

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Механика и конструирование машин»

**ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ  
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИВОДОВ В КУРСЕ  
«ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ»  
И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ**

Учебно-методическое пособие

Приводятся варианты заданий для учебного проектирования приводов и рекомендуемая литература. Дан пример кинематического и силового расчетов привода с необходимыми справочными материалами. Представлены справочные материалы для первой эскизной компоновки редуктора и зачетные требования при защите учебных проектов приводов.

Предназначены для студентов механических специальностей.

Составитель Сулейманов А.С., доц., канд. техн. наук

Рецензент Чистов Д.И., доц., канд. техн. наук

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ . . . . .	с. 2
1 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИВОДОВ . . . . .	2
2 СОДЕРЖАНИЕ И ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА ПРИВОДА . . . . .	11
3 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА. . . . .	13
4 СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ КИНЕМАТИЧЕСКОГО И . . . . . СИЛОВОГО РАСЧЕТОВ ПРИВОДА . . . . .	15
5 ПРИМЕР КИНЕМАТИЧЕСКОГО И СИЛОВОГО РАСЧЕТОВ ПРИВОДА	17
5.1 Определение КПД кинематических цепей в приводе и выбор электродвигателя . . . . .	17
5.2 Разбивка общего передаточного отношения привода между передачами . . . . .	18
5.3 Определение мощностей, угловых скоростей и вращающих моментов на валах привода . . . . .	19
6 СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПЕРВОЙ ЭСКИЗНОЙ КОМПОНОВКИ РЕДУКТОРА . . . . .	21
7 ЗАЧЕТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ЗАЩИТЕ УЧЕБНЫХ ПРОЕКТОВ ПРИВОДОВ . . . . .	27
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ . . . . .	30

## ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект по деталям машин является первой конструкторской работой студентов, при выполнении которой закрепляются знания, приобретенные при изучении теоретической части курса “Детали машин и основы конструирования” и таких дисциплин как сопротивление материалов, машиностроительное черчение, технология конструкционных материалов, теоретическая механика, теория механизмов и машин, основы взаимозаменяемости и т. д.

При выполнении проекта студент получает навыки самостоятельного проектирования деталей, узлов и машин общего назначения, обучается умения пользоваться стандартами, справочной литературой, приобретает навыки оформления расчетно-пояснительной записки и защиты выполненного проекта перед комиссией.

Наиболее удачными универсальными учебными объектами для проектирования, пригодными для всех специальностей технического университета, являются различные приводные устройства, включающие двигательный и передаточный механизмы, смонтированные на общей раме. При учебном проектировании привода, студент имеет возможность освоить основы проектирования всех типовых элементов машин: соединений, передач, валов, подшипниковых узлов, корпусных деталей, муфт, рам, смазочных и уплотнительных устройств и т. д.

Проект по деталям машин подготавливает студента к выполнению последующих проектов по специальным дисциплинам и дипломного проекта, а также к последующей конструкторской работе.

## 1 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИВОДОВ

Для разработки учебного проекта привода необходимо выбрать кинематическую схему приводного устройства из представленных ниже рисунков. Номер рисунка соответствует номеру задания. Варианты исходных данных для каждого номера задания представлены в табл. 1.1.

Для всех заданий необходимо принять: режим нагружения постоянный, производство единичное, разработка муфты МУВП.

Техническое задание является для конструктора документом, подлежащим безусловному выполнению, поэтому все изменения в задание вносятся только после согласования с консультантом.

Содержание и график выполнения учебного проекта привода описаны во втором разделе данных методических указаний. Рекомендуемая литература в третьем. Зачетные требования при защите учебных проектов приводов перечислены в седьмом разделе.

