

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Мусьял Александр Вячеславович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 20.09.2024 13:48:48  
Уникальный программный ключ:  
297fef716e5ece559822a236feffc4d8a43d0cf1

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**Курский государственный аграрный университет  
имени И.И. Иванова»**  
**Кафедра стандартизации и оборудования перерабатывающих  
производств**

**Методические указания для выполнения курсового  
проекта по дисциплине**

**Технологическое оборудование для переработки  
сельскохозяйственной продукции**

Для студентов направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия.  
Профиль «Машины и оборудование для хранения и переработки  
сельскохозяйственной продукции»

**КУРСК 2024**

## Содержание

Введение	3
Глава 1 Тематика, содержание и объём проектов	3
1.1 Тематика проектов	3
1.2 Содержание и объём проектов	5
Глава 2 Графическая часть проекта	7
2.1 Основные требования к оформлению схем	7
2.2 Требования к сборочным чертежам	7
2.3 Основные правила выполнения рабочих чертежей деталей	8
Глава 3. Расчётно-пояснительная записка проекта	10
3.1 Составление реферата	10
3.2 Обзор литературных источников	10
3.3 Описание разрабатываемой машины, аппарата или устройства	11
3.4 Технологические расчеты	12
3.5 Энергетические расчеты	17
3.5.1 Определение потребной мощности привода проектируемой машин	17
3.5.2 Выбор электродвигателя привода машины	21
3.6 Кинематические расчёты	21
3.7 Расчеты деталей на прочность	24
3.8 Методика разработки операционной технологической карты проектируемой машины	26
3.9 Охрана труда и экологическая безопасность проекта	26
3.10 Технико-экономическая оценка проекта	27
3.11 Составление заключения по выполненному проекту	30
Список рекомендуемой литературы	32
Приложения	33

## **Введение**

В основу развития техники и технологий в переработке продукции сельского хозяйства положен общий для всех стран принцип комплексного использования сырья на пищевые, кормовые и технические цели. Такой принцип основан на замкнутых циклах переработки сырья и позволяет увеличить ассортимент вырабатываемой продукции и уменьшить экологическое давление отрасли на окружающую среду.

Реализация данного направления в перерабатывающей промышленности связана с применением сложного и дорогостоящего технологического оборудования, оснащённого системами автоматического управления процессами.

Рациональная эксплуатация машин и аппаратов такого уровня предполагает не только знакомство с их устройством и принципом работы, но и требует от обслуживающего персонала и инженерной службы глубоких знаний в области контроля и регулирования режимов работы оборудования в зависимости от свойств перерабатываемого сырья.

Данные методические указания служат для реализации поставленной задачи, в частности более углубленного изучения машин и аппаратов для переработки сельскохозяйственной продукции во время курсового проектирования по дисциплине «Технологическое оборудование для переработки сельскохозяйственной продукции».

## **Глава 1 Тематика, содержание и объём проектов**

### **1.1 Тематика проектов**

Основной целью проектирования по дисциплине «Технологическое оборудование для переработки сельскохозяйственной продукции» является систематизация и закрепление знаний, полученных при изучении общетехнических дисциплин, а также выработка навыков по их практическому применению в процессе модернизации известных или разработки новых конструкций машин и аппаратов для переработки молока, мяса и продукции растениеводства.

В связи с этим тематика курсовых проектов по данной дисциплине направлена на решение следующих задач:

- адаптация серийно выпускаемого оборудования к выполнению технологического процесса с параметрами, незначительно выходящими за пределы технической характеристики объекта проектирования;

- модернизация известных конструкций и аппаратов за счет применения новых материалов для изготовления отдельных деталей или узлов;
- устройств и механизмов, новых для данного типа оборудования и хорошо зарекомендовавших себя в серийно выпускаемых машинах для других отраслей производства;
- создание нового оборудования для выполнения известных технологических операций, но отличающегося от серийно выпускаемых машин потребляемой мощностью, размерами, производительностью и т.д., разработка новых по принципу действия машин и аппаратов, основанных на применении современных достижений науки и техники, передового опыта, рационализаторских предложений и изобретений.

Для решения сформулированных выше задач курсовые проекты могут иметь следующую тематику:

1. Разработка и расчёт автоматизированной пластинчатой пастеризационно-охладительной установки типа ОПФ-1.
2. Разработка и расчёт установки для стерилизации молока с комбинированным (прямым и косвенным) нагревом продукта.
3. Разработка и расчёт гомогенизатора клапанного типа с двухступенчатой асептической головкой.
4. Проект вибромаслоизготовителя периодического действия.
5. Проект прямоточной распылительной сушилки с циклонной очисткой воздуха.
6. Разработка и расчёт двухсекционного самоочищающегося молочного фильтра.
7. Разработка и расчет имбирному (центробежного) насоса.
8. Проект сепаратора для обезвоживания творожного сгустка.
9. Модернизация датчика индукционного расходомера.
10. Разработка и расчет сепаратора-молоко-очистителя.
11. Разработка и расчет аппарата для выработки сырного зерна.
12. Проект комбинированного агрегата для получения колбасного фарша.
13. Модернизация закрытого варочного котла для тепловой обработки субпродуктов.
14. Разработка и расчёт куттера с пневматической подачей продукта в зону измельчения.
15. Проект универсальной автокоптилки.
16. Разработка и расчет шнекового транспортера.
17. Проект машины для мойки консервного сырья типа КУМ или КУВ.
18. Модернизация цилиндрического триера типа БТС.

- 19 Модернизация молотковой дробилки.
- 20 Разработка и расчет шнекового пресса для отжима масла из мезги масленичных семян.
- 21 Проект тарельчатого сепаратора для очистки фильтрации плодовых соков.
- 22 Разработка и расчет пресса непрерывного действия для отжима сока из плодов.
- 23 Разработка и расчет укупорочной машины для стеклянных консервных банок.
- 24 Модернизация тарельчатого дозирующей машины типа МТД-3а.
- 25 Проект вакуум-выпарной установки из однокорпусных вакуум-выпарных аппаратов.
- 26 Модернизация обжарочной автоматической паромасляной печи АПМП-1
- 27 Проект стерилизатора периодического действия (2-х корзинчатого автоклава).
- 28 Проект подогревателя зерна периодического действия.
- 29 Модернизация паровой консервной сушки ПКС-90.
- 30 Проект автомата для наполнения консервной тары до постоянного уровня.
- 31 Разработка и расчет гомогенизатора для получения стойкой тонко измельченной мякоти в соках.
- 32 Разработка и расчет центробежного насоса для перекачивания пульпы сока и невязких сиропов.

## **1.2 Содержание и объём проектов**

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчётно-пояснительную записку.

Графическая часть проекта состоит из 3...4 листов формата А1 и в своём составе может содержать:

1. Различного вида и типа схемы (гидравлические, кинематические, функциональные, принципиальные и т.д.) проектируемых машин и аппаратов.
2. Общий вид машин с разрезами, технической характеристикой и спецификацией.
- 2 Чертежи сборочных единиц с необходимым количеством проекций, разрезов и сечений.

3 Чертежи оригинальных деталей, разработанных автором проекта.

4 Операционную технологическую карту разработанной машины или аппарата.

Примерное содержание и объем расчетно-пояснительной записки приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Состав и объем расчетно-пояснительной записки.

Содержание	Рекомендуемое число страниц
Введение	1
Реферат	1
Литературный обзор по теме проекта	3...4
Описание разработанной машины, аппарата или устройства	3...4
Технологический расчет	4...5
Энергетический расчет	2...3
Кинематический расчет	2...3
Расчет деталей проектируемой машины на прочность	4...5
Операционная технологическая карта проектируемой машины	2
Охрана труда и экологическая безопасность проекта	3
Технико-экономическая оценка проекта	1
Заключение	1
Литература	В соответствии с
Оглавление	графической частью
Спецификация	
Всего	30...36

Наряду с тщательной проработкой каждого из разделов расчетно-пояснительной записки студент должен выполнить необходимые требования к оформлению всей проектной документации согласно изложенным ниже рекомендациям.

## **2 Требования к сборочным чертежам**

### **2.1 Требования к схемам**

В технологических схемах параметры процесса могут указываться внутри прямоугольников.

Каждая схема должна иметь перечень элементов, оформленный в виде таблицы, которую располагают над основной надписью, на расстоянии не менее 12 мм. Таблица имеет следующие графы: позиционные обозначения элементов (20 мм); наименование (ПО мм); количество (10 мм); примечание (45 мм).

На схемах допускается приводить текстовые данные, в тех случаях, когда содержащиеся в них сведения нецелесообразно или невозможно выразить графически или условными обозначениями. При этом содержание текста должно быть кратким и чётким.

### **2.2 Требования к сборочным чертежам**

Основные требования к сборочным чертежам с точки зрения их содержания сводятся к следующему:

1. Изображение сборочной единицы, обеспечивающее возможность её сборки и контроля, а также дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей.
2. Размеры, предельные отклонения и технические требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному Сборочному чертежу.
3. Указания о характере сопряжения, способе его осуществления, а также данные о выполнении неразъёмных соединений.
4. Номера позиций составных частей.
5. Габаритные, установочные, присоединительные и справочные размеры. Последние отмечают знаком \* и записывают в технических требованиях строчкой «\*Размеры для справок».

При необходимости на сборочном чертеже указываются координаты центра масс и приводится техническая характеристика.

На сборочных чертежах перемещающиеся части изделий допускается изображать как в крайних, так и в промежуточных положениях. В необходимых случаях разрешается изображение соседних изделий («обстановки»). Части изделия, на которые имеются отдельные сборочные чертежи, в сечениях показывают нерассечёнными, например, барабан сепаратора. Типовые, покупные и другие широко применяемые изделия

изображают внешними очертаниями. Детали неразъёмных соединений заштриховывают в одну сторону.

Вместе с этим не допускаются упрощения в изображениях отдельных элементов деталей и соединений. Например, при вычерчивании резьбовых соединений необходимо показывать зазор между болтом или шпилькой и отверстием детали, не имеющей резьбы, запасы нарезки резьбы и глубину сверления; при вычерчивании шпоночных соединений следует показать зазор между шпонкой и сопрягаемой деталью и т.д.

На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номером позиций, указанными в её спецификации. Номера позиций указывают на полках линий-выносок, которые проводятся. Только от видимых проекций. Допускается проводить линии-выноски с одним изломом. Они не должны быть параллельными линиям штриховки. Одна линия с несколькими полками используется для группы крепежных деталей или группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью.

Рекомендуется конструкцию всех сборочных единиц вычерчивать в натуральную величину. Если габаритные размеры изделия не позволяют этого сделать, то сборочный чертеж выполняют в уменьшенном масштабе, а его основные узлы вычерчивают в масштабе 1:1 с помощью необходимых разрезов и сечений.

### **2.3 Основные правила выполнения рабочих чертежей деталей**

Чертежи деталей - это документ, содержащий изображение детали и информацию для ее изготовления и контроля.

В соответствии с требованиями ЕСКД в чертеж детали включаются:

минимально возможное количество изображений, разрезов, сечений, выносных элементов и т.д., необходимых для понимания конструкции детали и её изготовления;

обозначение размеров с предельными отклонениями;

обозначение предельных отклонений геометрической формы и расположения поверхностей;

обозначение шероховатости поверхности детали;

обозначение покрытий и показателей свойств материала готовой детали; технические требования к материалу, размерам и форме детали и другие данные, которым она должна соответствовать перед сборкой.

