

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. И. Раззакова

Кафедра "Машины и аппараты пищевых производств"

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ МЯСНОЙ ОТРАСЛИ

Учебно-методическое пособие к проведению
практических занятий

БИШКЕК - 2010

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. И. Раззакова**

Кафедра «Машины и аппараты пищевых производств»

Комел

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ
МЯСНОЙ ОТРАСЛИ**

**Учебно-методическое пособие к проведению
практических занятий**

БИШКЕК – 2010

Рекомендовано к печати решением Ученого совета КГТУ им.И. Раззакова
Протокол № 4 от 29 декабря 2010 г.

УДК 637.52. (075.8)

ББК 36.39

Т 38

Рецензенты: к.т.н., проф. Тамабаева Б.С.
к.т.н., проф. Джурупова Б.К.
к.т.н., доц. Кыдыралиев Н.Н.

к.т.н., проф. Кочнева С.В.

Технологическое оборудование предприятий мясной отрасли. Учебно-методическое пособие к проведению практических занятий / КГТУ им. И.Раззакова. – Б.: ИЦ «Техник», 2010. – 64 с.

Приводятся краткие сведения теории расчета эксплуатационных характеристик основного оборудования мясоперерабатывающих предприятий, приведены примеры расчета оборудования, контрольные задания и контрольные вопросы.

Предназначено для студентов специальностей 551802.01. «Машины и аппараты пищевых производств» и 552403.01. «Технология мяса мясoproдуктов» очной и заочной форм обучения. Может быть использовано студентами при выполнении практических работ, курсовых и дипломных проектов.

Рис. 11. Табл. 8. Библиогр. 12 наим.

T4001 100000-05
ISBN 9967-427-37X

УДК 637.52. (075.8)
ББК 36.39
©КГТУ им И. Раззакова
©Кочнева С.В. 2010 г.

ВВЕДЕНИЕ

Обслуживание сложной современной техники немислимо без глубоких знаний теоретических основ работы оборудования. Дипломированных специалистов-технологов и механиков мясной отрасли готовят по учебным курсам «Технологическое оборудование по отраслям» и «Технологическое оборудование мясной отрасли».

В них предусматривается глубокое изучение студентами теории процессов машин и аппаратов, конструкций и принципов действия технологического оборудования, приобретение необходимых навыков по его эксплуатации и расчетам. Специалистам отрасли чаще всего приходится заниматься расчетами отдельных узлов, машин, аппаратов, агрегатов, рассчитывать расходы сырья и вспомогательных материалов, размеры и количество единиц оборудования, производительность, мощность машин и аппаратов, режимы работы, расходы теплоэнергетических ресурсов.

В связи с этим основной целью данного пособия является приобретение навыков решения практических задач, расчета технологического оборудования, рассматриваемого в основных разделах данных дисциплин.

Кроме того, изучение методик расчета различного оборудования способствует приобретению навыков по проектированию нового оборудования мясной отрасли, повышению степени его механизации и автоматизации.

С этой целью в предлагаемом пособии подобраны задания, предназначенные для практических занятий в аудитории.

На конкретных примерах показаны технологические, тепловые и другие расчеты оборудования, а также приведены варианты заданий для самостоятельной работы студентов. Данное пособие может быть использовано в качестве дополнительного материала при выполнении курсового и дипломного проектирования.

Расчет подвесных путей и конвейеров

Общие сведения

Для перемещения продукции и проведения технологических операций на поточных линиях в подвешенном состоянии применяют подвесные пути и конвейеры. Они обеспечивают поточность производства и нормальные санитарно-гигиенические условия обработки продукции.

Подвесные пути могут быть *бесконвейерными* с ручным перемещением грузов, подвешенных на крючках или роликах; или *конвейерными* с механическим перемещением грузов при помощи пульсирующих или непрерывно движущихся конвейерных устройств в виде цепей или канатов, толкающих крюков или роликов по подвесным путям.

Подвесные пути могут быть *горизонтальными* или *наклонными* и должны быть по возможности легкими, прочными, безопасными для обслуживающего персонала. Кроме того, они должны быть простыми в эксплуатации.

Бесконвейерные подвесные пути (рис.1) состоят из каркаса, подвесок, рельса, стрелок и грузонесущих органов.

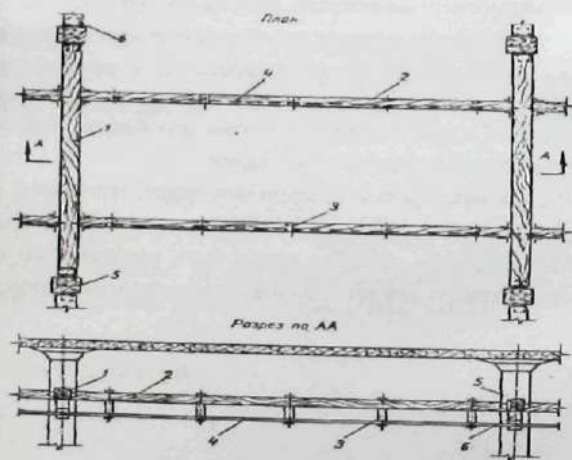


Рис. 1. Бесконвейерные подвесные пути:

- 1- Главные балки; 2- путевые балки; 3- подвески; 4- полосовой рельс; 5- опорные колонны зданий; 6- консоли для крепления главных балок.

Конвейерные подвесные пути включают в себя все элементы бесконвейерных путей и дополнительно имеют приводную станцию, тяговый орган, и оборотную станцию.

Расчет основных параметров бесконвейерных и конвейерных подвесных путей

К основным параметрам подвесных путей относят общую длину рабочего участка подвесного пути, скорость движения цепи, производительность и мощность электродвигателя приводной станции, расчет которых производится в последовательности, изложенной ниже.

Общая длина L рабочего участка бесконвейерного подвесного пути, на котором обрабатывают скот или птицу, производят технологические операции, определяется по формуле:

$$L = 1,2 \left(\frac{Q \sum T}{60} \right), \text{ м}, \quad (1)$$

где L - длина рабочего участка, м;

Q - производительность данного участка (линии), единиц в час;

$\sum T$ - продолжительность (сумма затрат времени) технологических операций, мин;

l - расстояние между обрабатываемой продукцией, м;

1,2 - коэффициент, учитывающий неравномерность поступления продукции на подвесной путь.

Длину L подвесного пути рабочей ветви конвейера с механическим приводом с постоянной скоростью движения тягового органа вычисляют по формуле:

$$L = v \cdot t, \text{ м}, \quad (2)$$

где v - скорость движения тягового органа, м/мин;

t - продолжительность пребывания груза на рабочей ветви конвейера, мин.

Для конвейерных подвесных путей с непрерывным равномерным движением тягового органа принимается следующая зависимость между скоростью конвейера, его производительностью и расстоянием между тушами:

$$v = \frac{Q \cdot l}{60}, \text{ м/мин}, \quad (3)$$

где v - скорость конвейерной цепи, м/мин;

Q - производительность конвейера, гол/час;

l - расстояние между тушами, м.

Производительность пульсирующего конвейера определяется по формуле:

$$Q = 60 \frac{z \cdot b}{l}, \text{ гол/час}, \quad (4)$$

где z - число движений (циклов) конвейера, мин;

b - длина продвижения цепи за 1 цикл, м;

l - расстояние между тушами на конвейере, м.

Мощность электродвигателя приводной станции конвейера определяется по формуле:

$$N = \frac{P \cdot v \cdot \eta_0}{60 \cdot 1000 \eta}, \text{ кВт}, \quad (5)$$

где N - мощность электродвигателя, кВт;

P - окружное усилие на приводной звездочке конвейера, Н;

v - скорость движения цепи конвейера, м/мин;

η_0 - коэффициент запаса мощности, обычно: $\eta_0 = 1,5 \div 1,8$

η - к.п.д. приводной станции конвейера $\eta = 0,5 \div 0,6$.

Окружное усилие на приводной звездочке P находится как разность между максимальным и минимальным натяжением цепи конвейера. Минимальным, или начальным, натяжением цепи конвейера называют натяжение, которое осуществляется с помощью винтовой или натяжной станции для того, чтобы звенья цепи достаточно плотно облегли зубцы звездочек и не провисали.

Обычное начальное натяжение цепи подвесных конвейеров принимают равным 150–250 кг (1500–2500 Н).

На пути движения конвейера натяжение цепи конвейера постепенно возрастает за счет нагрузок от сопротивления при движении цепи по направляющим, сопротивлений при огибании звездочек, нагрузок от сопротивления при перемещении грузов на крючках или роликах, и к концу конвейера натяжение цепи увеличивается до максимального.

Рассмотрим простейшую схему подвесного горизонтального конвейера (рис. 2).

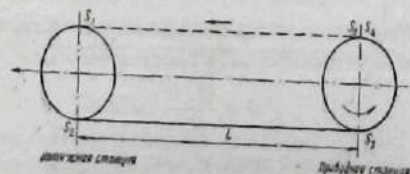


Рис. 2. Схема подвесного горизонтального конвейера.

Пусть конвейер состоит из двух одинаковых ветвей – рабочей и холостой (длина каждой – L), из которых холостая обозначена пунктиром, а рабочая сплошной линией.

Начальное натяжение цепи S_0 принимаем в конце огибания приводной звездочки.

На холостом участке конвейера натяжение начнет возрастать за счет сопротивления движения цепи, причем этот прирост натяжения будет прямо пропорционален весу цепи, длине участка и коэффициенту трения скольжения цепи по направляющим

$$S_1 = S_0 + q_0 \cdot L \cdot \mu, \text{ кг}, \quad (6)$$

где S_0 - начальное натяжение цепи ($q_0 = 10 \text{ кг/м}$);

L - длина холостого участка конвейера, м;

μ - коэффициент трения скольжения цепи по направляющим; обычно $\mu = 0,15 \div 0,18$.

При огибании цепью звездочки натяжной станции натяжение возрастает за счет сопротивления в звеньях цепи, трения в зубьях звездочки и возможных перекосов цепи.

Практически эти потери принимают равными 15–20%.

Следовательно:

$$S_2 = (1,15 + 1,2)S_1, \text{ кг}, \quad (7)$$

На рабочем участке конвейера, кроме сопротивления движения цепи по направляющим, добавится сопротивление от передвижения грузов, поэтому натяжение цепи в конце участка составит:

$$S_3 = S_2 + L \left[q_0 \mu + q \frac{K}{D} (2f + \mu \cdot d) \right], \text{ кг}, \quad (8)$$

где q - полезная нагрузка на 1 м конвейера от веса груза и роликов, кг;

K - коэффициент сопротивления реборд ролика ($K=1,2$);

D - диаметр ролика, см;

f - коэффициент трения качения ролика по рельсу; обычно $f=0,1 \text{ см}$;

d - диаметр оси ролика, см.

При огибании приводной звездочки натяжение цепи еще возрастет и максимальное натяжение составит:

$$S_4 = (1,15 + 1,2)S_3, \text{ кг}, \quad (9)$$

и, тогда окружное усилие на приводной звездочке равно:

$$P = S_4 - S_0, \text{ кг} \quad (10)$$

Отсюда по формуле (5) определяют требуемую мощность двигателя конвейера.

Пример 1. Определить основные технические параметры подвешенного горизонтального конвейера для разделки и туалета туш крупного рогатого скота, если известно, что конвейер Г-образной формы состоит из двух холостых участков длиной 8 и 16 м и двух рабочих участков длиной 21 и 13 м; продолжительность технологических операций составляет $T=12$ мин, расстояние между тушами на конвейере 1,8 м, средний вес (масса) туши 280 кг, масса (вес) 1 м цепи 12 кг, масса (вес) ролика 3 кг, диаметр грузонесущего ролика 120 мм, диаметр оси ролика 16 мм, коэффициент трения скольжения цепи по направляющим 0,18 см, коэффициент трения качения 0,1 см, коэффициент сопротивления реборд ролика $K=1,2$, коэффициент запаса мощности 1,8, к.п.д. приводной станции 0,5, начальное натяжение цепи 200 кг.

Составляем схему (рис. 3,а) расположения конвейера (зависящую от планировки размещения оборудования в цехе).

Здесь холостой участок конвейера обозначен пунктирной линией, рабочий - сплошной.