### Привод компрессора

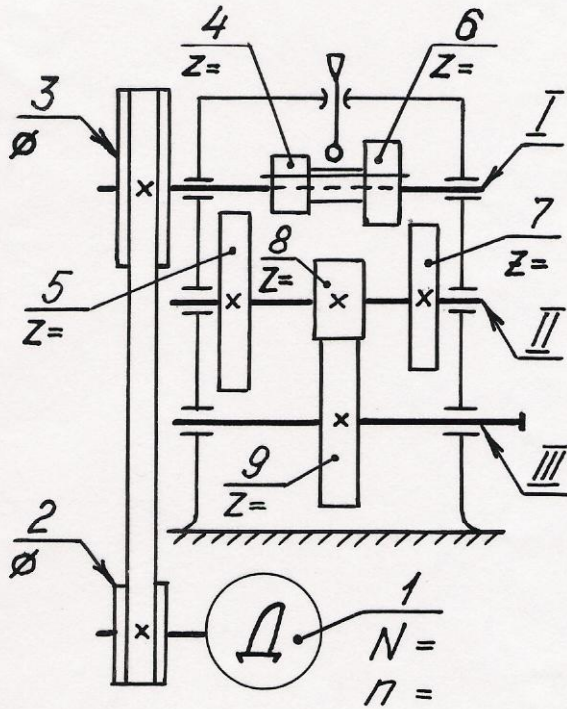


Рисунок 1

### Привод барабанного сита

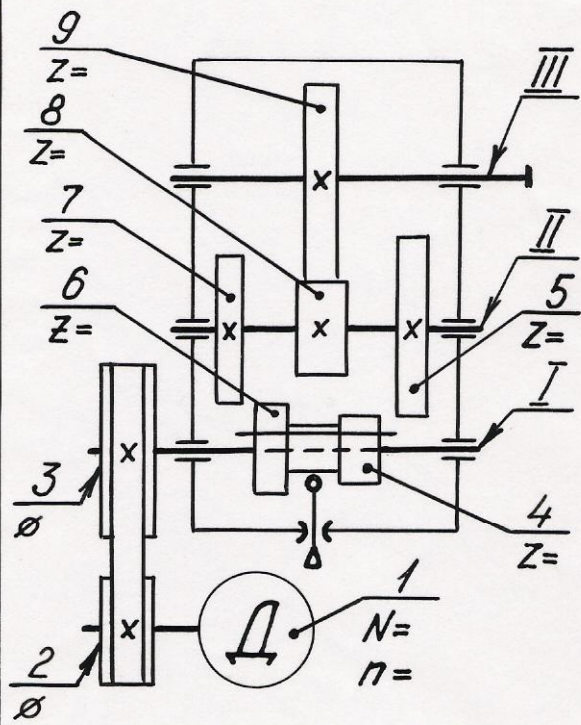


Рисунок 2

### Привод пескоструйного барабана

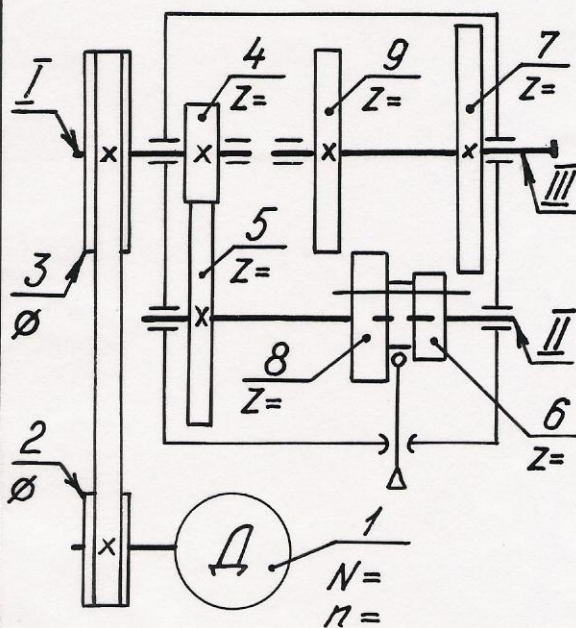


Рисунок 3

### Привод ленточного транспортера

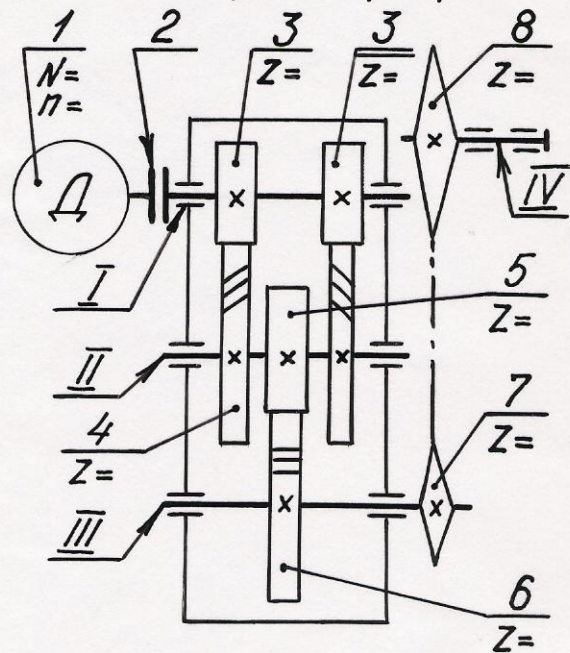


Рисунок 4

Привод сборочного конвейера

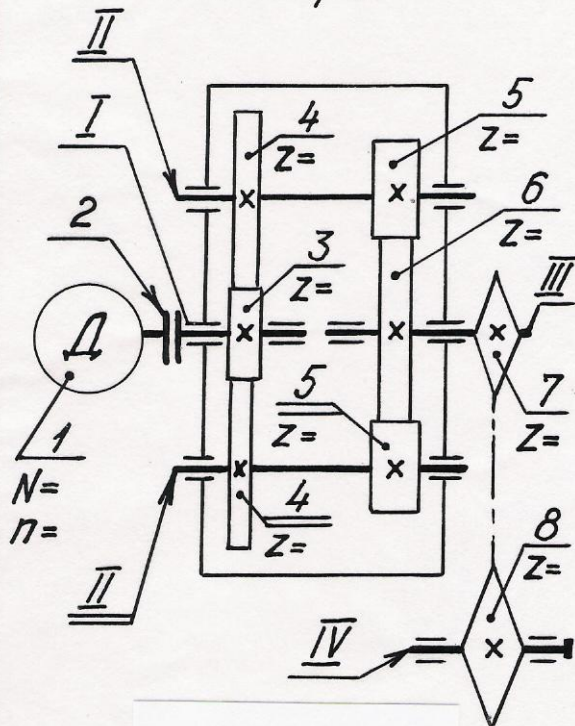


Рисунок 5

Привод шаровой мельницы

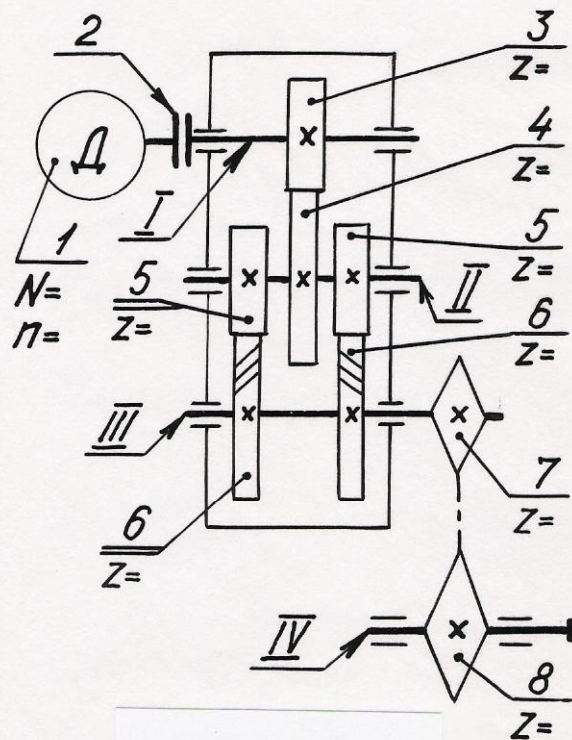


Рисунок 6

Привод сборочного конвейера

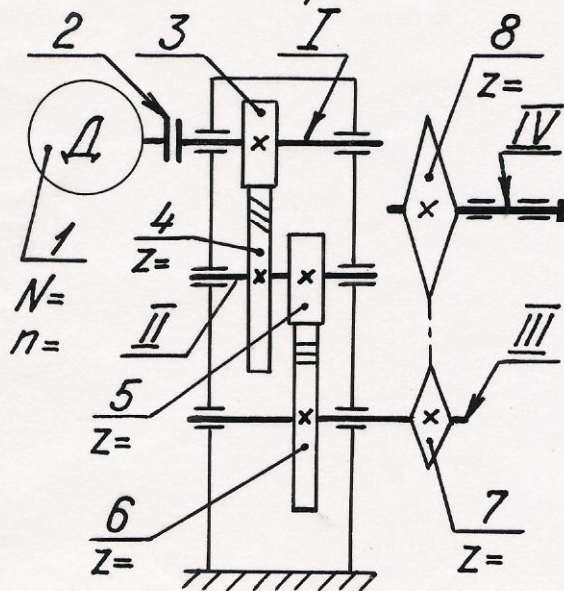


Рисунок 7

Привод винтового пресса

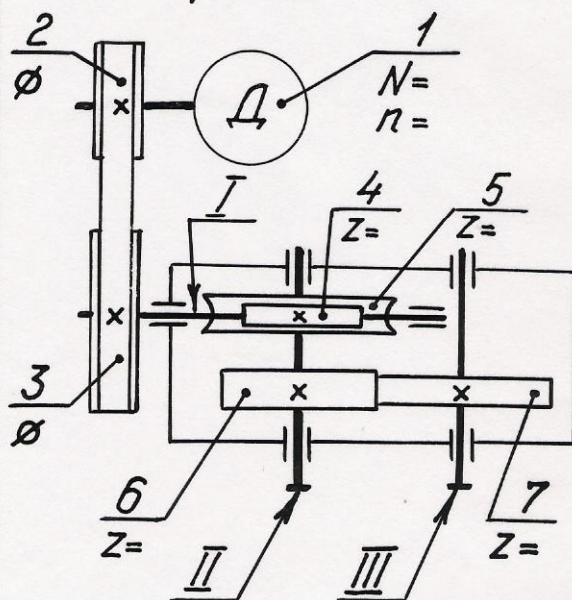


Рисунок 8

Привод винтового  
подъемника

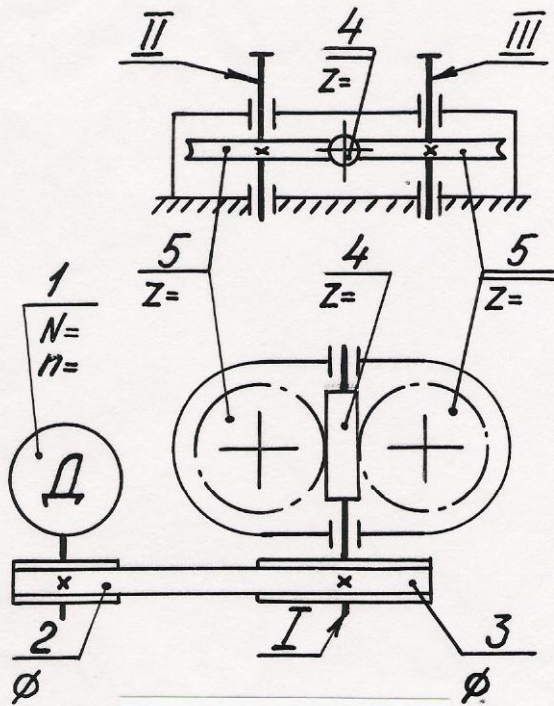


Рисунок 9

Привод эксцентрикового  
пресса

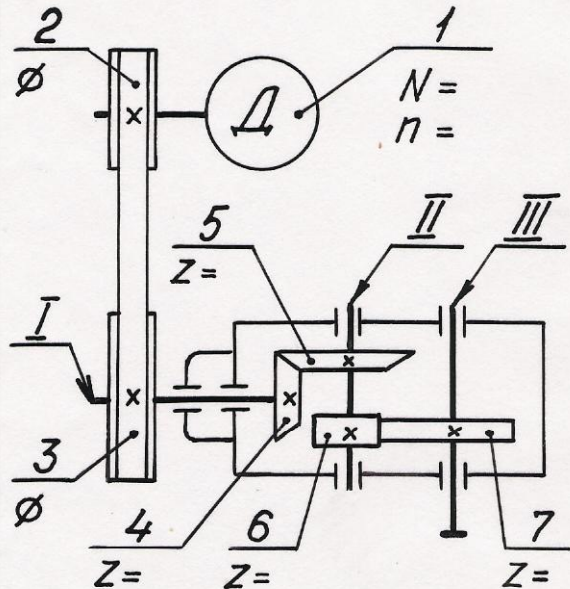


Рисунок 10

Привод бегунов

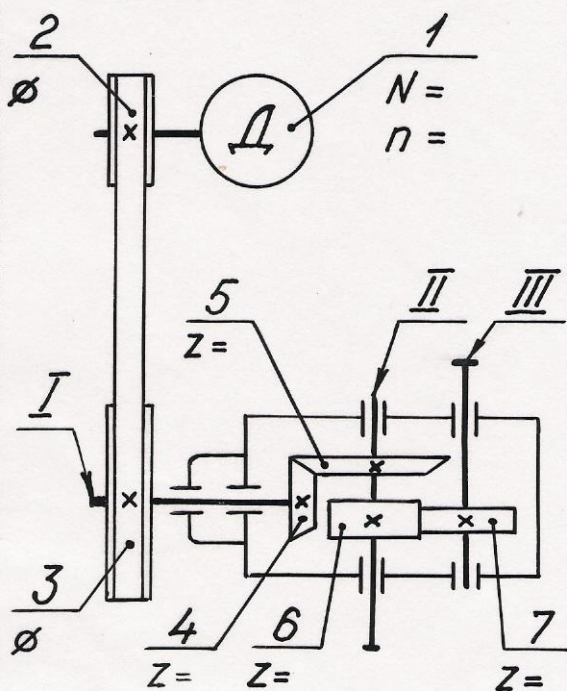


Рисунок 11

Привод подъемника

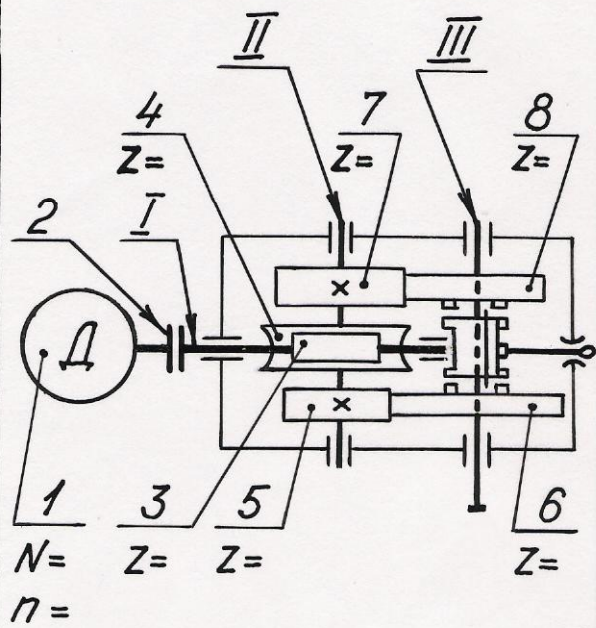


Рисунок 12

### Привод молота

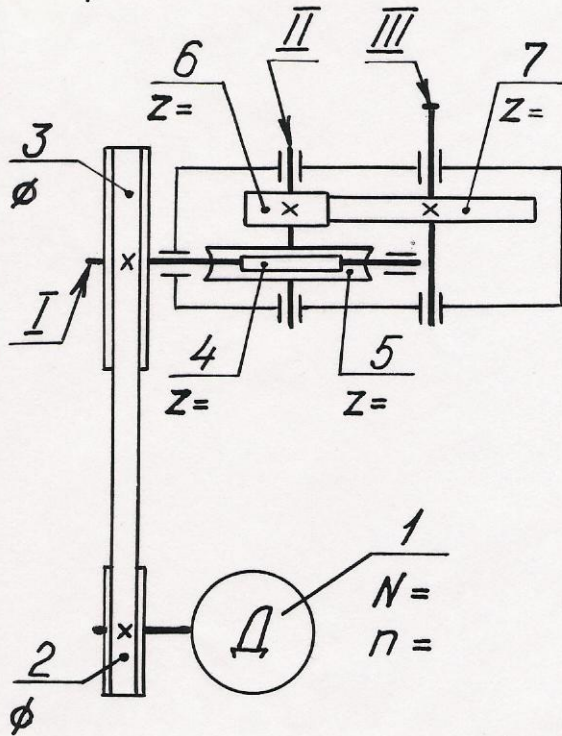


Рисунок 13

### Привод скребкового конвейера

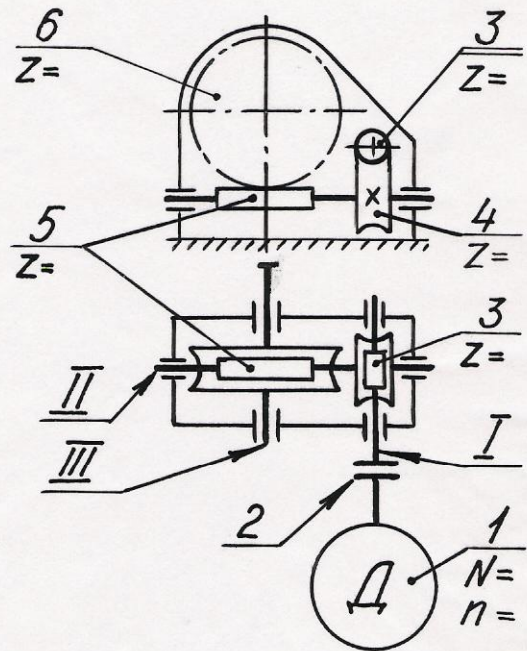


Рисунок 14

### Привод машины для испытания образцов

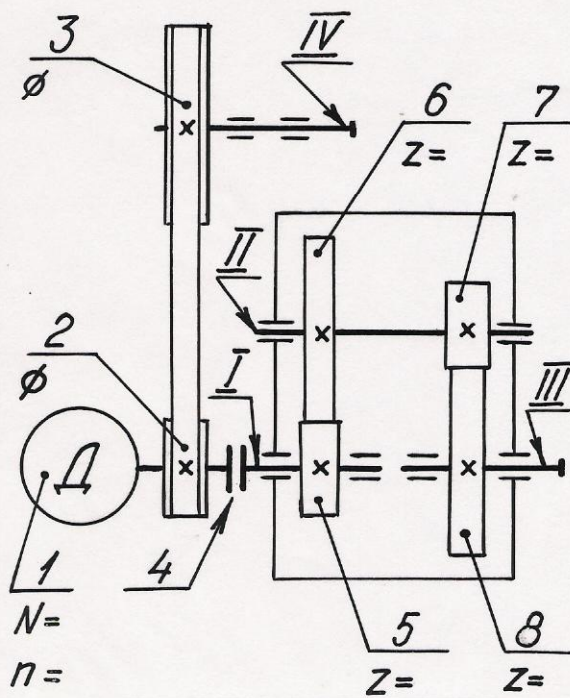


Рисунок 15

### Привод прокатного стана

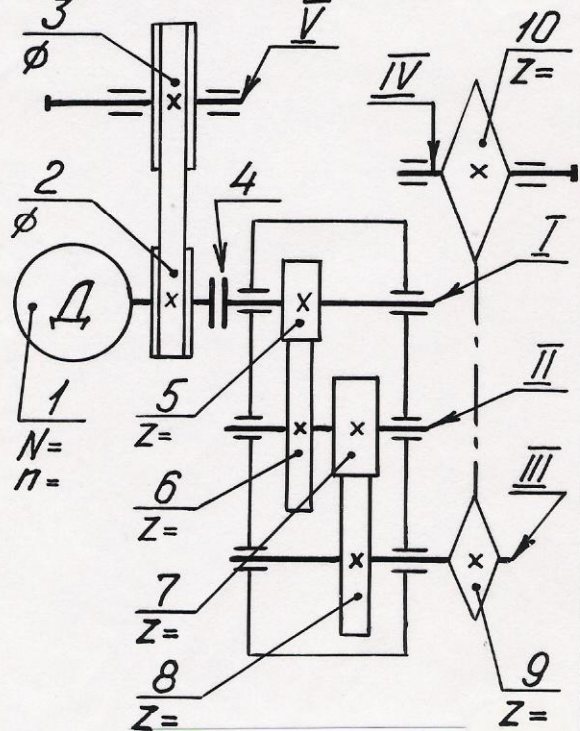


