

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ МЯСНОЙ ОТРАСЛИ

Часть 1

Тепловое и холодильное оборудование

Методические указания к курсовому проекту

*для подготовки бакалавров по направлению
260200.62 (19.04.03) Продукты питания животного
происхождения*

**Благовещенск
Издательство ДальГАУ
2015**

УДК [378.16: 637.5] (027)

Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технологическое оборудование мясной отрасли» Часть 1 «Тепловое и холодильное оборудование» для студентов направления 260200. 62 (19.04.03) Продукты питания животного происхождения.

Составитель – Е.А. Гартованная, канд.техн.наук, доцент

Методические указания составлены в соответствии с программой дисциплины «Технологическое оборудование мясной отрасли» для студентов всех форм обучения по направлению 260200.62 (19.04.03) Продукты питания животного происхождения.

Рецензенты: Н.О. Карачевцева, канд.с.-х..наук, доцент;

С.А. Кострыкина, канд.техн.наук, доцент

Рекомендованы к печати в издательстве ДальГАУ методическим советом технологического факультета Дальневосточного государственного аграрного университета (Протокол №3 от 26 ноября 2014 года).

Издательство Даль ГАУ
2015

ВВЕДЕНИЕ

В данном пособии изложены методические указания по выполнению курсового проекта студентами 3 и 4 курсов направления 260200.62 (19.04.03) «Продукты питания животного происхождения» технологического факультета Дальневосточного аграрного университета очного и заочного отделений. В указаниях предложены расчеты курсовых проектов из раздела «Тепловое и холодильное оборудование».

При выполнении курсового проекта у студентов отрабатываются навыки подбора технической литературы, появляются навыки выполнения расчетов основных деталей и узлов оборудования по заданным исходным данным.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проект по курсу "Технологическое оборудование мясной отрасли» по своему месту в учебном процессе является завершающим этапом изучения технологического оборудования мясной промышленности.

Цель работы: изучение машины данного типа в целом и его конструктивный расчет.

Курсовой проект - работа, выполняемая учащимися самостоятельно с целью закрепления и углубления знаний. Задачами курсового проектирования являются выработка умения самостоятельно решать вопросы проектирования, применять теоретический материал при решении конкретных практических задач, оценивать возможные технические и конструктивные решения, развивать техническую мысль и творческую инициативу.

СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Работа по курсовому проекту складывается из составления пояснительной записки на 20 - 25 страницах, разработки графической части на 1-2 листах формата А1 и спецификации.

В начале пояснительной записки помещаются титульный лист, задание на проектирование, лист рецензии, далее лист «Содержание», в котором указывают разделы, подразделы и страницы.

Пояснительная записка состоит из следующих разделов:

Введение

1. Общие сведения и классификация
2. Устройство и принцип действия машины (линии)
3. Техническая характеристика
4. Расчетная часть
5. Техника безопасности при работе с оборудованием

Заключение

Список используемой литературы

Приложения

Во **введении** студент вводит в тему своей работы, указывая ее актуальность и значимость в промышленности.

В разделе 1- **Общие сведения и классификация** даются все сведения о существующих машинах, аппаратах и линиях, относящихся к данному классу, их достоинства и недостатки, преимущество использования. Далее студент самостоятельно, или используя техническую литературу, классифицирует указанное оборудование либо по конструктивным признакам, либо по способу обработки сырья или продукта, либо по другим существующим признакам.

В разделе 2 – **Устройство и принцип действия машины (линии)** – в этом разделе необходимо описать устройство и принцип действия машины или линии выбранной студентом из раздела 1.

В разделе 3 – **Техническая характеристика** - дается в виде таблицы техническая характеристика машины или линии, описанной в предыдущем разделе.

В разделе 4 – **Расчетная часть** - приводится конструктивный расчет оборудования. Данные для расчета задаются преподавателем и указываются в листе задания на проектирование или принимаются студентом с учетом технической характеристики машины.

В разделе 5 – **Техника безопасности при работе с оборудованием** - указываются все мероприятия, проводимые на рабочем месте при работе с данным видом оборудования, а также особенности его установки и защиты рабочего в случае аварийной ситуации.

