

Σ 426  
сб  
Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Кафедра деталей машин  
и основ инженерного проектирования

## ДЕТАЛИ МАШИН

Методические указания  
и задания к курсовому проекту  
для студентов специальностей  
101700, 170600, 271300, 230100  
и направлений 552700, 551800  
факультета заочного обучения  
и экстерната



Санкт-Петербург 2006

УДК 621.81

**Бойцов Ю.А., Молодова Ю.И.** Детали машин: Метод. указания и задания к курсовому проекту для студентов спец. 101700, 170600, 271300, 230100 и направлений 552700, 551800 факультета заочного обучения и экстерната. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. – 32 с.

Изложены общие вопросы курсового проектирования деталей машин, содержание проекта и рекомендации по его выполнению. Приведены задания, правила оформления расчетно-пояснительной записки и чертежей проекта.

Рецензент  
Доктор техн. наук В.А. Арет

Рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

© Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, 2006

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Курсовой проект по деталям машин является первой самостоятельной расчетно-конструкторской работой студента, в ходе которой приобретаются и развиваются навыки выполнения расчетов и чертежей, использования справочной литературы и ГОСТов, оформления технической документации.

Успешно выполнив курсовой проект, студент приобретает начальные конструкторские навыки и известную самостоятельность в решении простейших технических задач.

Цель настоящих методических указаний – оказание помощи студентам-заочникам в работе над курсовым проектом.

## 1. ТЕМАТИКА, ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

С учетом специфики специальностей студентов заочного факультета в курсовых проектах разрабатывается привод различных конвейеров (ленточных, цепных и др.). При этом основным объектом, подлежащим разработке, является редуктор.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки, четырех или трех листов чертежей формата А1. Студенты выполняют четыре листа чертежей.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

1. Схему привода, исходные данные для расчетов, краткое описание привода и перечень разрабатываемых узлов.
2. Выбор электродвигателя и кинематический расчет привода.
3. Расчет зубчатых, червячных, цепных и ременных передач.
4. Проектировочный расчет валов.
5. Выбор подшипников и их проверочный расчет на долговечность.
6. Определение размеров основных элементов корпуса редуктора.
7. Выбор соединений вал-ступица и проверку их работоспособности.
8. Проверочный расчет валов.
9. Выбор соединительных муфт и проверку их работоспособности.
10. Выбор смазки и охлаждения редуктора.

Графическая часть должна содержать:

1. Общий вид привода.
2. Сборочный чертеж редуктора.
3. Сборочный чертеж муфты, приводного вала и др.
4. Рабочие чертежи деталей редуктора по выбору (вал, шестерня, червяк, зубчатое или червячное колесо и др.).

Конкретный перечень чертежей указан в задании.

## 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ И ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

К работе над курсовым проектом студент приступает после получения зачета по контрольным заданиям. К защите проекта студент допускается только после сдачи экзамена по дисциплине.

После окончания работы над проектом студент высылает в университет на проверку выполненный проект (пояснительную записку, чертежи). Проект должен быть исправлен до защиты по замечаниям проверяющего.

Подготовка к защите курсового проекта прежде всего заключается в сознательном выполнении проекта с полным выяснением каждого встретившегося при проектировании вопроса.

Необходимо хорошо знать особенности спроектированного привода и его элементов, методику проектирования и расчетов.

Защита проекта состоит из сообщения студента, его пояснений и ответов на вопросы.

В своем сообщении студент должен дать общую характеристику привода, изложить особенности основных расчетов и полученные результаты, обосновать принципиальные конструктивные решения при разработке привода.

После защиты курсовой проект сдается на кафедру.

## 3. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В состав курсового проекта входит следующая учебно-конструкторская документация: расчетно-пояснительная записка, спецификация и чертежи. Все они должны быть оформлены в соответствии с требованиями комплекса стандартов ЕСКД и настоящих методических указаний.

### 3.1. Расчетно-пояснительная записка

Расчетно-пояснительная записка (РПЗ) – это документ, содержащий описание проектируемого изделия, обоснование принятых технических решений, расчеты на прочность, жесткость и другие расчеты, подтверждающие его работоспособность.

РПЗ должна включать: *титульный лист, техническое задание на проектирование, оглавление* (содержание), *введение, основной текст* (разделы в соответствии с п. 4 настоящих методических указаний), *заключение, список литературы, спецификацию*.

Текст РПЗ следует размещать на одной стороне листа белой писчей бумаги формата А4 (210×297). К формату листа предъявляются следующие требования:

- текст РПЗ должен быть выполнен чернилами черного или синего цвета либо в компьютерном виде;
- поля: левое – 35мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм;
- все листы должны быть пронумерованы и закреплены в шпигеле;
- нумерация листов должна быть сквозной;
- номер листа проставляют арабской цифрой без точки. На первом титульном листе номер не ставят;
- рисунки и таблицы, располагаемые на отдельных листах, а также список литературы и приложения включают в общую нумерацию страниц.

*Титульный лист* является первым листом РПЗ. Он выполняется стандартным шрифтом на листе плотной бумаги или ватмана. Образец титульного листа приведен в прил. 1.

*Оглавление*. В оглавлении указываются все разделы и подразделы текста РПЗ, список литературы, приложения и спецификация.

*Техническое задание на проектирование* содержит исходные данные, задачу, объем и срок выполнения работы и помещается за оглавлением.

*Введение*. Во введении раскрываются назначение и область применения проектируемого привода, конструктивные особенности, цели и задачи проектирования.

*Основной текст*. Основной текст РПЗ должен раскрывать конкретное содержание работы и отражать полученные результаты. Здесь приводятся все обоснования и расчеты, подтверждающие рабо-

тоспособность спроектированного изделия, излагается метод определения сил, действующих на рассчитываемые детали, дается обоснование выбранной расчетной схемы, приводятся основные допущения, принятые при расчетах, мотивируется выбор коэффициентов запаса прочности, допускаемых напряжений и т. д.

