 = 0,0144 \text{ м}^2.$$

7. Суммарную площадь плоских ножей, перекрывающих проходное сечение горловины питателя, при толщине ножа $\delta = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и числе рамок $z_p = 2$ определяем по формуле:

$$F_c = b \delta z_n z_p;$$

$$F_c = 0,12 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 19 \cdot 2 = 0,00228 \text{ м}^2.$$

8. Коэффициент эффективного использования по формуле (3.16):

$$\varphi = \frac{(0,0144 - 0,00228)}{0,0144} = 0,84.$$

9. Режущая способность механизма по формуле (3.17):

$$F = \frac{0,0144 \cdot 240n}{0,5 \cdot 60} = 0,115 \text{ м}^2 / \text{мин}.$$

10. Мощность, затрачиваемая на перерезание шпика серповидным ножом, по формуле (3.15) при удельном расходе энергии на перерезывание шпика $a = 100 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2$:

$$N_1 = \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 0,84 \cdot 0,115}{60} = 161 \text{ Вт}.$$

11. Площадь поверхности резания $F_p = F_c = 0,00228 \text{ м}^2$.

12. Суммарную длину лезвий ножей ножевых рамок находим по формуле:

$$l_c = bz_n z_p;$$

$$l_c = 0,12 \cdot 19 \cdot 2 = 4,56 \text{ м.}$$

13. Принимая нормальное напряжение, возникающее в продукте под действием давления, создаваемого питателем, $\sigma_p = 5 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$, касательное напряжение, действующее на поверхности разреза продукта, $\tau_p = 10 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$ по формуле (3.19) определим усилие резания:

$$P_p = 0,00228 \cdot 5 \cdot 10^3 + 4,56 \cdot 0,006 \cdot 10 \cdot 10^3 = 285 \text{ Н.}$$

14. Мощность, необходимая для продвижения шпика, по формуле (3.18):

$$N_2 = 285 \cdot 0,024 = 6,84 \text{ Вт.}$$

15. Мощность электродвигателя машины при КПД механического привода $\eta = 0,7$ составит:

$$N = \frac{161 + 6,84}{1000 \cdot 0,7} = 0,24 \text{ кВт.}$$

Исходные данные для расчета шпигорезки (1) и куттера (2)

Номер варианта	Производительность Q , кг/ч	Размеры нарезаемого кубика, мм	Длина загрузочного бункера L , м	Масса единовременной загрузки сырья G , кг	Частота вращения рабочего органа n , об/мин	Тип машины
1	500	8x8x8	0,47	-	240	1
2	-	-	-	2,5	1380	2
3	400	6x6x6	0,35	-	225	1
4	-	-	-	2,8	1440	2
5	300	4x4x4	0,49	-	210	1
6	-	-	-	3,6	1500	2
7	450	12x12x12	0,40	-	250	1
8	-	-	-	4,0	1410	2
9	350	10x10x10	0,45	-	230	1
10	-	-	-	3,2	1480	2

При расчете принять следующие данные: 1. для шпигорезки - число отсекающих ножей $z = 1$ шт.; шпигорезка гидравлическая горизонтальная; 2. для куттера - число ножей в механизме $z = 2$ шт. (варианты 2, 4, 6) и $z = 1$ шт. (варианты 8, 10); измельчение с добавлением воды (варианты 6, 8, 10), без добавления воды (варианты 2, 4).

4. ДОЗИРОВОЧНО-ФОРМОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

4.1. Основные способы деления продуктов на порции и классификация оборудования

Основными способами деления продуктов на порции являются дозирование и формование.

Дозирование - это деление продуктов на части, одинаковые по заданным геометрическим размерам, массе или объему без придания им формы. Дозируют сыпучие, жидкие, фаршеобразные, вязкопластичные и другие продукты.

Формование - это придание порциям заданных формы и геометрических размеров с обязательным их сохранением у формованных изделий при дальнейшей технологической обработке, что влияет на выход и качество готовой продукции. Процесс формования применяют при производстве колбасных и кулинарных изделий.

На предприятиях общественного питания используют в основном технологические машины, осуществляющие двоянный дозировочно-формовочный процесс, то есть делят продукты на порции заданной массы и придают им определенную геометрическую форму. Двоянному процессу могут быть подвергнуты продукты, хорошо сохраняющие приданную им форму, например, изделия из теста, мясного, рыбного, овощного, крупяного и картофельного фаршей, сливочное масло и маргарин и т. п. Жидкие и сыпучие продукты можно только дозировать или фасовать. Технологические машины двоянного типа обрабатывают продукты давлением посредством соответствующих рабочих органов, обеспечивающих сдавливание и уплотнение продукта

По функциональному назначению дозировочно-формовочное оборудование можно классифицировать на следующие основные группы: машины для формовки котлет, гамбургеров; машины для формовки вареников и пельменей; шприцы для наполнения колбасных оболочек; тестораскаточные машины; делители масла; машины для деления теста и формования тестовых заготовок; дозаторы крема.

4.2. Машины для формовки котлет

Машины для формовки котлет работают по принципу объемного дозирования. Применяемые в настоящее время на предприятиях общественного питания машины можно разделить на три основные группы: роторные (рис. 4.1, а); барабанные (рис. 4.1, б) и с возвратно-поступательно движущимся формователем (рис. 4.1, в).

К машинам первой группы относится автомат для формовки котлет АФК-1 (рис. 4.2), предназначенный для формовки и дозирования заготовок котлет и тефтелей из мясного и рыбного фаршей.

Загруженный в бункер 10 фарш через отверстие в днище 12 шнеком на-

правляется в полость стола 13, образованную поршнем 15. В зависимости от положения переключателя вида формуемых изделий 3 фарш заполняет полости только одного диаметра (либо $\varnothing 70$ мм, либо $\varnothing 36$ мм).

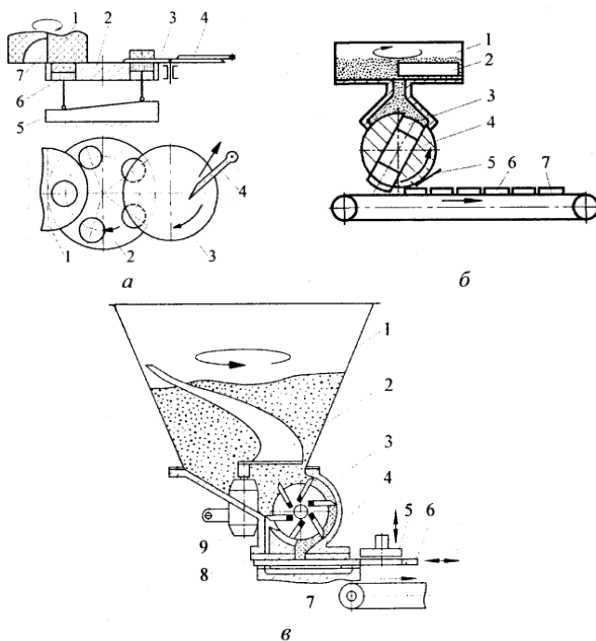


Рис. 4.1. Способы формирования котлет (гамбургеров):

а - роторный: 1 - бункер; 2 - рабочий стол (ротор); 3 - съемный стол; 4 - скребок; 5 - копир; 6 - поршень; 7 - лопасть; б - барабанный: 1 - загрузочный лоток; 2 - лопасть; 3 - поршень; 4 - формующий барабан; 5 - проволочный съемник; 6 - отформованный продукт; 7 - транспортер; в - с возвратно-поступательно движущимся формователем: 1 - загрузочный бункер; 2 - лопасть; 3 - нагнетатель; 4 - рабочая камера; 5 - выталкиватель; 6 - формователь; 7 - транспортер; 8 - направляющая; 9 - привод лопасти.

При вращении стола происходит выталкивание поршнем на поверхность стола дозированного изделия, которое поступает на вращающийся диск 4 и выводится из рабочей зоны. Направление перемещения определяется положением сбрасывателя 5.

Масса полуфабрикатов регулируется вращением винта 9 с помощью специального ключа-шаблона, на котором нанесена величина глубины опускания поршней. Вид формуемых изделий определяется положением диска 4, фиксируемого рукояткой 3. При вращении рукоятки по часовой стрелке до упора изготавливаются тефтели, против - котлеты.