1. Определяем скорость движения цепи конвейера (2)

$$v = \frac{L}{T} = \frac{21+13}{12} = 2,83 \text{ м/мин.}$$

2. Находим производительность конвейера (4):

$$Q = 60 \frac{v}{l} = 60 \frac{2,83}{1,8} = 94 \text{ гол/час.}$$

3. Определяем полезную нагрузку на 1 м конвейера:

$$q = \frac{280+3}{1,8} = 157 \text{ кг/м.}$$

4. Определяем по формулам (6)–(9) натяжения цепи конвейера на участках:

$$S_1 = 1,2S_0 = 1,2 \cdot 200 = 240 \text{ кг};$$

$$S_2 = S_1 + q_0 L_1 \mu = 240 + 12 \cdot 8 \cdot 0,18 = 240 + 17,3 = 257,3 \text{ кг};$$

$$S_3 = 1,1S_2 = 1,1 \cdot 257,3 = 283 \text{ кг};$$

$$S_4 = S_3 + q_0 L_2 \mu = 283 + 12 \cdot 16 \cdot 0,18 = 283 + 34,6 = 317,6 \text{ кг};$$

$$S_5 = 1,2S_4 = 1,2 \cdot 317,6 = 381 \text{ кг};$$

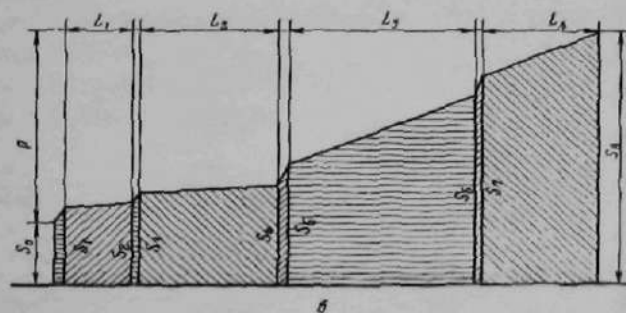
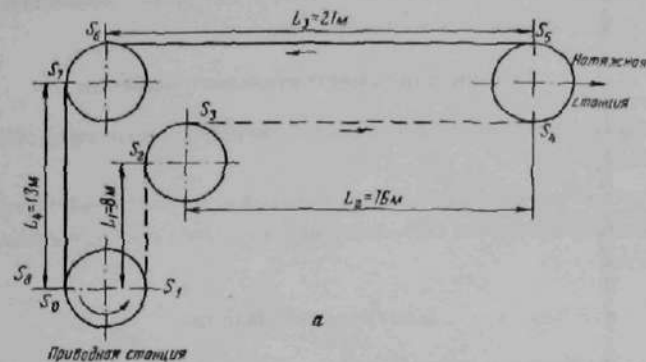


Рис. 3. Конвейер для разделки и туалета туш крупного рогатого скота: а- схема; б- диаграмма изменения натяжения цепи

$$S_6 = S_5 + L_3 \left[q_0 \mu + q \frac{K}{D} (2f + \mu \cdot d) \right] = 381 + 21 \left[12 \cdot 0,18 + 157 \frac{1,2}{12} (2 \cdot 0,1 + 0,18 \cdot 1,6) \right] = 591 \text{ кг};$$

$$S_7 = 1,1S_6 = 1,1 \cdot 591 = 650 \text{ кг};$$

$$S_8 = S_7 + L_4 \left[q_0 \mu + q \frac{K}{D} (2f + \mu \cdot d) \right] = 650 + 130 = 780 \text{ кг.}$$

Тогда $P = 780 - 200 = 580 \text{ кг}$, или 5690 в.

По формуле (5) определяем мощность двигателя конвейера:

$$N = \frac{P \sigma \eta_0}{60 \cdot 1000 \eta} = \frac{5690 \cdot 2,83 \cdot 1,8}{60 \cdot 1000 \cdot 0,5} = 0,97 \text{ кВт, принимаем 1 кВт.}$$

По найденным величинам составляем диаграмму изменений натяжений цепи на отдельных участках конвейера (рис.3 б).

Задание для самостоятельного решения

1. Уяснить основы расчета подвесных конвейеров по разделу «Общие сведения».
2. Решить контрольную задачу, аналогичную в приведенном примере 1.
3. Задание выполнить в тетради и защитить перед преподавателем в конце занятия.

Контрольные задачи

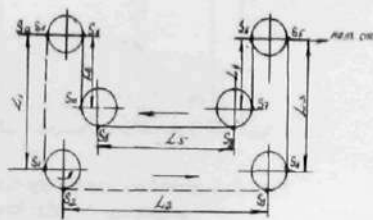
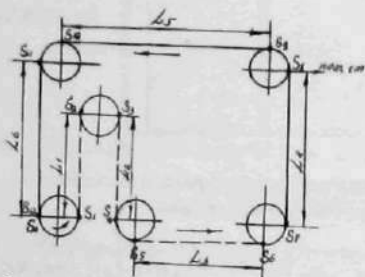
По предложенным ниже вариантам и принятым исходным данным примера 1, решить задачу по схеме, выданной преподавателем.

а) Задание 1.

б) Задание 2.

Вариант 1.

Вариант 2.

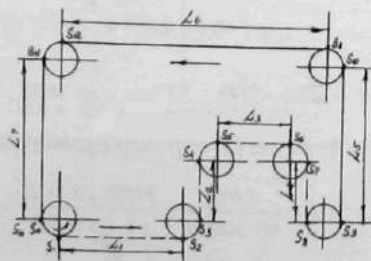
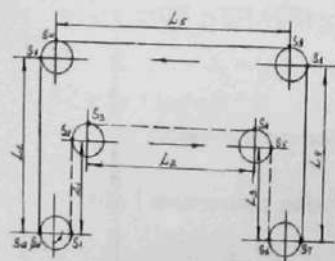


в) Задание 3.

г) Задание 4.

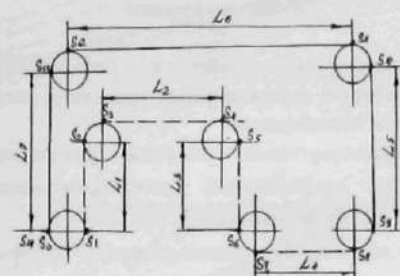
Вариант 3.

Вариант 4.



д) Задание 5.

Вариант 5.



В схемах вариантов холостые участки конвейера обозначены пунктирными линиями, а рабочие - сплошными.

Принятые длины холостых и рабочих участков подвесного горизонтального конвейера, согласно варианту, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Вариант заданий	Длины участков конвейера, м						
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇
Вариант 1	6	6	6	12	14	12	-
Вариант 2	10	7	10	5	6	5	10
Вариант 3	4	15	4	10	21	10	-
Вариант 4	9	4	6	4	16	18	16
Вариант 5	5	7	5	7	15	20	15

Контрольные вопросы

1. К чему сводится расчет подвесного горизонтального конвейера?
2. От каких параметров зависит производительность конвейера?
3. Как рассматривается мощность электродвигателя к подвесному конвейеру?
4. От чего зависит натяжение цепи холостого участка конвейера?
5. Как рассчитывается натяжение цепи рабочего участка конвейера?
6. Как определяется окружное усилие на приводной звездочке?
7. Чему равен коэффициент сопротивления реборд ролика?

Расчет передвижных и стационарных транспортных установок

Общие сведения

На предприятиях мясоперерабатывающей промышленности применяется большое число передвижных и стационарных транспортных средств, имеющих различное конструктивное исполнение.

1. **Передвижные транспортные средства- ленточные транспортеры.**

Предназначены для непрерывной транспортировки грузов штучных (ящиков шкур, туш) и насыпных (соль, уголь и т.д.)

- *Передвижной ленточный транспортер ЛТ-8,5* (рис. 1а) применяется для различных разгрузочно- погрузочных работ. Он удобен для работ на складах и во вспомогательных производствах. Транспортер установлен на 2^х колесах, смонтированных посередине каркаса. Для поддержки ленты применяются ролики на шариковых подшипниках.
- *Наклонный ленточный транспортер Т-80* (рис. 1б), предназначен для передачи грузов на разные уровни (выгрузка шкур из подвалов на железнодорожную платформу, подачу соли и т.д.), может быть использован и для спуска грузов. В этом случае двигатель переключают и ленту пускают в обратную сторону.
- *Горизонтальный ленточный транспортер* (рис. 1в), состоит из металлической сваркой станины 1, выполненной из профильной стали или труб, натяжной и приводной станций, опорных роликов и бесконечной ленты. Применяется для транспортировки различных грузов (котлетных ящиков, вкладышей, тазиков для фарша), а также их устанавливают в производственных цехах (фасовка мяса, производство мясных полуфабрикатов, выработка пельменей).

2. **Скребокковые транспортеры-** служат для непрерывной подачи мягкого или твердого сырья на переработку, причем они могут обеспечивать равномерное его поступление, т.е. могут работать как дозаторы (рис.2). При помощи такого транспортера можно перемешать жирсырье, субпродукты, кость и другую продукцию.

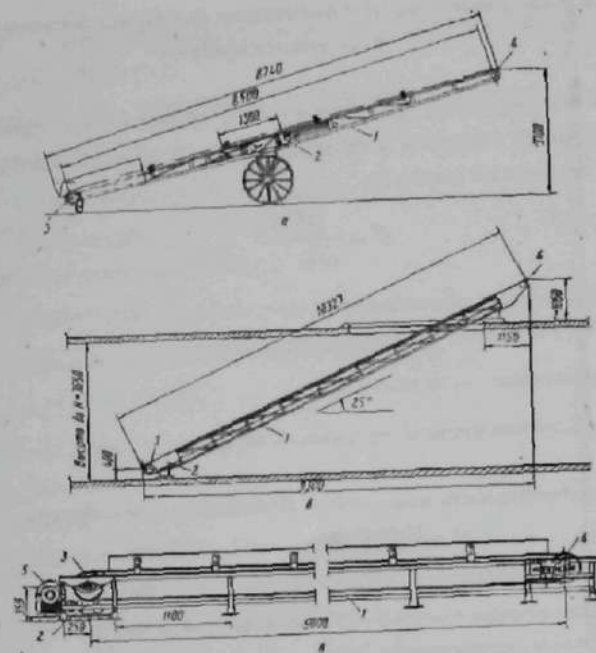


Рис. 1. Ленточные транспортеры:
 а- передвижной ЛТ-8,5; б- наклонный Т-80; в- горизонтальный; 1-станина-каркас; 2- электродвигатель; 3- приводной барабан; 4- натяжной барабан; 5- редуктор

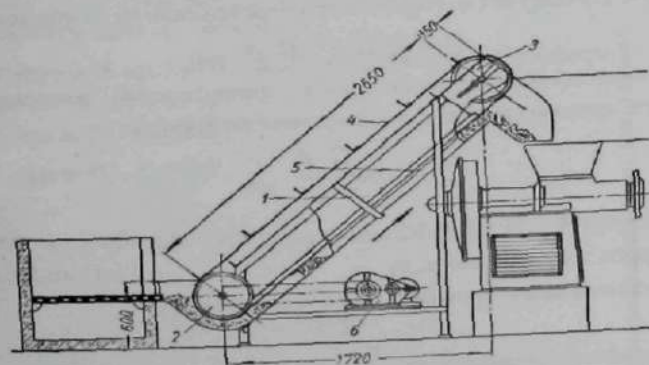


Рис. 2. Скребокковый транспортер:
 1- рама-каркас; 2- приводная станция; 3- натяжная станция; 4- лента со скребками; 5- кожух; 6- электродвигатель с редуктором

Основные зависимости и расчетные формулы ленточных и скребковых транспортеров

Скорость движения рабочего полотна транспортера определяют в зависимости от числа оборотов электродвигателя и общего передаточного числа приводной станции по формуле:

$$v = \frac{\pi D n}{60 i_1 \cdot i_2}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

где D - диаметр приводного барабана, м;
 n - частота вращения электродвигателя, об/мин;
 i_1 - передаточное число редуктора;
 i_2 - передаточное число от редуктора к барабану.

Производительность наклонного ленточного транспортера:

$$Q = 0,128 \cdot B^2 \cdot V \cdot \rho (1 - 0,02\alpha), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2)$$

где B - ширина ленты, м;
 V - площадь сечения транспортируемого материала на ленте, м²;
 ρ - насыпная масса материала, т/м³;
 α - угол наклона транспортера, град.

Для определения производительности горизонтального ленточного транспортера для сыпучих материалов при перемещении их сплошным слоем:

$$Q = 0,128 B^2 \cdot v \cdot \rho, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3)$$

При перемещении штучных грузов горизонтальным ленточным транспортером его производительность определяют по формуле:

$$Q_{\text{шт}} = 3,6 \frac{G \cdot v}{a}, \text{ т/ч}, \quad (4)$$

где G - масса единичного груза, кг;
 v - скорость движения ленты, м/с;
 a - расстояние между грузами на ленте транспортера, м.

Для наклонного транспортера:

$$Q_{\text{шт}} = Q_{\text{шт}} \cdot (1 - 0,02\alpha), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5)$$

Мощность электродвигателя ленточного транспортера (по Алферову К.В.) определяют по формуле:

$$N = (K_1 \cdot L \cdot v + 0,00015 Q \cdot L + 0,0027 Q \cdot H) K_2 / \eta, \text{ кВт}, \quad (6)$$

где L - длина транспортера (по горизонтали), м;
 Q - производительность транспортера, м³/ч;
 H - высота подъема груза, м;
 v - скорость движения ленты, м/с;
 K_1 - коэффициент сопротивления движению ленты $K_1 = 0,01 \div 0,02$
 K_2 - коэффициент, зависящий от длины конвейера:
 при $L > 15$ м, $K_2 = 1,25$
 при $L = 15 + 30$ м, $K_2 = 1,12$
 η - к.п.д. редуктора.

Производительность скребкового транспортера зависит от скорости движения ленты со скребками, поперечного сечения кожуха (скребков) и коэффициента заполнения кожуха. Ее определяют по формуле:

$$Q = 3600 \cdot f \cdot \psi \cdot v \cdot \rho \cdot K, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7)$$

где f - поперечное сечение кожуха, м²;
 ψ - коэффициент заполнения кожуха ($\psi = 0,6 \div 0,8$);
 v - скорость движения ленты со скребками, м/с;
 ρ - насыпная масса продукта, т/м³;
 K - коэффициент производительности скребкового транспортера, зависящий от угла наклона
 при $\alpha = 30^\circ$ $K = 0,6$
 при $\alpha = 45^\circ$ $K = 0,4$

Производительность скребкового транспортера можно определить также по другой формуле:

$$Q = 3600 i \frac{v}{a}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (8)$$

где i - объем продукции, подаваемой одним скребком, м³;
 v - скорость движения цепи со скребками, м/с;
 a - расстояние между скребками, м.