Детали на чертежах выполняются в прямоугольных проекциях, поэтому их изображение на фронтальной плоскости чертежа принимается в качестве главного. При этом деталь относительно фронтальной плоскости располагают

так, чтобы изображение детали давало наиболее полное представление о её форме и размерах.

Требования к нанесению размеров на чертежах деталей регламентирует ГОСТ 2.307-68. В нем же даны общие правила нанесения на изображениях изделий предельных отклонений, относящихся к линейным и угловым размерам.

Шероховатость поверхностей деталей проставляют по ГОСТ 2.309-73. Обозначение покрытия приводятся в технических требованиях чертежа после слова «Покрытие». При этом на изображениях отмечают поверхности, подлежащие покрытию, а если этой операции подвергается часть изделия, то она обозначается буквами.

Если изделие обрабатывается каким-либо способом, изменяющим свойства материала изделия, то на чертежах показываются эти свойства, например твёрдость.

Все данные, необходимые для изготовления, сборки, регулировки, отделки и контроля изделия, но не вошедшие в состав чертежей отдельных его элементов, помещаются в технических требованиях.

Технические требования помещают на первом листе чертежа независимо от того, на каком листе помещено изображение к которому оно относится. Располагают технические требования в виде колонки шириной не более 185 мм над основной надписью. Между требованиями и основной надписью не должно быть изображений. Излагают их в следующей последовательности:

- требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термической обработке и свойствам материала готовой детали;
- размеры, предельные отклонения размеров, формы взаимного расположения поверхностей;
- требования к качеству поверхностей, указания об их отделке, покрытии;
- зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;
- требования к настройке и регулированию изделия;
- другие требования к качеству изделий, например, виброустойчивость;
- условия и методы испытаний;
- указания о маркировании и клеймении;
- правила транспортирования и хранения;
- особые условия эксплуатации;
- ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие.

Заголовок «Технические требования» не пишут, но если есть техническая характеристика, то её помещают отдельно, с самостоятельной нумерацией пунктов, и делают оба заголовка

Заголовки не подчёркивают. При этом технические требования помещают после технической характеристики.

В основной надписи чертежа детали в соответствии с обозначением, установленным стандартом на материал, указывается материал детали. Указывается не более одного вида, наименования и одной марки материала. Если для изготовления детали предусматривается использование заменителей материала, то их указывают в технических требованиях или технических условиях на изделие.

Чертежи таких деталей как колесо зубчатое, червяк, колесо червячное, звёздочка, а так же шлицевых соединений сопровождают таблицей по ГОСТ 2.403-75, 2.409-74. в которую заносят необходимые данные для изготовления.

На чертежах пружин по ГОСТ 2.401-68 помещают размерно-силовую диаграмму.

### **Глава 3 Расчётно-пояснительная записка проекта**

Содержание и объём расчётно-пояснительной записки должен соответствовать требованиям таблицы 1.1 или корректироваться проектным заданием.

Во введении следует отразить актуальность выполняемой разработки и дать оценку современного состояния технологии и средств механизации отрасли производства, связанной с объектом проектирования.

#### **3.1 Составление аннотации**

Аннотация к курсовому проекту составляется в соответствии с Объём аннотации не должен превышать одной страницы

#### **3.2 Обзор литературных источников**

Структура и содержание этого раздела расчётно-пояснительной записки должны соответствовать цели проекта и иметь логическую связь со структурой всего проекта таким образом, чтобы его содержание служило развитием затронутого в литературном обзоре вопроса. При этом следует избегать излишне подробного описания известных конструкции машин, а сосредоточить основное внимание на вопросах их классификации, а также анализе связи различных конструкторских решений с достоинствами и недостатками этой группы оборудования.

Литературный обзор заканчивается выводами о целесообразности использования того или иного метода, применения какого-либо технического решения и т.д.

Источником получения информации для выполнения этого раздела является специальная литература, для нахождения которой рекомендуется воспользоваться библиотечными систематическим и алфавитным каталогами. Полезной информацией для нахождения нужной литературы является библиографические сноски, ссылки и указатели в методических указаниях, учебниках и монографиях, относящихся к разрабатываемой теме. Существенную помощь могут оказать реферативные журналы по данной отрасли производства.

При изложении сведений, полученных в литературных источниках, ссылка на них обязательна и выполняется в виде порядкового номера цитируемого источника в библиографии, заключённого в квадратные скобки.

### **3.3 Описание разрабатываемой машины, аппарата или устройства**

Раздел начинается с указания технологического назначения проектируемого объекта. Далее он классифицируется по какому-либо признаку (технологическому, конструктивному и т.д.) с указанием индивидуальных особенностей, преимуществ и недостатков.

Затем описывается работа разрабатываемого объекта с указанием последовательности перемещения рабочих органов и обрабатываемого продукта. При этом в тексте приводятся номера позиций узлов и деталей с указанием номеров чертежей по спецификации проекта. В некоторых случаях описание разрабатываемой машины выполняется на основании технологической, гидравлической, кинематической или какой-либо иной схемы, приводимой в расчетно-пояснительной записке.

Обязательной частью этого раздела является описание операций технического обслуживания объекта проектирования.

В заключении даётся полная техническая характеристика и преимущества проектируемой машины перед аналогом.

### **3.4 Технологические расчёты**

Содержание и объём технологического расчета проектируемого объекта должны обеспечивать получение всех исходных параметров, необходимых для проведения последующих специальных расчётов (кинематического, энергетического, расчёта на прочность), а также выполнения графической части конструкторской разработки проекта.

Основным источником получения этих параметров является расчетная производительность проектируемой машины. Она определяет как размеры самого объекта, так и его отдельных частей, рабочих объёмов накопительных и активных ёмкостей, габариты, форму и режим работы рабочих органов, а также кинематические и силовые характеристики их привода.

В общем случае производительность, на которую должен быть рассчитан проектируемый объект, определяется следующим образом:

$$\Pi = G_T \cdot \frac{k_n}{(\tau_B \cdot k_{\text{э}})}, \quad (3.1)$$

где  $\Pi$  - расчётная производительность машины - количество (массовое, объёмное, штучное) продукции, полученное в единицу времени, кг/ч; м<sup>3</sup>/ч или шт/ч;

$G_T$  - требуемое количество продукции (массовое, кг; объёмное, м<sup>3</sup> или штучное, шт);

$k_n$  - коэффициент, учитывающий возможные потери продукции;

$\tau_B$  - время выдачи продукции (с, мин, ч);

$k_{\text{э}}$  - коэффициент, учитывающий возможные эксплуатационные потери времени.

Как следует из определения, расчётная объёмная производительность машины позволяет легко определить объём её рабочей ёмкости. Для машины с периодическим циклом работы он равен:

$$V_p = \Pi_{\text{об}} \cdot \sum \tau, \quad (3.2)$$

где  $V_p$  – объём рабочей ёмкости, м<sup>3</sup>;

$\Pi_{\text{об}}$  – объёмная производительность машины, равная массовой производительности, деленной на плотность продукта, м<sup>3</sup>/ч;

$\sum \tau$  - суммарное время, затраченное на загрузку, обработку и выгрузку продукта, ч.

Для объекта непрерывного действия объём конструктивного элемента, пропускающего поток продукта  $V$  (в м<sup>3</sup>), определяется величиной объёмной производительности  $\Pi_{\text{об}}$  (в м<sup>3</sup>/ч) и временем технологической обработки продукта в этом объёме  $\tau$  (в ч) (или временем технологической операции):

$$V = \Pi_{\text{об}} \cdot \tau \quad (3.3)$$

Полученный в обоих случаях объём корректируют, умножая его на соответствующий коэффициент, учитывающий определённые поправки (на запас ёмкости, расширение или вспенивание продукта, его неравномерное распределение и т.д.), а затем определяют габаритные размеры ёмкости,

задаваясь её формой. При этом, если для машин с циклическим принципом работы, обычно этого достаточно для дальнейшего проектирования, то объекты непрерывного действия для своей характеристики, как правило, требуют определения скорости потока продукта. Эта величина принимается либо на основании рекомендаций приводимых в справочной литературе, либо по данным экспериментальных исследований или опыта эксплуатации подобных устройств. При известной скорости потока и (м/с) можно определить фактическое сечение  $F$  (в м<sup>2</sup>):

$$F = \frac{\Pi_{OB}}{V} \quad (3.4)$$

а также длину потока продукта (в м), если при этом происходит обработка последнего:

$$L = V \cdot \tau, \quad (3.5)$$

где  $\tau$  - длительность технологической операции, с.

По найденной величине сечения потока продукции несложно определить площадь сечения канала, камеры и т. д., учитывая реальный процесс перемещения материала, т.е. вводя поправочные коэффициенты на неравномерность заполнения канала, неравномерность или колебания скорости перемещения материала, сопротивление потоку различных конструктивных элементов и т.д. Площадь сечения канала позволяет определить его размеры при принятой геометрической форме. В некоторых случаях необходимые скорость потока продукта или площадь сечения канала могут быть получены из уравнения:

$$\Pi_{OB} = F_1 v_1 = F_2 v_2 \dots F_n v_n, \quad (3.6)$$

где  $F_1, F_2 \dots F_n$  – площадь канала в 1, 2...n-ом сечениях, м<sup>2</sup>;  
 $v_1, v_2 \dots v_n$  - скорость потока в 1, 2...n-ом сечениях, м/с.

Если технологический процесс связан с передачей теплоты через поверхность теплообмена, то площадь последней  $P$  (в м<sup>2</sup>) можно определять, решая известные уравнения:

$$Q = G \cdot C_{cp} (t_2 - t_1), \quad (3.7)$$

$$F = \frac{Q}{(k \cdot \Delta t \cdot \tau_m)}, \quad (3.8)$$

где  $F$  – площадь поверхности теплообмена,  $\text{м}^2$ ;

$Q$  – количество передаваемой теплоты, Дж;

$G$  – количество продукта, кг;

$C_{\text{ср}}$  – Средняя теплоемкость продукта, Дж/кг  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_1$  и  $t_2$  – соответственно начальная и конечная температура продукта,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$k$  – коэффициент теплопередачи, Вт/( $\text{м}^2\text{C}$ );

$\Delta t$  – средняя разность температур теплоносителей,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\tau_m$  – продолжительность процесса передачи теплоты, с.

Формулы 3.7 и 3.8 применимы и при тепловом расчёте аппаратов, которые нашли широкое применение в технологических процессах по переработке молока и мяса.

Различают два типа тепловых расчётов: конструктивный и поверочный.

Конструктивный расчёт производится тогда, когда известны производительность аппарата (расход теплоты) и параметры теплоносителей. В этом случае после выбора конструкции аппарата, определяют общую поверхность теплообмена, конструктивные размеры поверхности теплообмена и основных элементов, а затем рассчитываются на прочность основные детали аппарата.

Поверочный расчет является по существу инженерным анализом работы машины, аппарата или установки, который сводится к определению возможности использования серийного оборудования для заданного технологического процесса или необходимых условий, обеспечивающих оптимальный режим его работы.

