

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Макушев Андрей Евгеньевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 07.08.2023 19:17:46  
Уникальный программный ключ:  
4c46f2d9dda3fafb9e57683d11e5a4257b6ddfe

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«**Чувашский государственный аграрный университет**»

(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)

ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Механизация, электрификация и автоматизация  
сельскохозяйственного производства»



Шаронова Т.В., Акулова Т.Н., Белов Е.Л.

## **Методические рекомендации по выполнению курсовой работы**

**по дисциплине «Технологическое оборудование для хранения и  
переработки продукции растениеводства»**

**Методические рекомендации для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
35.03.06 – Агроинженерия профиля Машины и оборудование для хранения и переработки  
сельскохозяйственной продукции**

Чебоксары 2023

УДК 621.3: 013:656(076)  
ББК 22.334  
Ш-77

Составители: Шаронова Т.В., Акулова Т.Н., Белов Е.Л.

Рецензенты:

Доцент кафедры «Технический сервис» ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет», к.т.н., доцент Новиков А.М.

Методические рекомендации по выполнению курсовой работы по дисциплине «Технологическое оборудование для хранения и переработки продукции растениеводства» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия профиля Машины и оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции / Т.В. Шаронова, Т.Н. Акулова, Е.Л. Белов - Чебоксары: Чувашский ГАУ, 2023. – 62 с.

Рассмотрено и одобрено методической комиссией инженерного факультета ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ (протокол № 8 от «20» апреля 2023 г.)

© Шаронова Т.В., Акулова Т.Н., Белов Е.Л., 2023  
© ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. Задачи, основные направления и тематика курсовой работы .....	5
1.1 Цель и задачи курсовой работы .....	5
1.2 Направления курсовой работы.....	6
1.3. Тематика курсовой работы .....	6
2. Содержание пояснительной записки курсовой работы.....	10
3. Рекомендации к составлению отдельных разделов пояснительной записки.	18
4. Охрана труда и экологическая безопасность работы.....	37
5. Графическая часть работы.....	40
5.1. Общие положения	40
5.2. Основные требования к оформлению схем.....	41
5.3. Требования к сборочным чертежам.....	43
5.4. Основные правила выполнения рабочих чертежей деталей.....	44
6. Оформление пояснительной записки.....	49
Список использованных источников.....	60

## Введение

Курсовая работа по дисциплине «Технологическое оборудование для хранения и переработки продукции растениеводства» ставит цель научить студента навыкам самостоятельного приложения теоретических и практических знаний к расчетам по проектированию участков по переработке растениеводческой продукции, участков, цехов, заводов.

Курсовая работа разрабатывается по материалам, собранным студентом в период прохождения практики на предприятии с учетом прогрессивных технологий и современных методов, научного подбора машин и оборудования для технологических линий, при этом принимаются во внимание:

- организационно-технические основы подбора оборудования и машин для переработки растениеводческой продукции;
- характеристика машин;
- устройство, необходимые регулировки, работа выбранных машин и оборудования;
- безопасная эксплуатация оборудования и машин, надежность, техническое обслуживание, диагностика их хранение.

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

## **1. Задачи, основные направления и тематика курсовой работы**

### **1.1. Цель и задачи курсовой работы**

Основной целью курсовой работы по дисциплине «Технологическое оборудование для хранения и переработки продукции растениеводства» является систематизация и закрепление знаний, полученных при изучении курса и общетехнических дисциплин, а также выработка навыков по их практическому применению в процессе совершенствования существующих или разработка новых конструкций машин и аппаратов для переработки продукции растениеводства.

Задачи курсового проектирования определяются видами деятельности будущего специалиста. Так, будущий инженер должен знать:

1. Технологические цели, теоретические основы и инженерные задачи основных процессов производств, соответствующих определенной специализации;
2. Назначение, область применения, классификацию, конструктивное устройство и принцип действия, технические характеристики, критерии выбора современного технологического оборудования (ТО);
3. Основные технические проблемы и тенденции развития ТО;
4. Методы расчета ТО;
5. Особенности эксплуатации и технического обслуживания ТО;
6. Основные правила техники безопасности и экологической защиты окружающей среды при эксплуатации ТО.

Инженер должен уметь:

1. Проектировать технологические линии, выбирая современное и экономичное ТО, в наибольшей степени отвечающее особенностям конкретных производств;
2. Подтверждать инженерными расчетами соответствие оборудования условиям технологического процесса и требованиям производства;
3. Обеспечивать техническую эксплуатацию и эффективное использование ТО;
4. Анализировать условия и регулировать режимы работы ТО.

## **1.2. Направления курсовой работы**

Можно выделить следующие основные направления, составляющие основу системы научного и инженерного обеспечения пищевых производств:

1. Разработку технологий получения экологически безопасных пищевых продуктов питания нового поколения массового назначения с учетом современных медико-биологических требований;
2. Разработку технологий основных и вспомогательных пищевых компонентов;
3. Разработку ресурсосберегающих технологий переработки сельскохозяйственного сырья;
4. Разработку технологий пищевых продуктов с использованием добавок из нетрадиционного сырья.

За созданием всех этих технологий стоят сложные инженерные задачи разработки прогрессивных конструкций машин, аппаратов и средств автоматизации, работающих в составе поточных линий.

## **1.3. Тематика курсовой работы**

Тематика заданий на курсовую работу охватывает растениеводство и пищевую промышленность.

В каждом задании должен быть элемент новизны, разработка которого была бы полезна студенту и привила бы ему навыки самостоятельной творческой инженерной работы.

Выбор темы курсовой работы осуществляется студентами на добровольной основе из перечня тем, предлагаемых кафедрой. Перечень тем обновляется ежегодно. Все задания имеют строго индивидуальный характер.

Работы могут быть выполнены на базе сельскохозяйственных предприятий. В связи с этим, тематика курсовых работ по данной дисциплине направлена на решение следующих задач:

1. Адаптацию серийно выпускаемого оборудования к выполнению

технологического процесса;

2. Совершенствование технологии переработки растительного сырья на основе новогооборудования;

3. Разработку новых по принципу действия машин и аппаратов, основанных на применении современных достижений науки и техники, передового опыта, изобретений для совершенствования технологии переработки;

4. Применение нового оборудования для выполнения технологических операций, но отличающихся от серийновыпускаемых машин потребляемой мощностью, размерами, производительностью и т. д.

Для решения этих задач курсовые работы могут иметь следующую тематику.

Раздел I. Технологическое оборудование для хранения и переработки зерна.

1. Разработка и расчет автоматизированной установки для переработки сырья.

2. Совершенствование технологической линии производства гречихи.

3. Проектирование воздушных сепараторов на примере одного из них.

4. Проектирование ситовых сепараторов с модернизацией штампованных и тканых сит.

5. Совершенствование машин с вращающимися цилиндрическими и призматическими ситами.

6. Проектирование триеров с модернизацией конструкции цилиндрических и дисковых триеров.

7. Определение предельной частоты вращения и производительности цилиндрического триера.

8. Проектирование дискового триера с модернизацией рабочего мехпнизма.

9. Машины для выделения примесей, отличающихся формой и коэффициентом трения.

10. Машины для выделения примесей, отличающихся плотностью и коэффициентом трения.

11. Магнитные сепараторы. Методика расчета магнитного сепаратора.
12. Машины для сухой обработки покровов зерна (обоечные, щеточные машины и энтолейторы). Расчет и конструирование обоечных машин.
13. Машины для обработки зерна водой. Определение параметров гидродинамической сепарации.
14. Оборудование для обработки зерна теплом и влагой. Технологический расчет воздушно-водяного кондиционера.
15. Шелушильные и шлифовально-полировальные машины. Функциональные схемы шелушителей различного назначения.
16. Определение длины пути сжатия и сдвига зерновки в рабочей межвалковой зоне при шелушении на обрезиненных валках.
17. Вальцовые станки. Основные сборочные единицы вальцовых станков. Определение угла захвата и величины зазора между вальцами.
18. Определение производительности и энергоемкости вальцовых станков.
19. Молотковые и зубчатые дробилки для зерновых продуктов. Определение основных параметров молотковых дробилок.
20. Определение производительности и энергоемкости процессов измельчения на молотковых дробилках.
21. Рассевы. Конструкция основных узлов. Движение продуктов по сити отсева.
22. Назначение, классификация, конструкция основных узлов щеточных и бичевых вымольных машин.
23. Машины для сортирования продуктов шелушения зерна. Определение основных параметров падди-машины.
24. Весовое оборудование, применяемое на элеваторах, мельницах, крупяных и комбикормовых заводах.
25. Автоматические весы дискретного и непрерывного действия. Расчет основных параметров весовых установок.
26. Дозаторы сыпучих и жидких компонентов. Оценка точности

дозирования. Определение производительности и мощности привода дозаторов различных конструкций.

27. Смесители непрерывного и периодического действия. Физическая сущность процесса смешивания. Определение производительности смесителей.