Мощность электродвигателя скребкового транспортера определяют по формуле:

$$N = \frac{Q}{367 \cdot \eta} K(LW_0 + H), \text{ кВт}, \quad (9)$$

где Q - производительность транспортера, m^3/h ;

L - длина транспортера (по горизонтали), m ;

W_0 - коэффициент сопротивления движению, зависящий от материала ленты и продукции, обычно принимают:

при $Q=5 m^3/h$ $W_0=2,2$

при $Q=30 m^3/h$ $W_0=1,1$

H - высота подъема продукции, m ;

K - коэффициент запаса установочной мощности $K=1,15 \div 1,2$;

η - к.п.д. приводной станции $\eta=0,75 \div 0,85$.

Ниже приведены примеры расчета наклонного ленточного и скребкового транспортеров.

Пример 1. Расчет наклонного ленточного транспортера.

Определить основные технологические параметры наклонного ленточного транспортера для подачи мешков с кормовой мукой на платформу, если скорость ленты транспортера составляет $0,3 m/cек$, расстояние между мешками на ленте $3 m$, масса мешка $60 кг$, угол наклона транспортера 25° .

По формулам (5) и (4) находим производительность транспортера:

$$Q = 3,6 \frac{60 \cdot 0,3}{3} (1 - 0,02 \cdot 25) = 10,8 m^3/h, \text{ или } 180 \text{ мешков в час.}$$

Если диаметр приводного барабана $D=300 mm$, а число оборотов электродвигателя $n=1460 об/мин$, то из формулы (1) находим требуемое передаточное число приводной станции:

$$i_1 i_2 = \frac{\pi d n}{60 v} = \frac{3,14 \cdot 0,3 \cdot 1460}{60 \cdot 0,3} = 76,5.$$

При использовании червячного редуктора с передаточным числом 42, передаточное число цепной передачи составит:

$$i_2 = \frac{76,5}{42} = 1,8.$$

При длине транспортера (по горизонтали) $L=9 m$, высоте подъема мешков $H=4,8 m$, мощность электродвигателя по формуле (6) равна:

$$N = (0,01 \cdot 9 \cdot 0,3 + 0,00015 \cdot 10,8 \cdot 9 + 0,0027 \cdot 10,8 \cdot 4,8) 1,25 \cdot 0,9 = 0,2 \text{ кВт.}$$

Пример 2. Расчет скребкового транспортера.

Рассчитать скребковый транспортер для подачи кости в костедробилку, если ширина кожуха равна $400 mm$, высота кожуха $150 mm$, коэффициент заполнения $0,4$, скорость ленты $0,5 m/cек$. Насыпная масса кости $700 кг/м^3$, угол наклона транспортера 45° . Коэффициент полезного действия привода $0,8$, коэффициент запаса мощности $1,2$, длина транспортера (горизонтальная проекция) $4,6 m$, высота подъема кости $3,6 m$, коэффициент сопротивления движению ленты со скребками $1,2$.

По формуле (7) находим производительность скребкового транспортера:

$$Q = 3600 \cdot f \cdot \psi \cdot v \cdot \rho \cdot K = 3600 \cdot 0,4 \cdot 0,15 \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,4 = 12 m^3/h.$$

Потребная мощность электродвигателя скребкового транспортера по формуле (9) составит:

$$N = \frac{Q}{367 \cdot \eta} K(LW_0 + H) = \frac{12}{367 \cdot 0,8} 1,2(4,6 \cdot 1,2 + 3,6) = 0,45 \text{ кВт.}$$

Задание для самостоятельного решения

1. Уяснить назначение конструктивного исполнения транспортеров, используемых на мясоперерабатывающих предприятиях. Основы их расчета по разделам «Общие сведения», «Основные зависимости и расчетные формулы» ленточных и скребковых транспортеров.
2. Решить контрольную задачу согласно выданному преподавателем варианту.
3. Задание выполнить в тетради и защитить перед преподавателем в конце занятия.

Контрольные задачи

Используя методику расчета задач в примерах 1 и 2, решить контрольные задачи по нижеприведенным вариантам.

Задача 1. Определить основные технологические параметры горизонтального ленточного транспортера для транспортировки деревянных бочек с жиром, если скорость ленты транспортера составляет $0,16 m/c$, расстояние между бочками на ленте $1 m$, масса бочки с жиром $30 кг$. Диаметр приводного барабана $D=300 mm$, число оборотов электродвигателя $1410 об/мин$. Передаточное число цепной передачи $i=3,5$.

Таблица 1

Продукт	Вариант заданий					
	Скорость ленты тран-ра	Расстояние между грузами	Масса груза	Диаметр приводного барабана	Число оборотов электр-ля	Передач число приводной станции
	$v, м/с$	$a, м$	$G, кг$	$D, м$	$n, об/мин$	i
Мешки с солью	0,2	0,5	50	350	1420	70
Мешки с альбумином	0,25	2	60	400	1460	68
Ящики с колбасой	0,28	1	50	300	1000	55

Задача 2. Провести технологический расчет скребкового транспортера для подачи путового сустава в центрифугу, если ширина кожуха 350 мм, высота 130 мм, коэффициент заполнения 0,45, скорость ленты 0,45 м/с, насыпная масса путового сустава 700 кг/м³, угол наклона транспортера 45°. Коэффициент полезного действия привода 0,8, коэффициент запаса мощности 1,2, длина транспортера (по горизонтали) 3,0 м, высота подъема сустава 2,36 м, коэффициент сопротивления движению ленты со скребками 1,2.

Таблица 2

Размеры кожуха		Варианты заданий							
		Коэфф. Заполнения	Скорость ленты	Продукт, насыпная плотность прод.	Угол наклон. тр-ра	К.п.д. привода	Длина тр-ра	Ширина тр-ра	Коэфф. Сопротив-я
ширина	высота	-	м/с	кг/м ³	°	-	м	м	-
мм	мм	-	м/с	кг/м ³	°	-	м	м	-
250	96	0,5	0,5	Путовый сустав $\rho=600$	25	0,8	4	2,35	1,2
350	135	0,4	0,45	Шквара $\rho=1800$	25	0,82	3,2	1,9	1,2
400	155	0,5	0,5	Мясо мороженое $\rho=1050$	30	0,8	3	1,8	1,2

Задача 3. Определить основные технологические параметры наклонного ленточного транспортера для подачи мешков с альбумином из склада на плат-

форму, если скорость ленты транспортера составляет 0,4 м/с, расстояние между мешками на ленте 2 м, масса мешка 65 кг, угол наклона транспортера 25°. Длина транспортера 7 м, высота подъема мешков 3,75 м.

Таблица 3

Продукт	Вариант заданий					
	Скорость ленты тр-ра	Расстояние между грузами	Масса груза	Угол наклона тр-ра	Длина тр-ра	Высота подъема
	м/с	м	кг	°	м	м
Ящики с сосисками	0,5	0,7	40	25	4	2,15
Ящики с тушками птицы	0,4	1	50	25	4,5	2,4
Четвертины туш	0,3	0,5	20	30	5	2,7

Контрольные вопросы

1. Какие транспортные устройства относятся к передвижным?
2. Какие транспортные устройства относятся к стационарным?
3. К чему сводится технологический расчет ленточных конвейеров?
4. В чем различие расчета горизонтального и наклонного ленточных конвейеров?
5. Какие параметры должны быть заданы для проведения технологического расчета скребкового транспортера?
6. По какой формуле определяется мощность электродвигателя ленточного транспортера?
7. От каких параметров зависит производительность скребкового транспортера?

Оборудование для перемешивания

Расчет механических мешалок для перемешивания жидких мясопродуктов

Общие сведения

На мясоперерабатывающих предприятиях осуществляют перемешивание жидких продуктов во многих технологических процессах в целях получения однородности смешиваемого продукта, приготовления растворов, интенсификации тепловых процессов и т.д.

Большое распространение получили механические мешалки, в которых перемешивание осуществляется при помощи возвратно-поступательного или вращательного движения плоских или наклонных лопастей разной формы, вращающихся винтовых (пропеллерных) лопастей, шнеков или безлопастных емкостей специальной формы.

Выбор той или иной конструкции мешалки зависит от рода перемешиваемого продукта, необходимой степени и интенсивности перемешивания и других факторов.

Ниже приведены принципиальные схемы наиболее часто применяемых на предприятиях механических мешалок и основы их расчета.

• Вертикальная лопастная мешалка (рис. 1).

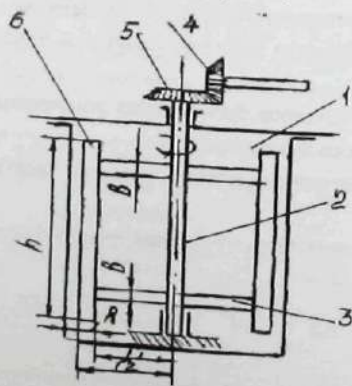


Рис. 1. Лопастная вертикальная мешалка:

- 1- резервуар; 2- вращающийся вертикальный вал; 3- горизонтальные лопасти; 4,5- шестерни; 6- вертикальная лопасть

• Винтовая (пропеллерная) мешалка (рис. 2).

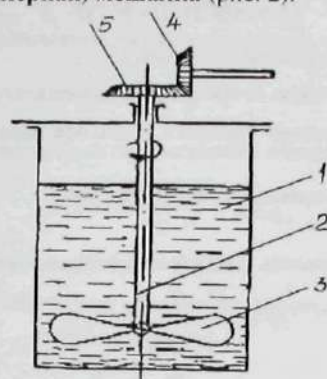


Рис. 2. Винтовая мешалка:

- 1- Емкость; 2- вертикальный вал; 3- лопасть; 4,5- шестерни

Эта мешалка состоит из вертикальной (горизонтальной) емкости и вала с изогнутыми лопастями в виде винта (пропеллера), при вращении которого перемешиваемая среда движется не только в плоскости вращения, но и в продольном направлении.

Пропеллерные мешалки применяют главным образом для интенсивного перемешивания жидкостей при растворении солей, быстром смешивании холодных и теплых слоев жидкостей, дефибрировании крови.

Основные зависимости и расчетные формулы

Производительность мешалок определяют по следующим формулам:

- для мешалок периодического действия:

$$Q = 60a \frac{V \cdot \rho}{t}, \text{ кг/ч}, \quad (1)$$

где a - коэффициент заполнения емкости мешалки, зависящий от конструкции мешалки и рода перемешиваемого продукта; обычно при перемешивании жидкости в вертикальной мешалке $a = 0,6 \div 0,7$;

V - геометрическая емкость резервуара мешалки, m^3 ;

ρ - плотность перемешиваемого продукта, $кг/м^3$;

t - полная продолжительность цикла перемешивания (включая, загрузку, перемешивание и выгрузку из мешалки), $мин.$

- для мешалок непрерывного действия:

$$Q = 3600 \cdot a \cdot F \cdot v \cdot \rho, \text{ кг/ч}, \quad (2)$$

где a - коэффициент заполнения мешалки;

F - площадь поперечного сечения емкости мешалки, м^2 ;

v - скорость перемещения продукта вдоль оси вала мешалки при перемешивании, м/с ;

ρ - плотность перемешиваемого продукта, кг/м^3 .

В общем виде мощность двигателя к мешалке определяется по формуле:

$$N = \frac{P \cdot v \cdot \eta_a}{1000 \eta}, \text{ кВт}, \quad (3)$$

где P - сопротивление, оказываемое перемешиваемым продуктом при движении лопасти, н ;

v - скорость движения лопасти, м/с ;

η_a - коэффициент запаса мощности;

η - общий к.п.д. привода мешалки.

Расчет мешалок по упрощенной схеме проводится в следующей последовательности:

1. Вертикальная лопастная мешалка

- при поступательном движении лопасти масса жидкости, захватываемая лопастью за единицу времени, составляет:

$$G = \psi \cdot \rho \cdot f \cdot v, \text{ кг/с}, \quad (4)$$

где ψ - коэффициент, зависящий от формы лопасти и соотношения ее высоты и длины. Вследствие вязкости жидкости этот коэффициент больше единицы и принимается в пределах $\psi = 1,2 \div 1,5$;

ρ - плотность продукта, кг/м^3 ;

f - площадь лопасти, м^2 ;

v - скорость движения лопасти, м/с .

Работа, затрачиваемая на перемещение продукта (сопротивление среды), определяется по формуле:

$$P = K \cdot f \cdot v^3, \text{ кгм/с}, \quad (5)$$

где K - коэффициент сопротивления движению лопасти, который находится как

$$K = \frac{\psi \cdot \rho}{2g},$$

Мощность, необходимая для перемещения лопасти, составляет:

$$N = \frac{K \cdot f \cdot v^3}{102 \cdot \eta}, \text{ кВт}, \quad (6)$$

где η - к.п.д. привода мешалки; $\eta = 0,75 \div 0,8$.

- при вращательном движении лопасти сопротивление среды определяется по формуле:

$$P = \frac{K \cdot f \cdot v_{\max}^3}{3}, \text{ кг} \cdot \text{м/с}, \quad (7)$$

где v_{\max} - максимальная скорость на конце лопасти, м/с .

$$v_{\max} = \frac{2\pi \cdot r_{\max} \cdot n}{60}, \text{ м/с}, \quad (8)$$

где r_{\max} - максимальный радиус вращения (от оси до конца лопасти), м ;

n - частота вращения лопасти, об/мин .

