

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 15.02.10 Мехатроника и мобильная робототехника  
базовой подготовки

Методические рекомендации разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.10 Мехатроника и мобильная робототехника (по отраслям), утвержденного приказом Министерства образования и науки от 09 декабря 2016 года № 1550 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 12.04.25 протокол № 3

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 1.4. Выполнять работы по наладке компонентов и модулей мехатронных систем в соответствии с технической документацией.

Техническое обслуживание, ремонт и испытание мехатронных систем:

ПК 2.1. Осуществлять техническое обслуживание компонентов и модулей мехатронных систем в соответствии с технической документацией.

ПК 2.2. Диагностировать неисправности мехатронных систем с использованием алгоритмов поиска и устранения неисправностей.

ПК 2.3. Производить замену и ремонт компонентов и модулей мехатронных систем в соответствии с технической документацией.

Разработка, моделирование и оптимизация работы мехатронных систем:

ПК 3.1. Составлять схемы простых мехатронных систем в соответствии с техническим заданием.

ПК 3.2. Моделировать работу простых мехатронных систем.

ПК 3.3. Оптимизировать работу компонентов и модулей мехатронных систем в соответствии с технической документацией.

Обучающиеся, осваивающие образовательную программу, осваивают также профессию рабочего Слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике в соответствии с перечнем профессий рабочих, должностей служащих, рекомендуемых к освоению в рамках образовательной программы по специальности (ЕТКС) слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике 2 разряд). Осваивается дополнительная профессиональная компетенция

ПК 4.1 Производить ремонт контрольно-измерительных приборов, использующих прямое преобразование измеряемых физических величин в регистрируемые параметры.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности;

ОК 09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках. 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,

- чертёж зубчатого колеса,

- чертёж 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 допуская 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 - чертовым 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, опiski и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой 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

1.1 }  
1.2 }  
1.3 } Нумерация пунктов первого раздела документа

2 Технические требования

2.1 }  
2.2 }  
2.3 } Нумерация пунктов 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 алфавита, 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.

а) \_\_\_\_\_

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

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 приводятся диапазоны 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/м<sup>3</sup>, вычисляются по формуле

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

где - масса образца, кг;  
- объем образца, м<sup>3</sup>.

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,

печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит 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 - 8 между заголовками раздела и подраздела - 2 интервала, при выполнении рукописным способом - 8 мм. При выполнении текстовых документов автоматизированным способом допускается применять расставления, 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 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.





Таблица ...

Номинальный диаметр резьбы шпильки	Внутренний диаметр резьбы шайбы	Толщина шайбы			
		стандарт	нормализован		
		a	b	a	b
2,0	2,1	0,5	0,8	0,5	0,5
2,5	2,6	0,6	0,8	0,6	0,6
3,0	3,1	0,3	1,0	0,3	0,8
					1,0
					1,2

Иллюстрация таблицы ...

Номинальный диаметр резьбы шпильки	Внутренний диаметр резьбы шайбы	Толщина шайбы			
		стандарт	нормализован		
		a	b	a	b
4,0	4,1	1,0	1,2	1,0	1,2
...	...	...	...	...	...
42,0	42,5	...	...	9,0	9,3
					...
					...

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 приложения начинается с нового листа. Приложения обозначаются заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ы, Я. 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.

## 3 Организация защиты курсового проекта

### 3.1 Подготовка к защите курсового проекта

После написания курсового проекта слѣдѣтся 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.

Объѣм 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 чѣтко 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 чѣтко.

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:
- 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.

- 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 5 «отлично»

- 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  
 $L = L_h \cdot 0,85$  (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,  $\omega$  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

$$P_1 = P_{дв} \eta_{рм} \eta_{пк}$$

- 1.3.5 Определение мощности на тихоходном валу редуктора

$$P_2 = P_1 \eta_{пк} \eta_{пк}$$

- 1.3.6 Определение угловой скорости машинного агрегата

$$\omega_{рм} = \frac{2\pi}{30 \omega_{ркс}}$$

- 1.3.7 Определение частоты вращения машинного агрегата

$$n_{рм} = \frac{30}{\pi}$$

- 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  $U_{рм}$ .