28. Машины для прессования комбикормов. Расчет основных параметров машин для производства гранулированных комбикормов.

Раздел II. Технологическое оборудование консервного производства.

29. Методы консервирования плодов и овощей. Классификация плодоовощных консервов.

30. Тара для консервов. Исчисление консервной продукции в условных единицах.

31. Классификация оборудования по технолого-функциональному принципу. Основные варианты переработки сырья.

32. Асептическое консервирование и хранение полуфабрикатов.

33. Транспортные устройства поточных линий. Определение производительности и мощности привода транспортирующих устройств.

34. Оборудование для мойки и очистки пищевого сырья от наружного покрова. Технологический расчет моечных машин.

35. Оборудование для калибровки, сортировки и инспекции сырья. Расчет основных параметров инспекционных и сортировочных конвейеров.

36. Машины для мойки тары и санитарной обработки технологического оборудования. Технологический и тепловой расчет машин для мойки тары.

37. Измельчители плодов и овощей. Технологический расчет дробилок и резательных машин.

38. Протирочные машины и финишеры. Расчет протирочных машин и финишеров.

39. Сепараторы. Определение производительности и мощности привода сепараторов.

40. Гомогенизаторы. Определение производительности и мощности привода гомогенизатора.

41. Пак-пресс. Шнековый пресс. Определение производительности.
42. Ленточный пресс. Фильтр-пресс. Определение производительности.
43. Оборудование для тепловой обработки сырья. Методика расчета теплообменных аппаратов.
44. Бланширователи. Технологический и тепловой расчет бланширователей.
45. Кожухотрубные подогреватели и варочные котлы. Расчет подогревателей.
46. Выпарные установки. Технологический и тепловой расчет однокорпусного вакуум-аппарата.
47. Наполнительно-дозировочное оборудование. Расчет продолжительности наполнения консервной тары.
48. Оборудование для укупоривания и маркирования консервной тары. Определение производительности и мощности привода закаточных машин.
49. Автоклавы. Технологический и тепловой расчет автоклавов.
50. Стерилизаторы непрерывного действия. Технологический и тепловой расчет стерилизаторов непрерывного действия.
51. Пастеризаторы. Расчет пластинчатого пастеризатора.

## **2. Содержание пояснительной записки курсовой работы**

Введение (следует отразить значение разрабатываемой темы по производству и переработке продукции растениеводства).

1. Технологическая часть.
  - 1.1. Передовые технологии организации технологического процесса (описать по схеме).
  - 1.2. Характеристика сырья для производства (круп, муки ит.д.).
  - 1.3. Технологический процесс и организация переработки зерна в (крупу, муку ит.д.).
  - 1.4. Расчет потребного количества оборудования.
2. Конструктивная часть.

- 2.1. Обзор и краткое описание аналогичных машин (согласно заданию).
- 2.2. Устройство, рабочий процесс, регулировки и техническая характеристика (выбранной машины).
- 2.3. Анализ технического процесса работы (выбранной машины).
- 2.4. Модернизация (выбранной машины).
- 2.5. Расчет рабочего узла.
3. Мероприятия по охране труда и противопожарной безопасности на предприятии.

Заключение:

Список рекомендуемой литературы:

4. Графическая часть (2 листа формата А1).
- 4.1. Схема технологического процесса.
- 4.2. Модернизированное оборудование.

Разберем пояснительную записку по главам.

#### 1. Технологическая часть

- 1.1. Передовые технологии организации технического процесса.

В данном разделе студент должен обосновать передовой опыт, как в стране, так и за рубежом, затем выбрать оптимальный вариант с учетом дополнений и изменений.

- 1.2. Характеристика сырья для производства (круп, муки ит.д.).

Условия переработки сельскохозяйственного сырья и получения продуктов питания определяются совокупностью физико-химических и биологических свойств пищевых сред. Можно выделить две группы свойств, общих для пищевых сред: показатели качества продуктов питания и показатели технологических свойств сырья и полуфабрикатов на всех стадиях технологического процесса. Основные показатели характеризующие потребительские свойства продуктов – пищевая ценность, доброкачественность и благоприятное воздействие на органы чувств человека.

Пищевая ценность определяется калорийностью и биологической полезностью продукта питания и зависит от содержания в нем полезных веществ

белков, жиров, углеводов, витаминов, микроэлементов и др.

Если на основании анализов установлено, что в сырье или продукции содержатся вредные вещества, то такое сырье подлежит отбраковке.

К показателям технологических свойств сырья относятся структурно-механические и теплофизические характеристики этих пищевых сред.

Пищевые среды (включая сырье, полуфабрикаты и продукт) в зависимости от состава дисперсионного строения и структуры обладают различными реологическими свойствами и текстурными отличительными признаками (таблица 1).

Таблица 1 - Классификация пищевых сред по реологическим свойствам и текстурным признакам.

Пищевая среда (сырье, полуфабрикат, продукт)	Дисперсная система	Типичные реологические свойства	Типичные текстурные признаки
Карамель, зерно, ядра орехов, макаронные изделия, морковь	Твердая	Упругость, твердость, высокая текучесть и прочность, хрупкость	Крепкий, твердый, хрупкий, ломкий, стекловидный
Вода, спирт, масло растительное	Чистая жидкость	Ньютоновская вязкость	Водянистый, жидкий
Мягкий хлеб, вареная колбаса, вареный картофель	Связанная полутвердая	Упругость, пластинчатая вязкость, вязкоупругость	Мягкий, крепкий, резинообразный, вязкий
Свежие яблоки, груши, картофель, огурцы, мясо, хлебобулочные изделия длительного хранения, шоколад, конфеты	Прочная	Упругость, пластичная вязкость, вязкоупругость	Мягкий, прочный, хрупкий, ломкий, вязкий

Оборудование и изменение структур пищевых сред, обусловленное технологическими процессами приводит к формированию высококонцентрированных дисперсных систем, обладающих наиболее сложными реологическими свойствами (таблица 2 и 3).

Таблица 2 - Типы дисперсных систем пищевых сред.

Пищевая среда (сырье, полуфабрикат, продукт)	Дисперсионная среда	Дисперсная фаза	Дисперсная система
Экстракт кофе при распылительной сушке	Газ	Жидкость	Жидкий аэрозоль
Мука при пневмотранспортировании		Твердое тело	Твердый аэрозоль
Белковая пена		Газ	Пена
Молоко, майонез	Жидкость	Жидкость	Эмульсия
Какао-масса	Жидкость	Твердое тело	Золь
Фруктовый сок	Жидкость		Суспензия
Мороженое, безе, сухари		Газ	Твердая пена, пористое твердое тело
Масло, маргарин,		Жидкость	Твердая эмульсия
Овощи, фрукты	Твердое тело		Пористое твердое тело, заполненное жидкостью
Макаронные изделия	Твердое тело	Твердое тело	Твердая суспензия
Шоколад	Твердое тело	Твердое тело	Твердая суспензия

Таблица 3 - Сложные дисперсионные системы пищевых сред.

Пищевая среда (сырье, полуфабрикат, продукт)	Дисперсная фаза	Дисперсионная среда
Шоколад	Кристаллы сахара, твердые частицы какао, пузырьки воздуха	Кристаллическая форма какао-масла
Мороженое	Пузырьки воздуха, капельки жира, белковые макромолекулы	Кристаллическая водянистая фаза
Овощи, фрукты, картофель, зерно, масличные семена	Капельки жидкости, пузырьки воздуха, крахмальные зерна	Целлюлоза, белковая оболочка
Мякиш хлеба	Пузырьки воздуха, частично кристаллические молекулы крахмала, частицы отрубей	Крахмальный и белковый гель
Мясо	Капельки жидкостей, кости, капельки жира	Белковые макромолекулы

1.3. Технологический процесс и организация переработки зерна в (муку, крупу ит.д.).

Подготовка заключается в очистке зерна от примесей. (Для примера приведем зерно проса).

Типовая технологическая схема очистки зерна от примесей включает три

последовательно установленных сепаратора, дополнительно просеивающие машины для отделения примесей мелкого зерна, аспираторы и камнеотделительные машины.

В результате трехкратного сепарирования выделяют практически все крупные примеси, для лучшего выделения мелких примесей на второй и третьей системах сепарирования разрезают подсевные сита, проход которых контролируют в буратах или крупосортировочных машинах. Оставшиеся в зерне крупные и мелкие примеси, которые могут быть выделены с помощью сит, выделяют в отсевах А1-БРУ или крупосортировочных машинах. В этих просеивающих машинах возможно разделение зерна на две фракции.

Контроль отходов проводят в буратах: проход сита с отверстиями размером 1,5x20 мм и сход сита с отверстиями размером 1,2x20 мм представляют собой отходы I и II категории (кормовые), проход сита с отверстиями размером 1,2x20 мм - отходы III категории (некормовые).

Произведем подбор машин для подготовительного отделения в соответствии с нижеприведенными схемами технологического процесса.