Основной текст РПЗ разбивают на разделы и подразделы, наименование и нумерация которых должны соответствовать оглавлению.

Изложение материала должно быть кратким и четким от имени первого лица в единственном числе ("Определяю...", "Принимаю..." и т. п.).

Используемые термины и определения должны быть едиными и соответствовать стандартам, а при их отсутствии – общепринятым в научно-технической литературе. Недопустимо применять разные наименования одного и того же понятия, равно как нельзя употреблять одинаковые термины для разных понятий.

Единицы измерений и размерности необходимо приводить только в СИ.

Математические знаки следует применять лишь в формулах; в тексте их значение следует пояснять словами. Так, например, правильно: «Диаметр шейки вала равен 50 мм»; неправильно: «Диаметр шейки вала = 50 мм».

Не допускается в тексте соединение буквенных обозначений и слов. Так, например, следует писать: «Ширина зубчатого колеса  $v$  равна 40 мм» или «Ширина зубчатого колеса  $v = 40$  мм», но нельзя писать: « $v$  зубчатого колеса = 40 мм»

Сокращения слов в тексте и подписях под рисунками не допускаются. Исключение составляют сокращения, установленные ГОСТом, например: т. е., т. п., пр.

Порядок изложения расчетов определяется характером рассчитываемых величин. В общем случае расчет должен содержать:

- 1) заголовок с указанием, какую деталь рассчитывают и по какому критерию работоспособности (прочность, износостойкость и т. п.);
- 2) расчетную схему с указанием сил, моментов и размеров;
- 3) наименование и марку выбранного материала с указанием его термической обработки, механических свойств и допускаемых напряжений;

4) расчет;

5) заключение по результатам расчета.

Условные буквенные обозначения всех величин, а также условные графические обозначения должны соответствовать установленным стандартам.

Встречающиеся в расчетах формулы необходимо располагать в середине строки. Те формулы, на которые в дальнейшем делаются ссылки, нумеруются арабскими цифрами. Номер ставят в одной строке с формулой, у правого края страницы, и заключают его в круглые скобки. Номер формулы должен состоять из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например: (1.8) (восьмая формула первого раздела).

Каждая формула должна быть сначала написана в символическом выражении. Значение каждого символа должно быть приведено непосредственно под формулой, с новой строки в той же последовательности, в какой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова "где", например:

$$d = \sqrt{\frac{T}{[\tau]}}, \quad (1.8)$$

где  $d$  – диаметр вала, мм;  $T$  – вращающий момент, Н·мм;  $[\tau]$  – допускаемое напряжение на кручение, Н/мм<sup>2</sup>.

При подстановке численных значений величин, входящих в формулу, необходимо числа располагать в том же порядке, в каком расположены значения этих величин. Затем следует сразу же писать окончательный результат вычислений. Промежуточные вычислительные операции, сокращения и зачеркивания не допускаются.

Точность вычислений должна соответствовать точности исходных данных согласно правилам приближенных вычислений.

Полученные расчетом размеры деталей следует округлять, где это возможно, в соответствии с существующими ГОСТами.

Все принимаемые величины должны быть обоснованы со ссылкой на источник с указанием номера страницы, формулы, графика или параграфа, например: [3, рис. 12]. Первая цифра указывает номер источника в списке литературы, приводимом в конце РПЗ.

Количество иллюстраций в РПЗ должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Они могут быть расположены как в тексте, так и в конце его.

Все иллюстрации именуется рисунками; их нумеруют арабскими цифрами, указывая номер раздела и порядковый номер иллюстрации. Каждый рисунок следует сопровождать подрисуночной подписью, например: «Рис. 1.1. Кинематическая схема привода». Повторные ссылки на рисунок следует давать с сокращенным словом «смотри», например: «(см. рис. 1.1)».

Все таблицы также должны иметь справа порядковый номер (например, таблица 1.1) и ниже наверху в центре – заголовок.

Если в тексте только одна таблица, то номер ей не присваивается и слово таблица не пишется.

**Заключение.** Заключение должно содержать общую оценку результатов работы и краткие выводы. В курсовом проекте допускается отсутствие этого раздела. В этом случае выводы, результаты, рекомендации помещаются в конце каждого раздела основного текста.

**Литература.** В конце основного текста приводят список литературы с порядковыми номерами, в который включают все источники, использованные в процессе работы. В этом списке источники располагают в алфавитном порядке или в порядке ссылки на них в тексте и дают им сплошную нумерацию. В тексте для ссылки на источник указывают только его порядковый номер, заключенный в квадратные скобки.

При библиографическом описании книг необходимо соблюдать единообразие. Для книг указывают фамилию и инициалы автора, название книги, издательство, место и год издания, число страниц. Например, Иванов М.Н. Детали машин. – М.: Высш. шк., 2003. – 336 с.

**Спецификация.** В конце РПЗ помещают спецификацию, которую выполняют на листах писчей или чертежной бумаги формата А4 по форме, приведенной в прил. 2. Здесь помещены также формы основных надписей первого (заглавного) и последующих листов спецификации.

Спецификация состоит из следующих разделов:

- документация (чертеж общего вида, РПЗ и т. д.);
- сборочные единицы (редуктор, колесо червячное и т. д.);

- детали ( корпус, колесо зубчатое, вал и т.д.);
- стандартные изделия (крепежные изделия, подшипники, манжеты и т. д.);
- прочие изделия;
- материалы (смазочное масло, герметизирующие составы и т. д.).

В зависимости от сложности сборочной единицы некоторых разделов может не быть.

Каждый раздел спецификации должен начинаться с заголовка в графе «Наименование». Заголовок подчеркивают тонкой линией, и после него оставляют свободную строку.

Между отдельными разделами спецификации желательно оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей.

Графы «Формат», «Зона» и «Обозначение» в учебных проектах не заполняют.