Площадь поверхности теплообмена, необходимого для реализации заданного теплового процесса в нагревающих и охлаждающих аппаратах, определяют из уравнения теплопередачи 3.8. При этом наибольшие трудности в процессе применения этого уравнения возникают при вычислении коэффициентов теплопередачи, которые, в свою очередь определяются значениями коэффициента теплоотдачи со стороны греющей среды  $\alpha_1$  и коэффициента теплоотдачи со стороны нагреваемого продукта  $\alpha_2$ . Величина этих коэффициентов зависит от гидродинамических факторов (скорости, ламинарного или турбулентного характера движения теплоносителей), физических факторов (вязкости, плотности, теплоёмкости теплоносителей), а также геометрических параметров поверхности теплообмена. Теорию этих расчетов можно найти в специальной литературе, посвященной расчётам различных теплообменных аппаратов. В том случае, если проектируемый аппарат не существенно отличается от известных конструкций, коэффициенты

теплоотдачи не рассчитывают, а принимают на основании аналогичных расчётов, приводимых в методической литературе.

Конструктивные размеры теплообменных аппаратов определяются их производительностью и параметрами теплоносителей. Поэтому вначале из уравнения теплового баланса процесса определяют расход теплоносителя. Начальную и конечную температуру теплоносителей обычно принимают в соответствии с технологическим процессом. Удельную теплоёмкость теплоносителей определяют по справочным данным. Количество обрабатываемого пищевого продукта, т.е. производительность аппарата, как правило, известно.

Размеры сечения трубопроводов, патрубков, каналов и т.д. для прохода продукта и теплоносителей определяют на основе уравнения расхода:

$$P_c = f \cdot v, \quad (3.9)$$

где  $P_c$  – производительность аппарата, м<sup>3</sup>/с;

$f$  – площадь сечения трубопроводов, патрубков и т.д., м<sup>2</sup>;

$v$  – средняя скорость перемещения продукта или теплоносителей, м/с.

Скоростью перемещения продукта или теплоносителей в конструктивных элементах проектируемого аппарата задаются исходя из справочных данных приводимых в специальной литературе [6,7].

Расход пара в теплообменных аппаратах также определяют из уравнения теплового баланса. Например, для случая нагрева воды в бойлере, это уравнение имеет вид:

$$P_{ГВ} \cdot C_{ГВ} \cdot (t_{НГВ} - t_{КГВ}) = D \cdot i_n \cdot \eta_T, \quad (3.10)$$

где  $P_{ГВ}$  – расход горячей воды, кг/ч;

$C_{ГВ}$  – теплоемкость горячей воды, Дж/кг, °С ( $C_{ГВ}$  зависит от температуры горячей воды и определяется по справочным данным);

$t_{НГВ}$  – начальная температура горячей воды, °С;

$t_{КГВ}$  – конечная температура горячей воды, °С;

$i_n$  – энтальпия пара, Дж/кг;

$D$  – расход пара, кг/ч;

$\eta_T$  – тепловой КПД, учитывающий потери тепла в окружающую среду ( $\eta_T = 0,95$ ).

В том случае, если пар служит для нагрева или пастеризации продукта (например, в трубчатом пастеризаторе молока), уравнение теплового баланса имеет вид:

$$P_{\Pi} \cdot C_{\Pi} \cdot (t_2 - t_1) = D(i_n - C_K \cdot t_{\text{кон}}) \eta_m, \quad (3.11)$$

где  $P_{\Pi}$  – расход обрабатываемого продукта, кг/ч;

$C_{\Pi}$  – теплоемкость продукта, Дж/кг °С;

$t_1$  и  $t_2$  – соответственно конечная и начальная температура продукта, °С;

$C_K$  – теплоемкость конденсата, Дж/кг °С (определяется по таблицам в зависимости от его температуры);

$t_{\text{кон}}$  – температура конденсата, °С.

Для аппаратов с непосредственным воздействием греющего пара на продукт, температура пара обычно принимается на 15...20°С выше температуры кипения продукта, имея ввиду, что на пищевых предприятиях в качестве нагревающего агента используют насыщенный водяной пар со средним давлением 0,6...0,8 МПа. Зная рабочее давления пара, можно по таблицам свойств водяного насыщенного пара найти необходимые его параметры.

Количество вторичного пара (выпариваемой влаги) определяют из уравнения материального баланса, которое в общем виде записывается так:

$$G_1 S_1 = (G_1 - W) \cdot S_2 = G_2 S_2, \quad (3.12)$$

где  $G_1$  и  $G_2$  – количество исходного и готового продукта, кг;

$W$  – количество влаги, подлежащей выпариванию, кг;

$S_1$  и  $S_2$  – массовая доля сухих веществ в исходном и готовом продукте, %.

Параметры вторичного пара зависят от абсолютного давления в рабочей камере аппарата и определяются по вышеуказанным таблицам.

Некоторые тепловые аппараты в процессе проектирования требуют специальных гидравлических расчётов. Чаще всего такие расчёты связаны с определением потерь давления на преодоление трения потоками теплоносителей и местных сопротивлений в трубопроводах и арматуре (в зависимости от режимов движения, шероховатости труб и местных сопротивлений).

Для проведения таких расчётов необходимо составить гидравлическую схему аппарата вместе со всеми его трубопроводами и арматурой. Методика

проведения гидравлических расчётов различных типов тепловых аппаратов приведена в специальной литературе [6,7,8,9].

С учётом требуемого расхода теплоносителя, а также найденных потерь давления и давления, необходимого для перекачивания теплоносителя или продукта по всем магистралям аппарата, подбираются насосы и электродвигатели для их привода.

В заключении следует отметить, что для некоторых машин и аппаратов определение производительности через параметры технологического процесса затруднено. Для таких машин, производительность которых существенно зависит от параметров рабочих органов (размеры и конфигурация ножей, их линейная или угловая скорость и т.д.), в приложении 2 приведены значения производительности, основанные на эмпирических зависимостях.

### **3.5. Энергетические расчеты**

#### **3.5.1 Определение потребной мощности привода проектируемой машины**

Энергетические расчёты проектируемого оборудования производятся с целью определения нагрузок на рабочие органы машины, находящиеся во взаимодействии с продуктом, а также оценки степени влияния внешних сил, давлений, сопротивлений, сил тяжести и сил инерции на работу отдельных элементов или деталей конструкции.

Определение действующих сил на рабочие органы и детали проектируемой машины позволяет в дальнейшем производить расчёты на прочность деталей, на надёжность и долговечность элементов конструкции, а также определить потребную для работы оборудования мощность привода. Зная силы, действующие на различные детали объекта проектирования, можно более обоснованно выбрать форму и размеры последних, назначить материалы для их изготовления и способ их обработки, разработать систему смазки и т.д.

Методика определения указанных сил для каждого типа машин, применяемых для переработки молока и мяса, имеет свои особенности. Однако, в общем случае следует учитывать две группы сил. В первую из них входят силы производственного сопротивления (технологические силы), на преодоление которых затрачивается работа, необходимая для выполнения технологического процесса. Величина этих сил в основном зависит от физико-механических свойства перерабатываемого сырья и технологических режимов

работы оборудования (скорости рабочего органа, подачи сырья, его температуры и т.д.).

Во вторую группу входят силы непроизводственных сопротивлений, основу которых составляют силы трения различного происхождения. Эти силы определяют как произведение силы нормального давления  $P_{Нi}$  на коэффициент трения  $f_i$  в каждой трущейся паре:

$$T_i = P_{Нi} \cdot f_i , \quad (3.13)$$

где  $T_i$  - сила трения, Н;

$P_{Нi}$  - сила нормального давления, Н;

$f_i$  - коэффициент трения.

В уточнённых расчётах могут учитываться и силы третьей группы - динамические силы. Эти силы - силы инерции, возникающие при движении элементов конструкции с ускорением, рассчитываются по известным методикам, изложенным в специальной литературе [1].

В курсовом проектировании эти силы обычно учитываются с помощью коэффициентов, принимаемых с учетом опыта проектирования машин данного типа.

Полученные ранее параметры: производительность, конструктивные размеры рабочих органов проектируемой машины, действующие на них силы, а также кинематические характеристики, в совокупности позволяют определить потребное количество энергии для привода машины.

Единой методики определения мощности привода машины не существует ввиду большого разнообразия их типов, а также технологических процессов и операций, осуществляемых с помощью оборудования, предназначенного для переработки различного вида сырья, иногда значительно различающегося между собой по физико-механическим свойствам.

В приложении 3 приведены формулы и рекомендации для определения мощности привода основных типов машин, применяемых для переработки молока и мяса.

При этом следует иметь ввиду, что в основе всех этих формул лежит общее положение, исходящее из самого определения мощности; при равномерном движении, потребная мощность  $N$  для его осуществления равна работе  $A$ , совершённой в единицу времени, и рассчитывается как произведение силы и скорости:

$$N = \frac{A}{\tau} = F \frac{S}{\tau} = F \cdot v, \quad (3.14)$$

где  $N$  – потребная мощность, Вт;

$A$  – работа, Дж;

$F$  – действующая сила, Н;

$S$  – пройденный путь, м;

$v$  – скорость, м/с;

$\tau$  – время, с.

Для случая вращения тела с постоянной скоростью, мощность привода определяется по формуле:

$$N = T \cdot \pi \cdot n / 30, \quad (3.15)$$

где  $T$  – вращающий момент, Нм;

$n$  – частота вращения вала, мин<sup>-1</sup>.

В некоторых случаях формула (3.14) может быть использована и для случая вращательного движения. Например, мощность, затрачиваемую для преодоления силы трения в подшипнике скольжения, можно рассчитать как произведение силы трения  $K$  в подшипнике, возникающей от радиальной составляющей реакции опоры и окружной скорости цапфы вала:

$$N = R \cdot v \quad (3.16)$$

С учетом того, что

$$R = f \cdot G, \quad (3.17)$$

где  $f$  – коэффициент трения в подшипнике;

$G$  – сила тяжести, Н;

$A$  – окружная скорость цапфы равна:

$$v = \pi \cdot D \cdot n / 60, \quad (3.18)$$

где  $D$  – диаметр цапфы, м.

Мощность, затрачиваемая на преодоление силы трения в подшипнике равна:

$$N = f \cdot G \cdot \pi \cdot D \cdot n / 60 \approx 0,05f \cdot G \cdot D \cdot n \quad (3.19)$$

Таким образом, если нагрузка в течении определённого отрезка времени (например, кинематического цикла) существенно не меняется, то найдя её и умножив на скорость рабочего органа, можно рассчитать мощность, необходимую для приведения в движение этого рабочего органа. Эта мощность с учётом мощности, потребной на преодоление различных сопротивлений, позволяет определить мощность привода рабочего органа проектируемой машины.

Номинальную мощность  $N_{эд}$  электродвигателя определяют с учётом КПД передачи мощности от вала электродвигателя к ведущему валу рабочего органа:

$$N_{эд} = \frac{N_{вр}}{\eta}, \quad (3.20)$$

где  $N_{эд}$  – номинальная мощность электродвигателя, Вт;

$N_{вр}$  – мощность на валу рабочего органа, Вт;

$\eta$  - КПД привода.

При последовательном соединении нескольких передач их общий КПД определяется с учётом КПД каждой передачи, входящей в механизм. Примерные значения КПД некоторых передач приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Примерные значения КПД

Тип передачи	Обозначение	Открытая	В масляной ванне
Зубчатая	$\eta_з$	0,93...0,94	0,95...0,97
Червячная с цилиндрическим червяком при числе заходов чарвяка:	$\eta_ч$		
I заход		0,50	0,70
II захода		0,60	0,75...0,80
IV захода		-	0,80...0,90
Цепная	$\eta_ц$	0,90	0,94...0,97
Фрикционная	$\eta_{фр}$	0,70...0,88	0,90...0,96
Ременная	$\eta_р$	0,90...0,94	-
Для одной опоры с подшипником качения	$\eta_{пк}$	0,99...0,995	-
Для одной опоры с подшипником скольжения	$\eta_{пс}$	0,98...0,99	-

Если в машинах кинематическая цепь разветвляется для привода нескольких рабочих органов или транспортирующих устройств, то мощности для их привода суммируются на том валу, на котором начинается это разветвление.