Из формулы (7) видно, что сопротивление вращающейся лопасти в 3 раза меньше, чем у поступательно движущейся лопасти при той же скорости перемещения.

Мощность, потребная для вращения горизонтально движущейся лопасти, определяется по формуле:

$$N = \frac{K \cdot f \cdot v_{\max}^3}{102 \cdot 4\eta}, \text{ кВт}, \quad (9)$$

Для вертикально вращающейся лопасти сопротивление среды находится, как:

$$P = \frac{K \cdot h \cdot \omega^3}{4} (r_2^4 - r_1^4), \text{ кг м/с}, \quad (10)$$

где K - коэффициент сопротивления лопасти;

h - высота лопасти, м ;

ω - угловая скорость вращения лопасти, рад .

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot \epsilon^l,$$

где r_2 - наружный радиус вращения лопасти, м;

r_1 - внутренний радиус вращения лопасти, м.

Величиной трения о боковую поверхность лопасти, составляющей 0,5% от лобового сопротивления, можно пренебречь.

2. Мешалка с винтовыми (пропеллерными) лопастями

Поверхность жидкости, омываемая винтом, находится по формуле:

$$F_0 = \frac{\pi D_1^2}{4} (1 - \epsilon^2), \text{ м}^2, \quad (11)$$

где D_1 - диаметр винта, м;

ϵ - коэффициент, учитывающий уменьшение площади, описываемой винтом;
 $\epsilon = 0,25 D_1$.

Давление, создаваемое винтом:

$$P_\epsilon = \frac{P}{\eta_r}, \text{ кг/м}^2, \quad (12)$$

где P - скоростной напор, кг/м²;

η_r - гидравлический к.п.д. лопасти ($\eta_r = 0,8 \div 0,9$).

Скоростной напор P определяется по формуле:

$$P = \frac{\rho}{2g} (\omega_0^2 - \omega_s^2), \text{ кг/м}^2, \quad (13)$$

где ρ - плотность перемешиваемой среды, кг/м³;

ω_0 - скорость движения жидкости по оси винта, м/с;

ω_s - скорость движения жидкости в резервуаре мешалки, м/с.

Мощность, необходимая для вращения винта мешалки, составляет:

$$N = \frac{V \cdot P_\epsilon}{102 \cdot \eta}, \text{ кВт}, \quad (14)$$

где V - объем жидкости просасываемой через винт мешалки м³ за 1 с;
 η - механический к.п.д. привода мешалки $\eta = 0,7 \div 0,8$.

Ниже приведены примеры расчета вертикальной лопастной и пропеллерной мешалок.

Пример 1. Определить производительность и потребляемую мощность двигателя вертикальной лопастной мешалки для жира (см. рис. 1), если дано: диаметр резервуара мешалки $D = 1200$ мм; высота его $H = 1600$ мм; коэффициент заполнения мешалки $a = 0,7$; плотность жира $\rho = 985$ кг/м³; продолжительность перемешивания $t = 18$ мин; число оборотов вала мешалки $n = 35$ в минуту; ширина лопасти $b = 80$ мм; высота вертикальной лопасти $h = 1300$ мм; длина горизонтальной лопасти $r_1 = 470$ мм; количество горизонтальных лопастей 4; вертикальных 2.

Определяем производительность мешалки по формуле (1):

$$Q = 60a \frac{V\rho}{t} = 60 \cdot 0,7 \frac{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 1,6 \cdot 985}{4 \cdot 18} = 4150 \text{ кг/ч.}$$

Находим мощность, потребную для преодоления сопротивления горизонтальных лопастей.

Коэффициент сопротивления по формуле (5) составит:

$$K = \frac{\psi\rho}{2g} = \frac{1,5 \cdot 985}{2 \cdot 9,81} = 75.$$

Площадь лопасти

$$f = br_1 = 0,08 \cdot 0,47 = 0,0376 \text{ м}^2.$$

Скорость движения лопасти по формуле (8)

$$v_{\text{макс}} = \frac{2\pi r_1 n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,47 \cdot 35}{60} = 1,7 \text{ м/сек.}$$

Тогда мощность по формуле (9) будет равна:

$$N_1 = \frac{zKfv_{\text{макс}}^3}{4} = \frac{4 \cdot 75 \cdot 0,0376 \cdot 1,7^3}{4} = 13,8 \text{ кВт/сек.}$$

Находим мощность, потребную для преодоления сопротивления для вертикальных лопастей.

Угловая скорость вертикальных лопастей

$$\omega = \frac{\pi i}{30} = \frac{3,14 \cdot 35}{30} = 3,66 \text{ сек}^{-1}.$$

Тогда по формуле (10) имеем

$$N_2 = \frac{zKh\omega^3}{4}(r_2^4 - r_1^4) = \frac{2 \cdot 75 \cdot 1,3 \cdot 3,66^3}{4}(0,55^4 - 0,47^4) = 79 \text{ кгм/сек.}$$

Полная мощность всех лопастей мешалки

$$N = N_1 + N_2 = 13,8 + 79 = 92,8 \text{ кгм/сек.}$$

При к.п.д. мешалки $\eta = 0,8$ мощность электродвигателя мешалки составит

$$N = \frac{92,8}{102 \cdot 0,8} = \frac{92,8}{81,6} = 1,14 \text{ кВт.}$$

Пример 2. Определить мощность электродвигателя пропеллерной мешалки для растворения соли, если диаметр резервуара мешалки равен 1200 мм, высота 900 мм, интенсивность перемешивания 6 объемов в минуту, диаметр винта мешалки 600 мм, плотность раствора 1100 кг/м³.

Геометрическая емкость резервуара равна:

$$\frac{\pi D^2}{4} H = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 0,9 = 1 \text{ м}^3.$$

Объем жидкости, проходящей за 1 сек через мешалку, составляет:

$$V_{\text{сек}} = \frac{1 \cdot 6}{60} = 0,1 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Поверхность жидкости, омываемая винтом по формуле (11) равна:

$$F_0 = \frac{\pi D_1^2}{4} (1 - \epsilon^2) = \frac{3,14 \cdot 0,6^2}{4} [1 - (0,25 \cdot 0,6)^2] = 0,28 \cdot 0,98 = 0,275 \text{ м}^2.$$

Скорость движения жидкости по оси винта

$$\omega_0 = \frac{V_{\text{сек}}}{F_0} = \frac{0,1}{0,275} = 0,36 \text{ м/сек.}$$

Скорость движения жидкости в резервуаре

$$\omega_s = \frac{4V_{\text{сек}}}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 0,1}{3,14 \cdot 1,2^2} = \frac{0,4}{4,5} = 0,09 \text{ м/сек.}$$

Скоростной напор по формуле (13) будет равен:

$$P = \frac{\rho}{2g} (\omega_0^2 - \omega_s^2) = \frac{1100}{2 \cdot 9,81} (0,36^2 - 0,09^2) = 6,8 \text{ кг/м}^2.$$

Давление, создаваемое винтом, по формуле (12) составляет:

$$P_e = \frac{P}{\eta_r} = \frac{6,8}{0,8} = 8,5 \text{ кг/м}^2.$$

Теперь находим мощность электродвигателя по формуле (14)

$$N = \frac{V_{\text{сек}} \cdot P_e}{102 \eta} = \frac{0,1 \cdot 8,5}{102 \cdot 0,7} = 0,012 \text{ кВт.}$$

Задание для самостоятельного решения

1. По разделу «Общие сведения» уяснить назначение и конструктивное исполнение лопастных и пропеллерных мешалок.
2. Ознакомиться с основными зависимостями и расчетными формулами.
3. Разобраться в последовательности расчета мешалок по приведенным примерам.
4. Решить контрольную задачу по варианту, выданному преподавателем.
5. Задание выполнить в тетради и защитить перед преподавателем в конце занятия.

Контрольные задачи

Задача 1. Определить производительность и потребляемую мощность электродвигателя вертикальной лопастной мешалки для мясного бульона по следующим исходным данным: диаметр резервуара мешалки $D = 1000 \text{ мм}$; высота его $H = 1330 \text{ мм}$; коэффициент заполнения мешалки $a = 0,75$; плотность бульона $\rho = 1010 \text{ кг/м}^3$; продолжительность перемешивания $t = 15 \text{ мин}$; число оборотов вала мешалки $n = 40$ в минуту; ширина лопасти $b = 67 \text{ мм}$; высота вертикальной лопасти $h = 1080 \text{ мм}$; длина горизонтальной лопасти $r_1 = 392 \text{ мм}$; количество горизонтальных лопастей 4; вертикальных 2.

Таблица 1

Варианты заданий											
Размеры мешалки		продукт	плотность	Коефф заголни	Продолж перемешивания	Частота вращения вала	лопасть			Кол-во гориз. лопастей	Кол-во вертик. лопастей
диаметр	высота						ρ , кг/м ³	α	t , мин		
D, мм	H, мм								z	z	
900	1190	Солевой раствор	1100	0,7	20	38	60	975	353	4	2
1300	1730	Кровь	1100	0,7	25	45	87	1405	510	4	2
1100	1460	Костный бульон	1100	0,65	30	55	74	1190	430	4	2

Задача 2. Определить мощность электродвигателя пропеллерной мешалки для растворения соли, если диаметр мешалки равен 1000 мм, высота 752 мм, интенсивность перемешивания 7 объемов в минуту, диаметр винта мешалки 500 мм, плотность раствора соли 1100 кг/м³.

Таблица 2

Варианты заданий					
диаметр	высота	Интенсив перемеш	Диаметр винта	раствор	Плотность раствора
D, мм	H, мм	сек	D ₁ , мм		ρ , кг/м ³
1100	827	7	550	Жир говяжий	980
1250	940	8	625	шквара	1200
950	715	5	475	Мясной бульон	1090

Контрольные вопросы

1. Каково назначение мешалок?
2. Из каких элементов состоит вертикальная лопастная мешалка?
3. Для перемешивания каких продуктов применяются винтовые (пропеллерные) мешалки?
4. По каким формулам определяется производительность мешалок непрерывного и периодического действия?
5. Как определяется коэффициент сопротивления лопасти при ее поступательном движении?
6. По какой формуле определяется мощность, необходимая для перемещения лопасти при ее поступательном движении?
7. От чего зависит сопротивление среды при вращательном движении лопасти?
8. Как определяется давление, создаваемое винтовой лопастью?
9. Как рассчитывается мощность, необходимая для вращения винта мешалки?

ЗАНЯТИЕ № 4, 5

Расчет оборудования для разделения неоднородных жидкостей.
Центрифуги

Общие сведения

Центрифуги используются на мясоперерабатывающих предприятиях для разделения жидких фракций, имеющих разную плотность, а также для выделения из жидкостей твердого или кашицеобразного остатка.

Величину, характеризующую, во сколько раз центробежное (радиальное) усилие больше ускорения силы тяжести, называют *фактором разделения*.

Если фактор разделения меньше **3000**, то центрифуги называются *обычными*, если больше **3000**, то они называются *сверхцентрифугами*.

Основной рабочий орган центрифуг- барабан с перфорированными стенками, в который помещают продукт, подлежащий разделению, и подвергают его воздействию центробежной силы, возникающий при вращении барабана вокруг оси.

По характеру работы центрифуги могут быть *фильтрующими* или *отстойными*.

Фильтрующие центрифуги используются для выделения из жидкой фракции твердого или кашицеобразного остатка. В отстойных центрифугах разделяют неоднородные жидкости или жидкую фракцию и незначительную часть осадка.

На предприятиях мясной промышленности используются в основном фильтрующие центрифуги для отделения жира от шквары, посола кишок или обезвоживания их перед сушкой, для выделения экстрактов при производстве лечебных препаратов.

Центрифуги используются также для удаления влаги из пера. Они могут быть

- *периодического* или
- *непрерывного* действия.

Центрифуга ЦП-10- периодического действия

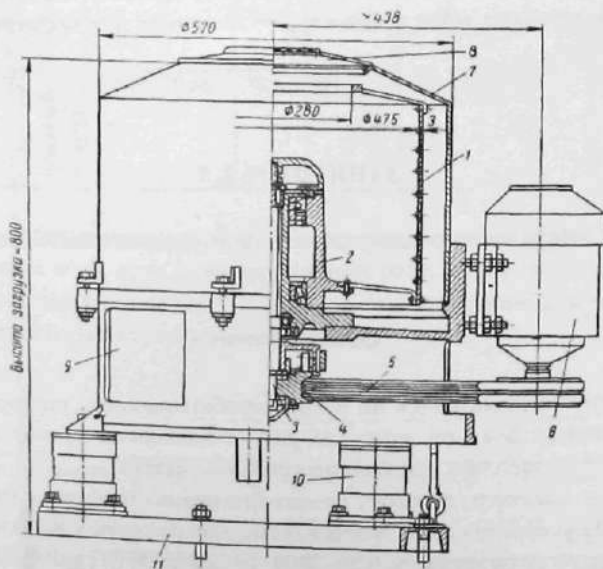


Рис. 1. Центрифуга ЦП-10:

- 1- барабан; 2- головка барабана; 3- вертикальный вал; 4- шкив; 5- клиноременная передача; 6- электродвигатель; 7- кожух; 8- загрузочное отверстие; 9- станина; 10- амортизаторы; 11- основание (плита)

Используется в производстве для отжима жира от шквары, обезвоживания пуха и пера на птицекомбинатах, обработки медицинских препаратов и других целей.