- 1.5 Определение угловых скоростей на валах привода.

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

Значения  $U_p$  принимают по таблице 3.

1.5.4 Определение допусковых контактных напряжений шестерни и колеса:

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

- 1.6 Определение частоты вращения на валах привода

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

- 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

$$T_1 = T_2 / (U_{пр} \eta_{пр})$$

Кинематические параметры привода

	п, об/мин	$\omega$ , 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  $D_{пркл}$

для колеса  $S_{пркл}$

- 2.3 Определение средней твердости зубьев шестерни и колеса:

$HВ_{1cp}$

$HВ_{2cp}$

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

- 1.4 Определение разности средних твердостей

$HВ_{1cp} - HВ_{2cp}$

- 1.5 Определение допусковых контактных напряжений для зубьев шестерни  $[\sigma_{H1}]$  и колеса

$[\sigma_{H2}]$ .

- 1.5.1 Расчет коэффициента долговечности  $K_{H1}$ .

Наработка за весь срок службы:

$$N_2 = 573 \omega_2 L$$

$$N_1 = N_2 u_{пр}$$

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

$N_{H01}$

$N_{H02}$

Если  $N_1 > N_{H01}$  и  $N_2 > N_{H02}$ , то коэффициенты долговечности  $K_{H1} = 1$  и  $K_{H2} = 1$ .

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

- 1.5.4 Определение допусковых контактных напряжений шестерни и колеса:

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

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

- Если  $HВ_{1cp} - HВ_{2cp} > 70$  и  $HВ_{2cp} < 350 HВ$ , то косоугобая передача рассчитывается на прочность по среднему допусковому контактному напряжению:

$$[\sigma_{Hcp}] = 0,45([\sigma_{H1}] + [\sigma_{H2}])$$

При этом условие  $[\sigma_{H1}] < 1,23 [\sigma_{H2}]$  должно соблюдаться.

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

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

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  $N_{F0} = 4 \cdot 10^6$  для обоих колес.  
 Если  $N_1 > N_{F0}$  и  $N_2 > N_{F0}$ , то коэффициенты долговечности  $K_{FL1}=1$  и  $K_{FL2}=1$ .  
 1.6.3 Определение допускаемых напряжений изгиба, соответствующих числу циклов перемены напряжений  $N_{F0}$  для шестерни  $[\sigma]_{F1}$  и для колеса  $[\sigma]_{F2}$  по таблице 4.  
 1.6.4 Определение допускаемых напряжений изгиба:  
 $[\sigma]_{F1} = K_{FL1} [\sigma_{F01}]$   
 $[\sigma]_{F2} = K_{FL2} [\sigma_{F02}]$

Если передача реверсивная, то  $[\sigma]_F$  уменьшаем на 25%.  
 Механические характеристики материалов зубчатой передачи

Элемент передачи	Марка стали	Дополнительная обработка	HB <sub>ср</sub> (HRC <sub>ср</sub> )	[σ <sub>н</sub> ]	[σ] <sub>F</sub>
Шестерня					
Колесо					

3 Расчет зубчатой передачи редуктора  
 Проектный расчет

3.1 Определение межосевого расстояния  $a_w$ , мм:

$$a_w \geq K_a (u+1) \sqrt{\psi_a u^3 [\sigma]_n^2}$$

где  $K_a$  – вспомогательный коэффициент;  
 $\psi_a$  – коэффициент ширины венца колеса;  
 $K_{H\beta}$  – коэффициент неравномерности нагрузки по длине зуба.  
 Для косозубых передач  $K_a = 43$ , для прямозубых –  $K_a = 49,5$ ;  
 $\psi_a = 0,28 \dots 0,36$  – для шестерни, расположенной симметрично относительно опор в проектируемых нестандартных одноступенчатых цилиндрических редукторах;  
 $\psi_a = 0,2 \dots 0,25$  – для шестерни, консольно-расположенной относительно опор – в открытых передачах.

