

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
Нижнетагильский технологический институт (филиал)
Нижнетагильский машиностроительный техникум



2023 г.

Методические рекомендации
по выполнению и защите
курсового проекта
по дисциплине «Техническая механика»

программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности СПО 15.02.04 Специальные машины и устройства
базовой подготовки

Методические рекомендации разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.04 Специальные машины и устройства, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 18 апреля 2014г. № 346, укрупненной группы подготовки 15.00.00
Машиностроение


Организация разработчик: ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Нижнетагильский технологический и институт
Нижнетагильский машиностроительный техникум

Разработчик: преподаватель НТМТ Семухина И.В.
(ФИО)

Методические рекомендации обсуждены и одобрены на заседании цикловой комиссии машиностроения и технологии материалов от 12.04.23 протокол № 5

Председатель ЦК  И.В.Семухина

Комплект контрольно-оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании и Методического Совета НТМТ

Протокол № 1
«13» 04 2023г. Председатель Методического
Совета 
В.В. Потанин

Содержание

Введение

1 Организация выполнения курсового проекта

1.1 Этапы выполнения курсового проекта

1.2 Примерный план курсового проекта

1.3 Написание курсового проекта

2 Требования к оформлению курсового проекта

2.1 Требования к написанию текста курсового проекта, формул, рисунков, таблиц

2.2 Требования к оформлению списка литературы

2.3 Требования к оформлению приложений

3. Организация защиты курсового проекта

3.1. Подготовка к защите курсового проекта

3.2. Защита курсового проекта

4. Критерии оценки курсового проекта

4.1 Критерии оценки выполнения курсового проекта

4.2 Критерии оценки защиты курсового проекта.

5. Основные рекомендации по выполнению расчетов и конструированию привода

Рекомендуемая литература

Приложения

Введение

Курсовой проект – это исследовательская работа, проводимая на заключительном этапе изучения дисциплины «Техническая механика» с целью:

– формирования профессиональных и общих компетенций

ПК 1.1. Участвовать в разработке конструкторской документации, ее оформлении и внесении изменений на всех стадиях технической подготовки производства;

ПК 1.2. Участвовать в проектировании систем вооружения с оценкой экономической эффективности производства;

ПК 1.4. Участвовать в оценке технологичности систем вооружения и отработке конструкции на технологичность.

ПК 2.1. Осуществлять сборку-разборку и техническое обслуживание систем вооружения;

ПК 2.3. Оформлять все виды документации в ходе контроля испытаний и ремонта;

ПК 3.1. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов производства систем вооружения.

ПК 3.2. Выбирать оборудование и стандартную технологическую оснастку для технологических процессов производства систем вооружения;

ПК 3.3. Участвовать в проектировании специальной технологической оснастки для технологических процессов, с оформлением соответствующей технической документации.

ПК 3.4. Назначать и рассчитывать оптимальные режимы резания и нормы времени для технологических процессов производства систем вооружения;

ПК 3.5. Оформлять комплект технологической документации на технологические процессы производства систем вооружения;

ПК 4.1. Участвовать в планировании работы производственного подразделения;

ПК 4.4. Анализировать процесс и результаты деятельности подразделения, оценивать эффективность производственной деятельности;

ПК 5.2. Практическое использование программного обеспечения отрасли ОК

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Курсовой проект выполняется по исходным данным, выданным преподавателем.

1 Организация выполнения курсового проекта

1.1 Этапы выполнения курсового проекта

Подготовка и защита курсового проекта состоят из следующих этапов:

1. Подбор и ознакомление с литературой по заданной теме.

2. Составление плана курсового проекта и согласование его с руководителем.

3. Изучение отобранной литературы, ГОСТов и действующей практики расчёта и конструирования сварных конструкций.

4. Сбор и обработка фактического материала в сочетании с литературными источниками.

5. Расчёт основных элементов, узлов на прочность.

6. Написание пояснительной записки объёмом, примерно, 30...40 страниц и графической части

в объёме одного листа формата А1, выполненной в соответствии с требованиями ЕСКД.

7. Написание тезисов доклада для защиты курсового проекта.

8. Защита курсового проекта.

1.2. Примерный план курсового проекта.

Пояснительная записка должна содержать:

Введение

Исходные данные

Введение

1. Выбор электродвигателя, кинематический и силовой расчеты привода

2. Выбор материала передачи редуктора

3. Расчет зубчатой передачи редуктора

4. Проектный расчет валов редуктора. Подбор подшипников для валов редуктора

5. Первый этап компоновки редуктора. Эскизная компоновка

6. Конструирование зубчатых колес

7. Конструирование подшипниковых узлов

8. Конструктивные размеры корпуса и крышки редуктора

9. Подбор и проверочный расчет шпоночных соединений. Смазка редуктора. Сборка редуктора

Заключение

Список литературы

Заключение

Список использованной литературы

Приложения

Графическая часть должна содержать:

- сборочный чертёж редуктора,

- спецификацию к сборочному чертежу,

- чертеж зубчатого колеса,
- чертеж вала.

1.3. Написание курсового проекта

Выполнение курсового проекта начинается с написания введения, которое составляет 1,5-2 страницы. Во введении следует раскрыть актуальность темы, определить цель и основные задачи работы, сформулировать практическую значимость работы, определить объект и предмет изучения, структуру работы.

Цель представляет собой конечный итог работы. Исходя из развития цели работы определяются задачи. Это обычно делается в форме перечисления (проанализировать..., разработать..., обобщить..., выявить..., показать..., изучить..., установить..., дать рекомендации... и т.п.). Часто задачи работы совпадают с формулировкой глав и параграфов.