#### 1.4. Расчет потребного количества оборудования.

Расчет технологического оборудования для хранения муки, подготовки и подачи ее на производство:

Необходимый запас муки рассчитывается на основании данных о суточной производительности предприятия по каждому виду изделий и суточной потребности в каждом сорте муки:

По данным заводов – изготовителей обоснование и расчет потребного количества оборудования осуществляется согласно норм нагрузок на оборудование. Примерные нагрузки на оборудование мельниц представлены в приложениях (3 и 4).

Нагрузки на подобное оборудование других марок определяются путем перерасчета, т.е. сравнения показателей по производительности и т.д.

Необходимое оборудование для зерноочистительного отделения мельницы и крупозавода определяют по заданной производительности и нормам нагрузок на

оборудование. Расчетную суточную производительность зерноочистительного отделения принимают:

- для мельниц, а также крупозаводов перерабатывающих рис, пшеницу, горох и кукурузу, на 15 % больше производительности размольного (шелушильного)отделения;
- для крупозаводов, перерабатывающих просо, гречиху, овес и ячмень, на 20 % больше производительности шелушильного отделения.

Увеличение производительности зерноочистительного отделения мельницы по сравнению с размольным необходимо:

- в мельницах для сокращения времени накопления зерна в закромах дляотвлаживания;в крупозаводах для обеспечения постоянной производительности при переработке зерна с повышенным содержанием мелкойфракции.

Производительность зерноочистительных машин принимают по данным заводов-изготовителей, по данным таблиц составленных для оборудования и норм технологического проектирования ЦНИИ Промзернопроект.

При отсутствии в приложении необходимых марок сепараторов необходимую ширину сит определяют, исходя из нагрузки на 1 см ширины сита по формуле, данные о производительности триеров относятся к отделению примесей от пшеницы. При очистке ржи производительность следует принимать с коэффициентом  $K = 0,9$ .

При установке триеров в два яруса по высоте (вверху куколеотборочная машина, а внизу овсюгоотборочная машина) производительность установки следует принимать по овсюгоотборочной машине.

В мельницах большой производительности для уменьшения количества триеров зерно направляют в рассев для разделения зерна на две фракции: крупную фракцию направляют только в овсюгоотборочные машины, а мелкую - в куколе- или овсюгоотборочные машины.

Количество моечных машин определяют, исходя из паспортной производительности одной моечной машины, равной 144 т/сут. Необходимое

количество подогревателей зерна, кондиционеров и влагоснимателей определяют по паспортным данным заводов изготовителей.

Камнеотделительные машины в зависимости от пропускной способности мельницы выбирают марки ЗКГ или РЗ-БКТ-100 производительностью - 8 т/ч и ЗК-15, РЗ-БКТ-150 - 12 т/ч.

Обочные машины со стальным цилиндром в мельницах с пневматическим транспортом зерна в настоящее время не применяют, так как эффективность работы этих машин не превышает эффективность очистки покрова зерна в пневмотранспортной системе. Необходимое количество обочных и щеточных машин выбирают по их паспортной производительности.

Из таблицы выбираем три куколеотборочные машины ЗТК-5и или ЗТО-5м, общая производительность которых составит определенную массу, и такое же количество овсюгоотборочных машин ЗТО-5и или ЗТО-5м. Контрольные куклеотборочные машины в данном случае можно не устанавливать, так как производительность их выбрана с учетом контрольных дисков. Для контроля овсюга необходима одна машина, так как количество поступающего на нее продукта, не превышает 10 % от производительности отделения. Щеточных машин ЗЩГ-10 или А1-БЩМ-12 аналогичной производительности потребуется такое же количество.

При использовании сепараторов для обработки отходов производительность принимают с учетом коэффициента, равного 0,4.

Производительность зерноуловителя с плоским ситом размером 400х1600 мм для контроля воды после моечных машин равна 450-550 т/сут. В расчете принимаем по одному зерноуловителю на две моечные машины. Сушку задержанных в зерноуловителе отходов проектируют в шнековых сушилках ДСШ, принимая производительность одной сушилки 100 кг/ч.

Зерноуловителей и шнековых сушилок потребуется по одной машине, так как производительность их превышает количество поступающих отходов.

Аналогично определяют требуемое оборудование для зерноочистительного отделения крупозавода. При этом руководствуются нормами технологического

проектирования и правилами организации и ведения технологического процесса для крупозаводов.

Расчет необходимого количества оборудования для размольных отделений мукомольных заводов производится по методике его расчета для подготовительных отделений. При этом коэффициент 1,15 не применяется. Исключение составляет расчет количества вальцовых станков. В связи с тем, что в линии размола зерна участвуют станки драных и размольных систем, необходимо определить длину размольной линии драной системы и длину линии размольной системы. От длин этих систем с учетом удельной нагрузки на 1 см длины линий будет зависеть количество вальцовых станков драной и размольной систем.

Рассмотрим расчет необходимого количества вальцовых станков мельницы производительностью 100 т/сут. трехсортного пшеничного помола.

Графическая часть в зависимости от задания может включать:

1. сборочный чертеж изделия (линии, машины, аппарата);
2. различного вида и типа схемы (гидравлические, кинематические, функциональные, принципиальные и т. д.) проектируемых машин и аппаратов;
3. чертежи сборочных единиц с необходимым количеством изображений, разрезов и сечений;
4. чертежи технически сложных деталей, которые являются результатом творчества студента.

В отдельных случаях в состав графической части может входить машинно-аппаратурная схема производства (это, как правило, относится к студентам технологом). Пояснительная записка (основная часть) включает анализ оборудования аналогичного назначения, описание разрабатываемой конструкции, необходимые расчеты, сведения о монтаже, эксплуатации и ремонте разрабатываемого изделия, перечень мероприятий по охране труда и окружающей среды при обслуживании оборудования.

### **3. Рекомендации к составлению отдельных разделов пояснительной записки**

Пояснительная записка включает ряд разделов. Степень раскрытия содержания этих разделов показывает грамотность студентов, умение формулировать свои мысли и правильно оформлять технические документы.

Пояснительная записка должна содержать основное содержание курсовой работы: цель, суть, разработки, основные параметры машины, выводы, возможную область применения.

В ней следует указать содержание работы (количество листов графического материала и страниц текстового).

Объем пояснительной записки приблизительно 30 страниц текста.

В работе приведено описание существующего оборудования, проанализированы его достоинства и недостатки.

Представлены результаты технологического, кинематического, энергетического и прочностного расчетов объекта проектирования.

Разработана техническая документация для изготовления нестандартных узлов и деталей проектируемой машины.

Приведены описания мероприятий по охране труда и экологической безопасности работы.

Раздел «Введение» является важной частью пояснительной записки, так как он показывает насколько студент знаком с экономическими и социально-политическими вопросами, знает состояние и проблемы развития растениеводческой и пищевой промышленности, актуальность и направленность темы проекта.

В «Введении» следует привести характерные и конкретные цифровые показатели по состоянию и перспективам развития соответствующей отрасли, отразить основные направления технического прогресса в ней, особенно в соответствии с темой работы.

Материалами для написания «Введения» служат государственные и отраслевые документы, журналы, информационные издания. При приведении конкретных цифр обязательно должны быть сделаны ссылки на использованную

литературу. «Введение» завершается формулированием цели и задачи работы.

Объем раздела «Введение» – 1,5-2 страницы.

В главе описания технологической линии и процесса следует описать либо технологию, либо машинно-аппаратурную схему производства конкретного продукта. Рекомендуется также привести и описание линии, в составе которой установлено или должно быть установлено разрабатываемое оборудование с указанием места и роли этого оборудования. Можно при этом привести общую характеристику линии, указать ее основные технические данные или параметрические ряды производительности таких линий.

Объем этой части – 3-5 страниц.

Следующая глава или раздел непосредственно про оборудование. Содержание этой части показывает умение студента ориентироваться в материале темы, четко представлять себе разновидности разрабатываемого оборудования, определять его назначение.

Чаще всего этот материал имеется в соответствующих учебниках, однако желательна его творческая переработка. Ее необходимость вызывается тем, что в основу приведенной в учебной литературе классификации зачастую положены различные принципы и признаки, не имеющие конкретного отношения к теме проекта. В этом подразделе необходимо рассмотреть машины не только по конструктивным признакам, но и по другим, а также оборудование для формования полуфабрикатов. Студенту недостаточно ограничиваться одним, обычно приводимым в учебниках, упоминанием о том, что имеются одни, нужно рассмотреть несколько аналогов. Подбирая необходимый сепаратор в технологическую линию по производительности или модернизируя его, надо дать развернутую классификацию всех типов машин данного направления. А затем из всех разновидностей подобрать ту машину, отвечающую требованиям по теме работы в полной мере.

Современные конструкции оборудования. Это наиболее объемная часть первого раздела пояснительной записки, ее объем – не менее 10 страниц. В ней следует привести краткий обзор конкретного существующего оборудования (с

указанием марок), причем желательно в критическом аспекте.

Источником для написания этой части может служить учебная или нормативно-техническая документация, обзоры оборудования, издаваемые информационными органами.