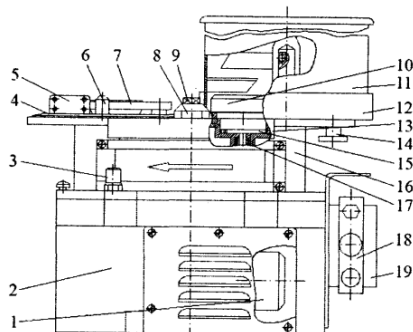


Рис. 4.2. Автомат для формовки котлет АФК-1:

1 - электродвигатель; 2 - корпус; 3 - рукоятка; 4 - диск; 5 - сбрасыватель; 6 — гайка; 7 - кронштейн; 8 - винт; 9 — регулировочный винт; 10 - загрузочный бункер; 11 - обечайка; 12 - днище; 13- формовочный стол; 14 — гайка; 15 - поршень; 16 - крышка; 17 - пружина; 18 - пост управления; 19 - пускатель магнитный

К машинам второй группы относятся формовочные машины серии «Formatic» (Великобритания), формующие широкую гамму продуктов: печенье, рыбные палочки, котлеты, гамбургеры, картофельные и мучные крокеты и прочие полуфабрикаты. Для производства изделий различной формы каждая машина снабжена сменными формовочными барабанами.

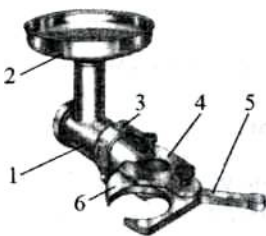


Рис. 4.3. Формовщик гамбургеров POR:

1 - мясорубка; 2 - загрузочный бункер; 3 - зажимная гайка; 4 - дозатор; 5 - рукоятка; 6 - формователь

Принцип работы машины (рис. 4.3) заключается в следующем. Отверстие в барабане 4 снабжено поршнем 3, повторяющим его форму, в верхнем положении поршень опускается к центру барабана, образуя полость, заполняемую продуктом, в нижнем положении поршень выдавливает отформованный продукт, который срезается струной 5 и попадает на конвейер 7. Глубина формы от 3 до 34 мм регулируется спиральным кулачком. Дополнительно машины комплектуются: устройством автоматического прокладывания пергамента

под котлету; устройством для автоматического укладывания котлет в стопку с перекалыванием пергаментом; устройством автоматического укладывания продукта на пластиковые поддоны. Машины этой серии имеют производительность от 1200 до 4000 шт/ч.

Третий принцип формования реализован, например, в ручном формовщике гамбургеров POR (рис.4.3) фирмы «HUDSON MESA S. r. l.» (Ита-

лия), являющимся сменным механизмом к универсальной кухонной машине. Производительность формовщика 600 шт./ч, он включает в себя мясорубку 1 (решетки 4,5 и 6 мм и 2 ножа) и дозатор 4 на 100 г.

Производительность котлетоформовочной машины:

- штучная

$$Q = 3600ni, \text{ шт/ч} \quad (4.1)$$

где n - частота вращения формовочного стола (барабана), число двойных ходов формователя, об/с; i - число окон в формовочном столе (барабана, формователе), шт.;

- массовая

$$Q = 3600nivr\rho, \text{ кг/ч}, \quad (4.2)$$

где ρ - плотность фарша, кг/м³, (для мясного котлетного фарша $\rho = 1000 - 110 \text{ кг/м}^3$); v - объем окна, заполняемый фаршем, при заданной глубине погружения поршня (толщине формователя), м³:

$$v = \frac{\pi d^2}{4}(h - c), \quad (4.3)$$

d - диаметр формовочного окна, м; h - ход поршня (толщина формователя), м; c - толщина слоя панировочных сухарей в формовочном окне (при установке соответствующего устройства), м, $c = 0,002 \text{ м}$.

Объем цилиндрического бункера, занимаемый фаршем:

$$V = V_6 - V_{\lambda} = \frac{\pi D^2}{4}(H_6 - H_{\lambda}), \text{ м}^3 \quad (4.4)$$

где V_6 - объем загрузочного бункера, м³; V_{λ} - объем, занимаемый лопастью и валом, м³; D - внутренний диаметр бункера, м; H_6 - полезная высота бункера, м.

Технологическая мощность котлетоформовочной машины первой группы

$$N = N_1 + N_2, \text{ Вт} \quad (4.5)$$

где N_1 - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления вращению лопасти в бункере для фарша, Вт; N_2 - мощность, затрачиваемая на отделение отформованной части фарша, Вт.

Первое слагаемое мощности определяется по формуле:

$$N_1 = 0,1n_1RK(0,67mgf + 0,67c_0F_1 + 0,065\pi n_1^2KRf + c_0F_2), \quad (4.6)$$

где n_1 - частота вращения лопасти (шнека), об/мин; R - внутренний радиус бункера, м; K - коэффициент проворачивания продукта относительно лопасти (шнека), $K = 0,5-0,8$; m - масса фарша в бункере, кг; f - коэффициент трения фарша о днище и стенку бункера, для мясного фарша $f = 0,12-0,15$; c_0 - липкость фарша, Па, для мясного фарша $c_0 = (2,5-5,0) \cdot 10^3 \text{ Па}$; F_1 - площадь днища загрузочного бункера, м²; F_2 - площадь боковой поверхности бункера, контактирующей с фаршем, м².

Площади F_1 и F_2 определяются по следующим формулам:

$$F_1 = \pi R^2; \quad F_2 = 2\pi R H_6 \varphi, \quad (4.7)$$

где φ - коэффициент заполнения объема бункера, $\varphi = 0,7-0,8$.

Мощность, затрачиваемая на отделение отформованной части фарша:

$$N_2 = 0,83 n d^2 \tau l, \quad (4.8)$$

где τ - предельное напряжение сдвига, Па, для мясного фарша $\tau = (0,6-2,0) \cdot 10^3$ Па; l - расстояние от оси вращения формовочного стола до оси формовочного окна, м.

4.3. Пельменные автоматы

В настоящее время при производстве пельменей применяются два способа: формование под действием высокого давления (получение фаршевых колбасок с последующим штампованием пельменей) и формование из предварительно раскатанного тестового пласта (имитация ручной лепки). Второй способ предпочтительнее, поскольку отсутствие излишнего давления делают тесто нежным и тонким, оно обладает хорошей склеиваемостью. Первый способ приготовления пельменей, в основном, реализуется в отечественных машинах, а второй - в импортных. Широко используются машины итальянского и китайского производства.

Агрегат для приготовления пельменей и вареников Л5-ФАП является машиной периодического действия, в которой при ручной загрузке теста и начинки в бункеры происходит автоматическая штамповка пельменей и вареников. Агрегат (рис. 4.4, а, б) состоит из станины 1 с приводом 9, конвейера 14, штампующего барабана 3, формующей головки 8, мукопосыпающего устройства и пульта управления 13.

В станине размещены спаренные бункеры: для теста 12 и фарша 17. На дне бункеров находятся два фаршевых шнека 16 с правым и левым направлением наливки и тестовый шнек 10. Шнеки подают тесто и фарш в соответствующие камеры формующей головки, откуда тесто в виде овальной трубки поступает на лотки, непрерывно укладываемые вручную на ленту конвейера 14 и одновременно из фаршевой камеры подается фарш, образуя начинку тестовой трубки. При движении конвейерной ленты штампующий барабан вращается и, прокатываясь по начиненной фаршем тестовой трубке, штампует пельмени или вареники.

Штампующее устройство (рис. 4.4, в) состоит из рычага 1, закрепленного на станине конвейера, барабана 2 и опорного ролика 4. Давление барабана на лотки, необходимое для штамповки пельменей и вареников, создается подпружиненным рычагом. Для подъема и опускания штампующего барабана служит регулировочный винт. Штампующий барабан при помощи резинового кольца вращает ворошитель мукопосыпающего устройства.

Формующая головка (рис. 4.4, г) состоит из корпуса, в котором расположены канал подачи фарша 3, представляющий собой трубку овальной формы, канал для теста 4 и лопастной вытеснитель 2.

Для качественного изготовления пельменей и вареников решающее зна-

чение имеют исходные продукты и правильная технология приготовления теста и фарша.