Содержание основной части должно точно соответствовать теме работы и полностью её раскрывать. Изложение материала в работе должно быть последовательным и логичным. Все главы должны быть связаны между собой. Поэтому особое внимание следует обращать на логические переходы от главы к главе, от параграфа к параграфу. Каждый вопрос должен быть освещён по определённой схеме, не допускающей повторов, отрывочных логически не связанных между собой положений.

При написании проекта следует обращать внимание на правильность выявления причинно-следственных связей между изучаемыми явлениями.

В заключении работы излагаются краткие выводы по теме, характеризуется степень её раскрытия, определяется, достигнута ли цель и задачи работы. Для успешной защиты работы следует иметь не менее трёх - четырёх основных предложений. Как правило, обоснованные выводы этой главы определяют практическую значимость работы, сформулированную во введении. Заключение курсового проекта должно быть по объёму 2-3 страницы. Именно в заключении наиболее ярко проявляется способность автора ясно мыслить и излагать материал. Заключение является основой для написания текста к защите курсовой работы.

В ходе написания работы следует обратить внимание на язык изложения материала, особенно на лексику, орфографию и пунктуацию. Работа должна быть написана грамотно и аккуратно.

2 Требования к оформлению курсового проекта:

2.1 Требования к написанию текста курсового проекта, формул, рисунков, таблиц.
ГОСТ 2.105-2019 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам

3.3 Подлинники текстовых документов выполняются одним из следующих способов:

- машинописным, при этом следует выполнять требования ГОСТ 13.1.002. Шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная);

- рукописным - чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью;

- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004);

- на электронных носителях данных.

ГОСТ 2.004-88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

Буквы, цифры и знаки в документах, получаемых на графических документах, должны соответствовать ГОСТ 2.304; ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертежные (с изменением №1, 2)

3.6 Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк - не менее 3 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15-17 мм).

3.7 Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускаются исправлять подчёркнутой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

4 Требования к текстовым документам, содержащим, в основном, сплошной текст

4.1 Построение документа

4.1.1. Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы.

4.1.2. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа (части, книги), обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацевого отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

4.1.3 Если документ не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела, и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится, например:

1 Типы и основные размеры

печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовки состоят из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3, 4 интервалам, при выполнении рукописным способом - 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела - 2 интервала, при выполнении рукописным способом - 8 мм. При выполнении текстовых документов автоматизированным способом допускается применять расстояния, близкие к указанным интервалам.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

4.1.10 Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

4.1.11 В документе (части, книге) большого объема на первом (заглавном) листе и, при необходимости, на последующих листах помещают содержание, включающее номера и наименования разделов и подразделов с указанием номеров листов (страниц).

Если документ разбит на части (книги), то в конце содержания первой части (книги) перечисляют обозначение и наименование (при наличии) остальных частей (книг). Содержание включают в общее количество листов данного документа (части, книги).

Слово "Содержание" записывают в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы.

Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

4.1.12 В конце текстового документа перед листом регистрации изменений допускается приводить список литературы, которая была использована при его составлении. Выполнение списка и ссылки на него в тексте - по ГОСТ 7.32. Список литературы включают в содержание документа.

4.1.13. Нумерация страниц документа и приложений, входящих в состав этого документа, должна быть сквозная. Допускается вместо сквозной нумерации страниц применять нумерацию страниц в пределах каждого раздела документа следующим образом:

4.2 Изложение текста документов

4.2.4 В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (-) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово "минус");
- применять знак " " для обозначения диаметра (следует писать слово "диаметр"). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак " ";
- применять без числовых значений математические знаки, например > (больше), < (меньше), = (равно), (больше или равно), (меньше или равно), (не равно), а также знаки N (номер), % (процент);
- применять индексы стандартов, технических условий и других документов без регистрационного номера.

1.1 }
 1.2 }
 1.3 } Нумерация первого раздела документа

2 Технические требования

2.1 }
 2.2 }
 2.3 } Нумерация второго раздела документа

Если документ имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками, например:

3 Методы испытаний

3.1 Аппараты, материалы и реактивы

3.1.1 }
 3.1.2 }
 3.1.3 } Нумерация пунктов первого подраздела третьего раздела документа

3.2 Подготовка к испытанию

3.2.1 }
 3.2.2 }
 3.2.3 } Нумерация пунктов второго подраздела третьего раздела документа

4.1.4 Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, он также нумеруется.

4.1.7 Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву русского или латинского алфавитов, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзачного отступа, как показано в примере.

Пример.

а) _____ в _____
 б) _____
 1) _____
 2) _____
 в) _____

(Измененная редакция, Изм. N 1).

4.1.8 Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзачного отступа.

4.1.9 Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов. Заголовки следует

расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т.д.

4.3.7 Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова "Приложение" и его обозначения, а под ним 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.

4.3.8 Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ы, Ь. После слова "Приложение" следует буква, обозначающая его последовательность.

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

4.3.14* Допускается в качестве приложения к документу использовать другие самостоятельно выпущенные конструкторские документы (габаритные чертежи, схемы и др.).

4.4 Построение таблиц

4.4.1 Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью.

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц в соответствии с рисунком 1.

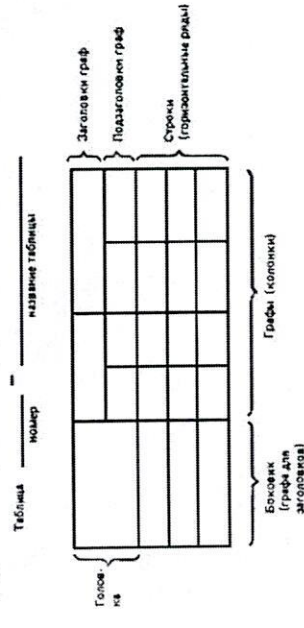


Рисунок 1

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

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена "Таблица 1" или "Таблица В.1", если она приведена в приложении В.