Следует привести краткое описание оборудования различных типов и марок с указанием присущих им недостатков. Это особенно важно, если в проекте предусматриваются решения, устраняющие эти недостатки. В таком случае тема работы получает необходимое обоснование.

В этой части раздела следует рассмотреть базовую модель и обосновать ее выбор. В конце раздела следует дать таблицу технических показателей описанного оборудования.

Задачи работы должны полностью соответствовать заданию и вытекать из цели курсовой работы. Вместе с тем, они должны соответствовать и сделанным выводам. Четкости формулировок этого подраздела следует уделять большое внимание, так как содержание проекта должно быть подчинено решению именно этих задач. Объем – не более 1-2 страницы.

Описание конструкции и принципа действия выбранной машины. Эту часть начинают с описания состава конструкции (то есть перечисления ее составных частей), а затем приводят подробное описание всей конструкции и ее составных частей (механизмов). Особое внимание при этом следует уделить всему новому и оригинальному, что явилось результатом творчества студента.

При описании желательно делать ссылки на чертежи, особенно при перечислении механизмов. Можно указать номер листа или номер чертежа. Затем следует описание принципа действия проектируемого изделия. При этом обязательно освещается взаимодействие отдельных механизмов и деталей, дается ссылка на номера чертежей и позиций.

В этом разделе можно помещать рисунки (например, принципиальные или технологические схемы проектируемого изделия, циклограммы, кинематические схемы и т.п.). Это имеет смысл, когда рисунков нет на чертежах. В этом случае ссылки можно делать на позиции соответствующих рисунков (вместо чертежей).

Объем раздела зависит от конкретной темы проекта и может составить от 5 до 15 страниц.

В технической характеристике приводятся основные показатели (производительность, технические параметры, мощность двигателей, их тип, габариты, масса и т. д.) с указанием единиц измерений.

Расчетная часть работы – основной раздел пояснительной записки. Он включает технологические, кинематические, энергетические, конструктивные и прочностные расчеты. В зависимости от темы проекта раздел может включать теплотехнические, гидравлические и другие виды расчетов. Объем этой части пояснительной записки – 12–22 страницы.

Под технологическим расчетом проектируемого оборудования обычно понимается совокупность расчетов, связанных непосредственно с видом, особенностями и рабочими параметрами технологического процесса.

Содержание и объем технологического расчета проектируемого объекта должны обеспечивать получение всех исходных параметров, необходимых для проведения последующих специальных расчетов (кинематического, энергетического, расчета 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 объемов накопительных и активных емкостей, 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 по формуле 1:

$$P = (G_T \cdot k_n) / (\tau_B \cdot k_{\text{Э}}), \quad (1)$$

где  $P$  – расчетная производительность машины – количество (массовое, объемное, штучное) продукции, полученное в единицу времени, кг/ч; м<sup>3</sup>/ч или шт./ч;  $G_T$  – требуемое количество продукции (массовое, кг; объемное, м<sup>3</sup> или

штучное, шт.);  $k_n$  – коэффициент, учитывающий возможные потери продукции;  $\tau_B$  – время выдачи продукции (с, мин, ч);  $k_{\Sigma}$  – коэффициент, учитывающий возможные эксплуатационные потери времени.

Как следует из определения, расчетная объемная производительность машины позволяет легко определить объем ее рабочей емкости. Для машины с периодическим циклом работы он определяется по формуле 2:

$$V_p \cdot \Pi_{об} = \Sigma \tau \quad (2)$$

где  $V_p$  – объем рабочей емкости, м<sup>3</sup>;  $\Pi_{об}$  – объемная производительность машины, равная массовой производительности, деленной на плотность продукта, м<sup>3</sup>/ч;  $\Sigma \tau$  – суммарное время, затраченное на загрузку, обработку и выгрузку продукта, ч.

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

$$V = \Pi_{об} \cdot \tau \quad (3)$$

Полученный в обоих случаях объем корректируют, умножая его на соответствующий коэффициент, учитывающий определенные поправки (на запас емкости, расширение или вспенивание продукта, его неравномерное распределение и т. д.), а затем определяют габаритные размеры емкости, задаваясь ее 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  $v$  (м/с) можно определить фактическое сечение  $F$  (в м<sup>2</sup>) по формуле 4:

$$F = \Pi_{об} / v(4)$$

а также длину потока продукта (в м), если при этом происходит обработка последнего, по формуле 5:

$$L = v \tau, \quad (5)$$

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 6:

$$\Pi_{об} = F_1 v_1 = F_2 v_2 = \dots = F_n v_n, \quad (6)$$

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

Если технологический процесс связан с передачей теплоты через поверхность теплообмена, то площадь последней  $F$  (в м<sup>2</sup>) можно определить, решая известные уравнения 7 и 8:

$$Q = G \cdot C_{cp} \cdot (t_2 - t_1) \quad (7)$$

$$F = Q / k \cdot \Delta t \cdot \tau_m \quad (8)$$

где  $F$  – площадь поверхности теплообмена,  $\text{м}^2$ ;  $Q$  – количество передаваемой теплоты, Дж;  $G$  – количество продукта, кг;  $C_{cp}$  – средняя теплоемкость продукта, Дж/(кг · °С);  $t_1$  и  $t_2$  – соответственно начальная и конечная температура продукта, °С;  $k$  – коэффициент теплопередачи, Вт/( $\text{м}^2 \cdot \text{°С}$ );  $\Delta t$  – средняя разность температур теплоносителей, °С;  $\tau_m$  – продолжительность процесса передачи теплоты, с.

Формулы 7 и 8 применимы и при тепловом расчете аппаратов, которые нашли широкое применение в технологических процессах по переработке молока и мяса.

Различают два типа тепловых расчетов: конструктивный и проверочный.

Конструктивный расчет 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.

Проверочный 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 (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  $t_1$  и коэффициента теплоотдачи со стороны нагреваемого продукта  $t_2$ . Величина этих коэффициентов зависит от гидродинамических факторов (скорости, ламинарного или турбулентного характера движения теплоносителей), физических факторов (вязкости, плотности, теплоемкости теплоносителей), а также геометрических параметров поверхности теплообмена. Теорию этих расчетов можно найти в

специальной литературе, посвященной расчетам различных теплообменных аппаратов. В том случае, если проектируемый аппарат не существенно отличается от известных конструкций, коэффициенты теплоотдачи не рассчитывают, а принимают на основании аналогичных расчетов, 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 теплоемкость теплоносителей определяют по справочным данным. Количество обрабатываемого пищевого продукта, т. е. производительность аппарата, как правило, известна.

Размеры сечения трубопроводов, патрубков, каналов и т. д. для прохода продукта и теплоносителей определяют на основе уравнения расхода 9:

$$P_c = f \cdot v, \quad (9)$$

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.

Расход пара в теплообменных аппаратах также определяют из уравнения теплового баланса. Например, для случая нагрева воды в бойлере это уравнение имеет вид 10:

$$P_{ГВ} \cdot C_{ГВ} \cdot (t_{НГВ} - t_{КГВ}) = D \cdot i_n \cdot \eta_T, \quad (10)$$

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 11:

$$P_n = C_n \cdot (t_2 - t_1) = D \cdot (i_n - C_k \cdot t_{кон}) \cdot \eta_m, \quad (11)$$

где  $P_n$  – расход обрабатываемого продукта, кг/ч;  $C_n$  – теплоемкость продукта, Дж/(кг · °С);  $t_1, t_2$  – соответственно начальная и конечная температура продукта, °С;  $C_k$  – теплоемкость конденсата, Дж/(кг · °С) (определяется по таблицам в зависимости от его температуры);  $t_{кон}$  – температура конденсата, °С;  $\eta_m$  – тепловой КПД, учитывающий потерю тепла в окружающую среду.

Для аппаратов с непосредственным воздействием греющего пара на продукт, температура пара обычно принимается на 15...20 °С выше температуры кипения продукта, имея в виду, 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 12, которое в общем виде записывается так:

$$G_1 \cdot S_1 = (G_1 - W) \cdot S_2 = G_2 \cdot S_2, \quad (12)$$

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.

Некоторые тепловые аппараты в процессе проектирования требуют специальных гидравлических расчетов. Чаще всего такие расчеты 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 расчетов необходимо составить гидравлическую схему аппарата вместе со всеми его трубопроводами и арматурой. Методика проведения гидравлических расчетов различных типов тепловых аппаратов приведена в специальной литературе.

С учетом 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 заключение 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 1 приведены значения производительности, основанные на эмпирических зависимостях.

Энергетические расчеты проектируемого оборудования производятся с целью определения нагрузок на рабочие органы машины, находящиеся во взаимодействии с продуктом, а также оценки степени влияния внешних сил, давления, сопротивления, 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 расчеты на прочность деталей, на надежность 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, 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 свойств 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  $P_{Ni}$  на коэффициент трения  $f_i$  в каждой трущейся паре, как показано в формуле 13:

$$T_i = P_{Ni} \cdot f_i, \quad (13)$$

где  $T_i$  – сила трения, Н;  $P_{Ni}$  – сила нормального давления, Н;  $f_i$  – коэффициент трения.