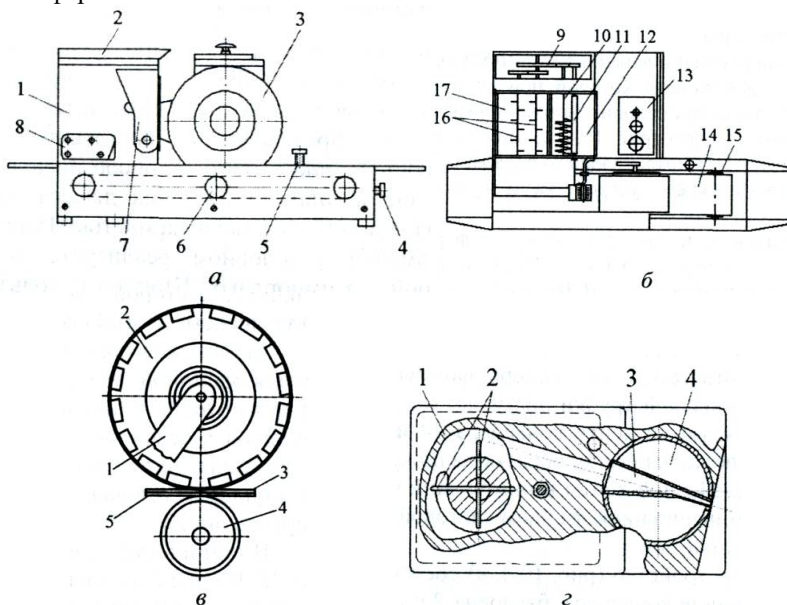


Рис.4.4. Агрегат для приготовления пельменей и вареников Л5-ФАП: а - общий вид автомата; б - вид сверху: 1 — станина; 2 — крышка; 3 — штампующий барабан; 4 - винт натяжной; 5 - регулировочный винт; б - опорный ролик; 7 - бункер для муки; 8 - формующая головка; 9 — привод; 10 - тестовый шнек; 11- тестовый барабан; 12 — бункер для теста; 13 - пульт управления; 14 - лента конвейера; 15 - натяжной ролик; 16 - фаршевые шнеки; 17 - бункер для фарша; в - штампующее устройство: 1 - рычаг; 2 - штампующий барабан; 3 - лоток; 4 - опорный ролик; 5 - лента транспортера; г - формующая головка: 1 - корпус; 2 - лопасть; 3 - канал подачи фарша; 4 - канал подачи теста.

Производительность пельменного автомата:

- штучная

$$M_{ш} = \frac{zv_0}{L}, \text{ шт/с} \quad (4.9)$$

где z - количество штамповочных гнезд на окружности штампующего барабана, шт.;

v_0 - окружная скорость штампующего барабана, м/с; L - длина окружности штампующего барабана, м;

- массовая

$$M = znq, \text{ кг/с} \quad (4.10)$$

где n - частота вращения штампующего барабана, об/с; q - масса одного пельменя, кг, обычно $q = 0,012$ кг.

Окружная скорость

$$v_0 = \pi D_\phi n, \quad (4.11)$$

где D_ϕ - диаметр штампующего барабана, м.

Частота вращения штампующего барабана

$$n = \frac{v_m}{\pi D_\phi}, \quad (4.12)$$

где v_m - скорость движения конвейерной ленты, м/с:

$$v_m = \frac{\pi D_p n_p}{60}, \quad (4.13)$$

где D_p - диаметр приводного ролика конвейера, м; n_p - частота вращения приводного ролика, об/мин.

Технологическая мощность привода пельменного автомата

$$N = N_1 + N_2 + N_3 \quad (4.14)$$

где N_1 - мощность привода питателя для теста, кВт; N_2 - мощность привода питателя для фарша, кВт; N_3 - мощность привода транспортера, кВт.

Мощность привода питателя для теста

$$N_1 = \frac{P_m M_m}{3600 \cdot 1000 \rho_m}, \quad (4.15)$$

где P_m - давление нагнетания теста, Н/м², $P_m = 100 \cdot 10^5$ Н/м²; M_m - производительность питателя для теста, кг/ч; ρ_m - плотность теста, кг/м³ (для пельменного теста $\rho_m = 900$ кг/м³).

Мощность привода питателя для фарша определяется по формуле:

$$N_1 = \frac{P_\phi M_\phi}{3600 \cdot 1000 \rho_\phi}, \quad (4.16)$$

где P_ϕ - давление нагнетания фарша, Н/м², $P_\phi = 80 \cdot 10^5$ Н/м²; M_ϕ - производительность питателя для фарша, кг/ч; ρ_ϕ - плотность фарша, кг/м³ (для мясного фарша $\rho_\phi = 1000-1100$ кг/м³).

Мощность привода транспортера рассчитывается по формуле:

$$N_3 = A_m v_m \quad (4.17)$$

где A_m - тяговое усилие транспортера, Н.

Тяговое усилие транспортера определяется методом обхода контура с учетом максимальной нагрузки Ориентировочно тяговое усилие

$$A_m = (0,215 q_0 L_p + 50 + 0,125 q_m L) g \quad (4.18)$$

где q_0 - масса полезной нагрузки (отформованных пельменей) на 1 м транспортера, кг; L_p - длина рабочей ветви транспортера, м; q_m - масса 1 м транспортера без груза, кг; L - длина транспортера, м.

4.4. Шприцы

По конструктивному исполнению вытеснителя фарша шприцы подразделяются на шнековые, эксцентриково-лопастные и поршневые (рис. 4.5).

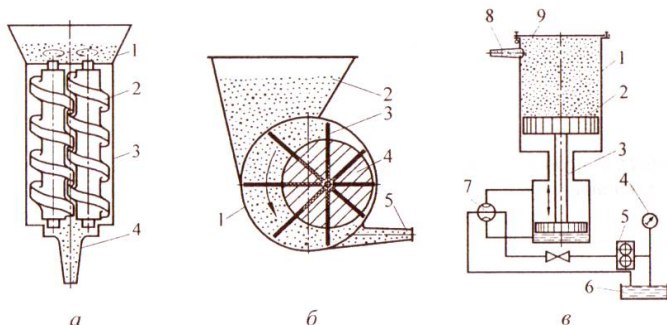


Рис. 4.5. Принципиальные схемы шприцев:

а - шнековый: 1 - бункер; 2 - шнек (винт); 3 - корпус; 4 - цевка; б- эксцентриково-лопастной: 1 - корпус; 2 - бункер; 3 — лопасть; 4 - ротор; 5 - цевка; в - поршневой: 1 — цилиндр; 2 — поршень; 3- шток; 4 - манометр; 5 — масляный насос; 6 - бачок для масла; 7- дроссель; 8 - цевка; 9 - поворотная крышка.

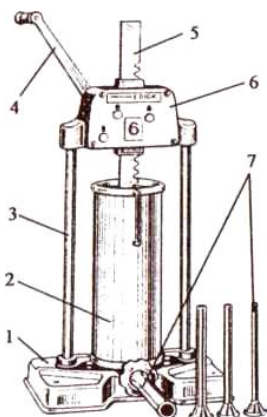


Рис. 4.6. Ручной шприц:

1 - основание; 2 - цилиндр; 3 - направляющие; 4 — рукоятка; 5 - рейка зубчатая; 6 - корпус; 7 - сменные цевки

аженная на рукоятку 4 и входящая в зацепление с рейкой. Шприц выпускается вместимостью цилиндра 6 л, 9 и 12 л.

Первые две конструкции шприцев являются машинами непрерывного действия, поршневые - периодического. На предприятиях общественного питания в основном применяются поршневые шприцы (гидравлические и ручные). Например, фирма «Sirman» (Италия) выпускает шприцы геометрической емкостью от 8 до 50 л с вертикальным и горизонтальным расположением рабочего цилиндра. Вытеснители емкостью до 16 л обычно имеют ручной привод.

Ручной поршневой шприц фирмы «Dick» (Германия) (рис. 4.6) состоит из вертикального цилиндра 2 с расположенным внутри поршнем, механизма ручного привода последнего и комплекта сменных цевок 7 для подачи фарша в оболочку, устанавливаемых в нижней части цилиндра. Механизм привода - зубчатая рейка 5, соединенная с поршнем, и шестерня, установленная в корпусе 6, насаженная на рукоятку 4 и входящая в зацепление с рейкой.

При заполнении шприца рейка посредством рукоятки поднимается в крайнее верхнее положение, поршень выводится из цилиндра, в него загружается фарш, после чего снова вставляется поршень. На цевку надевается колбасная оболочка с предварительно перевязанным концом. При вращении рукоятки фарш поршнем выдавливается через цевку в оболочку.