Рисунок 16



Привод настенного  
поворотного крана

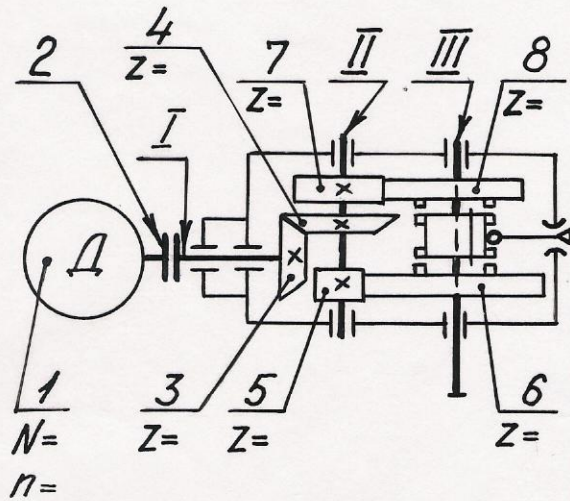


Рисунок 17

Привод пластинчатого  
конвейера

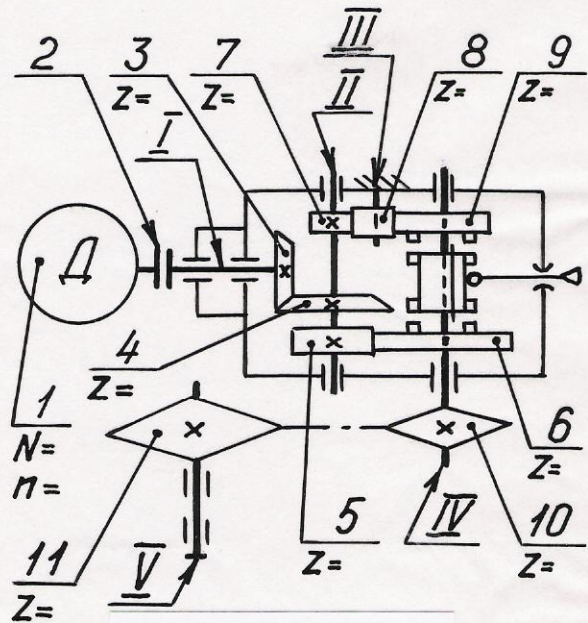


Рисунок 18

Привод вибрационного  
сита

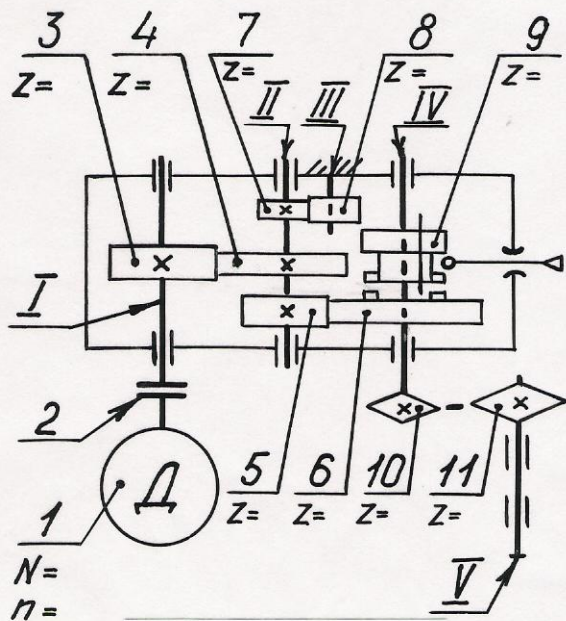


Рисунок 19

Привод подъёмника

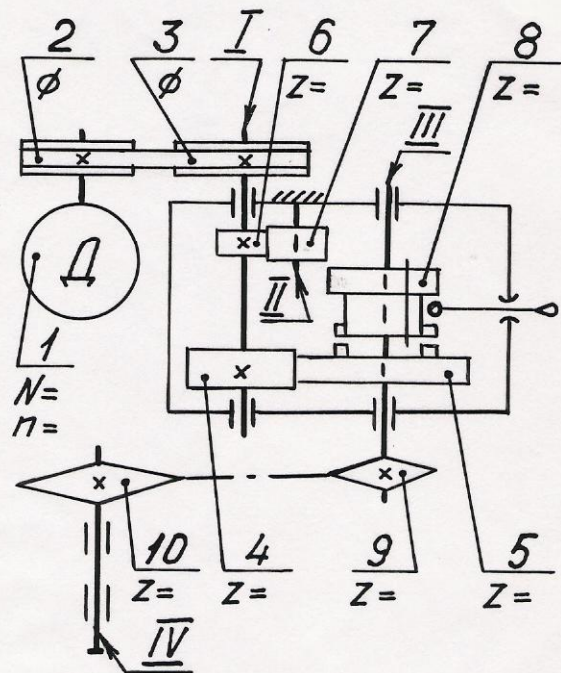


Рисунок 20

Таблица 1.1 - Исходные данные для проектирования приводов

Для заданий 1, 2, 3										
Варианты		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность потребителя N III вых, кВт		2,2	3,1	4,5	6,1	8,1	10	12	15	17
Угловая скорость выходного вала III	на 1 скорости $\omega_{III}$ , рад / с	20	25	30	35	40	45	50	55	60
	на 2 скорости $\omega'_{III}$ , рад / с	40	35	60	45	70	60	90	70	100
Требуемый ресурс Lh, тыс. ч		20	12	11	10	9	8	7	6	5
Для заданий 4, 5, 6, 7										
Варианты		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность потребителя N IV вых, кВт		0,8	2,1	3,6	5,6	8,1	11	14	18	20
Угловая скорость выходного вала IV $\omega_{IV}$ , рад / с		2	4	6	8	10	12	14	16	20
Требуемый ресурс Lh, тыс. ч		26	24	22	20	18	16	14	12	10
Для заданий 8, 9										
Варианты		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощности потребителей N II вых = N III вых, кВт		1,0	1,4	1,8	2,3	2,8	3,4	4,0	4,6	4,8