В уточненных расчетах 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.

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, иногдазначительно различающегося между собой по физико-механическим свойствам.

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  $A$ , совершенной в единицу времени, и рассчитывается как произведение силы и скорости по формуле 14:

$$N = A / \tau = (F \cdot S) / v \quad (14)$$

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 15:

$$N = T \cdot \pi \cdot n / 30 \quad (15)$$

где  $T$  – вращающий момент, Н·м;  $n$  – частота вращения вала, мин<sup>-1</sup>.

В некоторых случаях формула (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  $R$  в подшипнике, возникающей от радикальной составляющей реакции опоры и окружной скорости цапфы вала, по формуле 16:

$$N = R \cdot v, \quad (16)$$

С учетом формулы 17:

$$R = f \cdot G, (17)$$

где  $f$  – коэффициент трения в подшипнике;  $G$  – сила тяжести, Н;  $v$  – окружная скорость цапфы определяется по формуле 18:

$$v = \pi \cdot D \cdot n / 60, (18)$$

где  $D$  – диаметр цапфы, м.

Мощность, затрачиваемая на преодоление силы трения в подшипнике, определяется по формуле 19:

$$N = f \cdot G \cdot \pi \cdot D \cdot n / 60 \approx 0,05 \cdot f \cdot G \cdot D \cdot n. (19)$$

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

Номинальную мощность  $N_{эд}$  электродвигателя определяют с учетом КПД передачи мощности от вала электродвигателя к ведущему валу рабочего органа по формуле 20:

$$N_{эд} = N_{вр} / \eta (20)$$

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 учетом КПД каждой передачи, входящей в механизм. Примерные значения КПД некоторых передач приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Примерные значения КПД некоторых механических передач.

Тип передачи	Обозначение	Открытая	В масляной ванне
Зубчатая	$\eta_z$	0,93...0,94	0,95...0,97
Червячная с цилиндрическим червяком при числе заходов червяка:	$\eta_{\text{ч}}$		
I заход		0,50	0,70
II захода		0,60	0,75...0,80
IV захода		–	0,80...0,90
Цепная	$\eta_{\text{ц}}$	0,90	0,94...0,97
Фрикционная	$\eta_{\text{фр}}$	0,70...0,88	0,90...0,96
Ременная	$\eta_{\text{р}}$	0,90...0,94	–
Для одной опоры с подшипником качения	$\eta_{\text{пк}}$	0,99...0,995	–
Для одной опоры с подшипником скольжения	$\eta_{\text{пс}}$	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.

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 растительного сырья обычно используют трехфазные асинхронные электродвигатели переменного тока. В сравнении с синхронными такие двигатели имеют ряд преимуществ: простота конструкции, меньшая стоимость, более простой уход, непосредственное включение в трехфазную 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 конкретно электродвигателей, выбор можно ограничить трехфазными асинхронными коротко замкнутыми двигателями серии 4А общего назначения (защищенными, 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 2. 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 расчетов приведена в специальной литературе.

Предварительным этапом кинематических расчетов является определение расчетной производительности проектируемой машины и подбор электродвигателя для ее 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

большой степени влияют на показатели выбранного электродвигателя для привода машины: его типоразмер, мощность и частоту вращения ротора. Поэтому конечной целью этих расчетов является обоснованное расчетами создание кинематической цепи, обеспечивающей передачу движения от ротора электродвигателя на рабочий орган проектируемого объекта.

На первом этапе кинематического расчета составляется кинематическая схема машины, на которой в соответствии с ГОСТом 2.770-68 необходимо изобразить все элементы привода, начиная от электродвигателя до рабочих органов.

При этом на схеме должно быть отражено взаимодействие всех ее 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 учетом взаимного расположения и соотношения между размерами отдельных частей машины.

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

Кинематический расчет 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 расчет характерен для проекта, в котором разрабатывается принципиально новая конструкция рабочего органа

машины или необходимы уточненные сведения для расчета отдельных элементов рабочего органа на прочность.

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

1. Определяется по формуле 21 общее передаточное число  $i_{OB}$  от вала электродвигателя, имеющего частоту вращения  $n_{ЭД}$  до вала, на котором крепится ведущее звено исполнительного механизма, и имеющего частоту вращения  $n_{ВД}$ :

$$i_{OB} = n_{ЭД} / n_{ВД}. \quad (21)$$

2. Общее передаточное отношение всей кинематической цепи привода распределяется между ее отдельными механизмами с использованием формулы 22:

$$i_{OB} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots \cdot i_n, \quad (22)$$

где  $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$  – передаточные числа передаточных механизмов (счет ведется в направлении от электродвигателя к рабочему органу). Передаточные числа отдельных механизмов имеют следующие значения (табл. 2). 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 по формуле 23:

$$i_{зп} = Z_{ВМ} / Z_{ВД}. \quad (23)$$

Для ременных передач определяются расчетные диаметры шкивов по формуле 24:

$$i_{рп} = D_{ВМ} / D_{ВД}, \quad (24)$$

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.

3. Определяется частота вращения валов каждого из передаточных механизмов кинематической цепи. Для зубчатых и цепных передач критерием расчета служит соотношение 25:

$$i_{зП} = Z_{ВМ} / Z_{ВД} = n_{ВД} / n_{ВМ} \quad (25)$$

Для ременных передач соотношение имеет вид 26:

$$i_{рП} = D_{ВМ} / D_{ВД} = n_{ВД} / n_{ВМ} \quad (26)$$

Таблица 5- Передаточные числа для некоторых понижающих передач

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

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

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

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

При проектировании машин и аппаратов для переработки продукции растениеводства в расчетах 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 расчет различных механических передач, разъемных и неразъемных соединений, муфт, валов, осей и подшипников. При расчете тонкостенных аппаратов и труб ( $\delta < 0,03 D$ ), 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. Приравняв обе силы и подставляя в полученное выражение значение допустимого напряжения, возникающего в металле продольного сечения аппарата, определяют толщину корпуса аппарата.

Расчет толстостенных цилиндрических корпусов, работающих под давлением, сводится 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 расчетная толщина стенки корпуса аппарата проверяется на устойчивость по формуле для определения критического

давления. Для горизонтальных аппаратов запас устойчивости принимают равным пяти, а для вертикальных – четырем, 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.

В некоторых случаях ориентировочный расчет толщины труб, воспринимающих внутреннее давление, может быть выполнен на основании эмпирической зависимости 27:

$$\delta = P \cdot d \cdot k_m \cdot k_{кор}, \quad (27)$$

где  $\delta$  – толщина трубы, см;  $P$  – внутреннее избыточное давление в трубе, 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  $k_{кор} = 1,2 \dots 1,3$ ).

Расчеты на прочность деталей механических передач, соединений, валов и т. д. проводят по формулам, изложенным в курсе «Детали машин». Примерное содержание таких расчетов для различных объектов проектирования приведено в приложении 3.

В разделе заключение необходимо кратко перечислить результаты выполненной работы и решения при выполнении курсового проекта, а также возможности их использования на практике.

#### **4. Охрана труда и экологическая безопасность работы**

Мероприятия по охране труда и пожарной безопасности. Общие требования безопасности, предъявляемые к конструкции технологического оборудования, установлены

ГОСТом «Оборудование производственное. Общие требования безопасности». Элементы конструкции машин не должны иметь острых углов, кромок и т. п., представляющих источник опасности при обслуживании. Конструкция должна исключать возможность случайного соприкосновения с горячими или переохлажденными частями. Все элементы, в том числе подводящие и отводящие коммуникации, должны предотвращать возможность случайного повреждения, вызывающего опасность при обслуживании. Системы подачи сжатого воздуха, пара, воды должны отвечать действующим требованиям и нормам.

Выделение теплоты, влаги и пыли в производственном помещении не должно превышать предельных уровней (концентраций), установленных для рабочих зон. С этой целью для удаления взрыво- и пожароопасных веществ из мест их образования должны быть смонтированы встроенные устройства. В производственных помещениях должны быть предусмотрены вентиляция и кондиционирование воздуха, а также аспирация оборудования.

Узлы и детали машин должны быть изготовлены из безопасных и безвредных материалов. (Как правило, новые материалы проходят санитарно-гигиеническую и пожаробезопасную проверку). Рабочие места должны быть безопасными и удобными для выполнения работ по обслуживанию машин. Все узлы машин, требующие смазки, снабжают автоматическими смазочными приборами или устанавливают масленки с резервуарами достаточной вместимости, что позволяет заполнять их во время остановок машин.

При необходимости предусматривается местное освещение отдельных производственных площадок. Для возможности визуального контроля технологического процесса устанавливают светильники для освещения рабочих зон машин с учетом категории взрывобезопасности помещения. При этом должна исключаться возможность случайного прикосновения к токоведущим частям осветителей.