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

$$m \geq \frac{2K_m \cdot M_2 \cdot 10^3}{d_2 b_2 [\sigma]_F}$$

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  $K_m = 6,8$ ;  
 $d_2 = 2a_w u / (u + 1)$   
 $b_2 = \psi_a \cdot a_w$ .

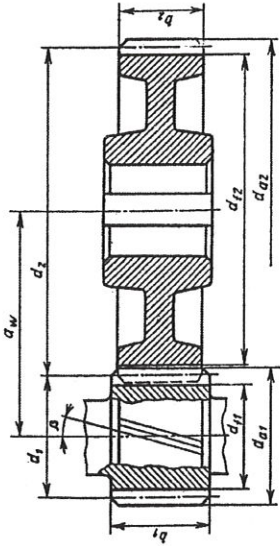


Рис. 5. Геометрические параметры цилиндрической зубчатой передачи

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  $\leq 350$  HB принять  $m \geq 1$  мм; при твердости одного из колес  $\geq 45$  HRC, 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  $\beta_{\min}$  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:

для прямозубых колес:  $Z_\Sigma = Z_1 + Z_2 = 2 a_w / m$   
 для косозубых колес:  $Z_\Sigma = Z_1 + Z_2 = 2 a_w \cos \beta / m$

Полученное значение  $Z_\Sigma$  округлить в меньшую сторону до целого числа.

3.5 Уточнение действительной величины угла наклона зубьев для косозубых передач:

$$\beta = \arccos (Z_\Sigma^* m / 2a_w)$$

Точность вычисления угла  $\beta$  до пятого знака после запятой.  
 3.6 Определение числа зубьев шестерни:

$$z_1 = \frac{Z_\Sigma}{1+u}$$

Значение  $z_1$  округлить до ближайшего целого числа. Из условий уменьшения шума и отсутствия подрезания зубьев рекомендуется  $z_1 \geq 18$ .

3.7 Определение числа зубьев колеса:

$$Z_2 = Z_\Sigma - Z_1$$

3.8 Определение фактического передаточного числа  $u_\phi$  и проверка его отклонения  $\Delta u$  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  $\Delta u$  – пересчитать  $z_1$  и  $z_2$ .

3.9 Определение фактического межосевого расстояния:

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

Допускаемая недогрузка передачи ( $\sigma_{H1} \leq [\sigma_{H1}]$ ) не более 10% и перегрузка ( $\sigma_{H1} \geq [\sigma_{H1}]$ ) до 5%. Если эти условия не выполняются, 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 термообработку, пересчитать допустимые контактные напряжения и повторить весь расчет передачи.

3.14. Проверить напряжения изгиба зубьев шестерни  $\sigma_{F1}$  и колеса  $\sigma_{F2}$ , Н/мм<sup>2</sup>:

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

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

где  $m$  – модуль зацепления, мм;

$b_2$  – ширина зубчатого венца колеса, мм.

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

Для прямозубчатых колес  $K_{Fa} = 1$ . Для косозубчатых  $K_{Fa}$  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 прирабатывающихся зубьев колес  $K_{F\beta} = 1$ .

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

$Y_{\beta}$  – коэффициент, учитывающий наклон зуба.

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

Для прямозубчатых 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 прямозубчатых колес. Для косозубчатых – в зависимости от эквивалентного числа зубьев

$$z_{\beta 1} = z_1 / \cos^3 \beta$$

$$z_{\beta 2} = z_2 / \cos^3 \beta,$$

Шестерня

Колесо

где  $\beta$  – угол наклона зубьев.