Однотипные детали и сборочные единицы рекомендуется группировать в одном месте (корпусные детали, зубчатые колеса, валы и т. д.). Стандартные же изделия рекомендуется группировать по типам, например, крепежные изделия, манжеты, подшипники. Причем внутри каждой группы изделия следует располагать в алфавитном порядке их наименований (болты, винты, гайки, шайбы).

Графы основных надписей (номера граф указаны в скобках) заполняют следующим образом: 1 – наименование изделия, 7 – порядковый номер листа, 8 – общее число листов, 9 – сокращенное название вуза, кафедры, номер группы; 10, 11, 12, 13 – в строке «Разраб.» фамилия студента, его подпись и дата, а в строке «Пров.» – фамилия преподавателя, его подпись и дата.

### 3.2. Чертежи

Все чертежи выполняются карандашом на чертежной бумаге формата А1 с соблюдением требований ЕСКД и ЕСДП.

Масштаб чертежей по возможности должен быть 1:1, при невозможности использовать этот масштаб допускается меньший масштаб (1:2; 1:2,5; 1:4 и т. д.). Небольшие детали изображают в масштабе увеличения (2:1; 2,5:1, 4:1 и т. д.).

Каждый чертеж должен иметь основную надпись, форма которой приведена в прил. 3. Графы основной надписи чертежа заполняют, как указано в разделе 3.1 для спецификации.

### 3.2.1. Общий вид привода

Чертеж общего вида привода должен содержать изображения привода, дающие представления о его конструкции и взаимодействии составных частей.

На чертеже должны быть приведены: а) изображения привода; б) необходимые размеры; в) номера позиций составных частей; г) технические характеристики привода.

Привод на чертеже обычно изображают в трех проекциях без разрезов и сечений. Составные части привода изображают упрощенно.

На чертеже общего вида привода проставляют габаритные, присоединительные и установочные размеры (размеры опорных поверхностей, диаметры крепежных отверстий и расстояния между ними, расстояния между осями составных частей и т. п.).

Все составные части привода нумеруют в соответствии с номерами позиций спецификации. Номера проставляют на полках линий-выносок, которые не должны пересекаться между собой.

Над основной надписью чертежа в виде колонки шириной не более 185 мм под заголовком «Техническая характеристика» указывают: мощность и частоту вращения электродвигателя, общее передаточное число привода, тяговое усилие, окружную скорость звездочки (барабана) и т. п.

### 3.2.2. Сборочный чертеж редуктора (муфты)

Сборочный чертеж редуктора (муфты) должен содержать изображение редуктора (муфты), дающее представление о его конструкции, и другие данные, необходимые для его сборки и контроля.

На сборочном чертеже должны быть приведены: а) изображение редуктора (муфты); б) необходимые размеры; в) номера позиций сборочных единиц и деталей; г) технические характеристики редуктора (муфты).

Редуктор на чертеже обычно изображают в двух или трех проекциях. При этом на главном виде (спереди) при необходимости выполняют местные разрезы для показа устройства смотрового окна, маслоуказателя, спускной масляной пробки, уровня масла и т. п.

Вид сверху выполняют в разрезе, проходящем по плоскости разреза. На этом виде показывают конструкцию всех элементов: валов, зубчатых и червячных колес, подшипниковых узлов, стаканов, распорных втулок, маслоудерживающих колес, а также все шпонки.

Если двух видов недостаточно для показа конструкции редуктора, то приводят еще вид слева.

На сборочном чертеже редуктора проставляют следующие размеры:

а) габаритные, которые являются справочными размерами (длина, ширина, высота) и даются без предельных отклонений;

б) присоединительные и установочные: их дают с предельными отклонениями. К ним относят: межосевые расстояния, диаметры и длины выходных концов валов, расстояния входного и выходного валов до опорной поверхности редуктора, размеры шпоночных или шлицевых соединений выходных концов валов, диаметры отверстий под фундаментные болты и расстояния между ними, размеры опорной поверхности корпуса.

в) посадочные размеры определяют характер сопряжений и их дают с обозначением посадок. Указания по выбору посадок для основных деталей приведены в рекомендуемой литературе [2, табл. 10–13, стр. 263].

Посадочные размеры должны быть проставлены в соединениях: зубчатых и червячных колес с валами, подшипников с валами и корпусом редуктора, уплотнений с валами и корпусом, крышек подшипников с отверстиями в корпусе или в стаканах и т. п.

Все сборочные единицы и детали нумеруют в соответствии с номерами позиций спецификации. Номера проставляют на полках линий-выносок, которые располагают вертикально и горизонтально на одной линии вне контура изображения.

Линии-выноски не должны пересекаться между собой.

Над основной надписью чертежа в виде колонки шириной не более 185 мм под заголовком «Техническая характеристика» указы-

вают: мощность на выходном валу, частоту вращения выходного вала, общее передаточное число.

### 3.2.3. Чертежи деталей

Рабочий чертеж детали должен содержать изображения и другие данные, необходимые для изготовления и контроля детали. Количество проекций, видов, разрезов и сечений должно быть минимальным, но достаточным для полного и ясного представления конструкции детали. В простейших случаях, например, для деталей вращения, достаточно двух проекций, а иногда даже одной.

Деталь рекомендуется изображать в положении, удобном для чтения чертежа при ее изготовлении. Например, ось детали тела вращения (вала, зубчатого колеса и др.), обрабатываемой на станке, обычно располагают параллельно основной надписи.

На каждом рабочем чертеже детали указывают размеры, предельные отклонения, шероховатость поверхности, допуски формы и расположения и технические требования, которым она должна соответствовать перед сборкой.

Необходимые рекомендации по назначению шероховатости поверхностей приведены в [1, стр. 322]; [2, стр. 266], а по назначению допусков формы и расположения поверхностей – в [1, стр. 321]; [2, стр. 264–265].