Конструкцией машин должна предусматриваться защита от поражения электрическим током, включая случаи ошибочных действий обслуживающего

персонала. Кроме того, должна быть исключена возможность накопления зарядов статического электричества в опасных количествах. С этой целью все машины, аппараты, участки самотечных труб и другие устройства, генерирующие заряд статического электричества, снабжают надежной системой заземления. Конструкцией оборудования также должны предусматриваться системы сигнализации, автоматической остановки и отключения от источников энергии при неисправностях, авариях и опасных режимах работы.

Конструкцией оборудования должны обеспечиваться оптимальные режимы работы, при которых превышение установленных уровней шума и вибрации не допускается. Оборудование, при работе которого возникают шум и вибрация, превышающие допустимые нормы, должно быть снабжено звукопоглощающими устройствами и установлено на виброизолирующих основаниях.

Движущиеся части оборудования, являющиеся источником опасности, ограждают. Если оборудование эксплуатируют без ограждения, то в этом случае устанавливают предупредительную сигнализацию о пуске машин и средства остановки и отключения от источников энергии. При наличии транспортирующих машин значительной длины средства остановки располагают не менее чем через каждые 10м. Производственное оборудование, обслуживание которого связано с перемещением людей, должно иметь удобные и безопасные проходы и приспособления для ведения работ (лестницы, постаменты, рабочие площадки).

К органам управления оборудованием предъявляют следующие основные требования:

- по форме, размерам поверхности они должны быть безопасны и удобны в работе;
- место расположения (доступность) их не должно затруднять выполнение отдельных операций;
- усилие для приведения в действие органов управления не должно быть слишком велико (непосильно) или мало (случайное касание вызывает пуск или остановку машин);
- конструкция должна исключать самопроизвольный пуск или остановку

оборудования;

- органы управления однотипным оборудованием должны быть унифицированы по конструкции и одинаковорасположены;
- пусковые устройства независимо от наличия ДАУ должны быть действующими и расположены вблизи рабочего места для возможности быстрого отключения при авариях и несчастных случаях;
- система управления оборудованием должна обеспечивать блокировку последовательности технологических операций и аварийное выключение (полное или частичное, местное);
- органы аварийного выключения (кнопки, рычаги, рубильники) должны быть окрашены в красный цвет;
- около пусковых устройств должны быть вывешены четкие надписи, указывающие их назначение.

## **5. Графическая часть работы**

### **5.1. Общие положения**

Чертежи и схемы должны быть выполнены на чертежной бумаге стандартных форматов с основной и дополнительной основной надписями. При выполнении графической части должны быть соблюдены правила ЕСКД.

На всех форматах (кроме А4) основную надпись можно располагать как вдоль длинной, так вдоль короткой сторон формата. На листах формата А4 основная надпись располагается вдоль короткой стороны, т.к. этот формат используется только с вертикальным расположением длинной стороны. Дополнительная графа на всех форматах, кроме А4, располагается вдоль длинной стороны (приложение 9).

Формы основных надписей должны соответствовать ГОСТ 2.108-68, приложение 9. В графах основных надписей указывается следующее:

В графе 1 – наименование изделия (сборочной единицы) в именительном падеже единственного числа при прямом порядке слов (для чертежей и

спецификаций) или тема проекта (для пояснительных записок);

в графе 2 – обозначение документа (чертежа, пояснительной записки);

в графе 3 – обозначение материала детали (для рабочих чертежей детали) или тема проекта (для сборочных чертежей);

в графе 4 – литер, присвоенный документу (для учебных документов – У);

в графе 5 – массу изделия в килограммах без указания единицы измерения;

в графе 6 – масштаб изображения в соответствии ГОСТ 2.302-68; в графе 7 – порядковый номер листа (на документах из одного листа графу не заполняют);

в графе 8 – общее количество листов документа;

в графе 9 – сокращенные наименования учебного заведения, группы.

## **5.2. Основные требования к оформлению схем**

В зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия (установки), ГОСТ 2.701-84 устанавливает следующие виды схем и их буквенных кодов: кинематические (К), гидравлические (Г), пневматические (П), электрические (Э), газовые (Х), вакуумные (В), оптические (Л), энергетические (Р), деления (Е), комбинированные (С).

В зависимости от основного назначения схемы подразделяются на следующие типы и имеют цифровой код:

1. Структурные (1), определяющие основные функциональные части изделий, их назначение и взаимосвязь.

2. Функциональные (2), разъясняющие определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия.

3. Принципиальные (полные) (3), определяющие полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дающие детальное представление о принципах работы изделия.

4. Соединений (монтажные) (4), показывающие соединения составных частей изделия и трубопроводы (провода, кабели и т. д.), которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединения и ввода.

5. Подключений (5), показывающие внешние подключения изделий.

6. Общие (6), определяющие составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации.

7. Расположений (7), определяющие относительное расположение составных частей изделий, и при необходимости – трубопроводов, проводов или кабелей.

8. Объединенные (8), объединяющих на одном конструкторском документе схемы двух или нескольких типов, выполненных на одно изделие.

При выполнении курсовых проектов наиболее часто выполняются кинематические и технологические схемы. Последние можно отнести к разновидностям схем деления (E), и в зависимости от полноты разработки они могут быть структурными (E1), функциональными (E2) или принципиальными (E3).

При выполнении схем форматы листов выбирают в соответствии с требованиями ГОСТа 2.301-68 и ГОСТа 2.004-79; при этом основные форматы являются предпочтительными.

Обычно схемы выполняют без соблюдения масштаба, а действительное расположение частей изделия учитывают приближенно.

При выполнении схем необходимо пользоваться условными графическими обозначениями, предусмотренными стандартами ЕСКД, а при их отсутствии – прямоугольниками или упрощенными внешними очертаниями изделий.

Условные графические обозначения общего применения регламентируются ГОСТом 2.721-74, а условные графические обозначения в плоских и пространственных кинематических схемах – ГОСТом 1.770-68.

На схемах допускается помещать различные технические и технологические данные, характер которых определяется назначением схемы. Такие сведения указывают либо около графических обозначений, например, номинальные значения параметров, либо на свободном поле схемы. 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:

- 1) позиционные обозначения элементов (20мм);
- 2) наименование (110 мм);
- 3) количество (10 мм);
- 4) 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 четким.

### **5.3. Требования к сборочным чертежам**

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

1. Изображение сборочной единицы, обеспечивающее возможность ее 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. Указания о характере сопряжения, способе его осуществления, а также данные о выполнении неразъемных 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 нерассеченными, например, барабан сепаратора. Типовые, покупные и другие широко применяемые изделия изображают внешними очертаниями. Детали неразъемных 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 ее 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.

#### **5.4. 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:

- 1) минимально возможные количества изображений, разрезов, сечений, выносных элементов и т. д., необходимых для понимания конструкции детали и ее изготовления;
- 2) обозначения размеров с предельными отклонениями;
- 3) обозначения предельных отклонений геометрической формы и расположения поверхностей;
- 4) обозначения шероховатости поверхности детали;
- 5) обозначения покрытий и показателей свойств материала готовой детали;
- 6) 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 ее 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 ГОСТу 2.309-73.

Обозначения 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, твердость.

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 ее помещают отдельно, с самостоятельной нумерацией пунктов, и делают оба заголовка. Заголовки не подчеркивают. 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, звездочка, а также шлицевых соединений сопровождают таблицей по ГОСТам 2.403-75, 2.409-74, в которую заносят необходимые данные для изготовления.

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

Формы и порядок заполнения спецификаций на все виды изделий должны соответствовать ГОСТ 2.106-96. Спецификацию составляют на отдельных листах формата А4.

Спецификация в общем виде состоит из разделов, которые располагаются в следующем порядке: «Документация», «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и др. Наименование каждого раздела записывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчёркивают. Выше и ниже заголовка оставляют не менее одной свободной строки.

В раздел «Документация» вносят документы, составляющие в дипломном проекте комплект конструкторских документов специфицируемого изделия. Например, в этот раздел спецификации изделия (машины) войдут: сборочные чертежи изделия, все схемы, теоретические чертежи, таблицы, диаграммы, пояснительная записка.

В раздел «Сборочные единицы» вносят все сборочные единицы, входящие в состав изделия в порядке возрастания нумераций в обозначениях сборочных единиц изделия, сначала сборочные единицы низшего порядка, непосредственно входящие в изделие.

В раздел «Детали» вносят детали, входящие в специфицируемое изделие в порядке возрастания номеров позиций и нумерации в обозначении деталей (номера позиций и детали обычно не совпадают между собой).

В раздел «Стандартные изделия» записывают детали (изделия), применяемые: по государственным стандартам, стандартам предприятий.

В пределах каждой категории стандартов запись производят по однородным группам, в пределах группы – в алфавитном порядке наименований, в пределах каждого наименования – в порядке возрастания размеров или параметров изделия.

В раздел «Прочие изделия» вносят изделия, применяемые по техническим условиям, каталогам, прейскурантам и т.д.