4.2.10 Единица физической величины одного и того же параметра в пределах одного документа должна быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например 1,50; 1,75; 2,00 м.

4.2.11 Если в тексте документа приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры.

1 От 1 до 5 мм.

2 От 10 до 100 кг.

3 От плюс 10 до минус 40 °С.

4.2.15 В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими

государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова "где" без двоеточия после него.

Пример - Плотность каждого образца, кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

где - масса

образца,

кг;

- объем

образца,

м³.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

4.2.16 Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют.

4.3 Оформление иллюстраций и приложений

4.3.1 Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается "Рисунок 1".

4.3.4 Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата,

Таблица 1...

Номинальный диаметр резьбы болта, шпильки, гайки	Внутренний диаметр резьбы шайбы	Толщина шайбы					
		застом		перезастом		таблиц	
		а	б	а	б	а	б
2,0	2,1	0,3	0,8	0,5	0,5	—	—
2,5	2,6	0,6	0,8	0,6	0,6	—	—
3,0	3,1	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	1,2

Таблица 2...

Номинальный диаметр резьбы болта, шпильки, гайки	Внутренний диаметр резьбы шайбы	Толщина шайбы					
		застом		перезастом		таблиц	
		а	б	а	б	а	б
4,0	4,1	1,0	1,2	1,0	1,2	1,2	1,6
4,5	4,6	—	—	—	—	—	—
5,0	5,1	—	—	—	—	—	—
6,0	6,1	—	—	—	—	—	—
8,0	8,1	—	—	—	—	—	—
10,0	10,1	—	—	—	—	—	—
12,0	12,1	—	—	—	—	—	—
16,0	16,1	—	—	—	—	—	—
20,0	20,1	—	—	—	—	—	—
24,0	24,1	—	—	—	—	—	—
30,0	30,1	—	—	—	—	—	—
36,0	36,1	—	—	—	—	—	—
42,0	42,1	—	—	—	—	—	—

Примечание - Здесь (и далее) таблицы приведены условно для иллюстрации соответствующих требований настоящего стандарта.

Рисунок 2

2.2. Требования к оформлению списка литературы

В список литературы включаются все источники, использованные студентом при написании курсовой работы. Литература группируется в списке в следующем порядке:

1. нормативно-правовые акты: Конституция, законы, указы Президента РФ, постановления правительства РФ – в хронологической последовательности;
2. ведомственные правовые акты в хронологической последовательности;
3. монографическая и учебная литература;
4. статьи из журналов и газет;
5. статистические сборники в хронологической последовательности;
6. документы и материалы государственных архивных учреждений – в хронологической последовательности;
7. книги и статьи на русском языке в алфавитном порядке;
8. книги и статьи на иностранных языках в алфавитном порядке.

2.3. Требования к оформлению приложений

При наличии в курсовом проекте приложений каждое из них должно иметь заголовок. Каждое приложение начинается с нового листа. Приложения обозначаются заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ы, Ь, Слово «Приложение» размещается в правом верхнем углу над заголовком. Заголовок записывается симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой. Точка в конце заголовка не ставится.

В тексте работы на все приложения должны быть ссылки. Приложения располагаются в порядке ссылок на них в тексте работы.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

4.4.3 На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово "таблица" с указанием ее номера.

4.4.4 Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, 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. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

4.4.5 Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускаются 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. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

4.4.6 Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу.

Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа.

4.4.7 Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Слово "Таблица" указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слова "Продолжение таблицы" с указанием номера (обозначения) таблицы в соответствии с рисунком 2. При подготовке текстовых документов с использованием программных средств надписи "Продолжение таблицы" допускается не указывать.

3 Организация защиты курсового проекта

3.1 Подготовка к защите курсового проекта

После написания курсового проекта сдаётся на проверку в строго установленные учебным заведением сроки.

Для подготовки к защите целесообразно подготовить тезисы доклада. При составлении тезисов необходимо учитывать, что ориентировочное время доклада на защите – 7-10 минут. Структура доклада при защите курсового проекта может быть следующей:

- 1) Представление студента и темы работы.
- 2) Причины выбора и актуальность темы.
- 3) Цель работы и её задачи.
- 4) Предмет исследования.
- 5) Логика построения работы.
- 6) Основные положения и выводы по работе.

Объём 4 – 5 листов текста в формате Word, размер шрифта 14 пунктов, полуторный интервал.

3.2 Защита курсового проекта

Защита имеет своей целью выявление степени раскрытия автором темы работы, самостоятельности и глубины изучения проблемы, обоснованности выводов и предложений. На защите работы студент должен показать не только знание темы, но и способность к самостоятельному мышлению, умение чётко и ясно излагать свои мысли и выводы. На защите работы следует выступать с заранее подготовленными тезисами доклада. Желательно, чтобы студент излагал доклад свободно, используя письменный текст. Речь должна быть ясной, грамматически точной, уверенной. В ходе выступления с докладом следует обратить внимание на правильное произношение слов, особенно экономических терминов.

После выступления с докладом преподаватели, принимающие защиту, задают любые вопросы по работе, уточняют полученные выводы и результаты. Ответы на поставленные вопросы должны быть краткими и состоять, как правило, из двух – трёх предложений. На вопросы следует отвечать уверенно и чётко.

При оценке курсовой работы учитывается как содержание, так и защита работы. Оценка по работе сообщается студенту после защиты.