### **3.5.2 Выбор электродвигателя привода машины**

Электродвигатели привода проектируемой машины подбираются в зависимости от мощности, необходимой для вращения ведущего вала, частоты вращения последнего, а также условий эксплуатации и требуемого конструктивного исполнения двигателя.

В приводах машин для переработки молока и мяса обычно используют трёхфазные асинхронные электродвигатели переменного тока. В сравнении с синхронными такие двигатели имеют ряд преимуществ: простота конструкции, меньшая стоимость, более простой уход, непосредственное включение в трёхфазную сеть переменного тока без преобразователей. Недостатки их в сравнении с синхронными двигателями - меньший КПД, а в сравнении с двигателями постоянного тока - ограниченная возможность регулирования угловой скорости.

В том случае, если в задании на курсовое проектирование отсутствуют особые условия, регламентирующие применение каких-либо конкретных электродвигателей, выбор можно ограничить трехфазными асинхронными короткозамкнутыми двигателями серии 4А общего назначения (защищёнными, мощностью 15...400 кВт или закрытыми обдуваемыми мощностью 0,06...315 кВт). Вторая группа рекомендуется для приводов общего назначения. Техническая характеристика этих электродвигателей приведена в приложении 4. В связи с тем, что большая часть машин, применяемых для переработки молока и мяса, часто включается и выключается, а также имеет повышенное статическое сопротивление и значительный динамический момент в период пуска, выбранный электродвигатель чаще всего проверяется по величине пускового момента. Для некоторых случаев проектирования при подборе электродвигателя может быть рекомендована его проверка на нагрев при установившемся и переходных режимах, а также при кратковременной перегрузке. Методика этих расчётов приведена в специальной литературе.

### **3.6 Кинематические расчёты**

Предварительным этапом кинематических расчётов является определение расчётной производительности проектируемой машины и подбор

электродвигателя для её привода. При этом производительность машины наряду с технологическими требованиями к процессу приготовления продукта является базой для обоснования и выбора основных кинематических параметров рабочих органов (скорость, частота и величина перемещения и т.д.). С другой стороны указанные параметры в меньшей, а потребная производительность машины в большей степени влияют на показатели выбранного электродвигателя для привода машины: его типоразмер, мощность и частоту вращения ротора. Поэтому конечной целью этих расчётов является обоснованное расчётами создание кинематической цепи, обеспечивающей передачу движения от ротора электродвигателя на рабочий орган проектируемого объекта. На первом этапе кинематического расчёта составляется кинематическая схема машины, на которой в соответствии с ГОСТ 2.770-68 необходимо изобразить все элементы привода, начиная от электродвигателя до рабочих органов.

При этом на схеме должно быть отражено взаимодействие всех её элементов, связанных с осуществлением, регулированием и управлением технологического процесса проектируемой машины. В отдельных случаях схема может дополняться контурами рабочих органов или наиболее важных, с точки зрения технологического процесса, частей машины.

Элементы схемы изображают без соблюдения масштабов, но с учётом взаимного расположения и соотношения между размерами отдельных частей машины.

Второй этап кинематического расчёта определяется, в основном, целью проектирования. При этом заданием на проектирование может быть сделан упор как на кинематический расчёт исполнительного, так и передаточного (трансмиссионного) механизмов машины.

Кинематический расчёт исполнительных механизмов предполагает определение параметров и характеристик основных исполнительных движений отдельных звеньев и рабочих органов; пределов регулирования различных параметров движения; размеров, определяющих пределы перемещений (длину перемещения, угол поворота исполнительного органа и т.д.); передаточных отношений отдельных кинематических пар, входящих в исполнительный механизм, и некоторых других показателей, перечень которых зависит от сложности проектируемого объекта. Такой расчёт характерен для проекта, в котором разрабатывается принципиально новая конструкция рабочего органа машины или необходимы уточненные сведения для расчёта отдельных элементов рабочего органа на прочность.

Более часто в курсовых проектах проводится кинематический расчёт передаточных механизмов, который включает в себя следующие этапы:

1. Определяется общее передаточное число  $i_{OB}$  от вала электродвигателя, имеющего частоту вращения  $\Pi_{ЭД}$ , до вала, на котором крепится ведущее звено исполнительного механизма, и имеющему частоту вращения  $\Pi_{БД}$ :

$$i_{OB} = \frac{\Pi_{ЭД}}{\Pi_{БД}} \quad (3.21)$$

2. Общее передаточное отношение всей кинематической цепи привода распределяется между ее отдельными механизмами:

$$i_{OB} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots i_n \quad (3.22)$$

где  $i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots i_n$  - передаточные числа передаточных механизмов (счет ведется в направлении от электродвигателя к рабочему органу). Передаточные числа отдельных механизмов имеют следующие значения (табл.3.2).

Таблица 3.2 - Передаточные числа отдельных механизмов

Тип передачи	Рекомендуемые значения	Наибольшее значение
Зубчатая передача в закрытом корпусе: цилиндрическими колесами	3...6	12,5
Открытая зубчатая передача	1...3	6,3
Червячная передача	3...7	15...20
открытая		
закрытая	10...60	120
Цепная передача	10...40	80
Фрикционная передача цилиндрическими катками	3...6 2...4	8 8
Ременная передача		
открытая, плоским ремнем	2...5	6
то же с натяжным роликом	4...6	8
клиновым ремнем	2...5	7

3. Определяются конструктивные параметры каждого передающего механизма. В зубчатых и цепных передачах определяются числа зубьев ведущих  $Z_{ВД}$  и ведомых  $Z_{ВМ}$  зубчатых колес или звездочек:

$$i_{зп} = \frac{Z_{ВМ}}{Z_{ВД}} \quad (3.23)$$

Для ременных передач определяются расчетные диаметры шкивов:

$$i_{рп} = \frac{D_{ВМ}}{D_{ВД}}, \quad (3.24)$$

где  $D_{ВМ}$  и  $D_{ВД}$  – соответственно диаметры ведомого и ведущего шкивов.

При этом меньший диаметр шкива и меньшее число зубьев выбирают с учетом требований, изложенных в специальной литературе.

1. Определяется частота вращения валов каждого из передаточных механизмов кинематической цепи. Для зубчатых и цепных передач критерием расчета служит соотношение:

$$i_{эл} = \frac{Z_{ВМ}}{Z_{ВД}} = \frac{n_{ВД}}{n_{ВМ}} \quad (3.25)$$

Для ременных передач соотношение имеет вид:

$$i_{рп} = \frac{D_{ВМ}}{D_{ВД}} = \frac{n_{ВД}}{n_{ВМ}} \quad (3.26)$$

2. Если в кинематической цепи имеются вариаторы, то для них определяются предельные (максимальные и минимальные) значения передаточных чисел и частоты вращения выходного вала.

3. Для имеющихся в кинематической цепи поступательно движущихся элементов передаточных механизмов (винтов, гаек, толкателей, плунжеров и т.д.) определяются скорости и перемещения.

В заключении следует особо подчеркнуть, что результаты кинематического расчета машины обязательно должны быть учтены при расчете отдельных ее элементов на прочность.

### 3.7 Расчёты деталей на прочность

При проектировании машин и аппаратов для переработки продукции животноводства и растениеводства в расчётах деталей на прочность обычно решается два типа задач.

В первом из них рассчитываются различные элементы аппаратов (корпуса, крышки, днища и т.д.).

Второй тип задач включает в себя расчёт различных механических передач, разъёмных и неразъёмных соединений, муфт, валов, осей и подшипников.

При расчёте тонкостенных аппаратов и труб ( $\delta < 0,03$ ), работающих под внутренним избыточным давлением, определяют разрывающую силу в продольном сечении корпуса от действия внутреннего избыточного давления и уравнивающую силу от напряжения, возникающего в металле стенки корпуса от разрывающей силы. Приравнявая обе силы и подставляя в полученное выражение значение допускаемого напряжения, возникающего в металле продольного сечения аппарата, определяют толщину корпуса аппарата.

Расчёт толстостенных цилиндрических корпусов, работающих под давлением, вводится к определению толщины стенки корпуса в зависимости от отношения наружного диаметра к внутреннему.

Цилиндрические корпуса, работающие под внешним избыточным давлением, рассчитывают исходя из необходимой толщины стенки корпуса, работающего на сжатие. При этом расчётная толщина стенки корпуса аппарата проверяется на устойчивость по формуле для определения критического давления. Для горизонтальных аппаратов запас устойчивости принимают равным пяти, а для вертикальных — четырём, и при этих условиях определяют толщину стенки корпуса из выражения для критического давления.

Толщину стенок крышек и днищ аппаратов определяют в зависимости от их формы и условий нагружения [1].

В некоторых случаях ориентировочный расчет толщины труб, воспринимающих внутреннее давление, может быть выполнен на основании эмпирической зависимости:

$$\delta = P \cdot d \cdot k_M \cdot k_{КОР}, \quad (3.27)$$

где  $\delta$  - толщина трубы, см;

$P$  - внутреннее избыточное давление, Н/см<sup>2</sup>;

$d$  - внутренний диаметр трубы, см;

$k_M$  - коэффициент, учитывающий материал трубы ( $k_M = 0,0017$  для медных труб;

$k_M = 0,0013$  для латунных труб;  $k_M = 0,005$  для алюминиевых труб;

$k_M = 0,0011$  для труб из нержавеющей стали);

$k_{КОР}$  - коэффициент, учитывающий коррозию трубы (для медных и латунных труб  $k_{КОР} = 1,2 \dots 1,3$ ).

Расчёты на прочность деталей механических передач, соединений, валов и т.д. проводят по формулам, изложенным в курсе «Детали машин». Примерное содержание таких расчётов для различных объектов проектирования приведено в приложении 5.

В заключении следует отметить, что при расчётах сложных в техническом отношении машин, необходимо учитывать условие равнопрочности и равной долговечности их отдельных элементов, так как наличие в конструкции хотя бы одной недостаточно прочной или недостаточно долговечной детали значительно снижает надёжность машины в целом.

### **3.8 Методика разработки операционной технологической карты проектируемой машины**

Операционная технологическая карта проектируемой машины разрабатывается с целью детального изучения конструктивных особенностей этой машины совместно с выполняемым ею технологическим процессом. В зависимости от задания на курсовое проектирование, операционная карта может быть представлена в расчётно-пояснительной записке или выполнена на листе графической части.

Операционная карта представляет собой лист заданного формата, условно разделённый на несколько участков. На каждом из этих участков в определённой последовательности приводятся данные, сгруппированные по следующим направлениям (вопросам):

1. Полное название оборудования (машины, аппарата) и его краткая техническая характеристика.
2. Условия работы оборудования и требования к сырью.
3. Технологическая схема машины.
4. Основные регулировки машины.
5. Режим и сменное время работы машины.
6. Удельные показатели расхода электроэнергии, пара, холода, воды и т.д. на единицу получаемой продукции.
7. Оборудование и методы оценки качества готового продукта.

Пример выполнения операционной технологической карты вакуум-дезодорационной установки ОДУ-3М приведен в приложении 6.