В **заключении** студент делает выводы о выбранном оборудовании и проделанной работе.

В **списке использованной литературы** указываются все литературные источники, используемые студентом при подготовке и работе над курсовым проектом.

В **приложении** даются рисунки и схемы, описание которых приведены в тексте пояснительной записки курсового проекта.

1 Оборудование для тепловой обработки мяса и мясопродуктов

Под тепловой обработкой мяса и мясопродуктов понимают кратковременное или длительное воздействие на них тепловой энергии путем непосредственного контакта или через разделяющую перегородку. Тепловое воздействие может также осуществляться при помощи горячих газов.

Тепловая обработка продуктов на мясо- и птицекомбинатах, весьма различна и зависит от вида и состояния обрабатываемого продукта, а также от его назначения. Продукты нагревают как при атмосферном давлении в открытых аппаратах, так и в закрытых аппаратах (котлах, автоклавах) при давлении, больше атмосферного.

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

При воздействии тепловой энергии через разделяющую перегородку продукт помещают в емкости, котлы, чаны, отстойники, автоклавы и другие аппараты с рубашкой, в которую подают теплоноситель (пар, горячую воду). К таким процессам относится, например, вытопка жиров.

1.1 Расчет тепловых аппаратов

Между тепловой энергией, отдаваемой теплоносителем (левая часть) и тепловой энергией, воспринимаемой продуктом (правая часть), существует следующая зависимость

$$a (t_c - t_n) = \lambda / L (t_n - t_0) \quad (1)$$

где a - коэффициент теплоотдачи греющей среды к поверхности нагреваемого продукта. Вт/(м² • град);

t_c - температура греющей среды, °С;

t_n - температура поверхности продукта, °С;

t_0 - температура внутри продукта на расстоянии от поверхности, °С;

λ – коэффициент теплопроводности продукта, Вт/м·град;

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

Количество тепла необходимое для нагревания какого-нибудь тела в общем виде определяют по формуле

$$Q = cC (t_2 - t_1), \quad (2)$$

где c - теплоемкость тела, или количество тепла, необходимое для нагревания 1 кг данного тела на 1 °С, дж;

C - масса тела, кг;

t_1 - начальная температура тела, °С;

t_2 - конечная температура тела, °С.

Теплоемкость некоторых мясопродуктов, используемая в расчетах приводится ниже.

Тела	Теплоемкость, кДж/(кг·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

При нагревании какого-нибудь тела тепловая энергия от одного тела, имеющего более высокую температуру, переходит к другому с более низкой температурой. Этот процесс называется теплопередачей, которая может осуществляться тремя способами: теплопроводностью, конвекцией и лучеиспусканием.

Теплопроводность — передача тепловой энергии между частицами двух или нескольких твердых тел или жидкостей, соприкасающихся непосредственно, а в газах путем диффузии молекул.

Количество тепла, передаваемое теплопроводностью, определяется по закону Фурье

$$Q = F \tau (t_1 - t_2) \lambda / \sigma, \quad (3)$$

где F - поверхность, через которую осуществляется теплопередача, m^2 ;

τ - продолжительность теплопередачи, ч;

t_1, t_2 - температура поверхности тел, $^{\circ}C$;

λ - коэффициент теплопроводности;

σ - толщина тела (стенки), через которое осуществляют

теплопередачу, м.

Формула (3) применима для плоской однослойной стенки. Если разделяющая стенка состоит из нескольких слоев разной толщины и теплопроводности, то формула примет следующий вид

$$Q = F \tau (t_1 - t_2) / (\lambda_1 / \sigma_1 + \lambda_2 / \sigma_2 \dots + \lambda_n / \sigma_n), \quad (4)$$

где n - число слоев;

σ - толщины слоев, м;

λ - теплопроводности слоев, $дж/(м \cdot ч \cdot град)$.