Угловые скорости выходных валов $\omega_{II} = \omega_{III}$ , рад / с		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Требуемый ресурс Lh, тыс. ч		10	9	8	7	6	5	4	3	2
Для задания 10										
Варианты		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность потребителя N III вых, кВт		6,0	8,8	12	16	20	25	30	36	42
Угловая скорость выходного ва- ла III $\omega_{III}$ , рад / с		30	35	40	45	50	55	60	65	70
Требуемый ресурс Lh, тыс. ч		20	18	16	14	12	10	8	6	5
Для задания 11										
Варианты		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощности потребителей N II вых = N III вых, кВт		5	5	6	6	6	7	7	8	8
Угловые скорости выходных валов $\omega_{II} = \omega_{III}$ , рад / с		80	75	70	65	60	55	50	45	40
Требуемый ресурс Lh, тыс. ч		5	6	7	8	9	10	11	12	13

Продолжение таблицы 1.1

Для задания 12										
Варианты		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность потребителя N III вых, кВт		0,4	0,7	1,2	1,7	2,4	3,0	4,0	4,5	4,0
Угловая скорость выходного вала III	на 1 скорости $\omega_{III}$ , рад / с	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	на 2 скорости $\omega'_{III}$ , рад / с	3	4	5	7	8	9	10	11	13
Требуемый ресурс Lh, тыс. ч		5	5	5	5	5	5	5	5	5
Для заданий 13, 14										
Варианты		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность потребителя N III вых, кВт		0,1	0,3	0,4	0,7	1,0	1,4	1,8	2,2	2,7