### **3.9 Охрана труда и экологическая безопасность проекта**

В этом разделе необходимо кратко описать основные правила безопасности труда при монтаже, ремонте и эксплуатации объекта разработки. Подробно описывается наличие опасных зон в процессе работы проектируемого оборудования и способы защиты от действия отмеченных при этом опасных факторов. Следует внимательно проанализировать, как конструктивные изменения модернизируемого оборудования скажутся на безопасности труда обслуживающего персонала и пожарной безопасности.

В том случае, если проектируемые аппараты и машины относятся к оборудованию с повышенной опасностью, то наряду со специальными требованиями по их безопасной эксплуатации, необходимо привести описание предохранительных устройств, которыми они обязательно должны быть оснащены.

Во второй части этого раздела необходимо отразить вопросы экологической оценки проектных решений. В связи с тем, что при работе оборудования по переработке молока и мяса источниками загрязнения окружающей среды являются, в основном отходы производства и вода, применяемая для мойки оборудования, необходимо предусмотреть мероприятия по их очистке и утилизации. С этой целью могут быть предложены различные баки для сбора и нейтрализации концентрированных моющих растворов, перед сбросом последних в канализацию, устройства для предварительной очистки сточных вод, а также очистные сооружения для их биологической очистки.

### 3.10 Технико-экономическая оценка проекта

Экономическая целесообразность внедрения новой или модернизации существующей машины, как правило, доказывается путём её сравнения с базовым образцом, выполняющим те же технологические операции, что и объект проектирования. При этом сравнительный анализ показателей производят не по всем затратам производства, а лишь по тем, которые изменяются в процессе проектирования. К таким затратам могут относиться расходы, связанные с экономией сырья и энергоресурсов, повышением производительности труда и качества продукции, уменьшением массы технологического оборудования и занимаемой им площади. Рекомендуемые показатели, по которым проводится технико-экономическая оценка проекта приведены в табл.3.3.

Часовая производительность оборудования, выпускаемого серийно, берётся из его технической характеристики. Часовая производительность проектируемого оборудования определяется расчётным путём в разделе 3.4. «Технологические расчёты». При этом в расчёте должно быть объективно показано, за счёт чего повышается производительность проектируемой машины в сравнении с базовой.

Сменная производительность оборудования<sup>1</sup> непрерывного действия определяется по формуле:

$$P_{CM} = P_{ч} \cdot \tau_{эф}, \quad (3.28)$$

где  $P_{CM}$  - сменная производительность, кг/в смену;

$P_{ч}$  - часовая производительность, кг/ч;

$\tau_{эф}$  - время эффективной работы оборудования в течение смены, ч.

Для оборудования с периодическим принципом работы, производительность определяется из выражения:

$$P_{CM} = P_{ч} \cdot \tau_{эф} / \tau_{ц} , \quad (3.29)$$

где  $P_{ч}$  - часовая производительность, кг/ч;

$\tau_{ц}$  - время одного цикла работы оборудования;

$\tau_{эф}$  - время эффективной работы оборудования в течение смены, ч.

Таблица 3.3

Показатели	Оборудование	
	Существующее	Проектируемое
Производительность: часовая, кг/ч сменная, кг/ в смену Годовой выпуск продукции, т Количество обслуживающих рабочих, чел. Выработка продукции на одного рабочего в смену, кг Масса машины, кг Удельная материалоемкость, кг/(кг/ч) Мощность электродвигателя, кВт Удельные затраты электроэнергии на 1 кг выпускаемой продукции, кВт·ч/кг Занимаемая производственная площадь, м <sup>2</sup>		

И в первом и во втором случаях время эффективной работы оборудования в течение смены определяется как разность между продолжительностью смены  $\tau_{см}$  и временем, затрачиваемым на подготовительно-заключительные работы и техническое обслуживание  $\tau_{пзр}$  (разборка, чистка, сборка, мойка), производимые в течение смены:

$$\tau_{эф} = \tau_{см} - \tau_{пзр} \quad (3.30)$$

В длительность цикла  $\tau_{ц}$  включается время, затраченное на непосредственную работу оборудования, а также на выполнение вспомогательных операций (загрузка и выгрузка).

Годовой выпуск продукции для каждого вида оборудования определяется по формуле:

$$P_{Г} = P_{CM} \cdot \tau_{Г} , \quad (3.31)$$

где  $P_G$  - годовой выпуск продукции, кг;

$P_{CM}$  - сменная производительность, кг/ в смену;

$\tau_G$  - число рабочих смен в год (для городских молочных заводов и мясокомбинатов  $\tau_G = 600$ ; для молочно консервных заводов  $\tau_G = 650$ ; для сыродельных, маслодельных и мясоперерабатывающих предприятий средней мощности  $\tau_G = 500$ ).

Следует особо отметить, что в результате модернизации старого или разработки нового оборудования могут изменяться не только его техническая производительность, но и время, затрачиваемое на подготовительно-заключительные операции, техническое обслуживание и вспомогательные операции, что всю очередь оказывает влияние на сменную производительность сравниваемых машин.

Выработка продукции на одного рабочего  $V_{пр}$  может увеличиваться или при сокращении обслуживающего персонала в результате модернизации оборудования, или в результате повышения производительности оборудования:

$$V_{пр} = P_{ч} \cdot \tau_{эф} / P, \quad (3.32)$$

где  $V_{пр}$  - выработка продукции на одного рабочего, кг;

$P_{ч}$  - часовая производительность, кг/ч;

$\tau_{эф}$  - время эффективной работы оборудования в течение смены, ч;

$P$  - число рабочих, обслуживающих машину.

В том случае, если рабочий обслуживает несколько машин, количество вырабатываемой им продукции будет равно:

$$V_{пр} = P_{ч} \cdot \tau_{эф} \cdot n, \quad (3.33)$$

где  $n$  – число машин, обслуживаемых одним рабочим.

Потребность электроэнергии на единицу произведённой продукции определяется с учётом мощности электродвигателей, установленных на сравниваемом оборудовании, времени его эффективной работы в час, коэффициента использования мощности двигателя и часовой производительности машин:

$$k_{э} = N_{э} \tau_{эф} k_{ИМД} / P_{ч}, \quad (3.34)$$

где  $k$  - удельные затраты электроэнергии на 1кг выпускаемой продукции, кВт· ч/кг;

$N_{э}$  - мощность электродвигателей оборудования, кВт;

$k_{имд}$  - коэффициент использования мощности электродвигателя.

В некоторых случаях в результате модернизации оборудования снижается не только расход электроэнергии, но и уменьшается потребление холода, воды, пара, сжатого воздуха и т.д. В этом случае в сводной таблице технике -экономических показателей проекта могут быть отражены и эти показатели.

### **3.11 Составление заключения по выполненному проекту**

В заключении расчётно-пояснительной записки необходимо указать как и за счёт чего реализованы задачи, поставленные в проекте.

При этом следует подчеркнуть не только главные особенности проектируемого объекта, за счёт которых достигнуто увеличение производительности машины или уменьшение расхода сырья, увеличение производительности труда обслуживающего персонала или снижение материалоемкости и т.д., но и отметить влияние проектных решений на технологический процесс производства данной продукции в целом. Можно также указать на полезность отдельных выполненных разделов (технологических расчётов, предложений по экологическому обоснованию проекта и т.д.)

В конце заключения отмечают экономический или иной (социальный, экологический) эффект, полученный в результате сравнительного анализа показателей объекта разработки проекта и аналога.

### Список рекомендуемой литературы

- 1.Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности,- М.:Колос, 2001.
- 2.Корнюшко Л.М. Оборудование для производства колбасных изделий: Справочник .-М: Колос, 1993.- 304 с.
- 3.Кузьмин А.В. и др. Расчеты деталей машин. Справочное пособие-3-е изд. перераб. и доп. - Мн.: Высшая школа, 1996.- 400 с.
- 4.Курсовое и дипломное проектирование технологического оборудования пищевых производств. О.Г.Лунин, В.Н.Вельтищев, Ю.М.Березовский и др.- М: Агропромиздат, 1990.-269с
- 5.Курочкин А.А. Ляшенко В.В. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства: Учебное пособие. М.: Колос, 2001. - 440с.
- 6.Лунин О.Т., Вельтищев В.Н. Теплообменные аппараты пищевых производств,- М.: Агропромиздат, 1987.-250 с.
- 7.Коба В.Г. и др. Механизация и технология производства продукции животноводства. М.: Колос, 2000.-528 с.
8. Митян В.В. Курсовое и дипломное проектирование оборудования предприятий мясной и молочной промышленности.-М.: Колос, 1992.-271 с.
9. Свириденко А.К., Березин А.Н. Технологическое оборудование для переработки молока и молочных продуктов: Учеб. пособие. Саратов: Саратов.с.-х.акад.,1996.-340с
10. Бредихин И.Л. Технологическое оборудование мясокомбинатов. М.: Колос, 1997,-392 с.
11. Крисанов А.Ф., Хайсанов Д.К. Технология производства, хранения, переработки и стандартизации продукции животноводства. - М:Колос, 2000. - 208с.
- 12.Чекмарёв А.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению - М.: Высшая школа, 1994.-271 с.
- 13.Демский А.Б. Справочник «Оборудование для производства муки и крупы». М.:Агропромиздат,1990.
- 14.Щербаков В.Г. «Технология получения растительных масел». М.: Колос, 1992.
- 15.Личко Н.М. «Технология переработки продукции растениеводства». М.: Колос, 2000.
- 16.Дикис М.Я., Мальский А.Н. «Технологическое оборудование консервных заводов». М.: ПП, 1996.

- 17.Скрипников Ю.Г., Гореньков Э.С. «Оборудование предприятий по хранению и переработке плодов и овощей». М.: Колос, 1993.
- 18.Бутовский В.А., Мельникова Е.М. «Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства». М.: Агропромиздат, 1999.
- 19.Соколов А.Я. «Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна». М.: Колос, 1984.
- 20.Ситников Е.Д. «Сборник задач по курсу технологическое оборудование консервных заводов». М.: ПП, 1975.
- 21.Баранцев В.И. «Сборник задач по процессам и аппаратам пищевых производств». М.: Агропромиздат, 1985.
- 22.Лунин О.Г. «Курсовое и дипломное проектирование технологического оборудование пищевых производств». М.: Агропромиздат, 1990.
- 23.Лунин О.Г., Вельтишев В.Н. «Теплообменные аппараты пищевых производств». М.: Агропромиздат, 1987.