4. Критерии оценки курсового проекта:

4.1 Критерии оценки выполнения курсового проекта:

Оценка 5 «отлично»

- актуальность темы
- тема раскрыта полно, правильно и логично
- самостоятельность работы и суждений
- в проекте используются различные источники информации, межпредметные связи
- студент анализирует, обобщает, делает выводы
- пояснительная записка имеет необходимые расчеты, пояснения, выводы, выполнена аккуратно
- графическая часть соответствует требованиям ЕСКД, имеет необходимый объем и уровень сложности.

Оценка 4 «хорошо»

- Те же требования к изложению и оформлению проекта, но допущены незначительные неточности в представленной документации.

Оценка 3 «удовлетворительно»

- тема раскрывается неполно, допускаются неточности в расчетах
- отсутствует самостоятельность суждений, аргументированность положений
- в работе не использованы различные источники информации
- приняты не рациональные параметры передач
- конструктивные решения не учитывают эксплуатационных и экономических требований
- графическая часть выполнена с нарушением требований ЕСКД

Оценка 2 «неудовлетворительно»

- тема не раскрыта, представлены лишь фрагментарные разрозненные куски материала
- отсутствует необходимый объем конструкторских документов

4.2 Критерии оценки защиты курсового проекта

Оценка 5 «отлично»

- студент демонстрирует системность и целостность знаний по теме
- свободно пользуется понятиями и терминами
- выступление логично, доказательно, убедительно
- студент умеет анализировать, обобщать, делать выводы
- речь сформирована, выступающий готов к диалогу
- студент способен к самоанализу и самооценке

Оценка 4 «хорошо»

5. Основные рекомендации по выполнению расчетов и конструированию редуктора

- 1 Выбор электродвигателя, кинематический и силовой расчеты привода
1.1 Определение ресурса привода L_h :

$$L_h = 365 L_r t_c L_c,$$

где L_r - срок службы привода, лет;

t_c - продолжительность смены, час;

L_c - режим работы, количество смен.

$$L_h =$$

- 1.2 Принимаем время простоя машинного агрегата 15% ресурса, тогда
 $L = L_h 0,85$ (значение округлить до тысяч)

1.3 Выбор двигателя

- 1.3.1 Определение требуемой мощности рабочей машины $P_{рм}$, кВт:

$P_{рм} = Fv$ - если в исходных данных на проектирование указано значение тяговой силы F , кН, и линейной скорости v , м/с, тягового органа рабочей машины;

$P_{рм} = T\omega$ - если указано значение вращающего момента T , кНм, и угловой скорости, ω рад/с, тягового органа рабочей машины.

- 1.3.2 Определение общего коэффициента полезного действия (КПД) привода $\eta_{общ}$.

Значения КПД передач и подшипников выбрать из таблицы 1.

- 1.3.3 Определение требуемой мощности двигателя $P_{дв}$, кВт:

$$P_{дв} = \frac{P_{рм}}{\eta}$$

- 1.3.4 Определение мощности на быстроходном валу редуктора

$$P_1 = P_{дв} \eta_{пр} \eta_{шк}$$

- 1.3.5 Определение мощности на тихоходном валу редуктора

$$P_2 = P_1 \eta_{пр} \eta_{шк}$$

- 1.3.6 Определение угловой скорости машинного агрегата

$$\omega_{рм} = \frac{2\pi}{z_1}$$

- 1.3.7 Определение частоты вращения машинного агрегата

$$n_{рм} = \frac{30 \omega_{рм}}{\pi}$$

- 1.3.8 Выбор типа двигателя (см. табл. 2).

Значение номинальной мощности выбрать по величине, большей, но ближайшей к требуемой мощности $P_{дв}$.

$$P_{ном} \geq P_{дв}$$

- 1.4 Определение передаточного числа привода и его ступеней

- 1.4.1 Передаточное число привода

$$U = \frac{n_{ном}}{n_{рм}}$$

- 1.4.2 Определение передаточного числа ступеней привода.

Производят разбивку передаточного числа привода, согласно рекомендациям: по U_p находят $U_{рм}$.

Значения U_p принимают по таблице 3.

- 1.5 Определение угловых скоростей на валах привода.

Угловые скорости тихоходного и быстроходного валов передач отличаются на величину передаточного числа передачи

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{U}$$

- 1.6 Определение частоты вращения на валах привода

- те же требования к выступлению, но студент допускает незначительные ошибки в докладе и ответах

Оценка 3 «удовлетворительно»

- выступление студента демонстрирует отсутствие системности и целостности знаний по теме
- невысокий уровень усвоения и владения понятиями и терминами
- студент затрудняется при анализе, не может обобщать и сделать самостоятельные выводы
- речь сформирована слабо, допускаются речевые ошибки
- не способен к самоанализу и самооценке

Оценка 2 «неудовлетворительно»

- доклад студента демонстрирует наличие лишь отдельных представлений по представленному проекту
- студент не владеет понятиями и терминами
- отсутствует логика выступления
- допускает серьезные ошибки.

$$n_2 = \frac{30\omega_2}{\pi}$$

1.7 Определение вращающих моментов на валах привода.
Вращающий момент на входном и выходном валах можно определить через мощность и угловую скорость

$$T = P/\omega, \text{ Нм}$$

Вращающий момент на ведущем и ведомом валах связаны через передаточное число и КПД передачи между этими валами

$$T_1 = T_2 / (U_{\text{пр}} \eta_{\text{пр}})$$

Кинематические параметры привода

	п, об/мин	ω , рад/с	T, Нм
Вал двигателя			
Быстроходный вал			
Тихоходный вал			
Вал рабочей машины			