Если теплопередача осуществляется через цилиндрическую однослойную стенку, причем толщина этой стенки: больше диаметра, применима такая формула

$$Q = 2\pi \lambda L (t_1 - t_2) / 2,303 l q_{дн/дв}, \quad (5)$$

где L - длина цилиндрической стенки, м;

d_n - наружный диаметр стенки, м

d_v - внутренний диаметр стенки, м;

t_1, t_2 - температуры на поверхности цилиндрической стенки, $^{\circ}C$.

Конвекция — передача тепловой энергии при помощи движущихся частиц жидкости или газа, перемещающихся из одной; части пространства в другую вследствие разности их удельных весов или в результате принуди-

тельного перемещения при помощи мешалок, насосов или вентиляторов. Частицы жидкости (или газа), соприкасаясь с твердой поверхностью, либо отдают тепло, либо воспринимают его. Этот процесс называют теплоотдачей, уравнение которого в общем виде следующее

$$Q = a F \tau (t_1 - t_2), \quad (6)$$

где a - коэффициент теплоотдачи, показывающий какое количество тепла отдается или воспринимается окружающей средой на поверхности 1 м^2 при разности температур в $1 \text{ }^\circ\text{C}$ в течении часа (приложение 1)

На практике передача тепла осуществляется обычно несколькими способами. Если при передаче через плоскую стенку имеет место одновременно теплопроводность и конвекция, то формула принимает следующий вид

$$Q = F \tau (t_1 - t_2) / (1/a_1 + \sigma/\lambda \dots + 1/a_2), \quad (7)$$

где a_1 - коэффициент теплоотдачи от среды к стенке, $\text{дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$;
 a_2 - коэффициент теплоотдачи от стенки к другой среде, $\text{дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$.

Иногда выражение $1/(1/a_1 + \sigma/\lambda \dots + 1/a_2)$ обозначают коэффициентом k .

Если разделяющая перегородка состоит из нескольких слоев, коэффициент теплопередачи будет равен

$$k = 1 / (1/a_1 + \Sigma \sigma/\lambda \dots + 1/a_2), \quad (8)$$

Лучеиспускание — передача тепловой энергии электромагнитными волнами, излучаемыми с поверхности нагретого тела. Интенсивность лучеиспускания зависит от степени нагрева тела и температуры его поверхности. Количество выделяющейся при лучеиспускании тепловой энергии находят, пользуясь законом Стефана — Больцмана

$$Q = c F \tau [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4], \quad (9)$$

где c – коэффициент лучеиспускания;

T_1 - абсолютная температура излучающей стенки ($T_1 = 273 + t_1$);

T_2 - абсолютная температура окружающего пространства

$$(T_2 = 273 + t_2);$$

F – поверхность излучающего тела, m^2 ;

τ - продолжительность излучения, ч.

Коэффициент лучеиспускания находят по формуле

$$c = 1 / (1/c_1 + 1/c_2 - 1/c_{\max}), \quad (10)$$

где c_1 - коэффициент лучеиспускания тела, отдающего теплоту;

c_2 - коэффициент лучеиспускания тела, воспринимающего теплоту;

c_{\max} - коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела ($c_{\max} = 4,96$).

Для проведения теплового расчета оборудования необходимо определить суммарный расход тепла в аппарате, продолжительность процесса и основные размеры (поверхность нагрева) аппарата.

Суммарный расход тепла определяют по следующим отдельным статьям расхода

Q_1 — подогрев металлических частей аппарата и изоляции;

Q_2 — нагрев продукта и его тепловая обработка;

Q_3 — потери тепла в окружающую среду;

Q_4 — подогрев тары или транспортных устройств;

Q_5 — потери тепла, уносимого паром или паро-воздушной смесью, и т. д.

Суммарный расход тепла будет равен

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + \dots + Q_n, \quad (11)$$

Соответствующие статьи расхода тепла определяют по формулам 3- 10.

Продолжительность поверхностной тепловой обработки определяют

$$\tau = q_0 / \phi \text{ а } \Delta t, \quad (12)$$

где q_0 - удельные затраты тепла обрабатываемой поверхности

$$(q_0 = 1,6-2,1 \text{ мдж/м}^2);$$

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

a - коэффициент теплоотдачи от среды к телу, дж/(м²-ч град);

Δt - полезный перепад температур, °С.