Производительность поршневого вытеснителя

$$Q = \frac{G}{T_{\text{ц}}} = \frac{V\rho\varphi}{t_0 + t_{\text{он}} + t_z + t_{\text{ш}} + t_n}, \text{ кг/с} \quad (4.19)$$

где G - масса загружаемого фарша, кг; $T_{\text{ц}}$ — полная длительность цикла, с; V - геометрическая емкость цилиндра, м^3 ; ρ - плотность фарша, кг/м^3 ; φ - коэффициент заполнения объема цилиндра шприца фаршем, $\varphi = 0,7-0,9$; t_0 - длительность открывания крышки цилиндра, с; $t_{\text{он}}$ - длительность опускания поршня и загрузки цилиндра, с; t_z - длительность закрывания крышки цилиндра, с; $t_{\text{ш}}$ - длительность шприцевания (собственно шприцевание $t_{\text{ш}}$ и надевание оболочки $t_{\text{об}}$) с. Для шприцев типа «Dick» - $t_0 = t_z$; t_n - длительность подъема и отвода поршня, загрузки цилиндра и установки поршня.

Геометрическая емкость цилиндра

$$V = \frac{\pi D^2}{4} H, \quad (4.20)$$

где D и H - соответственно, диаметр и высота цилиндра, м.

Длительность собственно шприцевания

$$t = \frac{V}{zF_{\text{ц}}v}, \quad (4.21)$$

где z - число цевок, через которые одновременно выходит фарш, шт.; $F_{\text{ц}}$ - площадь поперечного сечения цевки, м^2 ; v - скорость истечения фарша через цевку, м/с, $v = 0,1-0,6$ м/с.

Производительность двухшнековых шприцев

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} t k n \rho \lambda \frac{1}{\cos \beta}, \text{ кг/с} \quad (4.22)$$

где D , d - соответственно, наружный и внутренний диаметры рабочей части шнека, м; t - шаг шнека, м; k - коэффициент увеличения ширины впадины шнека, $k = 1,075$; n - частота вращения шнека, об/с; λ - коэффициент подачи фарша в шприц, $\lambda = 0,5-0,65$; β - угол подъема винтовой линии шнека, град.

Производительность эксцентриково-лопастных шприцев

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} L n \rho \lambda, \text{ кг/с} \quad (4.23)$$

где D - внутренний диаметр корпуса шприца, м; D_p - наружный диаметр

ротора, м; L - длина ротора, м; n - частота вращения ротора, об/с.

Мощность двигателя поршневого вытеснителя

$$N = \frac{Q_c p_0 \eta_a}{1000 \eta}, \text{ кВт} \quad (4.24)$$

где Q_c — секундная объемная производительность, $\text{м}^3/\text{с}$; p_0 - давление напора, создаваемое вытеснителем (давление иприцевания), Па, $p_0 = (120-140) \cdot 10^4$ Па; η_a - коэффициент запаса мощности, $\eta_a = 1,2$; η - механический КПД вытеснителя, $\eta = 0,7-0,8$

Примеры расчета дозировочно-формовочных машин

Задача 1. Рассчитать котлетоформовочную машину

Исходные данные: производительность машины $Q = 3900$ шт/ч; число окон в формовочном столе $i = 5$ шт.; масса котлеты $m = 75$ г; исходное сырье - мясной фарш.

Определить: число оборотов формовочного стола n ; ход поршня h ; мощность электродвигателя котлетоформовочной машины N_s .

Последовательность расчета:

1) Из формулы (4.1) определяем число оборотов формовочного стола:

$$n = \frac{3900}{3600 \cdot 5} = 0,22 \text{ с}^{-1} = 13 \text{ мин}^{-1}$$

2) Зная, что $m = \nu \rho$, и принимая плотность мясного котлетного фарша $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$, определяем объем формовочного окна:

$$\nu = \frac{75 \cdot 10^{-3}}{1100} = 6,82 \cdot 10^{-5} \text{ м}.$$

3) Принимая диаметр формовочного окна $d = 0,065$ м из формулы (3) определяем необходимый ход поршня:

$$h = \frac{4 \cdot 6,82 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,065^2} + 0,002 = 0,023 \text{ м}.$$

4) По конструктивным соображениям принимаем следующие размеры загрузочного бункера: $D = 0,25$ м, $H_b = 0,35$ м. По формуле (4.4) определяем объем бункера, занимаемый фаршем, при этом считаем, что объем, занимаемый лопастью и валом, составляет 1/4 часть объема бункера:

$$V = \frac{3 \cdot 3,14 \cdot 0,25^2}{16} \cdot 0,35 = 0,013 \text{ м}.$$

5) При коэффициенте заполнения бункера фаршем $\varphi = 0,7$ определяем массу фарша в бункере по формуле:

$$m = V \rho \varphi \\ m = 0,013 \cdot 1100 \cdot 0,7 = 10 \text{ кг}.$$

6) По формулам (4.7) рассчитываем площадь днища загрузочного бункера и площадь боковой поверхности бункера, контактирующей с фаршем:

$$F_1 = 3,14 \cdot 0,125^2 = 0,049 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,125 \cdot 0,35 \cdot 0,7 = 0,192 \text{ м}^2.$$

7) Принимаем частоту вращения лопасти $n_1 = 95$ об/мин, коэффициент проворачивания продукта относительно лопасти $K = 0,6$, коэффициент трения фарша о днище и стенку бункера $f = 0,12$ и липкость фарша $c_0 = 3 \cdot 10^3$ Па. По формуле (4.6) вычисляем мощность, затрачиваемую на преодоление сопротивления вращению лопасти в бункере для фарша:

$$N_1 = 0,1 \cdot 95 \cdot 0,125 \cdot 0,6 (0,67 \cdot 10 \cdot 9,81 \cdot 0,12 + 0,67 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 0,049 + 0,065 \cdot 10 \cdot 95^2 \cdot 0,6 \cdot 0,125 \cdot 0,12 + 3 \cdot 10^3 \cdot 0,192) = 523,8 \text{ Вт}.$$

8) По формуле (4.8) рассчитываем мощность, затрачиваемую на отделение отформованной части фарша. При этом принимаем предельное напряжение сдвига $\tau = 1,0 \cdot 10^3$ Па и расстояние от оси вращения формовочного стола до оси формовочного окна $l = 0,075$ м:

$$N_2 = 0,83 \cdot 13 \cdot 0,065^2 \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 0,075 = 3,42 \text{ Вт}.$$

Принимая КПД передаточных механизмов машины $\eta = 0,75$, определяем мощность электродвигателя котлетоформовочной машины:

$$N_{\text{э}} = \frac{523,8 + 3,42}{1000 \cdot 0,75} = 0,7 \text{ кВт}.$$

Задача 2. Рассчитать настольный пельменный автомат

Исходные данные: производительность $M = 55$ кг/ч; количество штамповочных гнезд на окружности штампующего барабана $z = 32$ шт.; диаметр штампующего барабана $D_{\phi} = 0,2$ м.

Определить: кинематические параметры пельменного автомата и мощность электродвигателя $N_{\text{э}}$.

Последовательность расчета:

1) При массе одного пельмени $q = 0,012$ кг из формулы (4.10) определим частоту вращения штампующего барабана:

$$n = \frac{55}{32 \cdot 0,012 \cdot 3600} = 0,04 \text{ с}^{-1}.$$

2) Окружная скорость штампующего барабана по формуле (4.11):

$$v_0 = 3,14 \cdot 0,2 \cdot 0,04 = 0,025 \text{ м/с}.$$

3) Штучная производительность пельменного автомата по формуле (4.9):

$$M_{\text{шт}} = \frac{32 \cdot 0,025 \cdot 3600}{3,14 \cdot 0,2} = 4586 \text{ шт/ч}.$$

4) Скорость движения конвейерной ленты из формулы (4.12):

$$v_{\text{м}} = 0,04 \cdot 3,14 \cdot 0,2 = 0,025 \text{ м/с}.$$

5) Приняв диаметр приводного ролика конвейера $D_p = 0,08$ м, из формулы (4.13) найдем частоту вращения ролика:

$$n_p = \frac{60 \cdot 0,025}{3,14 \cdot 0,08} = 5,97 \text{ мин}^{-1}.$$

6) Поскольку в производимых пельменях соотношение теста и фарша 1:1, то производительности питателей для теста и фарша $M_m = M_\phi = 21,5$ кг/ч.

7) При давлении нагнетания теста $P_m = 100 \cdot 10^5$ Н/м² и плотности теста $\rho_t = 900$ кг/м³ мощность привода питателя для теста по формуле (4.15):

$$N_1 = \frac{100 \cdot 10^5 \cdot 27,5}{3600 \cdot 1000 \cdot 900} = 0,085 \text{ кВт}.$$

8) При давлении нагнетания фарша $P_\phi = 80 \cdot 10^5$ Н/м² и плотности фарша $\rho_\phi = 1000$ кг/м³ мощность питателя для фарша по формуле (4.16):

$$N_2 = \frac{80 \cdot 10^5 \cdot 27,5}{3600 \cdot 1000 \cdot 1000} = 0,061 \text{ кВт}.$$

9) Мощность привода транспортера для настольных пельменных автоматов пренебрежимо мала, поэтому ее не рассчитываем.