Рабочий чертеж корпусной детали (крышка или основание корпуса редуктора) выполняют с необходимыми видами, местными разрезами и сечениями [1, стр. 356–361]; [2, стр. 238–247].

Необходимые размеры и предельные отклонения проставляют в соответствии со сборочным чертежом редуктора.

На чертеже указывают допуски формы и расположения следующих поверхностей:

- цилиндричность и перпендикулярность отверстий под подшипники и стаканы;
- параллельность осей отверстий под подшипники;
- плоскостность поверхности разъема корпуса.

Шероховатость должна быть указана для всех обрабатываемых поверхностей (отверстий под подшипники, плоскости разъема корпуса и др.)

На чертеже корпусной детали указывают технические требования, которые располагают над основной надписью в виде колонки шириной не более 185 мм. Заголовок над ними не пишут. Текст требований записывают пунктами со сквозной нумерацией сверху вниз.

Технические требования к корпусной детали содержат:

1) требования к заготовке. Например, значения линейных уклонов, радиусов закруглений, очистка поверхностей, притупление кромок и т. п.;

2) требования к размерам, предельным отклонениям и т. п. Например, “Перекос осей отверстий АВ и СД до 0,03/100, мм/мм;

3) требования к качеству поверхностей, указания по их отделке, покрытию. Например, “Внутреннюю поверхность очистить и покрыть маслястойкой краской”.

4) технологические требования. Например, “Детали ... обрабатывать совместно”.

Рабочие чертежи остальных деталей вычерчивают по возможности в масштабе 1:1.

На чертеже каждой детали должны быть приведены все необходимые для ее изготовления виды, сечения, размеры и указания (предельные отклонения размеров, посадки, шероховатость поверхностей, допуски формы и расположения поверхностей, термическая обработка, технические требования).

На чертеже зубчатого или червячного колеса, червяка и звездочки цепной передачи помимо их изображения и приведенных выше указаний в правом верхнем углу на расстоянии 20 мм от верхней внутренней рамки помещают таблицу параметров, состоящую из трех частей: 1 – основные данные для нарезания зубьев (модуль, исходный контур, коэффициент смещения, точность и т. п.), 2 – данные для контроля (в учебных проектах эту часть таблицы не заполняют и 1–2 строки оставляют свободными), 3 – справочные данные (делительный диаметр, межосевое расстояние и т. д.).

Конкретные рекомендации и указания по разработке рабочих чертежей типовых деталей (валов, крышек подшипников, шкивов, звездочек) приведены в [1, стр. 327–356]. Здесь же помещены и образцы рабочих чертежей этих деталей. Некоторые рекомендации по конструированию валов, стаканов, крышек подшипников, зубчатых и червячных колес и червяков приведены в [2, стр. 167–168, 196–200, 230–238].

## **4. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА**

Основные разделы проекта должны содержать расчеты, обоснования и проработку конструкции привода, которые рекомендуется выполнять в приведенной ниже последовательности и объеме.

### **4.1. Выбор электродвигателя и кинематический расчет привода**

Электродвигатель выбирают по каталогу по необходимой мощности, которую определяют с учетом КПД привода по исходным данным, указанным в задании. По выбранному электродвигателю указывают: марку, мощность, номинальную частоту вращения, коэффициент перегрузки, диаметр ведущего вала и габаритные размеры.

Кинематический расчет состоит в определении передаточного числа привода, разбивке его по ступеням, определении частоты вращения и крутящего момента на каждом валу. При этом все валы нумеруют, присваивая № 1 ведущему валу редуктора, а расчет крутящих моментов ведут по необходимой (расчетной) мощности электродвигателя.

Результаты расчетов сводят в таблицу, в которой приводят номера валов, частоты их вращения, передаточные числа ступеней, крутящие моменты на валах [ 1, стр. 4–8, 21–30]; [2, стр. 4–8].

### **4.2. Расчет зубчатых, червячных, ременных и цепных передач**

При расчете зубчатых передач вначале выбирают материал зубчатых колес и определяют допустимые напряжения с учетом режимов нагружения. Далее производят проектировочный расчет и вычисляют основные геометрические параметры и размеры зубчатых колес. Затем проверяют зубья колес на выносливость по контактным напряжениям и напряжениям изгиба, на предотвращение пластических деформаций и разрушения зубьев при кратковременных перегрузках [1, стр. 8–20].

Расчет червячных передач производят аналогичным образом с учетом их особенностей [3]; [3, стр. 207–237]; [2, стр. 27–53]; [1, стр. 20–24].

Расчет ременной передачи начинают с выбора типа ремня, затем определяют диаметры шкивов, межосевое расстояние, длину ремня и т. п. [10]; [3, стр. 256–277]; [2, стр. 118–139].

При расчете цепной передачи сначала выбирают тип цепи, затем определяют число зубьев звездочек и проверяют цепь на прочность [3, стр. 278–288]; [2, стр. 146–154].

### **4.3. Проектировочный расчет валов**

На этом этапе приближенно определяют характерные диаметры валов, которые берут за основу при разработке конструкции.

Для валов с выходными концами, на которые насаживают муфты, шкивы и звездочки, характерными будут диаметры посадочных мест на выходных концах, для валов промежуточных – это посадочные диаметры под подшипники.

Расчитанные диаметры округляют до ближайших больших стандартных значений [3, стр. 296]; [2, стр. 161–162].

### **4.4. Выбор подшипников**

В этом подразделе обосновывают и выбирают типы подшипников для всех валов и приводят их характеристики.

При выборе типа подшипников следует учитывать особенности конструкции, направление и характер действующих нагрузок, стоимость.

Выбор типоразмера подшипника производят по диаметру вала под подшипник, ориентируясь на легкую серию. Подобранным таким образом подшипники, следует привести их основные характеристики (обозначение, наружный и внутренний диаметры, ширину, динамическую грузоподъемность) [3, стр. 309–316]; [2, стр. 176–180]; [1, стр. 28–29].