Угловая скорость выходного ва- ла III $\omega_{III}$ , рад / с		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Требуемый ресурс Lh, тыс. ч		10	10	10	10	10	10	10	10	10
Для задания 15										
Варианты		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность потребителя	на валу III N III вых, кВт	2	3	4	6	7	9	11	13	16
	на валу IV N IV вых, кВт	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Угловая скорость	вала III $\omega_{III}$ , рад / с	10	12	14	16	18	20	22	24	26
	вала IV $\omega_{IV}$ , рад / с	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Требуемый ресурс Lh, тыс. ч		18	17	16	15	14	13	12	11	10
Для задания 16										
Варианты		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность потребителя	на валу IV N IV, кВт	2	3	4	5	7	10	12	15	18
	на валу V N V, кВт	1	1	1	2	2	2	3	3	4
Угловая скорость	вала IV $\omega_{IV}$ , рад / с	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	вала V $\omega_{V}$ , рад / с	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Требуемый ресурс Lh, тыс. ч		20	19	18	17	16	15	14	13	12

Продолжение таблицы 1.1

Для задания 17										
Варианты		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность потребителя N III вых, кВт		3,5	4	4,4	4,7	4,8	4,8	4,7	4,4	4
Угловая скорость выходного вала III	на 1 скорости $\omega_{III}$ , рад / с	26	24	22	20	18	16	14	12	10