Основной рабочий орган- вертикальный барабан с отверстиями диаметром 3 мм, расположенными в шахматном порядке. При помощи головки 2 барабан укреплен на вертикальном валу 3, на другом конце которого надет шкив 4 укрепленный на вертикальном валу 3, на другом конце которого надет шкив 4 укрепленный на клиноременной передаче 5. Привод центрифуги от электродвигателя 6. Вращающийся барабан снаружи закрыт неподвижным кожухом 7 с загрузочным отверстием 8.

Смонтирована центрифуга на станине 11, установленной на 3х амортизаторах 10. Длительность цикла центрифугирования зависит от рода обрабатываемого продукта и режима работы центрифуги.

Выделяемый жир и влагу собирают в нижней части кольцевого кожуха 7 и удаляют оттуда через патрубок.

Основные зависимости и расчетные формулы

Расчет центрифуг начинается с определения величины центробежной силы, возникающей при центрифугировании, которая определяется по формуле:

$$C = g \frac{G \cdot r \cdot n^2}{900}, Н, \quad (1)$$

где g - ускорение силы тяжести $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

G - масса загрузки, кг;

r - радиус вращения (от оси вращения до центра тяжести тела), м;

n - частота вращения барабана (ротора), об/мин.

При большой толщине слоя продукта в барабане центрифуги и большой частоте вращения барабана, возникает значительная центробежная сила, под действием которой продукт может разрушиться.

Поэтому давление на продукт, вызываемое центробежной силой, должно быть меньше временного сопротивления на сжатие обрабатываемого продукта.

При центрифугировании в тонком слое зависимость между допусаемым давлением и частотой вращения барабана центрифуги может быть выражена формулой:

$$n = \frac{84,6}{D} \sqrt{\frac{P}{\rho}}, \text{ об/мин}, \quad (2)$$

где D - диаметр барабана, м;

P - допускаемое давление на продукт, $кг/м^2$;

ρ - плотность продукта, $кг/м^3$.

Скорость осаждения при центрифугировании находится как:

$$v_n = \sqrt{\frac{4c'(\rho' - \rho'') \cdot v^2}{3\mu \cdot \rho''^2 \cdot r}}, \text{ м/с}, \quad (3)$$

где d - диаметр частиц, $м$;

ρ' - плотность частиц, $кг/м^3$;

ρ'' - плотность среды, $кг/м^3$;

v - линейная скорость барабана центрифуги, $м/с$;

μ - вязкость среды, $кгс/м^2$;

r - радиус вращения, $м$.

Производительность центрифуги периодического действия определяется по формуле:

$$Q = 47 \cdot \alpha \frac{H \cdot D^2}{t} \cdot \rho, \text{ кг/ч}, \quad (4)$$

где α - коэффициент заполнения барабана центрифуги; $\alpha = 0,5 \div 0,7$

H - высота барабана центрифуги, $м$;

D - диаметр барабана центрифуги, $м$;

t - цикл центрифугирования, $мин$;

ρ - плотность продукта, $кг/м^3$.

Чтобы определить мощность электродвигателя центрифуги, необходимо знать мощность, затрачиваемую на пуск и вращение незагруженного барабана центрифуги, мощность на вращение продукта в барабане, мощность на преодоление трения стенок барабана о воздух.

Расчет мощности электродвигателя центрифуги проводится в следующей последовательности.

Работа, затрачиваемая на вращение незагруженного продуктом барабана во время пуска центрифуги:

$$T_1 = \frac{v^2 \cdot G_0}{2g}, \text{ кгм}, \quad (4)$$

где v - линейная скорость центрифуги, $м/с$;

G_0 - масса барабана и вращающихся частей, $кг$.

Работа, затрачиваемая на вращение продукта в барабане в момент пуска центрифуги:

$$T_2 = \frac{0,75 v^2 \cdot \rho' \cdot V}{4g}, \text{ кгм}, \quad (5)$$

где V - геометрическая емкость центрифуги, $м^3$.

Тогда, мощность, затрачиваемая на пуск центрифуги:

$$N_1 = \frac{T_1 + T_2}{60 \cdot 102 \cdot \tau}, \text{ кВт}, \quad (6)$$

где τ - продолжительность пуска, $мин$ $\tau = 1 \div 1,5$ мин.

Мощность, затрачиваемая на преодоление трения в подшипниках:

$$N_2 = \frac{f \cdot G \cdot v_a}{102}, \text{ кВт}, \quad (7)$$

где f - коэффициент трения качения в подшипниках вала барабана; $f = 0,05 \div 0,07$

G - масса барабана центрифуги с продуктом, $кг$;

v_a - окружная скорость вращения вала:

$$v = \frac{\pi d_a \cdot n}{60}, \text{ м/с},$$

где d_a - диаметр вала барабана, $м$.

Мощность, затрачиваемая на преодоление стенок барабана о воздух, принимается с достаточной точностью, как:

$$N_3 = 0,05(N_1 + N_2), \text{ кВт}, \quad (8)$$

Полный расход мощности

$$\sum N = N_1 + N_2 + N_3, \text{ кВт},$$

Пример. Рассчитать основные параметры центрифуги периодического действия для разделения жира и шквары, если диаметр барабана центрифуги равен 800 мм, высота 500 мм, плотность частиц шквары 1200 $кг/м^3$, плотность жира 980 $кг/м^3$, число оборотов центрифуги 1100 в минуту, коэффициент загрузки $0,6$, диаметр частиц шквары 50 $мкм$ ($50 \cdot 10^{-6}$ м), вязкость продукта $\mu = 0,0008$ $кг \cdot сек/м^2$, продолжительность цикла центрифугирования 20 мин.

Определяем сначала производительность центрифуги по формуле (4)

$$Q = 47 \cdot 0,6 \frac{0,5 \cdot 0,8^2}{20} \cdot 1200 = 540 \text{ кг/ч.}$$

Величина центробежной силы по формуле (1) составит:

$$C = \frac{9,81 \cdot 180 \cdot 0,4 \cdot 1100^2}{900} = 970000 \text{ Н, или } 97000 \text{ кг.}$$

Здесь вес загрузки

$$G = \alpha \frac{\pi D^2}{4} H \rho = 0,6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \cdot 0,5 \cdot 1200 = 180 \text{ кг.}$$

Эта сила будет распространяться равномерно на слой продукта в центрифуге, площадь которого F равна

$$F = \pi D H = 3,14 \cdot 80 \cdot 50 = 12550 \text{ см}^2,$$

отсюда удельное давление на продукт

$$p = \frac{97000}{12550} = 7,75 \text{ кг/см}^2.$$

Скорость осаждения частиц по формуле (3) равна

$$v_u = \sqrt{\frac{4 \cdot 50 \cdot 10^{-6} (1200 - 980) \cdot 46^2}{3 \cdot 0,0008 \cdot 980^2 \cdot 0,4}} = 0,32 \text{ м/сек.}$$

(здесь $v = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 0,4 \cdot 1100}{30} = 46 \text{ м/сек.}$)

Из выше приведенного примера, скорость осаждения частиц под действием силы тяжести равна

$$v = K \sqrt{\rho' - \rho''} \cdot d, \text{ м/с.}$$

где K - коэффициент, зависящий от формы частицы; в среднем для расчетов $K = 2,45$

$$v = 2,45 \sqrt{1200 - 980} \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 0,00184 \text{ м/с.}$$

Следовательно, фактор разделения центрифуги составляет:

$$\frac{10}{0,00184} = 5440.$$

Переходим к определению потребной мощности двигателя центрифуги.

1. Работа, затрачиваемая на вращение незагруженного барабана во время пуска центрифуги по формуле (4):

$$T_1 = \frac{46^2 \cdot 60}{2 \cdot 9,81} = 6500 \text{ кг} \cdot \text{м.}$$

2. Работа, затрачиваемая на вращение продукта в барабане, в момент пуска центрифуги определяется по формуле (5):

$$T_2 = \frac{0,75 \cdot 46^2 \cdot 1200 \cdot 0,25}{4 \cdot 9,81} = 12200 \text{ кг} \cdot \text{м.}$$

где

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \cdot 0,5 = 0,25 \text{ м}^3.$$

3. Мощность, затрачиваемая на пуск центрифуги определится по формуле (6):

$$N_1 = \frac{6500 + 12200}{60 \cdot 102 \cdot 1,5} = \frac{18700}{9100} = 2,06 \text{ кВт.}$$

4. Мощность, затрачиваемая на преодоление трения в подшипниках (7):

$$N_2 = \frac{f \cdot G \cdot v_a}{102} \text{ кВт.}$$

где f - коэффициент трения качения в подшипниках вала барабана (принимая, $f = 0,07$)

G - масса барабана центрифуги с продуктом, кг;

$$G = 60 + 180 = 240 \text{ кг;}$$

v_a - окружная скорость вращения вала, м/с;

$$v_a = \frac{\pi d_g \cdot n}{60} \text{ м/с.}$$

Если диаметр вала барабана $d_g = 60$ мм, то

$$v_a = \frac{3,14 \cdot 0,06 \cdot 1100}{60} = 3,5 \text{ м/с.}$$

отсюда

$$N_2 = \frac{0,07 \cdot 240 \cdot 3,5}{102} \approx 0,6 \text{ кВт.}$$

5. Мощность, затрачиваемая на преодоление стенок барабана о воздух (8):

Можно принимать $N_3 = 0,05(N_1 + N_2)$, или

$$N_3 = 0,05(2,06 + 0,6) = 0,13 \text{ кВт.}$$

6. Полный расход мощности:

$$\Sigma N = N_1 + N_2 + N_3 = 2,06 + 0,6 + 0,13 = 2,79 \text{ кВт.}$$

принимая окончательно $\Sigma N = 2,8$ кВт.

Задание для самостоятельного решения

1. Ознакомиться с назначением центрифуг, конструкцией центрифуги периодического действия ЦП-10 по разделу «Общие сведения».

- Уяснить основные зависимости и расчетные формулы центрифуг периодического действия.
- Решить контрольную задачу по варианту, выданному преподавателем.
- Задание выполнить в тетради и защитить перед преподавателем в конце занятия.

Контрольные задачи

Задача 1. Рассчитать основные параметры центрифуги периодического действия для обезвоживания пуха, если диаметр барабана центрифуги равен 1100 мм, высота 688 мм, плотность пуха 1250 кг/м^3 , плотность воды 1000 кг/м^3 , частота вращения барабана центрифуги 1150 об/мин, коэффициент загрузки 0,65, диаметр пуха 100 мкм ($100 \cdot 10^{-6} \text{ м}$), вязкость пуха $\mu = 0,00095 \text{ кг·сек/м}^2$, продолжительность цикла центрифугирования 25 мин.

Задача 2. Провести технологический расчет центрифуги периодического действия для выработки из крови медицинских препаратов путем разделения ее на плазму и форменные элементы, если диаметр центрифуги 650 мм, высота 410 мм, плотность крови 1052 кг/м^3 , плазмы 1024 кг/м^3 , частота вращения барабана центрифуги 2920 об/мин, коэффициент загрузки - 0,7, диаметр частиц крови 45 мкм ($45 \cdot 10^{-6} \text{ м}$), вязкость крови $-0,0005 \text{ кгс/м}^2 \text{ (S}^0 \text{ E)}$, продолжительность цикла центрифугирования - 20 минут.

Контрольные вопросы

- Что называется процессом центрифугирования?
- Каково понятие фактора разделения?
- Какие центрифуги относятся к сверхцентрифугам?
- На какие виды делятся центрифуги по принципу действия?
- Как устроена центрифуга ЦП-10?
- По какой формуле определяется скорость осаждения при центрифугировании?
- От каких факторов зависит центробежная сила?
- Из каких составляющих складывается общая мощность электродвигателя для центрифуги периодического действия?
- По какой формуле рассчитывается мощность, затрачиваемая на преодоление трения в подшипниках?
- От чего зависит производительность центрифуг периодического действия?

ЗАНЯТИЕ № 6

Расчет оборудования для тепловой обработки мяса и мясopодуктов. Оборудование для шпарки

Общие сведения

Под тепловой обработкой мяса и мясopодуктов понимается кратковременное или длительное воздействие на них тепловой энергии путем *непосредственного* контакта или через *разделяющую стенку*.

Тепловая обработка на мясоперерабатывающих предприятиях различна, и зависит от вида и состояния обрабатываемого продукта, а также от его назначения.

Продукты нагревают при атмосферном давлении в аппаратах открытого типа и при давлении выше атмосферного в закрытых аппаратах.

При тепловой обработке путем *непосредственного* контакта продукт погружают в горячую воду (шпарка свиных туш, тушек птицы, варка колбасы, окорочков и т.д.), либо воздействуют на продукт паром или горячими газами (варка сосисок, колбас, обжарка мясных хлебов, выпечка пирожков, опалка субпродуктов, опалка тушек птицы).

Под воздействием тепловой энергии через *разделяющую стенку* продукт помещают в емкости, котлы, чаны, отстойники, автоклавы и другие аппараты с рубашкой, в которую подают теплоноситель - пар или горячую воду. К таким процессам относится вытопка жиров.