### **4.5. Эскизная компоновка редуктора и определение размеров основных элементов корпуса**

Эскизную компоновку редуктора выполняют в два этапа. На первом этапе определяют взаимное расположение зубчатых (червячных) колес, червяка, подшипников и корпуса. Такая компоновка по-



звоняет определить некоторые размеры (расстояние между зубчатым колесом и подшипниками и др.), необходимые для проверочных расчетов подшипников и валов.

Компоновку выполняют на листе чертежной бумаги формата А1 или на миллиметровке в масштабе 1:1. При больших габаритах используют масштабы уменьшения 1:2, 1:2,5 и др. Компоновку обычно разрабатывают в одной проекции, в которой конструкция является наиболее наглядной и полной. При разработке сложных редукторов (например, червячно-цилиндрических) эскизную компоновку выполняют в двух проекциях.

Чертить следует в тонких линиях слабым нажимом карандаша, детали и узлы изображать упрощенно.

Подробные указания по выполнению первого этапа компоновки редуктора приведены в рекомендуемой литературе [1, стр. 24–32]; [2, стр. 301–303, 349–351, 374–375].

Второй этап эскизной компоновки редуктора выполняют на том же чертеже путем внесения необходимых уточнений и доработок. На этом этапе компоновки разрабатывают конструкцию валов, червяков, зубчатых и червячных колес, подшипниковых узлов и корпуса с целью получения данных для проверочного расчета валов и подготовки к оформлению сборочного чертежа редуктора.

Несмотря на то, что конструкции корпусов весьма разнообразны, все они имеют однотипные элементы (гнезда под подшипники, ребра и др.), что позволило выработать общие рекомендации для определения их размеров [1, стр. 233–260]; [2, стр. 241–242]; [3, стр. 416–421].

Рекомендации по разработке конструкций деталей и узлов даны в рекомендуемой литературе [1, стр. 24–27, 41–127, 164–188, 233–260]; [2, стр. 167–176, 180–200, 230–250, 307–310, 354–356, 380]; [3, стр. 316–351, 413–440].

#### **4.6. Проверочный расчет подшипников**

В составе проекта выполняют проверочный расчет подшипников всех валов, который заключается в определении долговечности, в часах, для ранее выбранных подшипников, которая должна быть равна или больше заданной [1, стр. 79–88]; [3, стр. 359–374]; [2, стр. 211–233].

Если долговечность окажется меньше заданной, то вместо легкой серии берут среднюю или тяжелую серии подшипников и расчет повторяют.

#### **4.7. Выбор соединений вал-ступица и проверка их работоспособности**

В проекте должен быть обоснован выбор всех соединений валов с насаженными на них деталями и проверена их работоспособность [3, стр. 301–309]; [2, стр. 168–176].

#### **4.8. Проверочный расчет валов**

В составе проекта достаточно выполнить проверочный расчет выходного (тихоходного) вала редуктора. Расчет валов выполняют на выносливость в опасных сечениях, для которых вычисляют коэффициенты запаса прочности и сравнивают их с допустимыми значениями [2, стр. 161–167, 311–317, 356–359, 383–385]; [3, стр. 297–301]; [1, стр. 144–147].

#### **4.9. Выбор соединительных муфт и проверка их работоспособности**

В курсовом проекте обосновывают и выбирают муфты, указанные на схеме привода. Муфты стандартизованы, их выбирают по расчетному крутящему моменту и диаметру вала, а затем производят проверочный расчет наиболее ответственных элементов муфт: например, соединительных болтов жесткой фланцевой муфты на срез, резиновых втулок упругой втулочно-пальцевой муфты на смятие и т. п. [3, стр. 456–474]; [2, стр. 268–282]; [1, стр. 274–305].

В РПЗ кроме расчетов приводят описание муфты, основные размеры и характеристики.

#### **4.10. Смазка и охлаждение редуктора**

С учетом особенностей проектируемого редуктора необходимо обосновать и выбрать способы смазки зубчатых зацеплений и подшипников и необходимые смазочные материалы. Следует также определить объем масляной ванны и необходимый уровень масла [3, стр. 351–358, 441–448]; [1, стр. 147–164]; [2, стр. 203–211, 250–255].

Необходимо также выполнить тепловой расчет с целью проверки редуктора на нагрев и выбора соответствующего способа охлаждения.

Такой расчет выполняют только для червячных редукторов, имеющих сравнительно низкий КПД.

Если естественное охлаждение редуктора окажется недостаточным, то увеличивают его теплоотдающую поверхность с помощью ребер или применяют искусственное охлаждение [2, стр. 255–257]; [3, стр. 225–229, 448–449].

## ЗАДАНИЯ НА ПРОЕКТЫ

В методических указаниях приведены задания на проекты. Отдельный вид заданий включает в себя десять типов заданий, каждый из которых содержит десять вариантов. Для выполнения проекта обязательным является то задание, которое соответствует последней цифре шифра студента, и тот вариант этого задания, который соответствует предпоследней цифре шифра. Например, студент, имеющий шифр 2382, должен выполнять восьмой вариант второго задания. Если последняя цифра ноль, то студент выполняет десятое задание. Также, если предпоследняя цифра шифра ноль, то студент выполняет десятый вариант задания.

Условные обозначения:  $T$  – момент, развиваемый электродвигателем при наибольшей рабочей нагрузке привода;  $t$  – общее календарное время работы привода.

**Задание 1.** Спроектировать привод к цепному конвейеру по схеме рис. 1 прил. 4 с графиком нагрузки, данным на рисунке. Окружное усилие на тяговых звездочках  $F$ , окружная скорость тяговых звездочек  $V$ , шаг тяговой цепи  $t$  и число зубьев тяговой звездочки  $Z$  приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$V$ , м/с	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
$t$ , мм	100	100	100	100	125	125	100	100	100	100
$Z$	12	12	10	10	8	8	10	10	12	12

Представить четыре листа чертежей: 1) общий вид привода; 2) муфта; 3) зубчатый редуктор; 4) рабочие чертежи деталей редуктора – крышки корпуса, ведомого зубчатого колеса и ведомого вала.