2 Выбор материала передачи редуктора

2.1 Определение марки стали, диапазона твердости и термообработки (по таблице 5)

для шестерни –
для колеса –

2.2 Определение характеристики стали (по таблице 5)

для шестерни $D_{\text{прсд}}$

для колеса $S_{\text{прсд}}$

2.3 Определение средней твердости зубьев шестерни и колеса:

$HV_{1\text{ep}}$

$HV_{2\text{ep}}$

Если твердость выбрана в HRC, то ее нужно перевести в HB по графику (см. рис. 3)

1.4 Определение разности средних твердостей

$HV_{1\text{ep}} - HV_{2\text{ep}}$

1.5 Определение допускаемых контактных напряжений для зубьев шестерни $[\sigma_{\text{H1}}]$ и колеса $[\sigma_{\text{H2}}]$.

1.5.1 Расчет коэффициента долговечности K_{HL} .

Нарботка за весь срок службы:

$N_2 = 573\omega_2 L$

$N_1 = N_2 u_{\text{пр}}$

1.5.2 Число циклов перемены напряжений N_{H0} , соответствующее пределу выносливости, находим по таблице 6:

N_{H01}

N_{H02}

Если $N_1 > N_{\text{H01}}$ и $N_2 > N_{\text{H02}}$, то коэффициенты долговечности $K_{\text{HL1}}=1$ и $K_{\text{HL2}}=1$.

1.5.3 Определение допускаемых контактных напряжений $[\sigma_{\text{H0}}]$, соответствующих числу циклов перемены напряжений N_{H0} для шестерни $[\sigma_{\text{H01}}]$ и для колеса $[\sigma_{\text{H02}}]$ по таблице 4.

1.5.4 Определение допускаемых контактных напряжений шестерни и колеса:

$[\sigma_{\text{H1}}] = K_{\text{HL1}} [\sigma_{\text{H01}}]$

$[\sigma_{\text{H2}}] = K_{\text{HL2}} [\sigma_{\text{H02}}]$

Если $HV_{1\text{ep}} - HV_{2\text{ep}} > 70$ и $HV_{2\text{ep}} < 350 \text{HB}$, то косозубая передача рассчитывается на прочность по среднему допускаемому контактному напряжению:

$$[\sigma_{\text{Hcp}}] = 0.45([\sigma_{\text{H1}}] + [\sigma_{\text{H2}}])$$

При этом условии $[\sigma_{\text{H1}}] < 1.23 [\sigma_{\text{H2}}]$ должно соблюдаться.

Если $HV_{1\text{ep}} - HV_{2\text{ep}} = 20 \dots 50$, расчет ведут по наименьшему значению $[\sigma_{\text{H1}}]$.

1.6 Определение допускаемых напряжений изгиба для зубьев шестерни $[\sigma_{\text{F1}}]$ и колеса $[\sigma_{\text{F2}}]$.

1.6.1 Расчет коэффициента долговечности K_{FL}

Нарботка за весь срок службы: для шестерни N_1 , для колеса N_2 .

1.6.2 Число циклов перемены напряжений, соответствующее пределу выносливости

$N_{\text{F0}} = 4 \cdot 10^6$ для обоех колес.

Если $N_1 > N_{\text{F01}}$ и $N_2 > N_{\text{F02}}$, то коэффициенты долговечности $K_{\text{FL1}}=1$ и $K_{\text{FL2}}=1$.

1.6.3 Определение допускаемых напряжений изгиба, соответствующих числу циклов перемены напряжений N_{F0} для шестерни $[\sigma_{\text{F1}}]$ и для колеса $[\sigma_{\text{F2}}]$ по таблице 4.

1.6.4 Определение допускаемых напряжений изгиба:

$$[\sigma_{\text{F1}}] = K_{\text{FL1}} [\sigma_{\text{F01}}]$$

$$[\sigma_{\text{F2}}] = K_{\text{FL2}} [\sigma_{\text{F02}}]$$

Если передача реверсивная, то $[\sigma_{\text{F}}]$ уменьшаем на 25%.

Механические характеристики материалов зубчатой передачи

Элемент передачи	Марка стали	$D_{\text{прсд}}$ $S_{\text{прсд}}$	Термообработка	HB _{ср} (HRC _{2ср}) HB _{2ср} (HRC _{2ср})	$[\sigma_{\text{H}}]$	$[\sigma_{\text{F}}]$
Шестерня						
Колесо						

3 Расчет зубчатой передачи редуктора

Проектный расчет

3.1 Определение межосевого расстояния a_w , мм:

$$a_w \geq K_a (u+1) \sqrt{\frac{M_2 \cdot 10^3}{\psi_d u^2} K_{\text{H}\beta}},$$

где K_a – вспомогательный коэффициент;

ψ_d – коэффициент ширины венца колеса;

$K_{\text{H}\beta}$ – коэффициент неравномерности нагрузки по длине зуба.

Для косозубых передач $K_a = 43$, для прямозубых – $K_a = 49,5$;

$\psi_d = 0.28 \dots 0.36$ – для шестерни, расположенной симметрично относительно опор в проектируемых нестандартных одноступенчатых цилиндрических редукторах;

$\psi_d = 0.2 \dots 0.25$ – для шестерни, консольно-расположенной относительно опор – в открытых передачах.

Для прирабатывающихся зубьев $K_{\text{H}\beta} = 1$.

Полученное значение межосевого расстояния a_w для нестандартных передач округлить до ближайшего значения из ряда нормальных линейных размеров (см. таблица 7).