Приложение 1

<p>Маслоизготовители непрерывного действия (по сбивальному цилиндру)</p>	$Q = \frac{V_{ц} \cdot \rho_{сл}}{\tau}, \text{ кг/с}$ $V_{ц} = \frac{\pi(D_{ц}^2 - d_6^2)}{4} \cdot L_{ц} \cdot \rho_{м}^3$	<p><math>V_{ц}</math> – объем сливок, находящихся в сбивальном цилиндре маслоизготовителя, м<sup>3</sup>;  <math>\rho_{сл}</math> – плотность сливок, кг/м<sup>3</sup>;  <math>\tau</math> – время нахождения сливок в цилиндре, в течение которого образуется масляное зерно, с;  <math>D_{ц}</math> – диаметр сбивального цилиндра, м;  <math>d_6</math> – диаметр окружности описываемой билами сбивателя, м;  <math>L_{ц}</math> – длина цилиндра, м.</p>	<p><math>\rho_{сл} = 980 \text{ кг/м}^3</math>;  <math>\tau = 2,5 \text{ с}</math>;  <math>D_{ц} = 0,25 \text{ м}</math>;  <math>d_6 = 0,246 \text{ м}</math>;  <math>L_{ц} = 0,745 \text{ м}</math>.</p>
<p>Маслоизготовители непрерывного действия (по текстуратору)</p>	$Q = k \cdot z \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \psi \cdot S \cdot n \cdot \rho_{м}, \text{ кг/с}$	<p><math>k</math> – коэффициент, учитывающий проскальзывание и перемешивание масла шнеками, а также их перекрытие;  <math>z</math> – число шнеков текстуратора;  <math>d</math> – диаметр шнека, м;  <math>\psi</math> – коэффициент наполнения шнека;  <math>S</math> – шаг витка шнека, м;  <math>n</math> – частота вращения шнека, с<sup>-1</sup>;  <math>\rho_{м}</math> – плотность масла, кг/м<sup>3</sup>.</p>	<p><math>k = 0,1</math>  <math>z = 2</math>  <math>d = 0,16 \text{ м}</math>  <math>\psi = 0,9 \dots 1,0</math>  <math>S = 0,085 \text{ м}</math>;  <math>n = 0,33 \dots 1 \text{ с}^{-1}</math>;  <math>\rho_{м} = 930 \text{ кг/м}^3</math>.</p>
<p>Сырорезательные машины</p>	$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot z \cdot \delta \cdot n \cdot \rho_0 \cdot \eta, \text{ кг/с}$	<p><math>d</math> – диаметр диска, м;  <math>z</math> – число ножей;  <math>\delta</math> – толщина стружки сыра, снимаемой ножом, м;  <math>n</math> – частота вращения диска, с<sup>-1</sup>;  <math>\rho_0</math> – плотность сыра, кг/м<sup>3</sup>;  <math>\eta</math> – общий КПД машины.</p>	<p><math>\delta = 0,01 \dots 0,02 \text{ м}</math>  <math>n = 1,6 \dots 2,5 \text{ с}^{-1}</math>;  <math>\eta = 0,5 \dots 0,6</math></p>
<p>Вальцовочные машины</p>	$Q = \pi \cdot d_B \cdot \delta \cdot n \cdot \rho_n, \text{ кг/с}$	<p><math>d_B</math> – диаметр вальцов, м;  <math>\delta</math> – толщина слоя продукта на вальцах, м;  <math>n</math> – частота вращения вальцов, с<sup>-1</sup>;  <math>\rho_n</math> – плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;</p>	

Приложение 2

<p>Фризеры непрерывного действия</p>	$Q = \frac{z \cdot \delta_m \cdot n}{10^6 \cdot k} \cdot S \cdot \rho_{см}, \text{ кг/с}$	<p>z – количество ножей;  <math>\delta</math> – толщина слоя мороженого, срезаемого одним ножом, м;  n – частота вращения ножей, с<sup>-1</sup>;  S – площадь внутренней поверхности цилиндра фризера, м<sup>2</sup>;  <math>\rho_{см}</math> – средняя плотность замороженной и незамороженной смеси мороженого, кг/м<sup>3</sup>;  k – коэффициент, учитывающий неравномерность срезания, а также размораживание слоя мороженого при срезании.</p>	<p><math>\delta = 10 \dots 25 \text{ мкм}</math></p> <p><math>\rho_{см} = 860 \dots 930 \text{ кг/м}^3</math></p> <p>k = 1,3 ... 1,5</p>
<p>Шпигорезки непрерывного действия</p>	$Q = F_c \cdot v_{\Delta} \cdot \rho_{п} \cdot \varphi = a \cdot b \cdot d \cdot n \cdot \rho_{п} \cdot \varphi, \text{ кг/с}$	<p><math>F_c</math> – площадь проходного сечения горловины питателя, м<sup>2</sup>;  <math>v_{\Delta}</math> – скорость прохождения продукта через блок ножевых рамок, м/с;  <math>\rho_{п}</math> – плотность обрабатываемого продукта, кг/м<sup>3</sup>;  <math>\varphi</math> – коэффициент, учитывающий эффективное использование проходного сечения ножевых рамок;  a, b – размеры горловины питателя, м;  d – подача шпика на один оборот серповидного ножа (длина кубика шпика), м;  n – частота вращения серповидного отсекающего ножа, с<sup>-1</sup>.</p>	<p>a = 0,3 ... 0,4 м  b = 0,1 ... 0,2 м  d = 0,004 ... 0,012 м  n = 0,33 ... 0,50 с<sup>-1</sup>.</p>
<p>Волчки (по режущей способности измельчающего механизма)</p>	$Q = a \cdot F / F_{y0}, \text{ кг/с}$ $F = \frac{\pi D^2}{4} \cdot n \cdot (\varphi_1 k_1 + \varphi_2 k_2 \dots \varphi_k k_k), \text{ м}^2 / \text{с}$ $\varphi = \frac{z \cdot d^2}{D^2}$	<p><math>\alpha</math> – коэффициент использования режущей способности измельчающего механизма;  F – режущая способность измельчающего механизма, м<sup>2</sup>/с;  <math>F_{уд}</math> – удельная поверхность продуктов после измельчения, м<sup>2</sup>/кг;  D – диаметр решетки, м;  n – частота вращения ножей, с<sup>-1</sup>;</p>	<p><math>\alpha = 0,7 \dots 0,8</math></p> <p>При диаметре отверстий решетки 2 ... 3 мм <math>F_{уд} = 0,8 \dots 1,2 \text{ м}^2 / \text{кг}</math>;</p>

Мощность привода оборудования для переработки молока и мяса

Наименование оборудования	Формулы	Обозначения	Справочные данные
Оборудование для переработки мяса			
Мешалки пропеллерного типа	$N = 0,01 \cdot K \cdot d^{4,36} \cdot n^{2,78} \cdot \rho^{0,78} \cdot \mu^{0,22} \cdot \eta_d,$ кВт	K – эмпирический коэффициент; d – диаметр мешалки, м; n – частота вращения мешалки, мин <sup>-1</sup> ; ρ – плотность продукта, кг/м <sup>3</sup> ; μ – динамическая вязкость продукта, Па·с; η <sub>д</sub> – коэффициент запаса прочности двигателя.	K = 1,5...2
Мешалки лопастные горизонтальные	$N = 0,038 \cdot K_1 \cdot \rho \cdot h \cdot n^3 \cdot d_L^2 \cdot z \cdot \eta_d,$ кВт	K <sub>1</sub> – коэффициент, зависящий от соотношения размеров лопасти; h – высота лопасти, м; n – частота вращения мешалки, мин <sup>-1</sup> ; d <sub>л</sub> – диаметр лопасти, м; z – число лопастей; η <sub>д</sub> – коэффициент запаса мощности двигателя.	η <sub>д</sub> = 1,5 K <sub>1</sub> = 1,1...1,4
Насосы центробежного типа	$N = \frac{\rho_n \cdot V_n \cdot H_n \cdot \eta_d}{102 \cdot \eta},$ кВт	ρ – плотность продукта, кг/м <sup>3</sup> ; V <sub>н</sub> – объемная подача насоса, м <sup>3</sup> /с; H <sub>н</sub> – напор насоса, м; η <sub>д</sub> – коэффициент запаса мощности двигателя; η – КПД насоса.	η <sub>д</sub> = 1,5 η = 0,45...0,75
Насосы остальных типов	$N = \frac{V_n (P - P_0)}{3600 \cdot \eta}$ $\eta = \eta_\Gamma \cdot \lambda \cdot \eta_M$ кВт	V <sub>н</sub> – объемная подача насоса, м <sup>3</sup> /с; P – давление, создаваемое насосом, Н/м <sup>2</sup> ; P <sub>0</sub> – атмосферное давление, Н/м <sup>2</sup> ; η <sub>д</sub> – коэффициент запаса мощности двигателя; η – КПД насоса; η <sub>Г</sub> – гидравлический КПД; η <sub>М</sub> – механический КПД; λ – коэффициент подачи.	η <sub>д</sub> = 1,5 η = 0,7...0,85 η <sub>М</sub> = 0,99 λ = 0,85...0,9

Мощность привода оборудования для переработки молока и мяса

Наименование оборудования	Формулы	Обозначения	Справочные данные
Оборудование для переработки мяса			
Мешалки пропеллерного типа	$N = 0,01 \cdot K \cdot d^{4,36} \cdot n^{2,78} \cdot \rho^{0,78} \cdot \mu^{0,22} \cdot \eta_D,$ кВт	<p>K – эмпирический коэффициент;</p> <p>d – диаметр мешалки, м;</p> <p>n – частота вращения мешалки, мин<sup>-1</sup>;</p> <p>ρ – плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;</p> <p>μ – динамическая вязкость продукта, Па·с;</p> <p>η<sub>D</sub> – коэффициент запаса прочности двигателя.</p>	K = 1,5...2  η <sub>D</sub> = 1,5
Мешалки лопастные горизонтальные	$N = 0,038 \cdot K_1 \cdot \rho \cdot h \cdot n^3 \cdot d_L^2 \cdot z \cdot \eta_D,$ кВт	<p>K<sub>1</sub> – коэффициент, зависящий от соотношения размеров лопасти;</p> <p>h – высота лопасти, м;</p> <p>n – частота вращения мешалки, мин<sup>-1</sup>;</p> <p>d<sub>L</sub> – диаметр лопасти, м;</p> <p>z – число лопастей;</p> <p>η<sub>D</sub> – коэффициент запаса мощности двигателя.</p>	K <sub>1</sub> = 1,1...1,4  η <sub>D</sub> = 1,5
Насосы центробежного типа	$N = \frac{\rho_n \cdot V_n \cdot H_n \cdot \eta_D}{102 \cdot \eta},$ кВт	<p>ρ – плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;</p> <p>V<sub>n</sub> – объемная подача насоса, м<sup>3</sup>/с;</p> <p>H<sub>n</sub> – напор насоса, м;</p> <p>η<sub>D</sub> – коэффициент запаса мощности двигателя;</p> <p>η – КПД насоса.</p>	η <sub>D</sub> = 1,5 η = 0,45...0,75
Насосы остальных типов	$N = \frac{V_n(P - P_0)}{3600 \cdot \eta},$ кВт $\eta = \eta_G \cdot \lambda \cdot \eta_M$	<p>V<sub>n</sub> – объемная подача насоса, м<sup>3</sup>/с;</p> <p>P – давление, создаваемое насосом, Н/м<sup>2</sup>;</p> <p>P<sub>0</sub> – атмосферное давление, Н/м<sup>2</sup>;</p> <p>η<sub>D</sub> – коэффициент запаса мощности двигателя;</p> <p>η – КПД насоса;</p> <p>η<sub>G</sub> – гидравлический КПД;</p> <p>η<sub>M</sub> – механический КПД;</p> <p>λ – коэффициент подачи.</p>	η <sub>D</sub> = 1,5  η = 0,7...0,85 η <sub>M</sub> = 0,99 λ = 0,85...0,9