Поверхность нагрева аппарата определяют

$$F = \Sigma Q / k \Delta t \tau, \quad (13)$$

где ΣQ - суммарный расход тепла в данном аппарате, дж;

k - всеобщий коэффициент теплопередачи, дж/(м²-ч · град);

Δt - разность температур между теплоносителем и средой,
воспринимающей тепло, °С;

τ - продолжительность теплового процесса, ч.

Если в процессе теплопередачи температура теплоносителя и окружающей среды изменяется, определяют среднюю разность температур.

Расход теплоносителя — греющего пара — находят по формуле

$$D = \Sigma Q / (i - i_k), \quad (14)$$

где i - теплосодержание пара, дж/кг (находят по таблицам);

i_k - температура греющего пара (при данном давлении p).

1.2 Расчет оборудования для шпарки (чаны и ванны)..

Для расчета тепловых параметров оборудования необходимо составить уравнение теплового баланса

$$D i + W c_0 t_0 = (D + W) c t + \Sigma Q, \quad (15)$$

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, °С;

t - конечная температура воды, °С;

ΣQ - суммарные тепловые потери, кдж.

Левая часть уравнения характеризует количество тепла, вносимого в чан, а правая — количество тепла, воспринимаемого водой совместно с конденсатом, включая потери тепла в окружающую среду.

При этом принимается во внимание, что насыщенный пар, впускаемый с холодной водой, конденсируется и полностью отдает свою теплоту воде, а температура конденсата равна конечной температуре воды в чане. Учитывая также, что $c = c_0$, имеем

$$D = Wc (t - t_0) + \Sigma Q / (i - ct), \quad (16)$$

Расход потерь тепла рассчитываем по формулам (3-10).

Производительность находят в зависимости от полезной емкости и продолжительности процесса

$$Q = 60 a V p / \tau, \quad (17)$$

где a – коэффициент загрузки ($a = 0,8 - 0,9$);

V – геометрический объем чана, м³;

p – плотность сырья (продукта), кг/м³;

τ – продолжительность процесса, мин.

1.3 Расчет автоклавов для стерилизации консервов

Производительность автоклава определяют по формуле

$$Q = 60 p v / \tau, \quad (18)$$

где p – количество корзин в автоклаве, шт;

v – вместимость одной корзины, банок;

τ – продолжительность процесса, мин.

Расход тепла условно разбивается на две фазы.

Первая фаза – это подогрев до температуры стерилизации- в нее входит Q_1 - расход на нагрев корпуса автоклава, определяемый по формуле (2); Q_2 - расход на нагрев корзин и жестяных банок; Q_3 - расход на нагрев мяса в банках; Q_4 - теплопотери в окружающую среду (формула 6 и 10).

Вторая фаза – работа автоклава при постоянной температуре стерилизации, где тепло расходуется только на потери в окружающую среду, которые определяются по тем же формулам.

По общему расходу тепла определяем расход пара в первой фазе (14) и суммируем его с расходом тепла во второй фазе, тем самым, получая общий расход пара за цикл работы автоклава.

1.4 Расчет термокамер и автокоптилок

При тепловом расчете термокамер и автокоптилок определяют следующее:

а) Массу продукта в конце процесса сушки

$$G_1 = \varphi G, \quad (19)$$

где G – масса продукта до сушки, кг;

φ – коэффициент подсушки, %.

б) Расход тепла на подогрев продукта определяется

$$Q_1 = Gc (t_k - t_n), \quad (20)$$

где G – единовременная емкость камеры, кг;

c – теплоемкость продукта, ккал/(кг·град) (1 ккал = 4,19 кДж);

t_n, t_k – начальная и конечная температура продукта, °С.

в) Часовой расход тепла определяется по формуле

$$Q_2 = Q_1 / \tau, \quad (21)$$

где τ – продолжительность процесса, ч.