3.2 Определение модуля зацепления m , мм:

$$m \geq \frac{2K_m \cdot M_2 \cdot 10^3}{d_2 b_2 [\sigma_{\text{F}}]},$$

где K_m – вспомогательный коэффициент;

d_2 – делительный диаметр колеса, мм;

b_2 – ширина венца колеса, мм.

Для косозубых передач $K_m = 5,8$, для прямозубых $K_m = 6,8$;

$$d_2 = 2a_w u / (u + 1)$$

$$b_2 = \psi_d \cdot a_w.$$

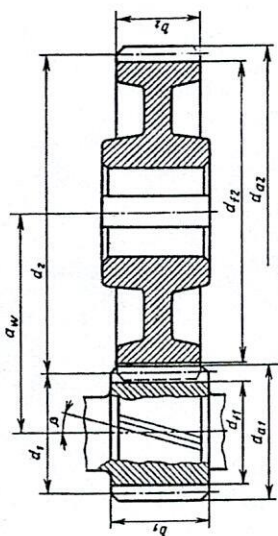


Рис. 5. Геометрические параметры цилиндрической зубчатой передачи

Полученное значение модуля m округлить в большую сторону до стандартного из ряда чисел:

m , мм	1-й ряд — 1,0; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10
	2-й ряд — 1,25; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9

При выборе модуля 1-й ряд следует предпочитать 2-му. В силовых зубчатых передачах при твердости колес ≤ 350 НВ принять $m \geq 1$ мм; при твердости одного из колес ≥ 45 HRC₃, принять $m \geq 1,5$ мм. В открытых передачах расчетное значение модуля m увеличить на 30% из-за повышенного изнашивания зубьев.

3.3 Определение угла наклона зубьев β_{\min} для косозубых передач:

$$\beta_{\min} = \arcsin \frac{3,5m}{b_2}$$

В косозубых передачах угол наклона зубьев принимают $\beta = 8 \dots 16^\circ$, но из-за роста осевых сил F_a в зацеплении желательно получить его меньшие значения, варьируя величиной модуля m и шириной колеса b_2 .

3.4 Определение суммарного числа зубьев шестерни и колеса:

$$Z_s = Z_1 + Z_2 = 2 a_w / m$$

$$\text{для прямозубых колес: } Z_s = Z_1 + Z_2 = 2 a_w \cos \beta / m$$

Полученное значение Z_s округлить в меньшую сторону до целого числа.

3.5 Уточнение действительной величины угла наклона зубьев для косозубых передач:

$$\beta = \arccos (Z_s \cdot m / 2 a_w)$$

Точность вычисления угла β до пятого знака после запятой.

3.6 Определение числа зубьев шестерни:

$$Z_1 = \frac{Z_s}{1 + u}$$

Значение Z_1 округлить до ближайшего целого числа. Из условий уменьшения шума и отсутствия подрезания зубьев рекомендуется $Z_1 \geq 18$.

3.7 Определение число зубьев колеса:

$$Z_2 = Z_s - Z_1$$

3.8 Определение фактического передаточного числа u_ϕ и проверка его отклонения Δu от заданного u :

$$u_\phi = z_2 / z_1$$

$$\Delta u = \frac{|u_\phi - u|}{u} \cdot 100\% \leq 4\%$$

При невыполнении нормы отклонения передаточного числа Δu — пересчитать Z_1 и Z_2 .

3.9 Определение фактического межосевого расстояния:

для прямозубых передач $a_w = (z_1 + z_2)m/2$;
для косозубых передач $a_w = (z_1 + z_2)m/(2 \cos \beta)$.

3.10 Определение основных геометрических параметров передач, мм.

Параметр	Шестерня		Колесо	
	прямозубая	косозубая	прямозубое	косозубое
Диаметр делительный	$d_1 = mz_1$	$d_1 = mz_1 / \cos \beta$	$d_2 = mz_2$	$d_2 = mz_2 / \cos \beta$
Параметр	Шестерня		Колесо	
	прямозубая	косозубая	прямозубое	косозубое
Диаметр вершин зубьев	$d_{a1} = d_1 + 2m$		$d_{a2} = d_2 + 2m$	
Диаметр впадин зубьев	$d_{f1} = d_1 + 2,4m$		$d_{f2} = d_2 + 2,4m$	
Ширина венца	$b_1 = b_2 + (2 \dots 4)$			$b_2 = \psi_a a_w$

Точность вычисления делительных диаметров колес до 0,1 мм; значение ширины зубчатых венцов округляют до целого числа по нормальным линейным размерам (см. таблицу 7).

3.11 Проверка межосевого расстояния: Проверочный расчет

$$a_w = (d_1 + d_2) / 2$$

3.12 Проверка пригодности заготовок колес.

Условие пригодности заготовок колес:

$$D_{\text{заг}} = d_{a1} + 6$$

$$S_{\text{заг}} = b_2 + 4$$

Размер заготовки колеса открытой передачи

$$D_{\text{заг}} = d_{a1} + 6$$

$$S_{\text{заг}} = b_2 + 4$$

Размер заготовки колеса открытой передачи принимают меньший из двух:

$$S_{\text{заг}} = 0,5b_2; S_{\text{заг}} = 8m \text{ (см. рис. таблица 5)}$$

Предельные значения $D_{\text{заг}}$ и $S_{\text{заг}}$ определяют по таблице 5.

При невыполнении неравенств изменяют материал колес или вид термической обработки.