			<p><math>\Phi_1 \dots \Phi_i</math> – коэффициенты, учитывающие использование площади решеток под отверстия для прохождения продукта;</p> <p><math>k_1 \dots k_i</math> – число лезвий на каждом ноже;</p> <p><math>z</math> – количество отверстий в решетке;</p> <p><math>d</math> – диаметр отверстий решетки, м.</p> <p><math>D_H</math> – диаметр шнека наружный, м;</p> <p><math>D_B</math> – диаметр шнека внутренний, м;</p> <p><math>S_{Ш}</math> – шаг шнека, м;</p> <p><math>n_{Ш}</math> – частота вращения шнека, <math>c^{-1}</math>;</p> <p><math>\rho_{ПР}</math> – плотность измельчающего продукта, <math>кг/м^3</math>;</p> <p><math>k_{Ш}</math> – коэффициент использования шнека.</p>	<p>при диаметре отверстий решетки</p> <p><math>16 \dots 25 \text{ мм}</math> <math>F_{уд} =</math></p> <p><math>0,07 \dots 0,09 \text{ м}^2/\text{кг}</math>;</p> <p><math>n = 5 \dots 10 \text{ с}^{-1}</math></p>
Волчки (по пропускной способности шнека)	$Q = 0,785(D_H^2 - D_B^2) \cdot S_{Ш} \cdot n_{Ш} \cdot \rho_{ПР} \cdot k_{Ш},$ <p>кг/с</p>		<p><math>S_{Ш} = 0,15 \dots 0,2 \text{ м}</math></p> <p><math>n_{Ш} = 2 \dots 3 \text{ с}^{-1}</math>;</p> <p><math>\rho_{ПР} = 950 \dots 1050 \text{ кг/м}^3</math>;</p> <p><math>k_{Ш} = 0,25 \dots 0,35</math></p>	
Эксцентрово-лопастные шприцы	$Q = 0,785(D_1^2 - D_2^2) \cdot b \cdot n \cdot \rho_{Ф} \cdot k_{Ф}, \text{ кг/с}$		<p><math>D_1</math> – внутренний диаметр корпуса шприца, м;</p> <p><math>D_2</math> – наружный диаметр ротора, м;</p> <p><math>b</math> – ширина ротора, м;</p> <p><math>n</math> – частота вращения ротора, <math>c^{-1}</math>;</p> <p><math>\rho_{Ф}</math> – плотность фарша, <math>кг/м^3</math>;</p> <p><math>k_{Ф}</math> – коэффициент подачи фарша в шприц.</p>	<p><math>k_{Ф} = 0,5 \dots 0,65</math></p>
Двухшнековые шприцы	$Q = 0,785(D_H^2 - D_B^2) \cdot S \cdot k_{\gamma} \cdot n \cdot \rho_{Ф} \cdot k_{Ф} / \cos \alpha,$ <p>кг/с</p>		<p><math>D_H</math> – наружный диаметр рабочей части шнека, м;</p> <p><math>D_B</math> – внутренний диаметр рабочей части шнека, м;</p> <p><math>S</math> – шаг шнека, м;</p> <p><math>k_{\gamma}</math> – коэффициент увеличения ширины впадины шнека;</p> <p><math>n</math> – частота вращения шнека, <math>c^{-1}</math>;</p> <p><math>\rho_{Ф}</math> – плотность фарша, <math>кг/м^3</math>;</p> <p><math>k_{Ф}</math> – коэффициент подачи фарша в шприц;</p> <p><math>\alpha</math> – угол подъема винтовой линии шнека, град.</p>	<p><math>k_{\gamma} = 1,075</math></p> <p><math>k_{Ф} = 0,5 \dots 0,65</math></p>

<p>Маслоизготовители</p>	$N = (N_1 + N_2) \cdot \eta_d / (\eta_1 \cdot \eta_2), \text{ кВт}$ $N_1 = \pi \cdot d_B \cdot L \cdot 2,45 \cdot 10^{-5} \cdot \rho_C \cdot v_1^3,$ $N_2 = 7,7 \cdot 10^{-3} \cdot v_2 \cdot d_0^2 \cdot n_0 \cdot \Delta P, \text{ кВт}$	<p><math>N_1</math> – мощность, потребляемая мешалкой сбивателя, кВт;  <math>N_2</math> – мощность, потребляемая шнеком текстуратора, кВт;  <math>\eta_d</math> – коэффициент запаса мощности двигателя;  <math>\eta_1</math> – КПД передачи от двигателя к мешалке;  <math>\eta_2</math> – КПД передачи от двигателя к шнеку текстуратора;  <math>d_B</math> – внутренний диаметр цилиндра сбивателя, м;  <math>L</math> – длина цилиндра сбивателя, м;  <math>\rho_C</math> – плотность сливок, кг/м<sup>3</sup>;  <math>v_1</math> – окружная скорость вращения лопастей сбивателя, м/с;  <math>v_2</math> – скорость продавливания продукта через отверстия перфорированной вставки, м/с;  <math>d_0</math> – диаметр отверстий вставки, м;  <math>n_0</math> – количество отверстий в перфорированных вставках;  <math>\Delta P</math> – потери давления, кПа.</p>	<p><math>\eta_d = 1,1 \dots 1,25</math>  <math>\eta_1 = 0,95</math>  <math>\eta_2 = 0,7 \dots 0,85</math></p> <p><math>\rho_C = 980 \text{ кг/м}^3</math></p> <p><math>\Delta P = 150 \dots 200 \text{ кПа}</math></p>
<p>Фризеры непрерывного действия</p>	$N = (N_1 + N_2 + N_3) \cdot \eta_d / \eta, \text{ кВт}$ $N_1 = \delta \cdot L \cdot v_{CP} \cdot z \cdot \text{tg} \alpha \cdot \sigma, \text{ кВт}$	<p><math>N_1</math> – мощность, затрачиваемая на срезание слоя мороженого, кВт;  <math>N_2</math> – мощность, затрачиваемая на вращение взбивающего механизма, кВт;  <math>N_3</math> – мощность, потребляемая для вращения насоса, кВт;  <math>\eta_d</math> – коэффициент запаса мощности двигателя;  <math>\eta</math> – КПД передачи;  <math>\delta</math> – толщина срезаемого слоя, м;  <math>L</math> – длина ножа, м;  <math>v_{CP}</math> – скорость срезания слоя, м/с;  <math>z</math> – число ножей;</p>	<p><math>N_2</math> определяется по формуле для определения мощности, потребляемой мешалкой сбивателя маслоизготовителя</p>

		<p><math>\alpha</math> - угол установки ножа, град;</p> <p><math>\sigma</math> - механическое напряжение при срезании слоя мороженого, Па.</p>	<p><math>\alpha = 32...38^\circ</math></p> <p><math>\sigma = 9,8 \cdot 10^4</math> Па</p>
Вальцовые сушилки	$N = \frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot P \cdot L \cdot z (1 + \mu \cdot tg \alpha)}{100 \cdot \eta}, \text{ кВт}$	<p><math>D</math> - диаметр вальцов, м;</p> <p><math>n</math> - частота вращения вальцов, <math>\text{с}^{-1}</math>;</p> <p><math>P</math> - сила, потребляемая для срезания пленки на 1 м длины ножа, Н/м;</p> <p><math>L</math> - длина вальцов, м;</p> <p><math>z</math> - число вальцов;</p> <p><math>\mu</math> - коэффициент трения ножа о вальцы;</p> <p><math>\alpha</math> - угол наклона ножа к касательной вальца;</p> <p><math>\eta</math> - КПД передачи.</p>	<p><math>P = 300</math> Н/м</p> <p><math>L = 1</math> м</p> <p><math>z = 2</math></p> <p><math>\mu = 0,18</math></p> <p><math>\alpha = 30...45^\circ</math></p> <p><math>\eta = 0,8...0,85</math></p>
Оборудование для переработки мяса			
Шпигорезки	$N = (N_1 + N_2) / \eta_{пр}, \text{ кВт}$ $N_1 = \alpha \cdot \varphi \cdot b \cdot c \cdot n / \alpha, \text{ кВт}$ $N_2 = P_Y \cdot \sum L_{лн} \cdot v_0, \text{ кВт}$	<p><math>N_1</math> - мощность, потребляемая на перерезание шпика, кВт;</p> <p><math>N_2</math> - мощность, потребляемая на перемещение шпика, кВт;</p> <p><math>\eta_{пр}</math> - КПД привода шпигорезки;</p> <p><math>\alpha</math> - удельный расход энергии на перерезание шпика, <math>\text{кДж/м}^2</math>;</p> <p><math>\varphi</math> - коэффициент использования проходного сечения режущего механизма;</p> <p><math>b, c</math> - размеры проходного сечения горловины питателя, м;</p> <p><math>n</math> - частота вращения вала серповидного ножа, <math>\text{с}^{-1}</math>;</p> <p><math>\alpha</math> - отношение времени резания к времени полного оборота ножа;</p> <p><math>P_Y</math> - удельное усилие резания продукта ножами ножевой рамки, кН/м;</p> <p><math>\sum L_{лн}</math> - суммарная длина лезвий плоских ножей</p>	<p><math>a = 90...100</math> <math>\text{кДж/м}^2</math></p> <p><math>\varphi = 0,75...0,85</math></p> <p><math>b = 0,1...0,2</math> м</p> <p><math>c = 0,15...0,2</math> м</p> <p><math>n = 0,3...0,7</math> <math>\text{с}^{-1}</math></p> <p><math>\alpha = 0,5</math></p> <p><math>P_Y = 5,0...8,0</math> кН/м - для парного мяса</p> <p><math>P_Y = 1,0...2,0</math> кН/м для шпика</p> <p><math>P_Y = 23,0...30,0</math> кН/м для мороженого мяса</p> <p><math>\sum L_{лн} = 2...6</math> м;</p> <p><math>v_0 = 0,002...0,008</math></p>

			$n = 20 \dots 50 \text{ с}^{-1}$ $\eta_M = 1,3 \dots 1,4$ $\eta_{пр} = 0,8 \dots 0,9$
<p>Фаршемешалки</p>	$N = \frac{a_\phi \cdot Q_\phi}{\eta \cdot \eta_{пр}} \cdot \eta_M, \text{ кВт}$	<p><math>a_\phi</math> – удельный расход энергии для перемешивания 1 т фарша, кВт · ч/т;  <math>Q_\phi</math> – производительность фаршемешалки, т/ч;  <math>\eta</math> – КПД перемешивающего органа;  <math>\eta_{пр}</math> – КПД привода фаршемешалки;  <math>\eta_M</math> – коэффициент запаса мощности двигателя</p>	$a_\phi = 1,3 \dots 1,5$ кВт · ч/т; $\eta = 0,7 \dots 0,8$ $\eta_{пр} = 0,8 \dots 0,85$ $\eta_M = 1,3$

		ножевой рамки, м; $v_0$ – скорость прохождения продукта через блок ножевых рам, м/с.	м/с
Волчки	$N = \frac{q_v \cdot Q_v}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}$	<p><math>q_v</math> – удельный расход электроэнергии при установившейся работе волчка, кВт · ч/т;  <math>Q_v</math> – часовая производительность волка, кг/ч;  <math>\eta</math> – КПД приводного механизма волчка.</p>	<p>Для диаметров отверстий решеток 2...3мм  <math>q_v = 3,5 \dots 4,5</math>  кВт · ч/т; для диаметров отверстий решеток 16...25мм  <math>q_v = 1,5 \dots 2,0</math>  кВт · ч/т  <math>\eta = 0,85 \dots 0,90</math></p>
Куттеры	$N = N_1 + N_2 + N_3, \text{ кВт}$ $N_1 = \frac{a \cdot F \cdot z \cdot n \cdot \eta_M}{3,6 \cdot \eta_{пр}}, \text{ кВт}$	<p><math>N_1</math> – мощность, необходимая для куттерования сырья, кВт;  <math>N_2</math> – мощность, необходимая для вращения загруженной сырьем чаши, кВт;  <math>N_3</math> – мощность механизма выгрузки, кВт;  <math>a</math> – удельный расход энергии на перерезывание слоя фарша одним ножом за один оборот, кДж/м<sup>2</sup>;  <math>F</math> – площадь сечения слоя фарша в чаше куттера, м<sup>2</sup>;  <math>z</math> – число ножей;  <math>n</math> – частота вращения ножевого вала, с<sup>-1</sup>;  <math>\eta_3</math> – коэффициент запаса мощности двигателя;  <math>\eta_{пр}</math> – КПД привода ножевого вала.</p>	<p><math>N_2 = 1 \dots 3</math> кВт в зависимости от вместимости чаши  <math>N_3 = 0,6 \dots 1,0</math> кВт  При окружной скорости ножей до 30 м/с  <math>a = 2,7 \dots 3,1</math>  кДж/м<sup>2</sup> без добавления в фарш воды  <math>a = 2,0 \dots 2,4</math>  кДж/м<sup>2</sup> с добавлением в фарш воды  <math>F = 0,1 \dots 0,3</math> м<sup>2</sup>  <math>z = 2 \dots 6</math></p>