Если при проверочном расчете  $\sigma_F$  значительно меньше  $[\sigma_F]$ , то это допустимо, так как нагрузочная способность большинства зубчатых передач ограничивается контактной прочностью. Если  $\sigma_F > [\sigma_F]$  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

Параметры		Проверочный расчет		Значение
Параметр	Значение	Параметр	Значение	
$a_w$	Межосевое расстояние		Угол наклона зубьев $\beta$	
	Модуль зацепления $m$		Диаметр делительной окружности: шестерни $d_1$ колеса $d_2$	
	Ширина зубчатого венца: шестерни $b_1$ колеса $b_2$			

для прямозубчатых передач  $a_w = (z_1 + z_2)m / 2$ ;

для косозубчатых передач

$$a_w = (z_1 + z_2)m / (2 \cos \beta).$$

3.10 Определение основных геометрических параметров паростроенных передач, мм.

Параметр	Шестерня		Колесо	
	прямозубая	косозубая	прямозубое	косозубое
Диаметр делительный	$d_1 = m z_1$	$d_1 = m z_1 / \cos \beta$	$d_2 = m z_2$	$d_2 = m z_2 / \cos \beta$
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:

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

3.12 Проверка пригодности заготовок колес.

Условие пригодности заготовок колес:

$$D_{\text{заг}} = d_{\beta 1} + 6$$

Размер заготовки колеса закрытой передачи

$$D_{\text{заг}} = b_2 + 4$$

Размер заготовки колеса открытой передачи принимают меньший из двух:

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

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

При невыполнении неравенств изменяют материал колес или вид термической обработки.

13. Проверка контактных напряжений  $\sigma_{H\alpha}$ , Н/мм<sup>2</sup>:

$$\sigma_{H\alpha} = K \sqrt{\frac{F_1 (u_{\beta} + 1)}{d_1 b_2} K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{H\nu}} \leq [\sigma_{H\alpha}],$$

где  $K$  – вспомогательный коэффициент;

для косозубчатых передач  $K = 376$ , для прямозубчатых  $K = 436$ .

$F_1$  – окружная сила в зацеплении;  $F_1 = 2T_2 / d_2$

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

для прямозубчатых колес  $K_{H\alpha} = 1$ ,

для косозубчатых –  $K_{H\alpha}$  определяется по графику на рис. 4 в зависимости от окружной скорости колес  $v = \omega z_2 d_2 / 2 \cdot 10^3$ , м/с, и степени точности передачи (таблица 8);

Число зубьев: шестерни $z_1$ колеса $z_2$	Диаметр окружности вершин: шестерни $d_{a1}$ колеса $d_{a2}$	Проверочный расчет		
		Допускаемые значения	Расчетные значения	Примечания
Вид зубьев	Диаметр окружности. впадин: шестерни $d_{f1}$ колеса $d_{f2}$			не
Параметр				
Контактные напряжения $\sigma_{H1}$ , Н/мм <sup>2</sup>				
Напряжения изгиба, Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{F1}$			
	$\sigma_{F2}$			

В графе «Примечание» к проверочному расчету указывают процентное отклонение расчетных напряжений  $\sigma_{H1}$  и  $\sigma_{F1}$  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, концентрации напряжений. Поэтому для компенсации приближенности этого метода расчета допускаемые напряжения на кручение принимают заниженными  $[\tau]_{к} = 10 - 20$  Н/мм<sup>2</sup>. При этом меньшие значения  $[\tau]_{к}$  – 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	$d_1 = \sqrt[3]{\frac{M_{к1} \times 10^3}{0,2 \times [\tau]_к}}$ где $M_{к1} = T$ – вращающий момент на валу.	$d_1 = (1,2 - 1,5) d_1$ – под шкв $d_1 = (1,0 - 1,5) d_1$ – под шестерню $d_1 = (1,0 - 1,5) d_1$ – под полумуфту	$d_2 = d_1 + 2t$
2 ступень под уплотнение крышки и	только под уплотнение	$d_2 = 1,5 d_2$	$d_2 = d_1 + 2t$ $d_2 = 1,25 d_2$