**Задание 2.** Спроектировать привод к ленточному конвейеру по схеме рис. 2 прил. 4 с графиком нагрузки, данным на рисунке. Окружное усилие на барабане  $F$ , окружная скорость барабана  $V$  и диаметр барабана  $D$  приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	5	5	7	5	6	7	5	6	7	5
$V$ , м/с	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
$D$ , мм	250	250	300	320	350	350	400	400	500	500

Представить четыре листа чертежей: 1) общий вид привода; 2) муфта; 3) цилиндро-червячный редуктор; 4) рабочие чертежи деталей редуктора – крышки корпуса, червячного колеса и его вала.

**Задание 3.** Спроектировать привод к ленточному конвейеру по схеме рис. 3 прил. 4 с графиком нагрузки, данным на рисунке. Окружное усилие на барабане  $F$ , окружная скорость барабана  $V$  и диаметр барабана  $D$  приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	3	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1
$V$ , м/с	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
$D$ , мм	200	250	250	250	300	200	200	250	250	300

Представить четыре листа чертежей: 1) общий вид привода; 2) муфта; 3) коническо-цилиндрический зубчатый редуктор; 4) рабочие чертежи деталей редуктора – основания корпуса, ведомого конического колеса и промежуточного вала.

**Задание 4.** Спроектировать привод к цепному конвейеру по схеме рис. 4 прил. 4 с графиком нагрузки, данным на рисунке. Окружное усилие на тяговых звездочках  $F$ , окружная скорость тяговых звездочек  $V$ , шаг тяговой цепи  $t$  и число зубьев тяговой звездочки  $Z$  приведены в табл. 4.

Таблица 4

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3	2,8	2,9	2,7	2,6
$V$ , м/с	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
$t$ , мм	100	100	125	125	160	160	125	125	100	100
$Z$	12	12	8	8	6	6	8	8	10	10

Представить четыре листа чертежей: 1) общий вид привода; 2) муфта; 3) редуктор; 4) рабочие чертежи деталей редуктора – крышки корпуса, ведомого зубчатого колеса и ведомого вала.

**Задание 5.** Спроектировать привод к цепному конвейеру по схеме рис. 5 прил. 4 с графиком нагрузки, данным на рисунке. Окружное усилие на тяговых звездочках  $F$ , окружная скорость тяговых звездочек  $V$ , шаг тяговой цепи  $t$  и число зубьев тяговой звездочки  $Z$  приведены в табл. 5.

Таблица 5

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	6	6,5	7	7,5	8	8	15	14	11	12
$V$ , м/с	0,1	0,12	0,14	0,15	0,16	0,16	0,15	0,14	0,12	0,1
$t$ , мм	100	100	125	100	100	100	125	100	100	100
$Z$	12	12	10	10	12	12	10	10	12	12

Представить четыре листа чертежей: 1) общий вид привода; 2) муфта; 3) редуктор; 4) рабочие чертежи деталей редуктора – основания корпуса, червячного колеса и его вала.

**Задание 6.** Спроектировать привод по схеме рис. 6 прил. 4 с графиком нагрузки, данным на рисунке. Мощность на ведомом валу редуктора  $P_3$  и частота вращения этого вала  $n_3$  приведены в табл. 6.

Таблица 6

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_3$ , кВт	2	2,7	3,6	4	5	6	7	8	9	10
$n_3$ , об/мин	24	19	31	56	46	30	29	36	16	18

Представить четыре листа чертежей: 1) общий вид привода; 2) муфта; 3) редуктор; 4) рабочие чертежи деталей редуктора – крышки корпуса, зубчатого колеса тихоходной передачи и его вала.

**Задание 7.** Спроектировать привод к ленточному конвейеру по схеме рис. 7 прил. 4 с графиком нагрузки, данным на рисунке. Мощность на ведомом валу редуктора  $P_4$  и частота вращения этого вала  $n_4$  приведены в табл. 7.

Таблица 7

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_4$ , кВт	10	8	7	5	4	6	9	11	8	6
$n_4$ , об/мин	35	30	40	50	55	60	52	48	41	34

Представить четыре листа чертежей: 1) общий вид привода; 2) муфта; 3) зубчатый редуктор; 4) рабочие чертежи деталей редуктора – крышки корпуса, зубчатого колеса быстроходной передачи и его вала.

**Задание 8.** Спроектировать привод к цепному конвейеру по схеме рис. 8 прил. 4 с графиком нагрузки, данным на рисунке. Мощность на ведомом валу редуктора  $P_3$  и частота вращения этого вала  $n_3$  приведены в табл. 8.

Таблица 8

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_3$ , кВт	5	5,2	5,4	5,6	5,8	6	6,2	6,4	6,6	6,8
$n_3$ , об/мин	9	12	15	18	21	24	27	27	24	21

Представить четыре листа чертежей: 1) общий вид привода; 2) муфта; 3) червячно-цилиндрический редуктор; 4) рабочие чертежи деталей редуктора – основания корпуса, ведомого зубчатого колеса и его вала.

**Задание 9.** Спроектировать привод к цепному конвейеру по схеме рис. 9 прил. 4 с графиком нагрузки, данным на рисунке. Окружное усилие на тяговых звездочках  $F$ , окружная скорость тяговых

звездочек  $V$ , шаг тяговой цепи  $t$  и число зубьев тяговой звездочки  $Z$  приведены в табл. 9.

Таблица 9

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$V$ , м/с	0,5	0,55	0,6	0,65	0,35	0,45	0,4	0,45	0,5	0,3
$t$ , мм	160	160	160	125	125	125	125	100	100	100
$Z$	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12

Представить четыре листа чертежей: 1) общий вид привода; 2) муфта; 3) конический зубчатый редуктор; 4) рабочие чертежи деталей редуктора – основания корпуса, ведомого зубчатого колеса и ведомого вала.