Технические характеристики асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором серии 4А основного исполнения (закрытые обдуваемые)

Тип двигателя	N <sub>ном</sub> , кВт	При номинальной нагрузке			cosφ	η, %	M <sub>max</sub>	M <sub>ном</sub>	M <sub>п</sub>	M <sub>min</sub>	I <sub>п</sub>	I <sub>ном</sub>	J, кг · м <sup>2</sup>
		N, мин <sup>-1</sup>	η, %	M <sub>ном</sub>									
1500 мин <sup>-1</sup>													
4А80А4У3	1,1	1420	75,0	2,2	0,81	2,2	2,0	1,6	1,6	5,0	32,3 · 10 <sup>-4</sup>		
4А90L4У3	2,2	1425	80,0	2,4	0,83	2,4	2,1	1,6	1,6	6,0	56 · 10 <sup>-4</sup>		
4А100S4У3	3,0	1435	62,0	2,4	0,83	2,4	2,0	1,6	1,6	6,0	86,8 · 10 <sup>-4</sup>		
4А100L4У3	4,0	1430	84,0	2,4	0,84	2,4	2,0	1,6	1,6	6,0	1,13 · 10 <sup>-2</sup>		
4А112M4У3	5,5	1445	85,5	2,2	0,85	2,2	2,0	1,6	1,6	7,0	1,75 · 10 <sup>-2</sup>		
4А132S4У3	7,5	1453	87,5	3,0	0,86	3,0	2,2	1,7	1,7	7,5	2,75 · 10 <sup>-2</sup>		
4А132M4У3	11,0	1460	87,5	3,0	0,87	3,0	2,2	1,7	1,7	7,5	4 · 10 <sup>-2</sup>		
4А160S4У3	15,0	1463	88,5	2,3	0,88	2,3	1,4	1,0	1,0	7,0	10,3 · 10 <sup>-2</sup>		
1000 мин <sup>-1</sup>													
4А80В6У3	1,1	920	74,0	2,2	0,74	2,2	2,0	1,6	1,6	4,0	46,3 · 10 <sup>-4</sup>		
4А90L6У3	1,5	935	75,0	2,2	0,74	2,2	2,0	1,7	1,7	4,5	73,5 · 10 <sup>-4</sup>		
4А112МА6У3	3,0	953	81,0	2,5	0,76	2,5	2,0	1,8	1,8	6,0	1,75 · 10 <sup>-2</sup>		
4А132S6У3	5,5	963	85,0	2,5	0,80	2,5	2,0	1,8	1,8	6,5	4,0 · 10 <sup>-2</sup>		
4А132M6У3	7,5	970	85,3	2,5	0,81	2,5	2,0	1,8	1,8	6,5	5,75 · 10 <sup>-2</sup>		
4А200M6У3	22,0	975	90,0	2,4	0,90	2,4	1,3	1,0	1,0	6,5	40 · 10 <sup>-2</sup>		
750 мин <sup>-1</sup>													
4А80ВУ3	0,55	700	64,0	1,7	0,65	1,7	1,6	1,2	1,2	3,5	40,5 · 10 <sup>-4</sup>		
4А90LА8У3	0,75	700	68,0	1,9	0,62	1,9	1,6	1,2	1,2	3,5	67,5 · 10 <sup>-4</sup>		
4А90LВ8У3	1,10	700	70,0	1,9	0,68	1,9	1,6	1,2	1,2	3,5	86,3 · 10 <sup>-4</sup>		
4А100L8У3	1,5	700	74	1,9	0,65	1,9	1,6	1,2	1,2	4,0	1,3 · 10 <sup>-2</sup>		
4А112МА8У3	2,2	700	76,5	2,2	0,71	2,2	1,9	1,4	1,4	5,0	1,75 · 10 <sup>-2</sup>		
4А112МВ8У3	3,0	700	79,0	2,2	0,74	2,2	1,9	1,4	1,4	5,0	2,5 · 10 <sup>-2</sup>		

4A132M8Y3	5,50	720	83,0	0,74	2,6	1,9	1,4	5,5	$5,75 \cdot 10^{-2}$
4A160M8Y3	11,0	730	87,0	0,75	2,2	1,4	1,0	6,0	$18 \cdot 10^{-2}$
4A200M8Y3	14,5	735	88,5	0,94	2,2	1,2	1,0	5,5	$40 \cdot 10^{-2}$
4A225M8Y3	30,0	735	90,0	0,81	2,1	1,3	1,0	6,0	$73,8 \cdot 10^{-2}$
				1500 мин <sup>-1</sup>					
4AH160S4Y3	18,5	1450	88,5	0,87	2,1	1,3	1,0	6,5	$9,25 \cdot 10^{-2}$
4AH160M4Y3	22,0	1458	90,0	0,88	2,1	1,3	1,0	6,5	$11,8 \cdot 10^{-2}$
4AH180S3Y3	30,0	1465	90,0	0,84	2,2	1,2	1,0	6,5	$17,8 \cdot 10^{-2}$
				1000 мин <sup>-1</sup>					
4AH180M6Y3	22,0	975	88,5	0,87	2,0	1,2	1,0	6,0	$23,5 \cdot 10^{-2}$
4AH200L6Y3	37,0	980	90,5	0,83	2,1	1,3	1,0	6,5	$43,0 \cdot 10^{-2}$
				750 мин <sup>-1</sup>					
4AH180L8Y3	13,0	780	86,0	0,80	1,9	1,2	1,0	3,5	$23,5 \cdot 10^{-2}$
4AH180M8Y3	18,5	730	87,5	0,80	1,9	1,2	1,0	3,5	$29,8 \cdot 10^{-2}$
4AH200M8Y3	22,0	730	89,0	0,84	2,0	1,3	1,0	3,5	$49,0 \cdot 10^{-2}$

Храповые передачи	Число храпового колеса.*	На допустимое линейное давление.**	передаваемой мощности и их скорости	* - Определяется необходимым углом поворота храпового колеса за один кинематический цикл механизма. ** - При неудовлетворительном результате увеличивается модуль или ширина зубчатого венца храпового колеса
Валы	Диаметр	На прочность и жесткость	Крутящий момент на валу с учетом КПД и окружной скорости. Силы, действующие на вал и подшипники.* Реакции в опорах. Изгибающий и крутящий моменты в опасном сечении.** Диаметр вала из расчета на прочность и жесткость.	* - Составляется расчетная схема нагружения вала. ** - Строятся эпюры моментов.
Оси	Диаметр.*	Диаметр оси из расчета прочности при изгибе.		* - Из конструктивных соображений.
Муфты	Тип. Конструктивные размеры	Штифты, шлицы или шпонки, используемые для передачи крутящего момента - на срез (втулочные муфты). Болты, шпильки или пальцы, передающие крутящий момент - на растяжение или срез (фланцевые		* - На основании таблиц в справочной литературе. ** - Болты, установленные без зазора проворачиваются на срез.

Приложение 5

Примерное содержание расчетов на прочность деталей машин и аппаратов для переработки продукции животноводства

Объект расчета	Способ получения информации и расчетных данных	Примечание	
Задается	Проверяется	Рассчитывается	
Прямозубые и косозубые цилиндрические и прямозубые конические передачи	Число зубьев зацепляющих колес.* Ширина зубчатого венца колеса.*	На прочность зубчатой пары по допустимому напряжению изгиба и допускаемому контактно-му напряжению для материала зуба колес.**	Модуль зацепления передачи. Геометрические параметры зубчатых колес.
Червячные передачи	Число заходов червяка и число зубьев червячного колеса.*	На прочность зубчатой пары по допускаемому напряжению изгиба и контактно-му напряжению для материала зубчатой пары	Осовой модуль зацепления. Условный угол обхвата червячного колеса. Модуль зацепления. Геометрические параметры червячной передачи.
Цепные передачи	Число зубьев звездочек.* Шаг цепи. Межосевое расстояние между звездочками.	На прочность по допускаемым удельным давлениям в шарнирах и разрывному усилию, по числу ударов цепи и коэффициенту запаса прочности.	Средняя скорость цепи. Количество звеньев цепи. Нагрузка на валы и опоры звездочек. Номинально допустимая мощность, передаваемая передачей.
Ременные передачи	Диаметры шкивов и меж-осевое расстояние.*	Число пробегов приводных ремней в единицу времени для обеспечения нормальной долговечности, угол обхвата ремнем ведущего шкива.	Длина и ширина (для плоскоремennых передач) ремня. Допускаемая мощность, передаваемая передачей. Сечение и количество клиновых ремней в зависимости от
			* - по конструктивным соображениям. ** - при неудовлетворительном результате увеличивается величина на модуля или ширина зубчатого венца колеса и расчет повторяется. * - В соответствии с кинематическим расчетом и конструктивными соображениями. * - В соответствии с кинематическим расчетом и конструктивными соображениями. * - В соответствии с кинематическим расчетом и конструктивными соображениями.

	размеры.	На допускаемые нормальные и касательные напряжения.**	деталей. ** - При действии на сварное соединение изгибающего момента и продольной силы.
Резьбовые соединения	Тип, диаметр и количество	На растяжение или сжатие, срез, смятие.*	* - В зависимости от типа нагружения.

Подшипники скольжения		Удельное давление в подшипнике по допустимому значению. Произведение удельного давления на окружную скорость по допустимому значению.	Окружную скорость шейки вала.* Скорость точки, находящейся от оси вращения на расстоянии 2/3 радиуса пяты.** Удельное давление в подшипнике по действующим на него усилиям и конструктивным размерам.	* - Для радиальных подшипников. ** - Для упорных подшипников.
Подшипники качения	Тип подшипника. Номер подшипника соответствующий расчетному коэффициенту работоспособности.	По динамической или статической грузоподъемности	По динамической или статической грузоподъемности	* - Необходимо учитывать, как характер и направление действующих нагрузок, так и особенности кинематики и температуры узла.
Шпоночные соединения	Тип, размеры и количество.	На срез в опасном сечении и на смятие рабочих граней (призматические шпонки) или выступающей части (сегментные шпонки).* На срез диаметрального сечения и смятие боковой поверхности (цилиндрические шпонки).* На смятие узкой грани (торцевые шпонки).		* - При неудовлетворительном результате увеличивают сечение и количество шпонок и повторяют проверочный расчет.
Заклепочные соединения	Тип, размеры и количество.	На смятие, срез, растяжение.*		* - В зависимости от типа нагружения.
Сварные соединения	Тип сварного шва и его основные	На допускаемое напряжение.*		* - В зависимости от типа соединения