	на 2 скорости $\omega^I_{III}$ , рад / с	30	28	26	24	22	20	18	16	14
Требуемый ресурс Lh, тыс. ч		10	10	10	10	15	15	15	15	15
Для заданий 18, 19										
Варианты		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность потребителя	на прямом ходе N V вых, кВт	1,2	1,9	2,7	4,2	6,0	8,1	15	13	16
	на обратном ходе N <sup>I</sup> V вых, кВт	0,6	1,0	1,3	2,0	3,0	4,0	7	8	9
Угловая скорость выходного вала V	на прямом ходе $\omega_V$ , рад / с	4	5	6	8	10	12	14	16	18
	на обратном ходе $\omega^I_V$ , рад / с	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Требуемый ресурс Lh, тыс. ч		22	20	18	16	14	12	10	8	6
Для задания 20										
Варианты		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность потребителя	на прямом ходе N IV вых, кВт	1,5	2,3	3,1	4,2	5,4	6,8	8,2	10	12
	на обратном ходе N <sup>I</sup> IV вых, кВт	0,8	1,2	1,5	2,1	3	4	4	5	5
Угловая скорость выходного вала IV	на прямом ходе $\omega_{IV}$ , рад / с	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	на обратном ходе $\omega^I_{IV}$ , рад / с	10	12	14	16	18	20	22	24	25
Требуемый ресурс Lh, тыс.ч		24	22	20	18	16	14	12	10	8

## 2 СОДЕРЖАНИЕ И ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

На защиту, в установленный консультантом срок, должны быть представлены расчетная и графическая части проекта.