**Задание 10.** Спроектировать привод к цепному конвейеру по схеме рис. 10 прил. 4 с графиком нагрузки, данным на рисунке. Окружное усилие на тяговых звездочках  $F$ , окружная скорость тяговых звездочек  $V$ , шаг тяговой цепи  $t$  и число зубьев тяговой звездочки  $Z$  приведены в табл. 10.

Таблица 10

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
$V$ , м/с	0,35	0,4	0,45	0,5	0,3	0,35	0,3	0,45	0,4	0,35
$t$ , мм	100	100	120	120	120	100	100	100	100	100
$Z$	12	12	10	10	10	10	12	12	10	10

Представить четыре листа чертежей: 1) общий вид привода; 2) муфта; 3) коническо-цилиндрический зубчатый редуктор; 4) рабочие чертежи деталей редуктора – крышки корпуса, шестерни цилиндрической зубчатой передачи и промежуточного вала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная

1. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. – М.: Высш. шк., 2003. – 416 с.
2. Курсовое проектирование деталей машин / С.А. Чернавский и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 416 с.
3. Чернавский С.А. и др. Проектирование механических передач. – М.: Машиностроение, 1984. – 560с.

### Дополнительная

4. Анфимов М.И. Редукторы. Конструкция и расчет. – М.: Машиностроение, 1992. – 301 с.
5. Подшипники качения: Справ. / Р.Д. Бейзельман и др. – М.: Машиностроение, 1979. – 301 с.
6. Ваньшин А.И., Печников А.Ф. Детали машин. Расчет механических передач. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2003. – 140 с.
7. Воробьев И.И. Ременные передачи. – М.: Машиностроение, 1979. – 125 с.
8. Детали машин: Атлас конструкций / Под ред. Д.Н. Решетова. – М.: Машиностроение, 1991. – 367 с.
9. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин. – М.: Высш. шк., 2003. – 336 с.
10. Капелькин Д.А. Расчет и конструирование клиноременных передач: Метод. указания к курсовому проектированию по деталям машин для студентов всех спец. – СПб.: СПбГАХПТ, 1997. – 27 с.
11. Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. – М.-Л.: Машиностроение, 1984. – 560 с.
12. Решетов Д.Н. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра деталей машин и основ инженерного проектирования

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ  
ПО ДЕТАЛЯМ МАШИН

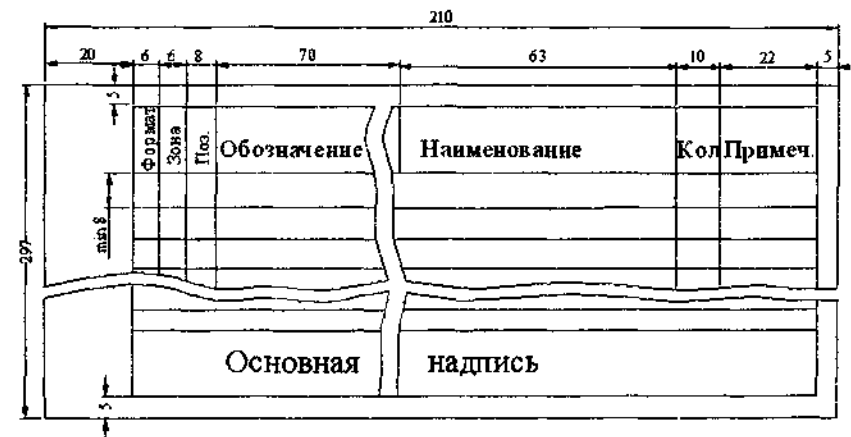
Тема: «ПРИВОД ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА»