г) Расход тепла на подогрев транспортных устройств рассчитывается

$$Q_3 = G_2 c_2 (t_2 - t_1) / \tau, \quad (22)$$

где G_2 – масса транспортных устройств, кг;

c_2 – теплоемкость металлических частей, ккал/(кг·град);

t_2 – температура в камере при установившемся режиме, °С;

t_1 – начальная температура металлических частей, °С.

д) Расход тепла на 1 кг испаренной влаги определяется

$$\Delta q = Q_1 + Q_3 / W, \quad (23)$$

где W – количество влаги, испаряемой при подсушке.

$$W = G - G_1 / \tau. \quad (24)$$

е) Расход воздуха на 1 кг испаренной влаги определяется по формуле

$$L_0 = 1000 / (d_2 - d_0), \quad (25)$$

где d_0 – содержание влаги в воздухе, входящем в камеру, г/кг;

d_2 - содержание влаги в воздухе, выходящем из камеры, г/кг.

ж) Полный расход тепла на 1 кг испаренной влаги составляет

$$q = L_0(l_2 - l_0) + \Delta q, \quad (26)$$

где l_2 – теплосодержание воздуха выходящего из камеры, ккал/кг;

l_0 - теплосодержание воздуха входящего в камеру, ккал/кг.

з) Расход наружного воздуха в час составляет

$$L = L_0 W. \quad (27)$$

и) Расход тепла в час определяется

$$Q_{\text{час}} = qW \quad (28)$$

к) Поверхность нагрева теплопередающей поверхности рассчитывается

$$F = Q_{\text{общ}} / k \Delta t, \quad (29)$$

где k - коэффициент теплопередачи;

Δt – средняя разность температур теплоносителя и среды, воспринимающей тепло, $^{\circ}\text{C}$.

1.5 Расчет котлов

Котлы используют для варки сырья и готовой продукции, вытопки пищевых животных жиров, а также для варки бульонов. Независимо от назначения и технической характеристики расчет оборудования ведется по общей методике.

Производительность котла определяется

$$G_k = \frac{3600 \cdot G}{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3}, \text{ кг/ч} \quad (30)$$

где G - масса продукта в котле, кг;

τ_1 - время загрузки продукта в аппарат (300 секунд), с;

τ_2 - время подогрева продукта, с;

τ_3 - время выгрузки продукта из аппарата (430 секунд), с.

Масса продукта в котле определяется

$$G = V \cdot \rho \cdot \varphi, \quad (31)$$

где V – объем сферической части котла, m^3 ;

ρ - плотность продукта, m^3 ;

φ - коэффициент заполнения чаши котла ($\varphi=1$).

Объем сферической части котла определяется

$$V = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot R^3, \quad m^3 \quad (32)$$

где R - радиус корпуса котла, м.

Площадь поверхности нагрева котла определяется (33)

$$F = 2 \cdot \pi \cdot R^2$$

Расход теплоты на нагрев продукта определяется

$$Q_1 = G \cdot c \cdot (t_2 - t_1), \quad (34)$$

где c - удельная теплоемкость продукта, кДж/(кгК);

t_2 - конечная температура продукта, $^{\circ}C$;

t_1 - начальная температура продукта, $^{\circ}C$.

Расход теплоты на испарение влаги, кДж

$$Q_2 = W \cdot r, \quad (35)$$

где W - количество испаряющейся влаги, кг/ч (кг/с);

r – удельная теплота испарения ($r=2258,2$), кДж/кг.

Количество испаряющейся влаги определяется

$$W = W_c \cdot \tau_2 \cdot F_u, \quad (36)$$

где W_c - количество влаги, испаряющейся с поверхности продукта в котле в течение часа (секунды), ($W_c=30$);

τ_2 - время подогрева продукта, ч;

F_u - фактическая площадь поверхности испарения котла (принимается равной диаметру котла), m^2 .

Масса чаши определяется

$$G_q = 2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \delta \cdot \rho_m, \quad (37)$$

где δ - толщина стенки чаши, м;

ρ_m - плотность меди (8800 кг/м^3).