Основные расчетные зависимости и формулы

Между тепловой энергией, отдаваемой теплоносителем и тепловой энергией, воспринимаемой продуктом, установлена следующая зависимость:

$$\alpha(t_c - t_n) = \frac{\lambda}{l}(t_n - t_0), \quad (1)$$

где α - коэффициент теплоотдачи греющей среды к поверхности нагреваемого продукта, $\text{Вт/м}^2 \text{ град}$;

t_c - температура греющей среды, $^{\circ}\text{C}$;

t_n - температура поверхности продукта, $^{\circ}\text{C}$;

t_0 - температура внутри продукта на расстоянии от поверхности, $^{\circ}\text{C}$;

λ - коэффициент теплопроводности продукта, Вт/м град;

l - толщина слоя продукта, через которую передается тепло, м.

Количество тепла, необходимое для нагревания тела, в общем виде определяется по формуле:

$$Q = C \cdot G(t_2 - t_1), \text{ Дж}, \quad (2)$$

где G - масса тела, кг;

t_1 - начальная температура тела, °C;

t_2 - конечная температура тела, °C;

C - теплоемкость тела (продукта), Дж/кг.

Теплоемкость некоторых мясопродуктов представлена в таблице 1.

Таблица 1.

Тела	Теплоемкость, Вт/м град.
Говядина.....	3,2
Свинина.....	2,7
Кровь цельная.....	3,5
Кровь сухая.....	1,7
Костное вещество	
плотное.....	1,3
пористое.....	3,0
Мясной фарш.....	4,3-6,2
Жир	
говяжий.....	3,4-4,1
топленый.....	2,6
Шпик свиной посоленный.....	4,3-4,7
Вода.....	4,19

Процесс теплопередачи, т.е. передачи тепла от более нагретого к менее нагретому телу осуществляется:

- теплопроводностью;
- конвекцией;
- лучеиспусканием.

Теплопроводность - передача тепла между непосредственно соприкасающимися твердыми или жидкими телами, а в газах - путем диффузии молекул. Количество тепла, передаваемое теплопроводностью, определяется законом Фурье:

$$Q = F \cdot \tau(t_1 - t_2) / \frac{\lambda}{\delta}, \text{ Дж}, \quad (3)$$

где F - поверхность теплопередачи, м²;

τ - продолжительность процесса теплопередачи, мин;

t_1 и t_2 - температура поверхностей тел, °C;

δ - толщина теплопередающей стенки, м;

λ - коэффициент теплопроводности, Вт/м град.

В случае, если стенка состоит из нескольких слоев, то формула (3) примет вид:

$$Q = \frac{F \cdot \tau(t_1 - t_2)}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}}, \text{ Дж}, \quad (4)$$

где n - число слоев;

$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ - толщина слоев, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ - теплопроводности слоев, Вт/м град.

Конвекция - передача тепла между движущимися частицами жидкости или газа, перемещающимися вследствие разности плотностей или в результате принудительного перемещения при помощи мешалок, насосов или вентиляторов. Частицы жидкости (газа), соприкасаясь с твердой поверхностью, либо отдают тепло, либо воспринимают его. Этот процесс называется теплоотдачей, уравнение которого в общем виде записывается:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot \tau(t_2 - t_1), \text{ Дж}, \quad (5)$$

где α - коэффициент теплоотдачи, Вт/м² град;

Значения α по Греберу сведены в таблицу 2.

Если передача тепла осуществляется через стенку, состоящую из нескольких слоев, то имеет место теплопроводность и конвекция, и формула (5) примет вид:

$$Q = \frac{F \cdot \tau (t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ Дж}, \quad (6)$$

где α_1 - коэффициент теплоотдачи от среды к стенке, $\text{Вт/м}^2 \text{град}$;
 α_2 - коэффициент теплоотдачи от стенки к другой среде, $\text{Вт/м}^2 \text{град}$.

Таблица 2.

Таблица значений α для некоторых сред

Среда	Коэффициент теплоотдачи, $\text{Вт/м}^2 \text{град}$
Неподвижный воздух или газ.....	30-300
Перегретый пар.....	80-400
Конденсирующийся пар.....	3000-10000
Вода при свободной циркуляции.....	400-30000
Вода при принудительной циркуляции.....	1000-120000
Масло.....	150-3000

или:

$$Q = K \cdot F \cdot \tau (t_1 - t_2), \text{ Дж}, \quad (7)$$

где K - коэффициент теплопередачи, $\text{Вт/м}^2 \text{град}$.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ Вт/м}^2 \text{град}, \quad (8)$$

Лучеиспускание - передача тепла электромагнитными волнами, излучаемыми с поверхности нагретого тела. Количество выделяющегося тепла лучеиспусканием определяется по закону Стефана-Больцмана:

$$Q = C \cdot F \cdot \tau \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \text{ Дж}, \quad (9)$$

где C - коэффициент лучеиспускания, $\text{Вт/м}^2 \text{град}$;

T_1 - абсолютная температура излучающей стенки, $^{\circ}\text{К}$; ($T_1 = 273 + t_1$);

T_2 - абсолютная температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{К}$; ($T_2 = 273 + t_2$);

F - поверхность излучающего тела, м^2 ;

τ - продолжительность излучения, час.

При проведении теплового расчета оборудования, необходимо определить суммарный расход тепла в аппарате, продолжительность процесса и поверхность нагрева аппарата.

Суммарный расход тепла по статьям расхода:

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + \dots + Q_n, \text{ Дж},$$

где Q_1 - расход тепла на подогрев металлических стенок и изоляции аппарата, Дж;

Q_2 - расход тепла на нагрев продукта, Дж;

Q_3 - потери тепла в окружающую среду, Дж;

Q_4 - расход тепла на подогрев тары, Дж;

Q_5 - потери тепла, уносимые паром, Дж.

Соответствующие статьи расхода тепла определяют по формулам (3) и (9).

Продолжительность тепловой обработки определяется по формуле:

$$\tau = \frac{q_0}{\varphi \cdot \alpha \cdot \Delta t} \cdot r, \text{ час}, \quad (9)$$

где q_0 - удельные затраты тепла, Дж/м^2 ($q_0 = 1,6 + 2,1$, мДж/м^2);

φ - коэффициент, учитывающий условия теплообмена ($\varphi = 0,5 + 0,9$);

Δt - полезная разность температур, $^{\circ}\text{C}$.

Необходимая поверхность нагрева определяется по формуле:

$$F = \frac{\sum Q}{K \cdot \varphi \cdot \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2, \quad (10)$$

В общем случае полезная разность температур рассчитывается, как:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{2,31 \lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}}, \text{ } ^{\circ}\text{C}, \quad (11)$$

Расход теплоносителя (пара) находится по формуле:

$$D = \frac{\sum Q}{i_n - i_k}, \text{ кг}, \quad (12)$$

где D - расход пара, кг;

i_n - теплосодержание пара, Дж/кг (находят по таблицам);

i_k - теплосодержание конденсата, Дж/кг .

1. Оборудование для шпарки

К нему относится большое количество чанов, котлов, отстойников с обревом и т.д.

Шпарильный чан. Чан (рис. 1.) предназначен для ошпаривания свиных туш горячей водой в целях облегчения последующей очистки от щетины.

Он представляет собой резервуар прямоугольной формы с сварной конструкции, изготовленный из стальных листов.

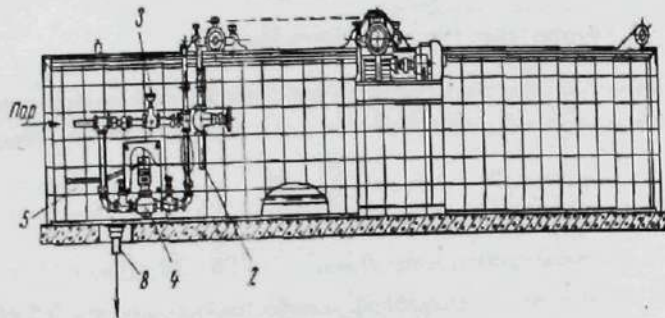


Рис. 1. Шпарильный чан:

1- чан; 2- трубопровод для подачи воды; 3- паровой вентиль; 4- редукционный клапан; 5- терморегулятор; 6- трубопровод; 7- сливное устройство

Чан заполняется на 80-85% своего объема водой через трубопровод 2.

Воду подогревают острым паром, который подается либо непосредственно через вентиль 3, либо через редукционный клапан 4, связанный с терморегулятором 5, при помощи которого регулируется подача пара в смесительное устройство, установленное на конце трубопровода 6.

Для выпуска воды из чана служит сливное отверстие 7, закрываемое клапаном. Для передвижения туш свиней в чане имеются две металлические рамы, совершающие поступательно-возвратное движение со скоростью 35 ходов в минуту.

По верхнему периметру чана расположен воздуховод, через который вентилятором подается горячий воздух для предотвращения образования тумана в цехе от паровыделения. Выгрузка свиней из шпарильного чана производится при помощи граблей, установленных в конце чана.

Пример. Рассчитать основные тепловые параметры шпарильного чана для свиной производительностью 100 голов в час, если даны размеры чана 3500×1600×900 мм, толщина стенки чана 6 мм, и изоляции 50 мм. Температура воды, поступающей в чан, 12°C, температура шпарки 65°C, окружающего чан воздуха 15°C, коэффициент заполнения чана 0,85, кратность обмена воды за смену (8 ч) 2, коэффициент теплоотдачи от воды к стенке чана 10000 Вт/м² град, коэффициент теплоотдачи от стенки чана к воздуху 250 Вт/м² град, коэффициент теплопроводности стенки чана 210 Вт/м град, теплопроводность изоляции 0,2 Вт/м град.

Пользуясь формулой (1), составляем уравнение теплового баланса шпарильного чана

$$Di + Wc_0t_0 = (W + D)ct + \Sigma Q.$$

где D - количество расходуемого пара, кг/ч;

i - теплосодержание пара, Дж/кг;

W - количество воды в чане, кг;

c_0 - начальная теплоемкость воды, кДж/(кг·град);

c - конечная теплоемкость воды, кДж/(кг·град);

t_0 - начальная температура воды, °C;

t - конечная температура воды, °C;

ΣQ - суммарные тепловые потери, кДж.

Учитывая также, что $c_0 = c$, имеем

$$D = \frac{Wc(t - t_0) + \Sigma Q}{i - ct}, \text{ кг/ч.}$$

Определяем неизвестные нам величины. Количество воды в чане, нагреваемое за 1 ч, находим по размерам чана, коэффициенту заполнения и кратности обмена:

$$W = V_{\text{ч}} \cdot \alpha \cdot \rho \cdot \frac{K}{T_{\text{см}}}, \text{ кг/ч.}$$

$$W = 3,5 \cdot 1,6 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1000 \frac{2}{8} = 1075, \text{ кг/ч.}$$

Потери тепла слагаются из следующих статей:

Q_1 - потери через стенки и днище чана в окружающую среду, кДж/ч;

Q_2 - потери на нагревание поверхности свиных туш, кДж/ч;

Q_3 - потери на испарение воды с поверхности чана, кДж/ч.

По формуле (7) находим потери тепла через стенки и днище чана в окружающей среде

$$Q = k \cdot F \cdot \tau(t_2 - t_1), \text{ кДж.}$$

Поверхность теплопередачи F находим по размерам чана

$$F = (3,5 \times 1,6) + (2 \times 3,5 \times 0,9) + (2 \times 1,6 \times 0,9) = 14,8 \text{ м}^2.$$

Далее определяем коэффициент теплопередачи через стенки и днище чана по формуле (8)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{1000} + \frac{0,006}{210} + \frac{0,05}{0,2} + \frac{1}{250}} = \frac{1}{0,254} = 3,94 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град)}.$$

Тогда расход тепла на потери через стенки и днище чана составят

$$Q_1 = k \cdot F \cdot \tau(t_2 - t_1) = 3,94 \cdot 14,8 \cdot 1(65 - 15) = 2920 \text{ кДж/ч.}$$

Определяем расход тепла на подогрев поверхности свиных туш от 15°C до 65°C .

Принимаем, что за время шпарки (5 мин) до температуры 65°C нагреется только поверхностный слой туши на глубину 3 мм. Если условно принять форму свиной туши в виде цилиндра средним диаметром 0,45 м и длиной 1,5 м, то масса 100 свиных туш, нагреваемых за 1 ч в чане, составит

$$G = 3,14 \cdot 0,45 \cdot 1,5 \cdot 0,003 \cdot 100 \cdot 1200 = 765 \text{ кг.}$$

(здесь плотность свинины ρ принята равной 1200 кг/м^3).

Принимая (по таблице) теплоемкость свиного мяса $2,7 \text{ Вт/кг} \cdot \text{град}$, находим расход тепла по формуле

$$Q_2 = 2,7 \cdot 765(65 - 15) = 103000 \text{ кДж/ч.}$$

Потери тепла на испарение с открытой поверхности чана находим по формуле (5)

$$Q_3 = \alpha \cdot F \cdot \tau(t_1 - t_2) = 300 \cdot 3,5 \cdot 1,6(65 - 15) = 84000 \text{ кДж/ч.}$$

(принимая α от воды к воздуху по таблице равным $300 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$).

Общий суммарный расход тепла равен

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 2920 + 103000 + 84000 = 189920 \text{ кДж/ч.}$$

Подставляя найденные величины, находим расход пара на работу шпарильного чана

$$D = \frac{1075 \cdot 4,19(65 - 12) + 189920}{2700 - 4,19 \cdot 65} = \frac{414920}{2428} = 172 \text{ кг/ч.}$$

(здесь теплосодержание пара при $p=2 \text{ атм}$ $i=2700 \text{ кДж/кг}$).