13. Проверка контактных напряжений σ_H , Н/мм²:

$$\sigma_H = K \sqrt{\frac{F_1 (u_\phi + 1)}{d_2 b_2} K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{H\gamma} K_{H\delta} \leq [\sigma]_H}$$

где K — вспомогательный коэффициент;

для косозубых передач $K = 376$, для прямозубых $K = 436$.

$$F_1 = 2T_2 10^3 / d_2$$

$K_{H\alpha}$ — коэффициент, учитывающий распределение нагрузки между зубьями;

$$K_{H\beta} = 1$$

для прямозубых колес $K_{H\gamma} = 1$,

для косозубых — $K_{H\gamma}$ определяется по графику на рис.4 в зависимости от окружной скорости колес $v = \omega d_2 / 2 \cdot 10^3$, м/с, и степени точности передачи (таблица 8);

$K_{H\delta}$ — коэффициент, учитывающий распределение нагрузки между зубьями;

$K_{H\alpha}$ – коэффициент динамической нагрузки, зависящий от окружной скорости колес и степени точности передачи (таблица 9).

Допускаемая нагрузка передачи ($\sigma_{H1} \leq [\sigma_{H1}]$) не более 10% и перерузка ($\sigma_{H1} \geq [\sigma_{H1}]$) до 5%.

Если условие прочности не выполняется, то следует изменить ширину венца колеса b_2 . Если эта мера не даст должного результата, то либо надо увеличить межосевое расстояние a_w , либо назначить другие материалы колес или другую термобработку, пересчитать допускаемые контактные напряжения и повторить весь расчет передачи.

3.14. Проверить напряжения изгиба зубьев шестерни σ_{F1} и колеса σ_{F2} , Н/мм²:

$$\sigma_{F2} = Y_{F2} Y_{\beta} (F_1 / b_2 m) K_{Fa} K_{F\beta} K_{Fv} \leq [\sigma_{F2}]$$

$$\sigma_{F1} = \sigma_{F2} Y_{F1} / Y_{F2} \leq [\sigma_{F1}],$$

где m – модуль зацепления, мм;

b_2 – ширина зубчатого венца колеса, мм.

K_{Fa} – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки между зубьями.

Для прямозубых колес $K_{Fa} = 1$. Для косозубых K_{Fa} зависит от степени точности передачи:

Степень точности	6	7	8	9
Коэффициент K_{Fa}	0,72	0,81	0,91	1,00

$K_{F\beta}$ – коэффициент неравномерности нагрузки по длине зуба.

Для приработавшихся зубьев колес $K_{F\beta} = 1$.

K_{Fv} – коэффициент динамической нагрузки, зависящий от окружной скорости колес и степени точности передачи (см. таблицу 9);

Y_{β} – коэффициент, учитывающий наклон зуба.

$$Y_{\beta} = 1 - \beta/140$$

Для прямозубых колес $Y_{\beta} = 1$

Y_{F1} и Y_{F2} – коэффициенты формы зуба шестерни и колеса. Определяются по таблице 10 в зависимости от числа зубьев шестерни z_1 и колеса z_2 для прямозубых колес. Для косозубых – в зависимости от эквивалентного числа зубьев

$$z_{01} = z_1 / \cos^3 \beta$$

$$z_{02} = z_2 / \cos^3 \beta,$$

Шестерня

Колесо

где β – угол наклона зубьев.

Если при проверочном расчете σ_{F1} значительно меньше $[\sigma_{F1}]$, то это допустимо, так как нагрузочная способность большинства зубчатых передач ограничивается контактной прочностью. Если $\sigma_{F1} > [\sigma_{F1}]$ свыше 5%, то надо увеличить модуль m , соответственно пересчитать число зубьев шестерни z_1 и колеса z_2 и повторить проверочный расчет на изгиб.

При этом межосевое расстояние a_w не изменяется, а следовательно, не нарушается контактная прочность передачи.

Параметры зубчатой цилиндрической передачи, мм

Параметр	Проектный расчет		Значение
	Значение	Параметр	
Межосевое расстояние a_w		Угол наклона зубьев β	
Модуль зацепления m		Диаметр делительной окружности шестерни d_1 колеса d_2	
Ширина зубчатого венца: шестерни b_1 колеса b_2			

Число зубьев: шестерни z_1 колеса z_2	Диаметр окружности вершин: шестерни d_{a1} колеса d_{a2}
Вид зубьев	Диаметр окружности впадин: шестерни d_f колеса d_{f2}

Проверочный расчет

Параметр	Допускаемые значения	Расчетные значения	Примечание
Контактные напряжения Н/мм ²			
Напряжения изгиба, Н/мм ²	σ_{F1}		
	σ_{F2}		

В графе «Примечание» к проверочному расчету указывают процентное отклонение расчетных напряжений σ_{H1} и σ_{F1} и допускаемых $[\sigma_{H1}]$, $[\sigma_{F1}]$.

4 Проектный расчет валов редуктора. Подбор подшипников для валов редуктора

4.1 Выбор материала валов, таблица 5.

4.2 Выбор допускаемых напряжений на кручение.

Проектный расчет валов выполняется по напряжениям кручения, при этом не учитываются напряжения изгиба, концентрация напряжений. Поэтому для компенсации приближенности этого метода расчета допускаемые напряжения на кручение применяются заниженными $[\tau]_k = 10 - 20$ Н/мм². При этом меньше значения $[\tau]_k$ – для быстрходных валов; большие для тихоходных.

4.3 Определение геометрических параметров ступеней валов (таблица 13).

4.4 Предварительный выбор подшипников качения

Предварительный выбор подшипников для каждого из валов редуктора проводится в следующем порядке:

– в соответствии с таблицей 15 определить тип и серию;

– выбрать типоразмер подшипников по величине диаметра d внутреннего кольца, равного диаметру второй d_2 или четвертой d_4 ступеней вала под подшипники (таблица 15,16);

– выписать основные параметры подшипников: D , d , B .