Расход теплоты на нагрев медной чаши определяется

$$Q_3 = G_q \cdot c_q \cdot (t_3 - t_4), \quad (38)$$

где G_q - масса чаши, кг;

c_q - удельная теплоемкость меди ($0,394 \text{ кДж/(кгК)}$);

t_3, t_4 - конечная и начальная температура чаши, $^{\circ}\text{C}$.

Аналогично находим расход теплоты на нагрев стальной паровой рубашки котла, рассчитав предварительно ее массу, кг

$$G_p = 2 \cdot \pi \cdot R_1^2 \cdot \delta_1 \cdot \rho_{cm}, \quad (39)$$

Термическое сопротивление теплопередачи определяется

$$B = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda}, \quad (40)$$

где α_1 - коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны стенки ($\alpha_1 = 0,007$), $\text{кВт/(м}^2\text{К)}$;

δ - толщина стенки, м;

λ - коэффициент теплопроводности ($\lambda = 0,05$), кВт/(м К)

Температура наружной поверхности стенки определяется

$$t_{cm} = \frac{t_1' + \alpha_2 \cdot t_2' \cdot B}{1 + \alpha_2 \cdot B}, \quad (41)$$

где t_1' - температура среды с внутренней стороны стенки $^{\circ}\text{C}$;

t_2' - температура среды с наружной стороны стенки $^{\circ}\text{C}$;

α_2 - коэффициент теплоотдачи с внешней стороны стенки.

Расход теплоты на нагрев стальной паровой рубашки котла определяется

$$Q_4 = G_p \cdot c_{cm} \cdot (t_{cm} - t_1), \quad (42)$$

где: c_{cm} - удельная теплоемкость стали ($c_{cm} = 0,48 \text{ кДж/кгК}$);

Потери теплоты в окружающее пространство определяется

$$Q_5 = F_a \cdot \alpha_0 \cdot \tau_2 \cdot (t_{cm} - t_6), \quad (43)$$

где: t_6 - температура воздуха ($20^\circ C$).

Общий расход теплоты определяется:

$$Q_{i\dot{a}i} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad \text{или} \quad Q_{o\dot{b}i} = F \cdot K \cdot \Delta t_{cp} \cdot \tau_2 \quad (44)$$

$$\text{где} \quad \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_n - \Delta t_k}{2.3 \cdot \lg \cdot \Delta t_n \cdot \Delta t_k},$$

где $\Delta t_n, \Delta t_k$ - начальная и конечная разности температур теплоносителя и продукта, $^\circ C$.

Коэффициент теплопередачи для плоской стенки определяется

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (45)$$

где: α_1 - коэффициент теплоотдачи от нагревающей среды к стенке

$$(\alpha_1 = 1200 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{К}));$$

α_2 - коэффициент теплоотдачи от стенки к нагреваемой среде

$$(\alpha_2 = 8000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{К}));$$

δ - толщина стенки, м;

λ - коэффициент теплопроводности материала к стенке

$$(\lambda = 50), \text{ Вт}/(\text{мК}).$$

Расход греющего пара за цикл, кг

$$D = \frac{Q_{o\dot{b}i}}{(i - i_k)}, \quad (46)$$

где: i, i_k - энтальпия пара (2675,7) и конденсата (417,51), кДж/кг.

Продолжительность подогрева находим из уравнения теплопередачи

$$\tau_2 = \frac{Q_{i\dot{a}i}}{F \cdot K \cdot \Delta t_{\dot{n}o}} \quad (47)$$

2 ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В зависимости от задач холодильной обработки и предполагаемых сроков хранения мясо и мясопродукты подвергаются охлаждению, подмораживанию и замораживанию.

Холодильное оборудование, применяемое на мясоперерабатывающих предприятиях, предназначено для холодильной обработки и хранения мяса и продуктов его переработки. Данное оборудование условно можно разделить на две группы - универсальное и специальное.

К универсальному оборудованию, позволяющему наряду с холодильной обработкой и хранить продукцию, относят холодильные шкафы и сборные холодильные камеры.