Задание для самостоятельного решения

1. По разделам «Общие сведения» и «Основные расчетные зависимости и формулы» уяснить назначение тепловой обработки мяса и мясopодуктов, а также необходимые формулы для проведения тепловых расчетов.
2. Ознакомиться с конструкцией и назначением шпарильного чана.
3. Разобраться в последовательности теплового расчета шпарильного чана на приведенном примере.
4. Решить контрольную задачу по варианту, выданному преподавателем.
5. Задание выполнить в тетради и защитить перед преподавателем в конце занятия.

Контрольные задачи

Задача 1. Определить длительность процесса шпарки свиней орошением и удельный расход тепла, если температура воды, поступающей на орошение 58°C , расход воды $8 \text{ кг/м} \cdot \text{мин}$ и высота $1,6 \text{ м}$.

Задача 2. Определить длительность процесса шпарки свиней погружением и расход тепла в смену, если производительность $M=500 \text{ гол/см}$ и температура воды при шпарке $t=57^\circ\text{C}$.

Задача 3. Рассчитать расход пара на работу шпарильного чана для шпарки свиней погружением производительностью $M=1000$ голов в смену, если даны размеры чана $3550 \times 1600 \times 900 \text{ мм}$, толщина стенки чана 6 мм и изоляции 48 мм , температура воды, поступающей в чан 12°C , температура шпарки 61°C , температура окружающего воздуха 15°C , коэффициент заполнения чана $0,8$, кратность обмена воды за смену (8 час.) 2 , коэффициент теплоотдачи от воды к стенке чана $10000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$, от стенки чана к воздуху $250 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$, коэффициент теплопроводности стенки чана $210 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$, теплопроводность изоляции $0,2 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под тепловой обработкой мяса и мясopодуктов?
2. По какой формуле определяется количество тепла, необходимое для нагревания тела?
3. Как записывается уравнение теплопроводности Фурье?
4. Какой процесс нагревания описывается законом Стефана-Больцмана?
5. К чему сводится тепловой расчет аппарата?
6. Как рассчитывается продолжительность тепловой обработки мясopодуктов?
7. Как определяется полезная разность температур?
8. От каких параметров зависит поверхность теплопередачи?
9. Каково назначение и устройство шпарильного чана?
10. Каков порядок теплового расчета шпарильного чана?

Расчет оборудования для тепловой обработки мяса и мясопродуктов.
Оборудование для стерилизации

Общие сведения

К оборудованию для стерилизации относятся котлы для вытопки жира из мягкого и костного жирсырья, автоклавы для стерилизации мясных консервов, автоклавы для вытопки свиного жира, вакуум-горизонтальные котлы.

По разделу «Общие сведения» и «Основные расчетные зависимости и формулы» предыдущего занятия №6, необходимо ознакомиться с основными тепловыми расчетами оборудования и затем приступить к знакомству оборудования для стерилизации.

Автоклав представляет собой вертикальный стальной сосуд, работающий под давлением и предназначенный для стерилизации мясных консервов в целях уничтожения возможной микрофлоры, находящейся в консервируемом продукте.

Стерилизация проходит в 3 фазы:

- нагрев аппарата, тары и продукта до температуры стерилизации;
- стерилизация при постоянной температуре;
- снижение давления и температуры в автоклаве.

Автоклавы могут быть одно-, двух- и четырехкорзинчатыми.

Автоклав (рис. 1) 1 цилиндрической формы сделан из стальных листов толщиной 6 мм. К нижней части его приварено сферическое днище 2 с выходным патрубком в центре. Сверху имеется крышка 3 сферической формы, которая уравновешена грузом 5, и может плотно закрываться при помощи гаек 4 с откидными болтами.

На дне автоклава имеется барботер 6, изготовленный в виде крестовины из перфорированных труб, через которые в автоклав поступает пар. Несколько выше барботера приварено опорное кольцо 7, на которое устанавливают две корзины 8 из листовой перфорированной стали, загруженные консервными банками. Для наблюдения за давлением и температурой автоклав снабжен манометром 9 и термометром. Кроме того, на крышке установлен предохранительный клапан 10 пружинного типа и вентиль 11 для отвода воздуха при пуске автоклава.

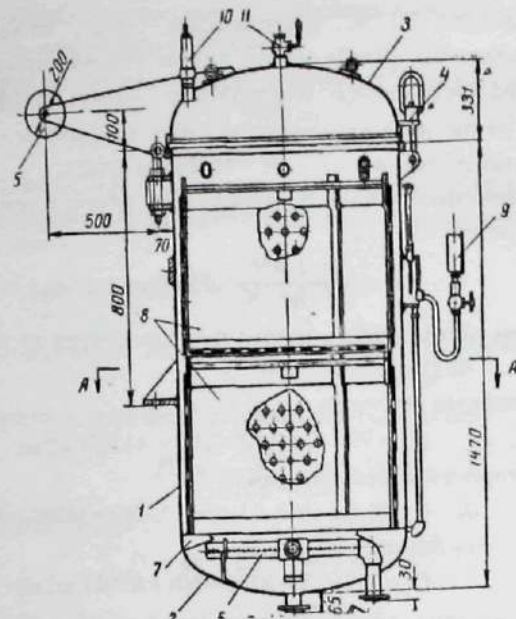


Рис. 1. Автоклав для стерилизации мясных консервов:
1-корпус автоклава; 2- сферическое днище; 3- крышка корпуса; 4- запорные болты; 5- груз-противовес; 6- барботер; 7- опорное кольцо; 8- корзина; 9- манометр; 10- предохранительный клапан; 11- вентиль для воздуха

Автоклав работает следующим образом. После проверки исправности аппарата и контрольных приборов загружают консервные банки в корзины и при помощи тельфера опускают корзины в автоклав, плотно закрывают крышку, закручивают болты, открывают вентиль 11 и начинают впускать пар в автоклав до тех пор, пока из вентиля не станет выходить пар и весь воздух не будет вытеснен. Затем регулируют подачу пара, поддерживая постоянную температуру в течение требуемого времени. По окончании процесса стерилизации прекращают подачу пара, постепенно снижают давление и температуру, выпускают пар через продувной кран, открывают крышку и выгружают корзины с консервами.

Пример. Определить производительность и расход тепла в автоклаве для стерилизации мясных консервов, если известно, что емкость автоклава составляет 2 корзины по 456 банок каждая, масса 1 банки 0,1 кг, масса мяса в банке 0,34 кг, масса автоклава 900 кг, масса корзины 110 кг; продолжительность нагревания и загрузки 15 мин, стерилизации 80 мин, выгрузки 5 мин; температура

окружающего воздуха $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, стерилизации $112\text{ }^{\circ}\text{C}$; теплоемкость мяса $3\text{ кДж/(кг}\cdot\text{град)}$, стали $0,5\text{ кДж/(кг}\cdot\text{град)}$; полная поверхность автоклава $F = 6\text{ м}^2$; давление пара поступающего в автоклав $p = 4\text{ атм}$; коэффициент теплоотдачи от стенок автоклава в окружающую среду (воздух) $\alpha = 30\text{ Вт/(м}^2\cdot\text{град)}$; коэффициент лучеиспускания $c = 16\text{ Вт/(м}^2\cdot\text{град)}$.

Находим производительность автоклава. В примере ссылки на формулы приведены из занятия №5.

$$Q = \frac{60 \cdot 2 \cdot 456}{(15 + 80 + 5)} = 550 \text{ банок в час.}$$

Определяем расход тепла в первой фазе (подогрев до температуры стерилизации):

на нагрев корпуса автоклава

$$Q_1 = 900 \cdot 0,5(112 - 20) = 41500 \text{ кДж};$$

на нагрев корзин и жестяных банок

$$Q_2 = (2 \cdot 110 \cdot 0,5 + 912 \cdot 0,1) \cdot 0,5(112 - 20) = 14300 \text{ кДж};$$

на нагрев мяса в банках

$$Q_3 = 912 \cdot 0,34 \cdot 3(112 - 20) = 85500 \text{ кДж};$$

теплопотери в окружающую среду по формулам (5) и (9)

$$Q_4 = F \left\{ \alpha(t_{\text{сп}} - t_a) + c \left[\left(\frac{T_{\text{сп}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_a}{100} \right)^4 \right] \right\} \tau \text{ кДж},$$

здесь

$$t_{\text{сп}} = \frac{20 + 112}{2} = 66\text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\text{сп}} = 273 + 66 = 339\text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_a = 273 + 20 = 293\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

тогда

$$Q_4 = 6 \left\{ 30(66 - 20) + 16 \left[\left(\frac{339}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] \right\} 0,25 = 3470 \text{ кДж};$$

на продувку автоклава (расход тепла принимаем в размере 10% от предыдущих статей)

$$Q_5 = 0,1(41500 + 14300 + 85500 + 3470) = 14480 \text{ кДж.}$$

Общий расход тепла в первой фазе составит

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 159250 \text{ кДж.}$$

По паровым таблицам находим для давления 4 атм теплосодержание 2750 кДж/кг , а для конденсата 600 кДж/кг .

Тогда расход пара в первой фазе по формуле (12) будет равен:

$$D_1 = \frac{159250}{2750 - 600} = 74 \text{ кг.}$$

Во второй фазе работы автоклава, осуществляемой при постоянной температуре стерилизации, тепло расходуется только на потери в окружающую среду.

Эти потери определяют по тем же формулам

$$Q_6 = 6 \left\{ 30(112 - 20) + 16 \left[\left(\frac{385}{100} \right)^4 - \left(\frac{298}{100} \right)^4 \right] \right\} \frac{80}{60} = 40000 \text{ кДж.}$$

Расход пара во второй фазе (стерилизация) составляет

$$D_2 = \frac{40000}{2750 - 600} = 18,6 \text{ кг.}$$

Общий расход пара за цикл работы автоклава

$$\sum D = D_1 + D_2 = 74 + 18,6 = 92,6 \text{ кг.}$$

Задание для самостоятельного решения

1. По разделам «Общие сведения» и «Основные расчетные зависимости и формулы» занятия №5 уяснить назначение тепловой обработки мяса и мясопродуктов, а также необходимые формулы для проведения тепловых расчетов.
2. Ознакомиться с назначением, конструкцией и принципом работы двухкорзинчатого автоклава для стерилизации мясных консервов.
3. Изучить последовательность теплового расчета автоклава.
4. Решить контрольную задачу по варианту, выданному преподавателем.
5. Задание выполнить в тетради и защитить перед преподавателем в конце занятия.

Контрольные задачи

Задача 1. Определить производительность и расход тепла в автоклаве для стерилизации мясных консервов, если автоклав однокорзинчатый, вмещающий 456 банок, масса банки $0,1\text{ кг}$, масса мяса в банке $0,34\text{ кг}$, масса автоклава 550 кг , масса корзины 110 кг ; продолжительность нагревания и загрузки 15 мин , стерилизации 80 мин , выгрузки 5 мин ; температура окружающего воздуха 20

Расчет оборудования для обработки кишечного сырья

Общие сведения

Кишки поступают на обработку в виде комплектов, состоящих из толстых и тонких кишок, пищевода, мочевого пузыря и у свинных кишок - желудка. Кишечные комплекты разделяют на части вручную на столах.

Механическая обработка заключается в освобождении их от содержимого, обезжиривании с наружной поверхности (пензеловка) и удаления внутренней слизистой оболочки (шлямовка). Перед каждой операцией кишки замачивают в ваннах с теплой водой $t=37\pm 40^\circ\text{C}$.

Машины для обработки кишок устанавливаются в определенной технологической последовательности. Для этого применяют машины различных конструкций. Их соединяют между собой транспортными средствами, емкостями и столами, что позволяет создать поточно-механизированные линии.

На малых предприятиях и на предприятиях средней мощности устанавливают отдельные машины для обработки кишок или группы машин.

Первая операция после разборки комплекта кишок всех видов животных - отжим их от содержимого - осуществляется на отжимных вальцах.

Отжимные вальцы ВО-150

Предназначены для удаления содержимого и шлям из кишечной оболочки путем сдавливания ее между вращающимися вальцами и выжимания их с открытого конца. (Рис. 1.)

Отжимные вальцы, представляют собой чугунную станину из 2^х стоек 1, на которой смонтированы 2 горизонтальных пустотелых обрешиненных вала 2, из которых верхний обтянут мягкой резиной и слоем бельтинга, а нижний имеет рифление, способствующее хорошему захвату кишок и отжиму их от содержимого.

$^\circ\text{C}$, стерилизации 112°C ; теплоемкость мяса $3 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{град)}$, стали $0,5 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{град)}$; полная поверхность автоклава $F = 3,2 \text{ м}^2$; давление пара поступающего в автоклав $p = 4 \text{ атм}$; коэффициент теплоотдачи от стенок автоклава в окружающую среду (воздух) $\alpha = 30 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{град)}$; коэффициент лучеиспускания $\epsilon = 16 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{град)}$.

Задача 2. Используя исходные данные предыдущей первой задачи рассчитать производительность и расход тепла трехкорзинчатого автоклава; масса автоклава 1370 кг ; продолжительность нагревания и загрузки 20 мин , стерилизации 80 мин , выгрузки 10 мин ; полная поверхность автоклава $9,5 \text{ м}^2$.