Таблица 13

Ступень вала и ее параметры	Вал шестерни цилиндрическая	Вал шестерни коническая	Вал колеса
1 ступень под элемент открытой передачи или полумуфту	где $M_k = T$ – вращающий момент на валу.	$d_1 = \sqrt[3]{\frac{M_k \times 10^3}{0,2 \times [\tau]_k}}$	
2 ступень под уплотнение крышки и	$d_2 = d_1 + 2t$ только под уплотнение	$d_2 = d_1 + 2t$	$d_2 = 1,25 d_1$

5.1 Наметить расположение проекций чертежа в соответствии с кинематической схемой привода и наибольшими размерами колес (см. рис. А1...А18).

5.2 Провести оси проекций и осевые линии валов.

В цилиндрическом и червячном редукторах оси валов провести на межосевом расстоянии a_w , друг от друга; при этом в цилиндрическом редукторе оси параллельны, а в червячном — скрещиваются под углом 90° . В коническом редукторе оси валов пересекаются под углом 90° (см. рис. 7.2.а; 7.4.а; 7.6.а).

5.3 Вычертить редукторную пару в соответствии с геометрическими параметрами, полученными в результате проектного расчета (см. раздел 3).

5.4. Прочертить контур внутренней поверхности стенок корпуса редуктора с зазором x от вращающихся поверхностей колес для предотвращения заедания:

$$x = \sqrt[3]{L+3} \text{ мм,}$$

где L см. рис. 7.2.а; 7.4.а.

Значение x округлить до ближайшего целого числа, но не менее 8 мм. Такой же зазор предусмотреть от вращающихся поверхностей шестерни или червяка при их верхнем или боковом расположении в цилиндрических и червячных редукторах (см. рис. А3, А6). При этом расстояние от оси шестерни (червяка) до внутренней поверхности корпуса

$$\bar{r} = D/2 + x,$$

где D — диаметр наружного кольца подшипника быстрого вала (см. рис. 7.2.6). Расстояние u между дном корпуса и поверхностью колеса, или шестерни, или червяка для всех типов редукторов принять $u \geq 4x$ (см. рис. 7.2.6; 7.4.6; 7.6.6).

5.5 Вычертить ступени вала на соответствующих осях по размерам d и l , полученным в проектном расчете валов (см. 4.3):

Ступени обонх валов вычертить в последовательности от 3-й к 1-й. При этом длина 3-й ступени l_3 получается конструктивно, как расстояние между противоположными стенками редуктора.

5.6 На 2-й и 4-й ступенях валов (см. рис. 7.2.г; 7.4.г; 7.6.г) вычертить основными линиями (диагонали — тонкими) контуры подшипников в соответствии со схемой их установки (см. табл. 7.2) по размерам d , D , T , e — для роликовых конических.

Примеры изображения подшипников: рис. 7.2, г — шариковые; рис. 7.4, г — роликовые конические; рис. 7.6, г — на быстрходном валу — шариковые, на тихоходном — роликовые конические.

6 Конструирование зубчатых колес

Основные параметры зубчатых, червячных колес и червяков (диаметр, ширина, модуль, число зубьев и пр.) определены при проектировании передач. Конструкция колес и червяков зависит главным образом от проектных размеров, материала, способа получения заготовки и масштаба производства.

В табл. 10.2... 10.4 даны расчеты конструктивных элементов зубчатых и червячных колес при индивидуальном и мелкосерийном производстве.

Основные конструктивные элементы колеса — обод, ступица и диск (рис. 10.7).

Обод воспринимает нагрузку от зубьев и должен быть достаточно прочным и в то же время податливым, чтобы способствовать равномерному распределению нагрузки по длине зуба. Жесткость обода обеспечивает его толщина S .

Ступица служит для соединения колеса с валом и может быть расположена симметрично, несимметрично относительно обода или равна ширине обода (см. рис. табл. 10.2... 10.4). Это определяется технологическими или конструктивными условиями. Длина ступицы l^* должна быть оптимальной, чтобы обеспечить, с одной стороны, устойчивость колеса на валу в плоскости, перпендикулярной оси вала, а с другой — получение заготовок ковкой и нарезание шпоночных пазов методом протягивания.

Диск соединяет обод и ступицу. Его толщина S определяется в зависимости от способа изготовления колеса. Иногда в дисках колес выполняют отверстия, которые используются при транспортировке и обработке колес, а при больших размерах и для уменьшения массы. Диски больших литых колес усиливают ребрами или заменяют спицами.

Острые кромки на торцах ступицы и углах обода пригупляют фасками, размеры которых принимают по табл. 10.1.

В проектируемых приводах колеса редукторов получают относительно небольших диаметров и их изготавливают из круглого проката или поковок. Ступицу колес цилиндрических редукторов располагают симметрично относительно обода, а ступица колес открытых цилиндрических зубчатых передач может быть расположена симметрично и несимметрично относительно обода.

Валы-шестерни и червячные валы. Цилиндрические и конические шестерни при $u > 3,15$ выполняют заодно с валом, а при $u < 2,8$ они могут быть насадными, если это конструктивно необходимо.

Рекомендации по конструированию вала-шестерни и червячного вала см. 10.2.

7 Конструирование подшипниковых узлов

7.1 Выбор схемы установки подшипников

7.2 Выбор способа крепления внутреннего кольца подшипника (рис. 10.25)

7.3 Выбор способа крепления наружного кольца подшипника (рис. 10.26)

7.4 Выбор крышек подшипниковых узлов

7.5 Выбор уплотнительных устройств