Группу специального оборудования составляют морозильные аппараты с интенсивным движением воздуха, плиточные морозильные аппараты и криогенные морозильные агрегаты и линии. Это оборудование не предназначено для хранения продукции, а осуществляет только ее холодильную обработку.

2.1 Расчет холодильных машин

Охлаждение – это тепловой процесс, при котором продукт отдает тепло в окружающую среду непосредственно или через разделяющую стенку, за которой находится хладоноситель, имеющий температуру более низкую, чем у продукта.

Процесс охлаждения осуществляется путем теплопроводности, конвекции и лучеиспускания, как обычный тепловой процесс.

Количество тепла, отдаваемое продуктом в окружающую среду, равно теплу, теряемому путем теплоотдачи Q_1 , и теплу расходуемому на испарение влаги в продукте Q_2 .

Следовательно,

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (48)$$

Численные значения этого уравнения характеризуются следующими данными

$$Q_1 = F/GaT (t_1 - t_2), \quad (49)$$

где F – поверхность продукта, m^2 ;

G – масса продукта, kg ;

a – коэффициент теплоотдачи;

T – продолжительность теплообмена, $ч$;

t_1 – температура поверхности охлаждаемого продукта, $^{\circ}C$;

t_2 – температура охлаждающей среды, $^{\circ}C$.

Количество тепла, расходуемого на испарение влаги из продукта, определяется по формуле

$$Q_2 = \sigma F/G (i_1 - i_2), \quad (50)$$

где σ – коэффициент испарения;

i_1 – теплосодержание поверхности продукта при средней температуре, равной теплосодержанию воздуха, находящегося в состоянии насыщения, $кдж/кг$;

i_2 – теплосодержание охлаждающего воздуха с учетом его относительной влажности, $кдж/кг$.

Охлаждающей средой могут служить холодный воздух, рассол, ледяная вода или газ. Для расчетов принимаются значения коэффициентов данных в приложении.

Количество вымороженной воды можно рассчитать по формуле

$$\omega = 1 - t_{кр} / t_3, \quad (51)$$

где $t_{кр}$ – температура криоскопическая;

t_3 – температура эвтектическая.

Продолжительность процессов охлаждения и замораживания зависит от теплофизических характеристик продуктов, условий теплообмена и др.

Продолжительность охлаждения рассчитывают

$$\tau = F_0 L^2/a, \quad (52)$$

где F_0 – число Фурье;

L – характерный линейный размер (для пластины-

половина толщины, для цилиндра и шара – радиус), м;
 a – коэффициент температуропроводности продукта.

Или длительность охлаждения можно определить

$$\tau = (1/m) \ln [(t_0 - t_1) / (t - t_0)], \quad (53)$$

где m – темп охлаждения, $с^{-1}$;

t – температура поверхности охлаждаемого продукта, $^{\circ}C$;

t_1 – температура тела после охлаждения, $^{\circ}C$;

t_0 – температура охлаждающей среды, $^{\circ}C$.

Процесс замораживания рассматривается как изотермический с удельной теплотой, равной теплоте льдообразования. Теплофизические характеристики замороженной части объекта принимаются постоянными, не зависящими от температуры, а теплоемкость замороженной части - равна нулю. Предполагается, что процесс замораживания происходит при постоянных температуре, среде и коэффициенте теплоотдачи. Влияние испарения и конденсации на теплоту охлаждения учитывают в том случае, когда капельно-жидкая влага испаряется с поверхности продукта в воздух при удельной теплоте испарения - $\gamma_{и}$ (кДж/кг), а пары из воздуха конденсируются на поверхности охлаждающих приборов при удельной теплоте конденсации $\gamma_{к}$ (кДж/кг), причем $\gamma_{и} < \gamma_{к}$.

Тепловой эффект этого явления наиболее значителен, если конденсирующая влага замерзает, образуя так называемую «снеговую шубу». Если, охлаждаясь, испаряется влага, то относительная потеря влаги продуктом (усушка) составляет

$$g = G_{и} / G, \quad (54)$$

где $G_{и}$ – количество испаряемой влаги, кг;

G – масса продукта, кг.