Запись производится по такому принципу: в раздел «Материалы» вносят материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие (масла, краски, войлок, асбест и т.д.); при заполнении разделов спецификации между ними оставляют несколько свободных строк.

Графы спецификации заполняются следующим образом.

В графе «Формат» указывают формат чертежей сборочных единиц, схем, теоретических чертежей и проч., выполненных в дипломном проекте; если чертёж выполнен на нескольких листах или на листе дополнительного формата, в этой графе ставят знак - , а форматы перечисляют в графе

«Примечание». Графу «Зона» не заполняют. В графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей, непосредственно входящих в специфицируемое изделие, для раздела «Документация» номера позиций не проставляют.

В графе «Обозначения» указывают следующее. В разделе «Документация» – обозначения заполняемых документов (сборочных чертежей, схем, теоретических чертежей, таблиц, пояснительных записок). В разделе «Сборочные единицы», «Детали» – обозначение основных конструкторских документов (спецификаций для сборочных единиц и чертежей для деталей). В разделе «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы» графу не заполняют.

В графе «Наименование» указывают наименование документов или изделий в соответствии с основной надписью на основных конструкторских документах этих изделий.

«Материалы» - в этой графе вносят обозначение материалов, установленные в стандартах на эти материалы.

В графе «Кол.» указывают для составных частей изделия общее количество

их на одно специфицируемое изделие.

В графе «Примечание» допускается указывать материалы деталей.

Листы спецификаций снабжаются основной надписью и подшиваются в конце пояснительной записки.

## **6. Оформление пояснительной записки**

При оформлении пояснительной записки к дипломному проекту должен соблюдаться ряд требований, определяемых ГОСТ 2.1405-95 «Общие требования к текстовым документам» с учетом специфики документа учебного характера и требований учебного заведения.

Текст должен быть написан или напечатан на нелинованной писчей бумаге стандартного формата А4 (210×297 мм). Текст следует размещать на одной стороне. Каждый лист должен иметь рамку и основную надпись по форме 3 (по стандарту).

Текст должен быть написан черными чернилами, аккуратно, четким почерком, без помарок. Средняя плотность записи 30-35 строк, в каждой строке должно быть примерно 35-40 знаков. При использовании компьютерного набора текст печатают кеглем 14 через 1,5 интервала. При машинописной печати текст следует печатать через 2 интервала.

Опечатки, описки, графические неточности (не более 5 поправок на странице) следует устранять черными чернилами или тушью после аккуратной подчистки или закрашивания белой краской. Повреждение листов, помарки, следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

Текст на листе внутри рамки следует располагать с учетом следующих правил: размер левого поля – 30 мм, правого – 15 мм, верхнего – не менее 20 мм, нижнего – не менее 20мм.

Каждый раздел (главу) текста рекомендуется начинать с нового листа. Это же относится ко всем структурным частям работы (введению, заключению, приложениям и др.).

Каждый пункт текста и перечисление записывают с абзаца. Цифры, указывающие номера пунктов, не должны выступать за границу абзаца.

Наименование разделов (глав) и подразделов (параграфов) – заголовки – должны быть краткими. Названия разделов печатают заглавными буквами (допускается выделение их жирным шрифтом), названия подразделов – печатают строчными разреженными буквами (первая буква заглавная; допускается выделение жирным шрифтом). Заголовки не подчеркивают.

Переносы слов в заголовках не допускаются, точки в конце заголовков не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Расстояние между заголовком и последующим текстом должно быть равным – двум интервалам. Расстояние между заголовками раздела (главы) и подраздела (параграфа) – два интервала. Расстояние от последней строки текста до заголовка следующего подраздела – три интервала.

Нумерация страниц должна быть сквозной, включая титульный лист, таблицы, графики, компьютерные распечатки. Номер страницы на титульном листе не ставят. Номера страниц проставляют в правом углу основной надписи арабскими цифрами.

Числа в тексте следует писать, соблюдая следующие правила. Однозначные количественные и порядковые числительные, если среди них нет единиц измерения величины, пишут словами (например, по первому варианту). Сложные прилагательные, первой частью которых являются числительные, а второй – метрические меры, проценты и т.п., пишут так: 10%-ный, 5-метровый, но трехполюсный, трехколесный и т.д. Не ставят падежные окончания в порядковых числительных, если они расположены за существительным, к которому относятся.

Текст на иностранных языках, в т.ч. отдельные слова, должен быть напечатан или вписан от руки тушью или черными чернилами. Не допускается частичное печатание отдельных букв и частичное вписывание их от руки. Условные буквенные обозначения (символы) величин, условные графические обозначения (математические и др.) должны удовлетворять требованиям государственных стандартов.

Не следует использовать разные символы для обозначения одной и той же величины или, наоборот, применять один символ для разных величин. Обозначения величин записывают прописными и строчными буквами латинского и греческого алфавитов.

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения ( $\times$ ), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «X».

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

Формулы в пояснительной записке следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всей пояснительной записки арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

*Пример*

$$A=a:b,(1)$$

$$B=c:e (2)$$

Одну формулу обозначают (1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например, формула(B.1).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например, (3.1).

Порядок изложения в пояснительной записке математических уравнений

такой же, как и формул.

В отчете допускается выполнение формул и уравнений рукописным способом черными чернилами.

Формула не должна нарушать синтаксический строй фразы, поэтому в тексте знаки препинания ставят в соответствии с обычными грамматическими правилами.

Двоеточие перед формулой ставят лишь в тех случаях, когда оно необходимо по правилам пунктуации:

- 1) когда в тексте перед формулой содержится обобщающее слово;
- 2) когда этого требует построение текста, соответствующее формуле.

Знаки препинания между формулами, следующими одна за другой и не разделенными текстом, отделяют запятой или точкой с запятой. Эти знаки препинания помещают непосредственно за формулами до их номера.

Значения буквенных символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны расшифровываться непосредственно под формулой.

Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него. В этом случае после формулы ставят запятую. Знаки препинания в расшифровке расставляют следующим образом: между символом и расшифровкой ставят тире; внутри расшифровки единицы измерений отделяют от текста запятой; после расшифровки перед следующим символом ставят точку с запятой; в конце последней расшифровки ставят точку.

При подстановке численных значений величин, которые входят в формулу, числа располагаются в порядке расположения величин. После подстановки числовых значений величин пишут окончательный результат вычислений, опуская промежуточные вычислительные операции. Перед написанием формулы необходимо дать ссылку на источник, из которого она заимствована.

Если ссылка на номер формулы находится внутри выражения, заключенного в круглые скобки, то их рекомендуется заменять квадратными скобками. Например: Используя для определения модуля [см. формулу (2.14)], получаем...

Используемые в тексте сокращения и аббревиатуры должны быть общепринятыми, например, как это показано в приложении 11.

Внутри предложения слова «и другие», «и тому подобное», «и прочие», «так как» (т.к.), «например» (напр.), «около» (ок.) не сокращают.

Допускается применение сокращений понятий и аббревиатур, относящихся к определенной области знания, но в этом случае их перечень с расшифровкой должен быть помещен в начало работы (после содержания).

Если этих сокращений немного (меньше 20), то достаточно их расшифровки при первом упоминании в тексте (в скобках, либо в подстрочном примечании).

Примеры рекомендуемой формы записи даты: 05.01.2019 г.; 5 января 2019 г.; в 2018-2019 гг. (не допускается «в 2018-19 гг.»); 90-е годы XX века; XXв.; 70-80-е годы XVIII века; 50-60 гг. XIX в.; 1860-е годы (если период исчисляется от круглой даты (с нулем на конце), а заканчивается десятилетием, то надо писать «2010 г. – 2020-е гг.»).

Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в ПЗ непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.

Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные. На все иллюстрации должны быть даны ссылки.

Чертежи, графики, диаграммы, схемы, иллюстрации, помещаемые в отчете, должны соответствовать требованиям государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Допускается выполнение чертежей, графиков, диаграмм, схем посредством использования компьютерной печати.

Фотоснимки размером меньше формата А4 должны быть наклеены на стандартные листы белой бумаги.

Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1». Слово «рисунок» и его наименование располагают посередине строки.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, Рисунок 1.1 – Кинематическая схема механизма.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например, Рисунок А.2.

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

При переносе части таблицы название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицу следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица» и номер ее указывают один раз справа над первой частью таблицы, над другими частями пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы, например, «Продолжение таблицы I». При переносе таблицы на другой лист (страницу) заголовок помещают только над ее первой частью.

Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки и графы таблицы выходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае - боковик.

Если повторяющийся в разных строках графы таблицы текст состоит из

одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавычками; если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее - кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы, как и рисунка, состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой. Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.

Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

Разделять заголовки и подзаголовки боковина и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

Графу «№ п/п» в таблицу не включают. При необходимости нумерации показателей, параметров или других данных в боковике таблицы порядковые номера указывают в графе перед их наименованием.