10) Мощность электродвигателя настольного пельменного автомата при КПД механического привода $\eta = 0,65$:

$$N_g = \frac{0,085 + 0,061}{0,65} = 0,23 \text{ кВт}.$$

Задача 3. Рассчитать поршневой вытеснитель

Исходные данные: геометрическая емкость цилиндра $V = 0,01$ м³; диаметр цевки $d = 15$ мм; подготовительно-заключительное время ($T_{ц-t}$) = 500 с.

Определить: производительность вытеснителя Q и мощность двигателя N .

Последовательность расчета:

1) Масса загружаемого фарша по формуле (4.19) при коэффициенте заполнения объема цилиндра шприца фаршем $\phi = 0,8$ и плотности фарша $\rho = 1100$ кг/м³:

$$G = 0,01 \cdot 1100 \cdot 0,8 = 8,8 \text{ кг}.$$

2) При числе цевков, через которые одновременно выходит фарш, $z = 1$ шт. и скорости истечения фарша через цевку $v = 1$ м/с длительность собственно шприцевания по формуле (4.21) составит:

$$t = \frac{0,01 \cdot 4}{1 \cdot 3,14 \cdot 0,015^2 \cdot 1} = 56,6 \text{ с}.$$

3) Время цикла $T_{ц} = 500 + 56,6 = 556,6$ с, тогда по формуле (4.19)

$$Q = \frac{8,8 \cdot 3600}{556,6} = 56,9 \text{ кг/ч}.$$

4) Принимаем диаметр цилиндра $D = 0,16$ м, тогда из формулы (4.20)

$$H = \frac{4 \cdot 0,01}{3,14 \cdot 0,16^2} = 0,5 \text{ м}.$$

5) Секундную объемную производительность найдем по формуле:

$$Q_c = \frac{Q}{3600\rho}; Q_c = \frac{56,9}{3600 \cdot 1100} = 1,44 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{с}$$

6) При давлении шприцевания $p_0 = 120 \cdot 10^4$ Па, коэффициенте запаса мощности $\eta_a = 1,2$ и механическом КПД вытеснителя $\eta = 0,8$ по формуле (4.24) рассчитываем мощность двигателя вытеснителя:

$$N_2 = \frac{1,44 \cdot 10^{-5} \cdot 120 \cdot 10^4 \cdot 1,2}{1000 \cdot 0,8} = 0,026 \text{ кВт}.$$

Варианты индивидуальных заданий

Варианты индивидуальных заданий для расчета дозировочно-формующих машин даны в табл. 1-3.

При расчете котлетоформовочной машины принять число окон в формовочном столе: $i = 5$ шт. без подсыпания сухарей (варианты 1-5) и $i = 4$ шт. с подсыпанием сухарей (варианты 6-10); исходное сырье — мясной фарш.

1. Исходные данные для расчета котлетоформовочной машины

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производительность Q, шт/ч	3900	4200	3600	2800	3200	2400	1800	2100	2800	3600
Масса котлеты m, г	50	90	75	60	80	75	50	45	75	60

2. Исходные данные для расчетапельменного автомата

Номер варианта	Производительность M, кг/ч	Количество штамповочных гнезд z, шт.	Диаметр штампуемого барабана D _ф м
1	2	3	4
1	65	36	0,225
2	60	32	0,200
3	50	32	0,200
4	55	36	0,225
5	65	34	0,211
6	60	34	0,211
7	50	36	0,225

3. Исходные данные для расчета поршневого вытеснителя

Номер варианта	Геометрическая емкость цилиндра V, л	Диаметр цевки d, мм	Подготовительно-заключительное время ($T_{ц}-t$), с	Скорость истечения фарша через цевку v, м/с
1	16	12	600	1,6
2	25	10	540	1,8
3	35	8	660	2,0
4	12	14	630	1,4
5	9	16	570	1,2
6	30	12	600	2,2
7	8	10	540	1,1
8	50	8	660	2,5
9	20	14	630	2,0
10	6	16	570	1,0

5. МЕСИЛЬНО-ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В зависимости от выполняемого технологического процесса месильно-перемешивающее оборудование можно разделить на три группы:

- для перемешивания сыпучих продуктов (машины для получения салатов и винегретов);
- для перемешивания пластичных продуктов (тестомесильные машины, фаршемешалки);
- для перемешивания жидких, вязких продуктов (взбивальные машины).

Для освобождения дежей от фарша и передачи его на дальнейшую обработку предназначены дежеопрокидыватели.

Основной рабочей частью дежеопрокидывателя является подъемный механизм, поднимающий и наклоняющий дежу так, что обеспечивается свободное вытекание из нее теста.

Производительность подъемноопрокидывателя

$$П = \frac{m_m}{T_{ц}} = \frac{m_m}{t_z + 2t_n + t_0}, \quad (5.1)$$

где m_m - масса загруженной дежи, кг; $T_{ц}$ - продолжительность цикла, с; t_n - продолжительность закрепления дежи, с; t_n - продолжительность подъема (опускания) дежи, с; t_0 - продолжительность опрокидывания дежи, с, $t_0 = 30$ с.

Продолжительность подъема (опускания) дежи в винтовом дежеподъе-

моопрокидывателе

$$t_n = \frac{h}{v}, \quad (5.2)$$

где h - высота подъема дежи, м; v - скорость подъема, м/с:

$$v = nS \quad (5.3)$$

где n - частота вращения винта, об/с; S - шаг винта, м.

Мощность электродвигателя винтового дежеопрокидывателя (рис. 5.1) рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{M_{эл} \omega}{\eta} = \frac{M_{кр} \omega}{i \eta}, \text{ Вт} \quad (5.4)$$

где $M_{эл}$ - крутящий момент на валу электродвигателя, Нм; ω - угловая скорость ротора, рад/с; η - КПД механического привода; $M_{кр}$ - крутящий момент на винте, Нм; i - передаточное число механического привода.

Крутящий момент

$$M_{кр} = P \left(\frac{9}{2} \right) \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (5.5)$$

где P - общее тяговое усилие, Н; d - средний диаметр винта, м; α - угол подъема винтовой линии, град; φ - угол трения винтовой линии о гайку, град.

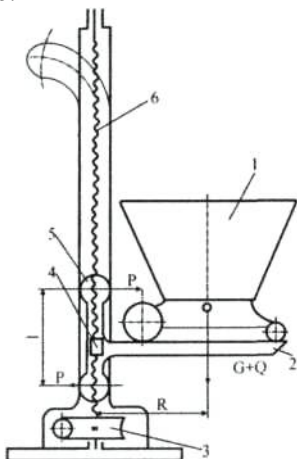


Рис. 5.1. Расчетная схема дежеподъемопрокидывателя:
1 - дежа; 2 - каретка; 3 - привод; 4 - гайка; 5 - ролики; 6 - винт.

Общее тяговое усилие

$$P = G + Q + F \quad (5.6)$$

где G - вес каретки, Н; Q - вес дежи с тестом, Н; F - сила трения, препятствующая движению каретки с дежой, Н.

Сила трения

$$F = P_n f \quad (5.7)$$

где P_n - нормальная сила давления в роликах каретки, Н; f - коэффициент трения.

Нормальная сила давления в роликах каретки

$$P_n = \frac{M}{l} \quad (5.8)$$

где M - момент от поднимаемого груза относительно оси винта, Нм; l - расстояние между осями роликов каретки, м.

Момент от поднимаемого груза

$$M = (G + Q)R, \quad (5.9)$$

где R -расстояние от оси подъема до центра тяжести каретки, м.
Средний диаметр винта

$$d = \frac{(d_1 + d_2)}{2} \quad (5.10)$$

где d_1, d_2 - наружный и внутренний диаметры винта, м.
Угол подъема винтовой линии

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{\pi d} \quad (5.11)$$

Для винтового дежеподъемоопрокидывателя необходимо проверить выполнение условия самоторможения: коэффициент трения должен быть больше тангенса угла α подъема винтовой линии.

Фаршемешалки

Фаршемешалки применяют для посола и перемешивания различных видов и сортов мясосырья с посолочными ингредиентами, для вымешивания мясных фаршей при производстве колбасных, ветчинных изделий, котлет, для смешивания компонентов фарша и мясосырья, предназначенного для обработки на дальнейшей операции - измельчении и др.