Теплота, отводимая от продукта при его замораживании, представляет собой расход холода на замораживание. Обычно в морозильное устройство

помещается продукт, начальная температура которого выше, а конечная ниже криоскопической в любой его точке. Этот интервал изменения температуры продукта включает охлаждение его от начальной температуры до криоскопической и собственно замораживание, характеризующееся льдообразованием.

Охлаждение и льдообразование не разделяются во времени. Когда в периферийных слоях продукта уже началось льдообразование, центральные слои еще продолжают охлаждаться.

Теплота, отводимая от замораживаемого продукта, рассчитывается

$$Q_3 = C[c_{\text{л}}(t_1 - t_{\text{кр}}) + r_{\text{л}} W\omega + c_3(t_{\text{кр}} - t_2)], \quad (55)$$

где $c_{\text{л}}$ - удельная теплоемкость продукта до

льдообразования, кДж/(кг К);

$r_{\text{л}}$ - удельная теплота льдообразования, кДж/(кг К);

W - относительное содержание влаги в продукте, кг;

$t_{\text{кр}}$ - температура криоскопическая;

t_1 - начальная температура, °С;

t_2 - конечная температура, °С.

ω — количество вымороженной воды, кг/кг;

c_3 — удельная теплоемкость замороженного продукта, кДж/(кг К).

Сумма в прямых скобках этой формулы представляет собой теплоту, отводимую от единицы массы продукта. Первое слагаемое выражает теплоту охлаждения, второе - теплоту льдообразования, третье - теплоту, отводимую для понижения температуры до t_2 .

Мощность (кВт) холодильных машин определяется по формуле

$$N = \Sigma Q_{\text{к/в}} \quad (56)$$

где ΣQ - сумма всех видов теплоты, включая охлаждение и замораживание, кДж;

κ - коэффициент, учитывающий потери, ($\kappa = 1,07$);

ν - коэффициент рабочего времени, ($\nu = 0,8$).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

Таблица 1 - Коэффициент теплоотдачи для теплового оборудования

Среда	Коэффициент теплоотдачи, кДж/(м ² ·ч·град)
Неподвижный воздух или газы	30 - 300
Перегретый пар	80 - 400
Конденсирующий пар	3000 - 10000
Вода при свободной циркуляции	400 - 30000
Вода при принудительной циркуляции	1000 - 120000
Масло	150 - 3000

Таблица 2 - Коэффициент теплоотдачи для холодильного оборудования

Среда	Коэффициент теплоотдачи, кДж/(м ² ·ч·град)
Воздух в покое	14 - 40
Воздух в движении	$8,4 + 42\sqrt{v}$
Жидкость в покое	1250-2090
Жидкость в движении	8370-16700

Прим. V – скорость движения воздуха м/сек.

(Пример оформления рисунка в приложении курсового проекта)



Рисунок 1 Оборудование немецкой фирмы SEYDELMANN –
куттер KONTI KK 250 AC 6.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	4
СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	4
1.1 Расчет тепловых аппаратов	6
1.2 Расчет оборудования для шпарки (чаны и ванны).....	11
1.3 Расчет автоклавов для стерилизации консервов.....	12
1.4 Расчет термокамер и автокоптилок	13
1.5 Расчет котлов	14
2 ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	18
2.1 Расчет холодильных машин	18
ПРИЛОЖЕНИЕ	22

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
МЯСНОЙ ОТРАСЛИ

Часть 1
ТЕПЛОВОЕ И ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Методические указания к курсовому проекту

*для подготовки бакалавров по направлению
260200. 62 (19.04.03) Продукты питания животного
происхождения*

В редакции составителя

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.
Подписано к печати 23.10.2015 г. Формат 60×90/16.
Уч.-изд.л. – 1,3. Усл.-п.л. – 1,8.
Тираж 50 экз. Заказ 20.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии издательства ДальГАУ
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