Исполнитель: студент Петров И.П.  
шифр 2382

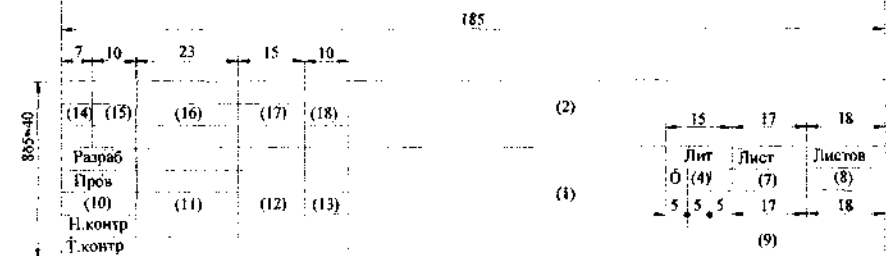
2006

Приложение 2

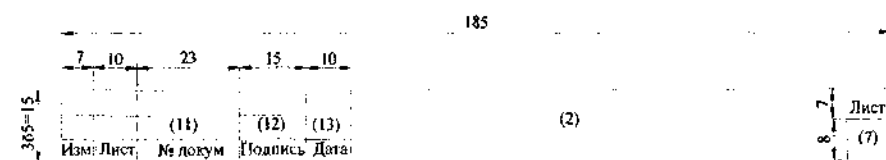
Форма спецификаций



Основная надпись на первом (заглавном) листе спецификации



Основная надпись на последующих листах спецификации





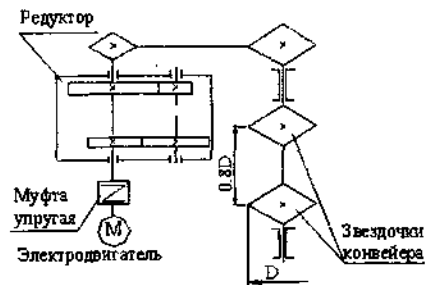


Рис. 4

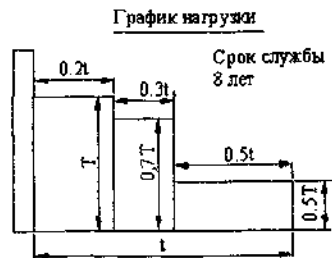
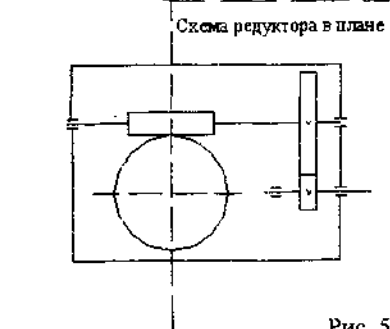
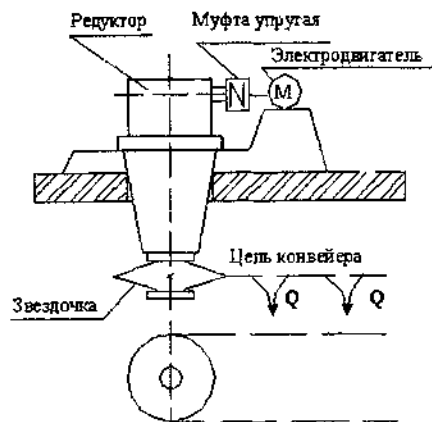


Рис. 5

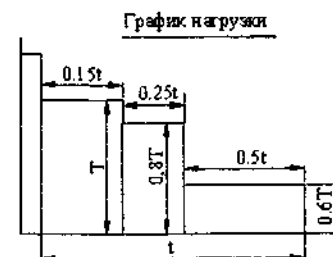
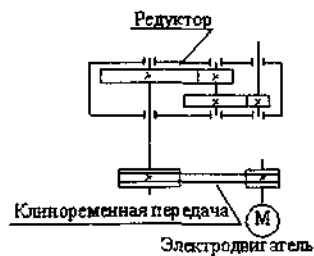


Рис. 6

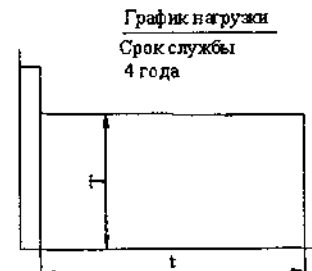
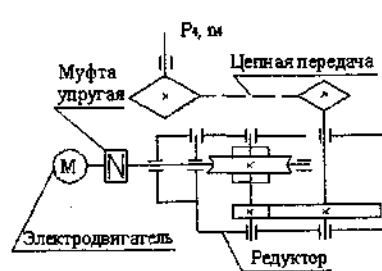


Рис. 7

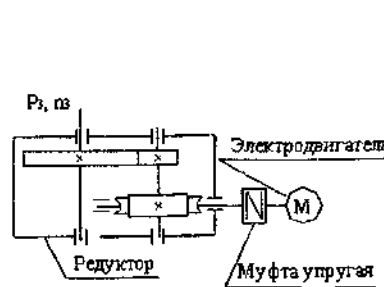


Рис. 8

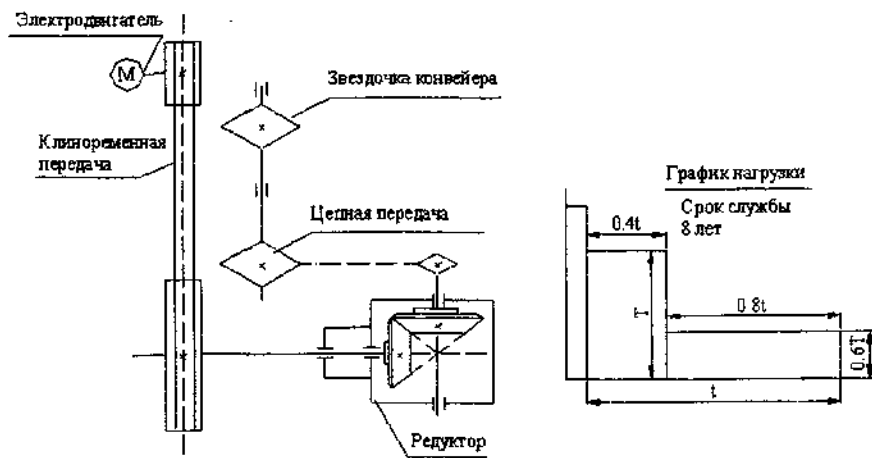


Рис. 9

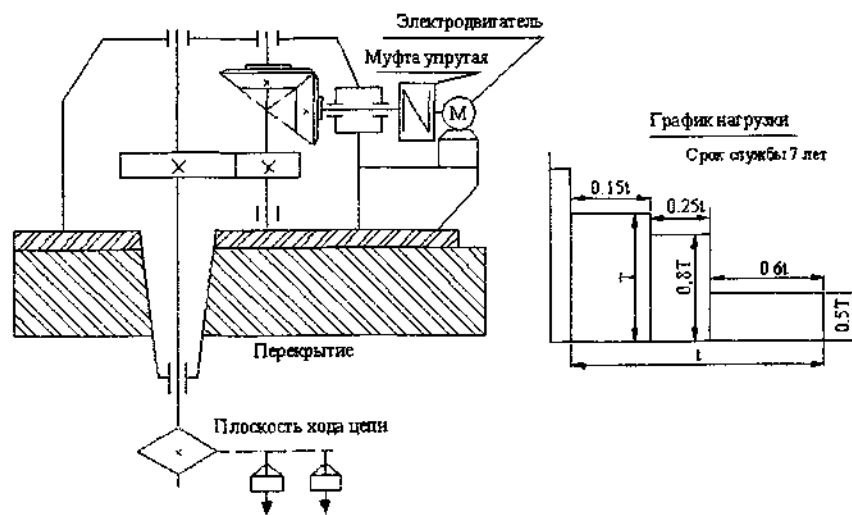


Рис. 10