Фаршемешалки - машины (механизмы) периодического действия, имеющие принципиально схожее устройство. Периодичность действия объясняется их универсальностью, большим диапазоном производительности, возможностью обеспечения необходимой продолжительности процесса. Основными узлами фаршемешалок являются месильное корыто или дежа, внутри которой установлены перемешивающие органы, вращающиеся от электропривода. Перемешивающие органы могут быть шнекового, спиралеобразного, лопаточного типа, с лопастями Z-образной формы и комбинированные.

Применяемые на предприятиях общественного питания фаршемешалки выполняются однолопастными (одновальными). Как правило, это сменные механизмы с дежой небольшой емкости (7 л), или двухлопастные (двухвальные), имеющие вместимость дежи от 25 л и выше. Второй тип фаршемешалок применяется в специализированных цехах. В одновальных фаршемешалках применяются рабочие органы лопаточного типа, причем лопатки расположены под углом относительно оси вращения вала.

К данному классу машин относятся также барабанные механизмы для перемешивания компонентов салатов и винегретов.

Фаршемешалка К6-ФММ-150 (рис. 5.2) геометрической емкостью дежи 150 л предназначена для смешивания различных видов фаршей и всевозможных компонентов при производстве колбасных изделий.

Фаршемешалка состоит из рамы 1, на которой установлена дежа 5, а внутри установлен привод, включающий электродвигатель 8, клиноременную передачу 7 и редуктор 6. На двух параллельных выходных ва-

лах редуктора крепятся два спиральных шнека 3. На торцевой стенке дежи имеется окно для выгрузки продукта, закрываемое откидной заслонкой 2. Сверху дежа закрыта предохранительной решеткой 4, снабженной блокировкой, автоматически отключающей привод мешалки при неплотно закрытом ограждении.

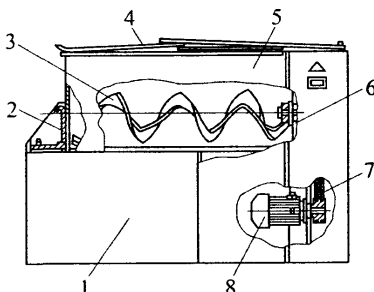


Рис. 5.2. Фаршемешалка К6-ФММ-150:

1 - рама; 2 - заслонка; 3 - шнеки; 4 - предохранительная крышка; 5 — дежа; 6 - редуктор; 7 - клиноремennая передача; 8 - электродвигатель

Рабочий цикл мешалки состоит в следующем. В дежу загружаются мясной фарш и ингредиенты, включается привод перемешивающих шнеков. Продолжительность процесса перемешивания - 3-5 мин. Управление работой мешалки осуществляется с пульта. Для интенсификации процесса перемешивания применяют реверсирование вращения шнеков. Готовый фарш выгружают при левом вращении перемешивающих шнеков через окно в торцевой стенке дежи в напольную тележку.

Частоту вращения лопастей однолопастной фаршемешалки выбирают, исходя из условия, что центробежная сила продукта не должна превышать его веса:

$$m\omega_{np}^2 R \leq mg \quad (5.12)$$

где m - масса продукта, кг; ω_{np} - угловая скорость продукта, рад/с; R_l - радиус вращения лопастей, м.

Решая неравенство относительно ω_{np} и зная, что $n=30\omega/\pi$ (где n - частота вращения лопастей, об/с; ω - угловая скорость лопастей, рад/с), имеем

$$n = \frac{1}{2(1 - K_{np})\sqrt{R_l}} \quad (5.13)$$

где K_{np} - коэффициент проскальзывания частиц продукта относительно лопастей, $K_{np} = 0,4-0,6$.

Производительность фаршемешалок и смесителей периодического действия определяется по формуле:

$$Q = \frac{m}{T_y} = \frac{\alpha \rho V}{t_0 + t_n} = \frac{\alpha \rho V}{t_0(1 + \varphi)}, \text{ кг/с} \quad (5.14)$$

где m - масса продукта, загруженного в дежу, кг; T_y - время полного цикла обработки продукта, с; α - коэффициент заполнения дежи, $\alpha = 0,65-0,75$; ρ - плотность перемешиваемого продукта, кг/м³; V - вместимость дежи, м³; t_0 - время, необходимое для равномерного перемешивания всех компонентов, с; t_n - время, необходимое для загрузки и разгрузки камеры, с; $\varphi = t_n/t_0$ (для мешалок периодического действия $\varphi = 0,1-0,3$).

Объем рабочей камеры однолопастной фаршемешалки

$$V = \pi(R_r + c)^2 L \quad (5.15)$$

где c - расстояние между внутренней поверхностью рабочей камеры и лопастью, м, $c = (2-3) \cdot 10^{-3}$ м; L - длина рабочей камеры, м.

Геометрический объем дежи двухлопастной фаршемешалки (рис. 3) можно определить, рассматривая его, как образуемый объемами двух полуцилиндров V_{n1} и V_{n2} и параллелепипеда V_n :

$$V = \frac{(V_{n1} + V_{n2})}{2} + V_n = \frac{\pi D^2 L}{4} + ahL = L \left(\frac{\pi D^2}{4} + ah \right) = LD \left(\frac{\pi D}{4} + 2h \right) \quad (5.16)$$

Время обработки порции фарша массой 8-10 кг составляет 80-100 с. Продолжительность перемешивания фарша со шпиком, по данным В. Д. Косого, представлена в табл. 1.

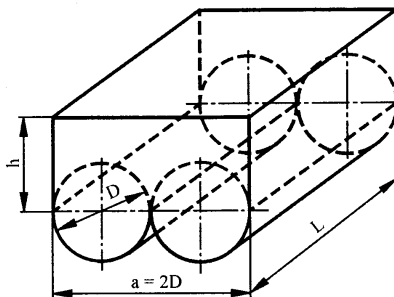


Рис. 5.3. Геометрическая модель двухлопастной дежи

1. Рациональная продолжительность перемешивания фарша, мин

Сорт колбасы	Продолжительность предварительного измельчения,			
	3	4	5	6
Колбаса: Московская	15	12-15	6-8	2-4
Чайная	-	5-8	4-6	1-3
Любительская	10-12	6-8	2-4	Переизмельчение

Мощность электродвигателя однолопастной фаршемешалки

$$N = \frac{Pv\eta_3}{1000\eta}, \text{ кВт} \quad (5.17)$$

где P - суммарное сопротивление, оказываемое средой движущейся лопасти, H ; v - скорость поступательного движения продукта вдоль оси вала лопасти, м/с; η_3 - коэффициент запаса мощности, $\eta_3 = 4-5$; η - КПД передаточного механизма.

При перемешивании мясного фарша со скоростью движения лопасти в пределах от 0,3 до 1,5 м/с сила P может быть определена по формуле:

$$P = \sigma_0 Fz, \quad (5.18)$$

где σ_0 - условное начальное сопротивление, $H/м^2$ (для фаршей вареных колбас, котлетного фарша $\sigma_0 = 4000-8000 H/м^2$, для фаршей полукопченых колбас $\sigma_0 = 13000-15000 H/м^2$); F - площадь лобовой поверхности лопасти, $м^2$; z - количество лопастей, установленных в одном ряду, шт., обычно $z = 3$ шт.

Площадь лобовой поверхности лопасти

$$F = F_d \cos \beta \quad (5.19)$$

где F_d - площадь поверхности месильной лопасти, $м^2$; β - угол между лопастью и осью вращения вала месильного винта (вала), град, (для однолопастных фаршемешалок $\beta = 30-45^\circ$, для двухлопастных с лопастями шнекового типа $\beta = 8-10^\circ$).

Средняя скорость поступательного движения продукта вдоль оси мешалки определяется по формуле:

$$v = v_0 \psi z, \quad (5.20)$$

где v_0 - скорость осевого смещения продукта одной лопастью, м/с; ψ - коэффициент, учитывающий периодичность смещения продукта вдоль оси мешалки.

Скорость осевого смещения продукта одной лопастью с учетом трения продукта о рабочие органы определяется по формуле:

$$v_0 = \omega R_d (\sin \beta - f \cos \beta) \cos \beta, \quad (5.21)$$

где f - коэффициент трения, $f = 0,26-0,30$.

Коэффициент ψ определяется отношением:

$$\psi = \frac{b \sin \beta}{2\pi R_d}, \quad (5.22)$$

где b - ширина лопасти, м, обычно равна радиусу вращения лопасти R_d .