подшипник	уплотнение	$d_3 = d_4 + 3,2r$ возможно $d_3 \leq d_f$ при $d_3 \geq d_{a1}$ принять $d_3 = d_{a1}$	$d_3 = d_4 + 3,2r$ возможно $d_3 \leq d_f$
3 ступень под колесо или внутри корпуса	$d_3 = d_4 + 3,2r$ возможно $d_3 \leq d_f$ принять $d_3 = d_{a1}$	$d_3 = d_4 + 3,2r$ возможно $d_3 \leq d_f$ принять $d_3 = d_{a1}$	$d_3 = d_4 + 3,2r$
4 ступень под подшипник	$d_4 = d_5 + (2 - 4)$	$d_4 = d_5$	
5 ступень упорная или под резьбу	$I_4$ – определяется графически под резьбу принять в зависимости от $d_2$ (таблица 15) $I_5 = 0,4 d_4$	$I_4 = B$ – для шариковых подшипников (таблица 15) $I_4 = T$ – для роликовых конических подшипников (таблица 16) не конструируют	$d_5 = d_3 + 3t$ не конструируют $I_5$ – определяется графически

Таблица 14

17 -	25 -	31 -	41 -	51 -	61 -	71 -
24	30	40	50	60	70	80
2	2,2	2,5	2,8	3	3,3	3,5
1,6	2	2,5	3	3	3,5	3,5
1	1	1,2	1,6	2	2	2,5

Примечания:

1 Значение высоты буртика  $t$ , фаски ступицы  $f$ , координаты фаски подшипника  $r$  определяются в зависимости от диаметра ступени  $d$ .

2 Диаметры  $d_3$  и  $d_4$  под подшипник округлять до ближайшего значения внутреннего диаметра внутреннего кольца подшипника  $d$ .

3 Диаметры и длины ступеней (кроме  $d_2$  и  $d_4$ ) округлять до ближайшего стандартного значения из ряда  $R_{40}$  (таблица 7).

Таблица 15

Передачи	Вал	Тип подшипника	Серия
Цилиндрическая косозубая	В	Однорядные шариковые радиальные	Средняя (легкая)
	Т	Однорядные шариковые радиальные	Легкая (средняя)
Коническая	В	Роликовые конические типа 7000 или 27000 при $n_1 < 1500$ мин <sup>-1</sup>	Легкая (средняя)
	Т	Радиально-упорные шариковые типа 46000 при $n_1 \geq 1500$ мин <sup>-1</sup> Роликовые конические типа 7000	Легкая

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 червячно 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  $90^\circ$ . В коническом редукторе оси валов пересекаются под углом  $90^\circ$  (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 колеса 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

$$f = D/2 + x,$$

где  $D$  — диаметр наружного кольца подшипника быстрогохода вала (см. рис. 7.2,б). Расстояние  $u$  между дном корпуса и поверхностью колеса, или шестерни, или червяка для всех типов редукторов принять  $u \geq 4x$  (см. рис. 7.2,б; 7.4,б; 7.6,б).

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

Ступени обоих 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  $d$ ,  $D$ ,  $B$  — для шариковых;  $d$ ,  $D$ ,  $T$ ,  $s$  — для роликовых конических. Примеры изображения подшипников: рис. 7.2, г — шариковые; рис. 7.4,г — роликовые конические; рис. 7.6,г — на быстрогоходном 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.