Расчетная часть проекта привода оформляется согласно требованию к текстовым конструкторским документам в виде пояснительной записки объемом 35-40 листов формата А4, примерно следующего содержания:

- 1 Техническое задание.
- 2 Кинематический и силовой расчеты привода.
  - 2.1 Определение КПД кинематических цепей в приводе и выбор электродвигателя.
  - 2.2 Разбивка общего передаточного отношения привода между передачами.
  - 2.3 Определение мощностей, угловых скоростей и вращающих моментов на валах привода.
- 3 Проектировочные расчеты передач.
  - 3.1 Расчет клиноременной передачи.
  - 3.2 Расчет зубчатой цилиндрической передачи.
  - 3.3 Расчет червячной передачи.
  - 3.4 Расчет передачи с роликовой цепью.
- 4 Проектировочные ( ориентируемые ) расчеты валов.
- 5 Выбор способа и типа смазки подшипников и передач.
- 6 Первая эскизная компоновка редуктора.
  - 6.1 Определение толщины стенки и размеров фланцев корпуса редуктора.
  - 6.2 Определение диаметров болтов: фундаментных, в бобышках у подшипников, на тонких фланцах в разьеме корпуса.
  - 6.3 Определение размеров крышек подшипников.
- 7 Проектировочные ( приближенные ) расчеты валов.
- 8 Подбор подшипников.
- 9 Расчеты шпоночных и шлицевых соединений.
- 10 Проверочные ( уточненные ) расчеты валов на сопротивление усталости.
- 11 Расчет муфты.
- 12 Задание характера сопряжений деталей в редукторе.

Список использованной литературы.

Приложение. Спецификация.

Графическая часть проекта должна включать:

- 1) сборочный чертеж редуктора в двух проекциях ( в масштабе 1:1 ) со спецификацией;
- 2) рабочие чертежи пяти деталей редуктора: зубчатого колеса, вала, двух крышек подшипников ( глухой и сквозной ), распорной втулки с указанием допусков формы и отклонения поверхностей;

При десятидневном режиме выполнения проекта рекомендуется придерживаться следующего графика:

Таблица 2.1 - График выполнения курсового проекта

Неделя	Содержание работ	Трудоемкость в %
1	2	3
1	1 Силовой и кинематический расчёты привода. 1.1 Определение КПД привода и выбор электродвигателя. 1.2 Разбивка общего передаточного отношения привода между передачами. 1.3 Определение мощностей, угловых скоростей и вращающих моментов на валах привода. 2 Подготовка исходных данных для расчёта на ЭВМ.	10 %
2	3 Проектировочные расчёты передач на ЭВМ. 4 Оформление расчёта передач в пояснительной записке	10 %
3	5 Проектировочные (ориентировочные) расчёты валов. 6 Первая эскизная компоновка редуктора и привода на миллиметровой бумаге с выбором способа смазки передач и подшипников (конструирование : валов, зубчатых колес, корпуса редуктора, подшипниковых узлов, шкивов, звёздочек).	10 %
4	7 Проектировочные (приближенные) расчёты валов редуктора.	10 %
5	8 Подбор подшипников. 9 Расчет шпоночных и шлицевых соединений. 10 Проверочные (уточнённые) расчеты валов на сопротивление усталости.	5 % 5 %
6,7	11 Оформление сборочного чертежа редуктора на ватмане со спецификацией. 12 Задание характера сопряжений деталей в редукторе с простановкой посадок на чертеже.	20 %
8,9	13 Выполнение рабочих чертежей пяти деталей редуктора. Расчёт и конструирование муфты.	20 %
10	14 Оформление пояснительной записки. Исправление ошибок.	10 %
11	15 Подготовка к защите и защита проекта привода.	

## 3 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1) Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин : Учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов. - М. : Издательский центр «Академия», 2003 . - 496 с.
- 2) Дунаев П.Ф., Леликов О. П. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. техникумов.-М. : Высш. шк., 1984 .- 336 с.: ил.
- 3) Курсовое проектирование деталей машин : Справ. пособие. Часть 1 / А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик, В.Ф. Калачев и др .- Минск : Выш. школа, 1982.- 208 с.: ил.
- 4) Курсовое проектирование деталей машин : Справ. пособие. Часть 2 / А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик, В.Ф. Калачев и др. .- Минск : Выш. школа, 1983. - 334 с.: ил.
- 5) Иванов М.Н., Иванов В.Н. Детали машин : Курсовое проектирование. - М. : Высш. шк., 1975. - 551 с.: ил.
- 6) Детали машин : Атлас конструкций / Под ред. Д.Н.Решетова. - М.: Машиностроение, 1992 .- 352 с.: ил.
- 7) Курмаз Л.В. Детали машин: проектирование: справочное издание / Л.В. Курмаз, А.Т. Скобейда, 2005 .-309 с..
- 8) Подшипники качения: Справочник - каталог / Под ред. В.Н. Нарышкина и Р.В. Коросташевского. - М. : Машиностроение, 1984. - 280 с.: ил.
- 9) Перель Л.Я., Филатов А.А. Подшипники качения: Расчет проектирование и обслуживание опор : Справочник. - М.: Машиностроение, 1992.- 608 с., ил.
- 10) Ряховский О. А., Иванов С.С. Справочник по муфтам. - Л. : Политехника, 1991. - 384 с., ил.
- 11) 1 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т. Т.1. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.
- 12) Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие для машиностроит. спец. техникумов / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин и др. - М. : Машиностроение, 1988. - 416 с.: ил.
- 13) Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие для техникумов . - М.: Высш. шк.,1991. - 432 с.: ил.
- 14) Решетов Д.Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов .- 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1989 .- 496 с.: ил.
- 15) Иванов М.Н. Детали машин: Учеб. Для студентов высш. техн. учеб. заведений .- 5-е изд., перераб .- М.: Высш. шк., 1991 .- 383 с.: ил.
- 16) Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Расчет на прочность . ГОСТ 21354-87 .- М.: Изд-во стандартов, 1988 .- 127 с.