Задача 3. Используя исходные данные первой задачи рассчитать производительность и расход тепла четырехкорзинчатого автоклава; масса автоклава 1870 кг ; продолжительность нагревания и загрузки 25 мин , стерилизации 80 мин , выгрузки 10 мин ; полная поверхность автоклава $12,1 \text{ м}^2$.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под процессом стерилизации?
2. Из каких основных частей состоит 2^х корзинчатый автоклав для стерилизации мясных консервов?
3. По какой формуле определяется производительность автоклава?
4. Во сколько фаз осуществляется стерилизация мясных консервов?
5. Из каких статей расхода тепла определяется общий расход тепла в I фазе?
6. Сколько тепла тратится на продувку автоклава?
7. От каких параметров зависит расход пара в первой и во второй фазах стерилизации?
8. Из чего складывается общий расход пара за цикл работы автоклава?

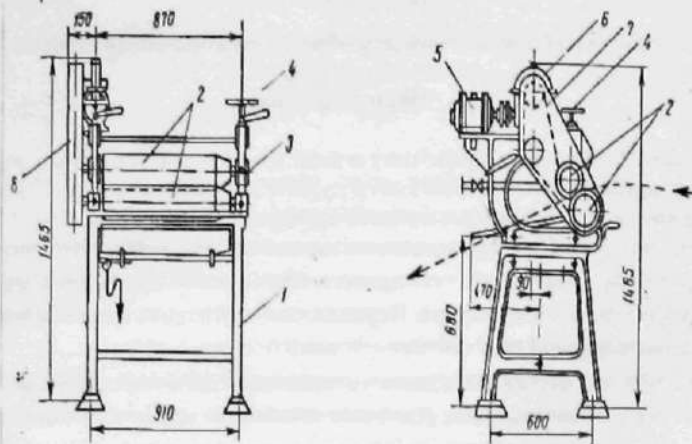


Рис. 1. Отжимные вальцы ВО-150:

- 1- стойки станины; 2- рабочие вальцы; 3- подвижные подшипники; 4- установочные винты; 5- электродвигатель; 6- редуктор; 7- цепная передача; 8- кожух-ограждение; 9- трубопровод для подачи воды

Нижний вал установлен в неподвижных, а верхний - в подвижных подшипниках 3, которые могут перемещаться по вертикали при помощи установочных болтов 4, с прижимными пружинами. Вальцы приводятся в движение от электродвигателя 5, через редуктор 6 и цепную передачу 7, закрытую кожухом 8.

Регулирование расстояния между вальцами и изменение межцентрового расстояния компенсируется роликовым натяжным устройством для цепи. По трубопроводу 9 непрерывно подается теплая вода для размягчения кишок.

Скорость пропускания кишок через отжимные вальцы должна быть $\leq 0,3 \div 0,4$ м/с для исключения разрыва кишок.

Основные зависимости и формулы расчета машин для обработки кишок

Производительность кишечных машин, состоящих из одной или нескольких пар гладких, рифленых, комбинированных валиков рассчитывается как для машин непрерывного действия:

$$Q = \alpha \frac{3600 \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot b}{60l} = 188\alpha \cdot D \cdot n \cdot \frac{b}{l}, \text{ компл./час}, \quad (1)$$

где α - коэффициент подачи кишок в машину; $\alpha = 0,4 \div 0,6$

D - диаметр рабочих валиков по обработке кишок, м;

n - частота вращения валиков в минуту;

b - количество рядов кишок, одновременно обрабатываемых в машине;

l - длина комплекта кишок, м.

Если кишки пропускаются через машину 2 или 3 раза, то производительность ее соответственно уменьшается.

Мощность электродвигателя к отжимным вальцам определяется по формуле:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot \omega \cdot \eta_a}{1000 \cdot \eta_{общ}}, \text{ кВт}, \quad (2)$$

где $M_{кр}$ - крутящий момент, необходимый для привода в действие валцов, н·м;

ω - угловая скорость вращения валцов, c^{-1} ;

η_a - коэффициент запаса мощности $\eta_a = 1,2 \div 1,3$

$\eta_{общ}$ - общий к.п.д. машин; $\eta_{общ} = 0,6 \div 0,75$.

Крутящий момент, необходимый для привода в действие рабочих валиков, определяется из уравнения:

$$M_{кр} = P \frac{D}{2} + P_0 l, \text{ н·м}, \quad (3)$$

где P - усилие, определяемое как сумма сопротивлений отжима от содержимого и выталкивания оболочки из валцов, н;

$$P = P_1 + P_2, \text{ н.}$$

где P_1 - сила, действующая вдоль оси оболочки, необходимая для отжима содержимого:

$$P_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sigma, \text{ н.} \quad (4)$$

где d - диаметр оболочки, м;

σ - удельное давление, необходимое для вытеснения содержимого из оболочки, н/м^2 $\sigma = 40000 + 10000(v)$ н/м^2 ;

P_2 - сила, выталкивающая оболочку, которая затягивается плотно прижатыми вальцами, н.:

$$P_2 = 2f \cdot \sigma \cdot \sin \alpha, \text{ н.} \quad (5)$$

где f - площадь контакта вальцов, м^2 ;

α - угол действия силы выталкивания оболочки из вальцов по отношению к осевой линии вальцов $\alpha = 15 + 25^\circ$

P_0 - сила прижима валиков друг к другу, н.

Для определения мощности кишечных машин других конструкций А.И.Носов предлагает применять следующие формулы:

- для машин с гладкими и рифлеными валиками

$$N = \frac{P(v_0 \pm v)}{1000\eta}, \text{ кВт.} \quad (6)$$

где P - общее тянущее усилие на валиках, н.:

$$P = \pi \cdot d \cdot z \cdot \rho,$$

где z - число одновременно пропускаемых через машину оболочек;

ρ - удельное сопротивление (кн/м) в зависимости от скорости отделения оболочки (м/сек), определяемое по таблицам;

v_0 - окружная скорость рифленого валика, м/сек ;

v - окружная скорость гладкого валика, м/сек (если движение валиков встречное, то в формуле принимают +, если наоборот, то -);

η - коэффициент, учитывающий потери энергии от трения валиков.

- для машин с металлическими лопастями

$$N = \left[\frac{P_{об}(v_0 \pm v)}{1000} + N' \right] \frac{\eta_a}{\eta} \text{ кВт.} \quad (7)$$

где $P_{об}$ - общее тянущее усилие, создаваемое рабочими барабанами, н.;

N' - мощность, потребная для преодоления сопротивления лопастей о воздух, кВт .

Операции	Потребная мощность на один комплект, кВт
Отжим содержимого кишок	
говяжьих.....	0,003
свиных.....	0,002
бараньих.....	0,001
Шлямовка (пензеловка) кишок	
говяжьих.....	0,006
свиных.....	0,012
бараньих.....	0,009

Потребную мощность двигателя машины для обработки кишок можно найти также, пользуясь следующими коэффициентами, найденными практическим путем.

Например, потребная мощность электродвигателя шлямовочной вентиляторной машины производительностью 300 свиных черев/час, составляет:

$$N = 300 \cdot 0,012 = 3,6 \text{ кВт.}$$

Пример. Определить производительность и потребную мощность двигателя к отжимным вальцам диаметром валиков 160 мм, длиной 800 мм, с числом оборотов 80 в минуту, при одновременном пропуске через вальцы 4 комплектов кишок и длине каждого комплекта 20 м. Коэффициент подачи кишок составляет 0,5, коэффициент запаса мощности 1,1, общий к.п.д. приводного механизма 0,7.

Удельное давление, необходимое для вытеснения содержимого, принимаем 60 н/м^2 , диаметр оболочки 30 мм, ширина площадки, по которой соприкасаются валики, 5 мм, угол, при котором действует сила вытеснения, 20° . Сила прижима валиков 98 н (10 кг).

Находим производительность валиков по формуле (1)

$$Q = 0,188 \cdot 0,5 \cdot 0,16 \cdot 80 \cdot \frac{4}{20} = 240, \text{ компл./час.}$$

Определяем крутящий момент по формуле (3)

$$M_{кр} = \left(\frac{\pi d^2}{4} \sigma + 2 f \sigma \sin \alpha \right) \frac{D}{2} + P_0 l =$$
$$= \left(\frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4} \cdot 60000 + 2 \cdot 0,8 \cdot 0,005 \cdot 60000 \cdot 0,342 \right) \frac{0,16}{2} + 98 \cdot 0,8 =$$
$$= (42,5 + 166) \cdot 0,08 + 78,5 = 16,7 + 78,5 = 95,2 \text{ н} \cdot \text{м}$$

Угловая скорость валиков равна

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 80}{30} = 8,4 \text{ с}^{-1}.$$

Мощность электродвигателя по формуле (2) составляет

$$N = \frac{95,2 \cdot 8,4 \cdot 1,1}{1000 \cdot 0,7} = \frac{880}{700} = 1,26 \text{ кВт.}$$

Задание для самостоятельного решения

1. По разделу «Общие сведения» уяснить назначение кишечных машин, конструкцию отжимных валцов для отжима содержимого и шлема.
2. Ознакомиться с основными формулами, используемыми при расчете кишечных машин.
3. Изучить последовательность расчета отжимных валцов по приведенному примеру.
4. Решить контрольную задачу по варианту, выданному преподавателем.
5. Задание выполнить в тетради и защитить перед преподавателем.

Контрольные задачи

Задача 1. Определить размеры рабочих органов и мощность электродвигателя шлямповочной машины с металлическими лопастями, если производительность машины 200 компл./час. Недостающие параметры принять из приведенного примера.

Задача 2. Определить производительность и потребную мощность двигателя к отжимным валцам диаметром валиков 170 мм, длиной 850 мм, с числом оборотов 100 в минуту, при одновременном пропуске через валцы 4 комплектов кишок и длине каждого комплекта 25 м. Коэффициент подачи кишок составляет 0,65, коэффициент запаса мощности 1,2, общий к.п.д. приводного механизма 0,78. Удельное давление, необходимое для вытеснения содержимого, принять 60 кн/м², диаметр оболочки 30 мм, ширина площади контакта валцов 5 мм, угол силы отжима 20°. Сила прижима валиков 100 н.

Задача 3. Определить размеры рабочих органов и мощность двигателя комбинированной кишечной машины для пензеловки и отжима шлема, если производительность машины 300 компл./час. Недостающие параметры принять из приведенного примера.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается механическая обработка всех видов кишок?
2. Из каких основных узлов состоят отжимные валцы?
3. Как рассчитывается производительность кишечных машин?
4. От каких параметров зависит сила прижима валцов?
5. Как определяется крутящий момент для привода в действие рабочих валцов?
6. От чего зависит мощность двигателя к отжимным валцам?
7. Как рассчитывается мощность двигателя для машин с гладкими и рифлеными валками?
8. В каких пределах изменяется удельное давление для вытеснения содержимого из оболочки?
9. От чего зависит мощность двигателя для машин с металлическими лопастями?

ЛИТЕРАТУРА

1. Пелеев А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1982.
2. Янушкин Н.П., Лагоша И.А. Технология мяса и мясопродуктов и оборудование мясокомбинатов. – М.: Пищевая промышленность, 1970.
3. Бредихин С.А. Технологическое оборудование мясокомбинатов. М., 2000.
4. Пожариская Л.С., Либерман С.Г., Горбатов В.Н. Кровь убойных животных и ее переработка. – М.: Пищепромиздат, 1970.
5. Фалеев Г.А. Оборудование предприятий мясной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1966.
6. Оборудование и материалы для мясоконсервного и вспомогательных производств / Справочник. Под ред. Горбатова В.М. – М.: Пищевая промышленность, 1986.
7. Горбатов В.М., Лагоша А.И. Справочник по оборудованию предприятий мясной промышленности. Т.1,2. – М.: Пищепромиздат, 1975.
8. Соколов А.А. Технология мяса и мясопродуктов. – М.: Пищепромиздат, 1980.
9. Дергунова А.А. Кишечное производство. – М.: Пищепромиздат, 1970.
10. Гусаковский З.П., Очкин В.А. Технология мясных консервов. – М.: Пищевая промышленность, 1964.
11. Физико-химические и биохимические основы технологии мяса и мясопродуктов /Справочник. Под ред. Горбатова В.М. – М.: Пищевая промышленность, 1983.
12. Гусаковский З.П., Очкин В.А. Технология и оборудование мясоконсервного производства. – М.: Пищевая промышленность, 1970.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ЗАНЯТИЕ № 1 Расчет подвесных путей и конвейеров.....	4
ЗАНЯТИЕ № 2 Расчет передвижных и стационарных транспортных установок.....	12
ЗАНЯТИЕ № 3 Расчет механических мешалок для перемешивания жидких Мясопродуктов.....	20
ЗАНЯТИЕ № 4, № 5 Расчет оборудования для разделения неоднородных жидкостей. Центрифуги.....	29
ЗАНЯТИЕ № 6 Расчет оборудования для тепловой обработки мяса и мясопродуктов. Оборудование для шпарки.....	37
ЗАНЯТИЕ № 7 Расчет оборудования для тепловой обработки мяса и мясопродуктов. Оборудование для стерилизации.....	46
ЗАНЯТИЕ № 8 Расчет оборудования для обработки кишечного сырья.....	51
ЛИТЕРАТУРА.....	58

Технологическое оборудование предприятий мясной отрасли
Учебно-методическое пособие к проведению практических занятий

Кочнева С.В.

Тех. редактор *Субанбердиева Н.Е.*

Подписано к печати 18.01.2011 г. Формат бумаги 60x84^{1/16}.
Бумага офс. Печать офс. Объем 4 п.л. Тираж 50 экз. Заказ 28.

Бишкек, ул. Сухолинова, 21. ИЦ "Текник" КИТУ им. И.Раззакова, т.: 54-29-43
e-mail: beknur@mail.ru