Мощность электродвигателя двухвальной фаршемешалки

$$N = \frac{(P_1 v_1 + P_2 v_2) \eta_3}{1000 \eta}, \text{ кВт} \quad (5.23)$$

где P_1, P_2 - сопротивление, испытываемое ведущей и ведомой месильными

ми лопастями, H ; v_1 и v_2 окружные скорости месильных лопастей по среднему диаметру, м/с; η_3 - коэффициент запаса мощности, $\eta_3 = 1,1-2,0$.

Сопротивление, испытываемое лопастью, в общем случае:

$$P = \sigma_\phi F \quad (5.24)$$

где σ_ϕ - удельное сопротивление, испытываемое единицей лобовой поверхности лопасти, $H/м^2$.

По данным А. А. Лапшина, при перемешивании фарша

$$\sigma_\phi = \sigma_0 + av \quad (5.25)$$

где a - параметр, зависящий от вида фарша, $(H\cdot c)/м^3$ (для фаршей вареных колбас $a = (4-5) \cdot 10^3$ $(H\cdot c)/м^3$, полукопченых колбас $a = (8-10) \cdot 10^3$ $(H\cdot c)/м^3$).

Окружная скорость месильной лопасти шнекового типа по среднему диаметру

$$v = \omega r_{cp} = 2\pi n r_{cp} = \pi n d_{cp}, \quad (5.26)$$

где d_{cp} - средний диаметр месильной лопасти, м:

$$d_{cp} = \frac{(D_\lambda + d_\lambda)}{2}, \quad (5.27)$$

где D_λ , d_λ - соответственно, наружный и внутренний диаметры месильной лопасти шнекового типа, м (рис. 4).

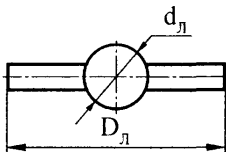


Рис. 5.4. Расчетная схема лопасти

Площадь поверхности лопасти мешалки шнекового типа

$$F_\lambda = \frac{(D_\lambda + d_\lambda)}{2} L_\lambda, \quad (5.28)$$

где L_λ - длина месильной лопасти, м.

Примеры расчета машин

Задача 1. Рассчитать винтовой дежеподъемоопрокидыватель

Исходные данные: масса дежи емкостью 140 л с тестом $m_m = 350$ кг; частота вращения винта $n = 60$ об/мин; средний диаметр винта $d = 0,06$ м; шаг винта $S = 0,02$ м; высота подъема дежи $h = 2,3$ м; передаточное число механического привода $i = 16,3$; расстояние между осями роликов каретки $l = 0,3$; расстояние от оси подъема до центра тяжести каретки $R = 0,75$ м.

Определить: производительность дежеподъемоопрокидывателя; мощность электродвигателя N .

Последовательность расчета:

1) По формуле (5.3) скорость подъема

$$v = \frac{60}{60} \cdot 0,02 = 0,02 \text{ м/с.}$$

2) Продолжительность подъема (опускания) дежи по формуле (5.2):

$$t_n = \frac{2,3}{0,02} = 115 \text{ с}$$

3) Принимая продолжительность закрепления дежи $t_3 = 40$ с и опрокидывания дежи $t_0 = 30$ с, по формуле (5.1) определим производительность

$$\Pi = \frac{350 \cdot 3600}{40 + 2 \cdot 115 + 30} = 4200 \text{ кг/ч.}$$

4) Момент от поднимаемого груза относительно оси винта при массе каретки $m = 100$ кг по формуле (5.9) составит:

$$M = (100 + 350) \cdot 9,81 \cdot 0,75 = 3310,9 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

5) Нормальная сила давления в роликах каретки по формуле (5.8):

$$P_n = \frac{3310,9}{0,3} = 11036,3 \text{ Н.}$$

6) Сила трения, препятствующая движению каретки с дежой, по формуле (5.7) при коэффициенте трения $f = 0,2$:

$$F = 11036,3 \cdot 0,2 = 4414,5 \text{ Н.}$$

7) Общее тяговое усилие по формуле (5.6):

$$P = (100 + 350) \cdot 9,81 + 4414,5 = 8829 \text{ Н.}$$

8) Определяем угол подъема винтовой линии из уравнения (5.11):

$$\alpha = \arctg \frac{0,02}{3,14 \cdot 0,06} = 6^\circ 3' \text{ м/с}$$

9) Определяем угол трения

$$\varphi = \arctg 0,2 = 11^\circ 20'$$

Поскольку угол трения превышает угол подъема винтовой линии, то условие самоторможения выполняется.

10) Крутящий момент на винте по формуле (5.5):

$$M_{кр} = 8829 \cdot (0,06/2) \cdot 0,3131 = 82,93 \text{ Нм.}$$

11) Угловую скорость ротора рассчитаем по формуле:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}; n_p = 60 \cdot 16,3 = 978 \text{ мин}^{-1}$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 978}{30} = 102,36 \text{ с}^{-1}$$

12) Мощность электродвигателя винтового дежеспрокидывателя находим по формуле (4) при КПД механического привода $\eta = 0,55$:

$$N = \frac{82,93 \cdot 102,36}{16,3 \cdot 0,55 \cdot 1000} = 0,95 \text{ кВт.}$$

Задача 2. Рассчитать однолопастную фаршемешалку

Исходные данные: длина цилиндра рабочей камеры $L = 0,26$ м; время цикла $T_{\text{ц}} = 120$ с; частота вращения лопасти $n = 2,83$ об/с; продукт - котлетный фарш.

Определить: геометрический объем рабочей камеры V , производительность Q и мощность двигателя N фаршемешалки периодического действия.

Последовательность расчета:

1) При известной частоте вращения лопасти n из формулы (5.13) определяем радиус вращения лопасти, приняв коэффициент проскальзывания частиц продукта относительно лопастей $K_{\text{пр}} = 0,5$:

$$R_{\text{л}} = \frac{1}{4 \cdot (1 - 0,5)^2 \cdot 2,83^2} = 0,125 \text{ м.}$$

2) Объем рабочей камеры фаршемешалки находим по формуле (5.15), предварительно приняв расстояние между внутренней поверхностью рабочей камеры и лопастью $c = 3 \cdot 10^{-3}$ м:

$$V = 3,14 \cdot (0,125 + 0,003)^2 \cdot 0,26 = 0,013 \text{ м}^3.$$

3) Производительность фаршемешалки рассчитываем по формуле (5.14) при коэффициенте заполнения камеры $\alpha = 0,65$ и плотности фарша $\rho = 1000$ кг/м³:

$$Q = 3600 \frac{0,65 \cdot 1000 \cdot 0,013}{120} = 253 \text{ кг/ч.}$$

4) Площадь поверхности лопасти определяем по формуле:

$$F_{\text{л}} = bR$$
$$F_{\text{л}} = 0,125 \cdot 0,125 = 0,016 \text{ м}^2$$

5) Площадь лобовой поверхности лопасти находим по формуле (5.19) при угле наклона лопасти к оси приводного вала $\beta = 35^\circ$:

$$F = 0,016 \cdot 0,8192 = 0,013 \text{ м}^2.$$

6) Определяем силу сопротивления по формуле (5.18) при удельном сопротивлении

$\sigma_0 = 8000 \text{ Н/м}^2$ и принятом количестве лопастей, установленных в одном ряду, $z = 3$ шт.:

$$P = 8000 \cdot 0,013 \cdot 3 = 312 \text{ Н.}$$

7) Скорость осевого смещения находим по формуле (5.21) при коэффициенте трения $f = 0,29$:

$$v_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot 2,83 \cdot 0,125 \cdot (0,5736 - 0,29 \cdot 0,8192) \cdot 0,8192 = 0,612 \text{ м/с.}$$

8) Из отношения (5.22) определяем коэффициент ψ :

$$\psi = \frac{0,125 \cdot 0,5736}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,125} = 0,09$$

9) Среднюю скорость поступательного движения продукта вдоль оси

мешалки рассчитываем по формуле (20):

$$v = 0,612 \cdot 0,09 \cdot 3 = 0,165 \text{ м/с.}$$

10) Мощность электродвигателя по формуле (5.17) при коэффициенте запаса мощности $\eta_3 = 4$ и КПД передаточного механизма $\eta = 0,96$ составит:

$$N = \frac{312 \cdot 0,165 \cdot 4}{1000 \cdot 0,96} = 0,22 \text{ кВт.}$$

Задача 3. Рассчитать двухлопастную фаршемешалку

Исходные данные: объем рабочей камеры $V = 60$ л; частота вращения лопастей

$n_1 = 102$ об/мин, $n_2 = 89$ об/мин; лопасти шнекового типа; продукт - фарш со шпиком для вареных колбас.