Если все цифровые данные в таблице выражены одной и той же единицей физической величины, то ее сокращенное обозначение размещают над таблицей. В случае использования в графах таблицы различных единиц, их указывают в заголовке каждой графы. Если все данные в строке таблицы приведены для одной величины, то единицу величины размещают в соответствующей строке боковика.

Слова «более», «не более», «менее», «не менее», «в пределах» следует помещать рядом с наименованием соответствующего параметра или показателя (после них) в боковике таблицы или в заголовке графы. Повторяющийся в графе текст, если он состоит из одного слова, допускается заменять кавычками. Если повторяющийся текст состоит из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «то же», а далее – кавычками.

Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических символов не допускается.

Если цифровые или иные данные в таблице не приводятся, то в графе ставят прочерк.

Ссылки на рисунки, таблицы следует писать полностью (например: «из рисунка 4 видно», « в соответствии с рисунком 4.3 ...», «результаты, приведенные в таблице 2, показывают»).

Текст сносок, обозначаемых надстрочными знаками, печатают с абзацного отступа и размещают после текста на той же странице, отделяя от основного текста сплошной чертой. Сноски к таблицам должны быть напечатаны непосредственно под таблицей.

Нумерация сносок должна быть отдельной для каждой страницы. Допускается использовать цифры или звездочки (не более четырех звездочек).

Приложение оформляют как продолжение данного документа на

последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа. В него нельзя включать список использованной литературы, справочный аппарат и т.п.

В тексте пояснительной записки на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа, за исключением справочного приложения «Библиография», которое располагают последним.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение», его обозначения и степени.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Е, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. Послеслова

«Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность, например: ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Под словом «ПРИЛОЖЕНИЕ» в скобках для обязательного приложения пишут слово «обязательное», а для информационного – «рекомендуемое» или «справочное».

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O.

В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в документе одно приложение, оно обозначается «ПРИЛОЖЕНИЕ А».

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения. Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Ссылки на приложения даются в круглых скобках со словом «смотри» в

сокращении [например, (см. приложение Б)], либо как составной частью предложения, например: «Страницы пояснительной записки дипломного проекта проставляются в основной надписи, приложение Е», «Пример сокращений слов приведен в приложении В». Текст каждого приложения при необходимости может быть разделен на подразделы и пункты, нумеруемые арабскими цифрами с буквой «П» в пределах каждого приложения (например, П. 1; П. 1.2; П. 1.2.1). То же относится и к рисункам, формулам и таблицам приложений.

Приложения, в зависимости от их содержания и связи с основным текстом, могут помещаться до или после списка использованной литературы.

Спецификации к чертежам, выполненные по стандарту, следует помещать в конце пояснительной записки.

Каждая цитата в тексте должна сопровождаться ссылкой на источник. Ссылка может быть подстрочной (в виде сноски) или в виде номера источника из списка использованной литературы. В последнем случае номер заключается в квадратные скобки (например: [5], [31]). Если ссылка дана с указанием страницы источника, то она приводится с номером страницы (например: [8, с. 52], [31, с. 18-23]).

Любой график, помещаемый в пояснительной записке, кроме геометрического образа, должен содержать ряд вспомогательных элементов:

- 1) словесные пояснения условных знаков и смысла отдельных элементов графического образа;
- 2) оси координат, шкалу с масштабами и числовые сетки;
- 3) числовые данные, дополняющие или уточняющие величину нанесенных на график показателей.

Оси абсцисс и ординат графика вычерчиваются сплошными линиями. На концах координат осей стрелок не ставят. В некоторых случаях графики снабжаются координатной сеткой, соответствующей масштабу шкал по осям абсцисс и ординат. Можно при вычерчивании графиков вместо сетки по осям короткими рисками наносить масштаб. Числовые значения масштаба шкал осей координат пишут за пределами графика (левее оси ординат и ниже оси абсцисс).

Исключение составляют графики, ось абсцисс или ось ординат которых служит общей шкалой для двух величин. В таких случаях цифровые значения масштаба для второй величины часто пишут внутри рамки графика или приводят вторую шкалу (в случае другого масштаба). Следует избегать дробных значений масштабных делений по осям координат.

На координатной оси этот множитель следует указывать либо при буквенном обозначении величины, откладываемой по оси, либо вводить в размерность этой величины.

По осям координат должны быть указаны условные обозначения и размерности отложенных величин в принятых сокращениях. На графике следует писать только принятые в тексте условные буквенные обозначения. Надписи, относящиеся к кривым и точкам, оставляют только в тех случаях, когда их немного и они являются краткими. Многословные надписи заменяют цифрами, а расшифровку приводят в подрисуночной подписи.

Если кривая, изображенная на графике, занимает небольшое пространство, то для экономии места числовые деления на осях координат можно начинать не с нуля, а ограничивать теми значениями, в пределах которых рассматривается данная функциональная зависимость.

## Список использованных источников

1. Антипов С. Т. (и др.) Машины и аппараты пищевых производств / С. Т. Антипов. Учебник - Минск: БГАТУ, 2008. - 580с.
2. Байкин С.В., Курочкин А.А., Шабурова Г.В., Афанасьев А.С. Технологическое оборудование для переработки продукции растениеводства / Под ред. А.А. Курочкина. - М.: КолосС, 2007. – 445 с.
3. Воробьев, В.А. Электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства : Учебник для вузов / В. А. Воробьев. - М. : КолосС, 2005. - 280с.
4. Демский А.Б. Оборудование для производства муки, крупы и комбикормов/ А.Б. Демский. Справочник. - М.: ДеЛи принт, 2005. - 760с.
5. Драгилев А.И. Технологическое оборудование предприятий перерабатывающих отраслей АПК / А.И. Драгилев. Учебное пособие - М.: Колос,2001.- 352 с.
6. Егоров Г. А. Технология муки. Технология крупы / Г.А.Егоров. Учебное пособие. - М.: «КолоС», 2005. - 296с.
7. Журавлев А.П. Технология и техника сушки зерна. – Самара, 2000. – 200 с.
8. Забиров И.М. Планирование технического обслуживания технологического оборудования на перерабатывающих предприятиях агропромышленного комплекса: Методические указания для студентов по специальности 311500- Механизация переработки сельхозпродукции / И. М. Забиров, Г. С. Юнусов. - Йошкар-Ола : МарГУ, 2001. - 20с
9. Кошевой Е.П. Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел. – СПб.: ГИОРД, 2001. – 365 с.
10. Машины и аппараты пищевых производств. Книга 1, 2. / Под ред. Панфилова В. А. - М.: Высшая школа, 2001. - 704 с. и 680с.
11. Оборудование для производства муки и крупы. Справочник / А.Б. Демский, М.А. Борискин, В.Ф. Веденьев и др. – СПб.: Профессия, 2000. – 624 с.

12. Попов И.И. Детали машин и основы конструирования / И.И. Попов Г.С. Юнусов. Учебное пособие / Мар. гос. ун-т. - Йошкар-Ола, 2004. - 195с.
13. Саньков, В.М. Основы эксплуатации транспортных и технологических машин и оборудования: Учеб. пособие / В. М. Саньков, В.А. Евграфов, Н.И. Юрченко. - М. : Колос, 2001. - 256с.
14. Серебряков В.В. Механизация хранения и переработки зерна / В.В. Серебряков, методические указания. – г. Йошкар-Ола: МарГУ: 2006 – 21с.
15. Смирнов Н.Н. Механизация технологических процессов в растениеводстве [Текст] : методические указания / Мар. гос. ун-т; сост. Н.Н. Смирнов. - Йошкар-Ола : МарГУ, 2009. - 24 с.
16. Технологии, машины и оборудования для производства и переработки зерна. Каталог. - М.: Информагротех, 1994г. - 234с.
17. Чеботарев О. Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О.Н Чеботарев. Учебник - М., 2004. - 688с.
18. Чернавский С. А. (и др.) Курсовое проектирование деталей машин. - М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. -416с.
19. Юнусов Г.С. Механизация и автоматизация технологических процессов растениеводства и животноводства: Методические указания / Мар. гос. ун-т; сост.: Г.С.Юнусов. -2-еизд., доп. и перераб. - Йошкар-Ола: МарГУ, 2012. -36с.

## Методические рекомендации

Шаронова Татьяна Вячеславовна  
Акулова Татьяна Николаевна  
Белов Евгений Леонидович

### **Методические рекомендации по выполнению курсовой работы по дисциплине «Технологическое оборудование для хранения и переработки продукции растениеводства»**

**Методические рекомендации для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 –  
Агроинженерия профиль Машины и оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной  
продукции**

Компьютерный набор, верстка Шаронова Т.В.  
Подписано в печать 28.04.2023. Формат 210×297/16.  
Бумага писчая. Печать оперативная.  
Усл. п.л. 5,0. Тираж 30 экз. Заказ \_\_  
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет»  
428000, Чебоксары, ул. К. Маркса, 29

Отпечатано на участке оперативной полиграфии  
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет»  
428000, Чебоксары, ул. К. Маркса, 29