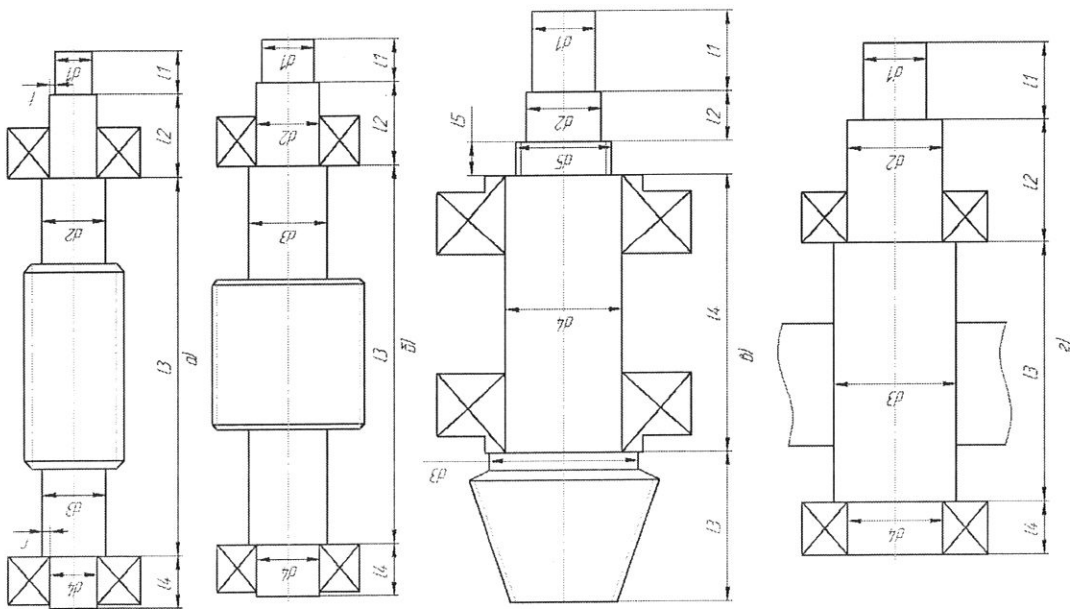


Рисунок 13 — Типовые конструкции валов

- а) быстрогоходный червячный;
- б) быстрогоходный цилиндрический;
- в) быстрогоходный конический;
- г) тихоходный вал.

Диск соединит обод и ступицу. Его толщина  $S$  определяется в зависимости от способа изготовления колеса. Иногда в дисках колес выполняют отверстия, которые используют 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 пригнуты фасками, размеры которых принимают по табл. 10.1.

В проектируемых приводах колеса редукторов получают относительно небольших диаметров и их изготавливают из круглого проката или поковки. 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

Рекомендуемая литература:

#### Основные источники:

##### 1. Печатные издания:

1. Эрдели А.А., Эрдели Н.А. Детали машин: Учебник для средних профессиональных учебных заведений. – М.: Высшая школа, Академия, 2021г.
2. **Электронные издания (электронные ресурсы)**
1. Ладугубец, Н.В. Техническая механика: в четырех книгах. Книга первая. Теоретическая механика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.В. Ладугубец, Э.В. Лузык. — Электрон. дан. — Москва: Машинноестроение, 2012. — 128 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5799>. — Загл. с экрана.
2. Чернилевский, Д.В. Техническая механика: В четырех книгах. Книга четвертая. Детали машин и основы проектирования [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.В. Чернилевский. — Электрон. дан. — Москва: Машинноестроение, 2012. — 160 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5802>. — Загл. с экрана.
3. [http://mysopromat.ru/uchebnyye\\_kursy/sopromat/](http://mysopromat.ru/uchebnyye_kursy/sopromat/)
4. <http://sopromat.in.ua/>
5. <http://termeh-dinamika.on.ufanet.ru/dinamika.htm>
6. <http://texzadacha.narod.ru/index.htm>
7. <http://www.edu.yar.ru/russian/projects/socnav/prep/phis001/dyn/dyn11.html>
8. <http://www.physics.ru/courses/op25part1/content/section/paragraf18/theory.ht>

#### 3 Дополнительные источники:

1. Эрдели А.А., Медведев Ю.А. Теоретическая механика. Сопрогивление материалов: Учебник для среднего профессионального образования. – М.: Академия, 2003г.
2. Эрдели А.А., Детали машин.: Учебник для среднего профессионального образования. – М.: Академия, 2003г.
3. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учебное пособие для вузов/ Под общ. Ред. Яблонского А.А. – М.: Интеграл-Пресс, 2006г.
4. Учебник для машиностроительных техникумов, средних специальных учебных заведений. - М.: Высшая школа, 2000г.
5. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике: Учебник для средних специальных учебных заведений. - М.: Высшая школа, 2004г.
6. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин. - М.: Высшая школа, 2002г.

#### 4 Периодические издания:

1. Газета «Российская газета»
- 3 Газета «Областная газета»