Определить: размеры дежи; производительность Q и мощность двигателя N фаршемешалки периодического действия.

Последовательность расчета:

1) Принимая коэффициент заполнения дежи $\alpha = 0,7$, плотность перемешиваемого продукта

$\rho = 1100$ кг/м³, коэффициент $\varphi = 0,2$, рациональную продолжительность перемешивания

$t_0 = 480$ с, по формуле (5.14) определим производительность машины, массу единовременной загрузки и время полного цикла:

$$Q = \frac{0,65 \cdot 1000 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 3600}{480 \cdot (1 + 0,2)} = 289 \text{ кг/ч}$$

$$m = 0,7 \cdot 1100 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 46,2 \text{ кг}$$

$$T_{\text{ц}} = 480 \cdot (1 + 0,2) = 576 \text{ с.}$$

2) Приняв глубину расположения лопастей $h = 0,25$ м и задавшись диаметром желобчатой части $D = 0,15$ м, из формулы (5.16) имеем:

$$L = \frac{60 \cdot 10^{-3} \cdot 3600}{0,2 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,15}{4} + 2 \cdot 0,25 \right)} = 0,48 \text{ м.}$$

3) Диаметр допасты $D_{\text{л}} = d - c = 0,15 - 0,002 = 0,148$ м, длина лопасти $D_{\text{л}} = L - 0,005 = 0,48 - 0,005 = 0,475$ м.

4) Принимаем внутренний диаметр лопасти $d_{\text{л}} = 0,05$ м и угол между лопастью и осью вала месильного винта $\beta = 8^\circ$. Находим площадь лобовой поверхности лопасти совместным решением уравнений (5.19) и (5.28):

$$F = \frac{(0,148 - 0,05)}{2} \cdot 0,475 \cdot 0,9903 = 0,023 \text{ м}^2.$$

5) Окружные скорости месильных лопастей по среднему диаметру нахо-

дим по формуле (26):

$$v_1 = \frac{3,14 \cdot 102}{60} \cdot \frac{(0,148 + 0,05)}{2} = 0,53 \text{ м/с}$$

$$v_2 = \frac{3,14 \cdot 89}{60} \cdot \frac{(0,148 + 0,05)}{2} = 0,46 \text{ м/с}$$

6) Удельное сопротивление, испытываемое единицей лобовой поверхности лопасти, по формуле (5.25) при условном начальном сопротивлении $\sigma_0 = 6000 \text{ Н/м}$ и параметре $\alpha = 4 \cdot 10^3 \text{ (Нс)/м}^3$:

$$\sigma_{\phi 1} = 6000 + 4000 \cdot 0,53 = 8120 \text{ Н/м}^2;$$

$$\sigma_{\phi 2} = 6000 + 4000 \cdot 0,46 = 7840 \text{ Н/м}^2.$$

7) Сопротивление, испытываемое лопастями, по формуле (5.24):

$$P_1 = 8120 \cdot 0,023 = 186,8 \text{ Н};$$

$$P_2 = 7840 \cdot 0,023 = 180,3 \text{ Н}.$$

8) Принимаем КПД передаточного механизма $\eta = 0,85$ и коэффициент запаса мощности $\eta_3 = 1,5$; по формуле (5.23) имеем

$$N = \frac{(186,6 \cdot 0,53 + 180,3 \cdot 0,46) \cdot 1,5}{1000 \cdot 0,85} = 0,32 \text{ кВт}$$

Варианты индивидуальных заданий

Варианты индивидуальных заданий по расчету месильно-перемешивающего оборудования даны в табл.

Исходные данные для расчета дежеподъемоопрокидывателя

Номер варианта	Масса m_m / емкость V дежи, кг (л)	Частота вращения винта n , об/мин	Средний диаметр и шаг винта d/S , мм	Высота подъема дежи h , м	Расстояние между осями роликов каретки l , м	Расстояние от оси подъема до центра тяжести каретки R , м
1	35/37	62	59/18	1,2	0,30	0,60
2	95/65	58	60/18	2,3	0,28	0,70
3	250/140	61	59/21	1,5	0,32	0,75
4	165/100	59	60/20	1,8	0,30	0,65
5	130/80	60	62/20	1,9	0,28	0,70
6	220/140	62	59/20	1,5	0,32	0,80
7	95/60	59	60/19	1,8	0,30	0,75
8	70/42	61	61/18	1,2	0,28	0,60
9	320/225	58	62/22	2,3	0,32	0,80
10	265/200	60	61/21	1,9	0,30	0,70

Исходные данные для расчета однолопастной фаршемешалки

Номер варианта	Длина цилиндра рабочей камеры L, м	Время цикла T, с	Частота вращения лопасти n, об/мин	Вид фарша
1	0,27	100	2,80	вареные колбасы
2	0,30	120	2,85	полукопченые колбасы
3	0,32	110	2,90	котлетный фарш
4	0,35	120	3,00	вареные колбасы
5	0,32	110	3,05	полукопченые колбасы
6	0,30	130	3,10	котлетный фарш
7	0,35	100	2,95	вареные колбасы
8	0,27	130	2,80	полукопченые колбасы
9	0,32	100	3,15	котлетный фарш
10	0,30	120	2,85	вареные колбасы

Исходные данные для расчета двухлопастной фаршемешалки

Номер варианта	Геометрический объем рабочей камеры V, л	Частота вращения лопастей n, об/мин	Вид фарша
1	80	92/84	котлетный фарш
2	150	65/58	вареные колбасы
3	60	102/89	полукопченые колбасы
4	120	78/66	котлетный фарш
5	100	82/68	вареные колбасы
6	150	55/46	полукопченые колбасы
7	60	98/85	котлетный фарш
8	120	72/58	вареные колбасы
9	80	75/64	полукопченые колбасы
10	100	89/72	вареные колбасы

Рекомендуемая литература

1. Бредихин С.А. Технологическое оборудование для мясокомбинатов / С.А. Бредихин. – М.: Колос, 2000.– 476 с. - Предм. указ.: с. 468-474.
2. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности/В.И.Ивашов.– М.: Пищевая промышленность, 2001.– 321 с. - Предм. указ.: с. 318-321.
3. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Ч 1. Убой и первичная переработка. М.: Колос, 1994. - 367с.
4. Ивашов, И.В. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности [Текст]: учебник для студентов вузов. - СПб: Гиорд, 2010. - 736 с. [ЭБС Лань].
5. Курочкин А.А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства/ А.А. Курочкин, В.В. Лященко; Под ред. В.М. Баутина. – М.: Колос, 2001.– 440 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Библиогр.: с. 372. - Предм. указ.: с. 373-376.
6. Курочкин А. А. Оборудование перерабатывающих производств: учебник / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 363 с. [ЭБС ИНФРА-М].
7. Пеелеев А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности . Изд . 3 - е , перераб . и доп . - М . : Пищевая промышленность 1971. - 519с.
8. Чаблин Б.В., Евдокимов И.А. Практикум по механическому оборудованию предприятий общественного питания. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 312 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1.ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СРЕДНЕГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСА	3
Примеры расчета машин для среднего измельчения мяса	8
2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕЛКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСА	15
Примеры расчета машин для мелкого измельчения мяса	23
3.ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСА И МЯСОРЕЗАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ	27
3.1. Куттеры	27
3.2 Мясо- и шпигорезательные машины	30
Примеры расчета машин для мелкого измельчения мяса	33
4. ДОЗИРОВОЧНО-ФОРМОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	37
4.1.Основные способы деления продуктов на порции и классификация оборудования	37
4.2.Машины для формовки котлет	37
4.3. Пельменные автоматы	41
4.4 Шприцы	44
Примеры расчета дозировочно-формовочных машин	46
5. МЕСИЛЬНО-ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ	51
Примеры расчета машин месильно-перемешивающих машин	57
Рекомендуемая литература	62

Составитель:

Пшенов Евгений Александрович

Проектирование технологического оборудования для
хранения и переработки сельскохозяйственной про-
дукции

Практикум
Часть 2.

Технологическое оборудование мясной отрасли

Подписано в печать 28 марта 2023 г

Формат 84×108/32. Объем 4 уч.-изд. л

Тираж 40 экз. Изд. № . Заказ №

Отпечатано в минитипографии Инженерного института НГАУ

630039, г. Новосибирск, ул. Никитина 147