Кроме того, на кафедре механики и конструирования машин (а.112-7), можно получить на определенный срок, в обмен на читательский билет, следующие методические разработки кафедры:

- 1) Варианты заданий для проектирования приводов в курсе " Детали машин " и рекомендации по конструированию : Учебно-методическое пособие/ Сост. Сулейманов А.С. - Уфа : Изд-во Уфим. нефт. техн. унив., 2005 . - 29 с.
- 2) Оформление пояснительных записок при курсовом проектировании и выполнении расчётно-графических работ: Учебно-методическое пособие / Сост. Сулейманов А. С. – Изд-во Уфим. нефт. техн. унив., 2011 .–18 с.
- 3) Пример выполнения расчетной части проекта привода: Учебно – методическое пособие / Сост. Сулейманов А.С. – Уфа : Изд-во Уфим. нефт.техн. унив., 2002 .–29 с.
- 4) Оформление графической части проекта привода в курсе " Детали машин " : Учебно – методическое пособие / Сост. Сулейманов А.С. – Уфа : Изд-во Уфим. нефт. техн. унив., 2001 .- 30 с.
- 5) Расчет зубчатых передач на прочность : Учебно-методическое пособие/ Сост. А.С. Сулейманов, Э.А. Щеглов .- Уфа : Изд-во Уфим. нефт. техн. унив., 2004 . –30 с.
- 6) Ременные передачи : Учебно-методическое пособие / Сост. Комлев А.А Полканова О.Г. - Уфа : Изд-во Уфим. нефт. техн. унив., 2004 .- 25 с.
- 7) Проектровочный расчет цепных передач : Методические указания / Сост. Е.А. Митюрёв, А.С. Сулейманов, В.Л. Хлесткина .- Уфа : Изд-во Уфим. нефт. ин-та, 1993. - 20 с.
- 8) Расчёты на ЭВМ при курсовом проектировании в курсах ТММ и ДМ : Учебно-методическое пособие / Сост. А.С. Сулейманов, Э.А.Щеглов.- Уфа : Изд-во Уфим. нефт. техн. унив., 2011 .- 24 с.
- 9) Допуски и посадки : Методические указания / Сост. Е.А. Митюрёв, В.К. Загорский, Д.Ф. Хитин.- Уфа : Изд-во Уфим. нефт. ин-та, 1990 .- 30 с.
- 10) Расчет подшипников качения с помощью ПЭВМ ЕС 1841 : Методические указания / Сост. Э.А. Щеглов и др. - Уфа : Изд-во Уфим. нефт. ин-та, 1993 .- 6 с.
- 11) Муфты : Методические указания / Сост. С.Г. Зубаиров, А.А.,Комлев .-Уфа : Изд-во Уфим. нефт. ин-та, 1989 .- 26 с.
- 12) Расчет валов: Учебно-методическое пособие по прикладной механике / Сост. О.Г. Полканова , В. Л. Хлесткина , Уфа: Изд-во Уфим. нефт. техн. унив.,2000.-21с.
- 13) Подшипники качения : Методические указания / Сост. А.А.Комлев .- Уфа : Изд-во Уфим. нефт. ин-та., 1986 .- 23 с.



#### 4 СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ КИНЕМАТИЧЕСКОГО И СИЛОВОГО РАСЧЕТОВ ПРИВОДА

В таблице 4.1 приведены рекомендуемые значения передаточных отношений механических передач из условия получения минимальных габаритов или массы [3, С. 31]. Там же представлены среднестатистические значения КПД механических передач и подшипников [3. С. 20] (нижние значения интервалов). КПД механических передач указаны без учета потерь в подшипниках. Таблица 4.1

Тип передачи или подшипника	КПД передач и подшипников $\eta$		Передаточное отношение одной ступени $i$	
	закрытых	открытых	среднее	наибольшее
Зубчатая передача :				
с цилиндрическими прямозубыми колесами . . .	0,96	0,93	3...4	10
с цилиндрическими косозубыми колесами . . .	0,96	0,93	3...5	10
с коническими прямозубыми колесами . . . . .	0,95	0,92	2...3	6
Червячная передача при числе витков червяка:				
$z_1 = 1$	0,70	-	32...64	80
$z_1 = 2$	0,75	-	16...32	40
$z_1 = 4$	0,85	-	8...16	20
Ременная передача:				
плоскоремennая . . . . .	-	0,95	2...4	6
клиноремennая . . . . .	-	0,95	2...4	6
Цепная передача	0,95	0,90	2...4	6
Подшипники с одного вала:				
качения . . . . .	0,99	-	-	-
скольжения . . . . .	0,98	-	-	-

В двухступенчатом цилиндрическом горизонтальном редукторе, выполненном по развернутой схеме ( рисунки 4,6,16,19 ) для обеспечения одинакового погружения в масло колес быстроходной и тихоходной ступеней рекомендуется задавать [2, С. 9]

$$i_B \approx (1,3 \dots 1,4) \cdot i_T,$$

где  $i_B$ ,  $i_T$  - передаточные отношения быстроходной и тихоходной ступеней, соответственно.

Если такой же редуктор выполнен по соосной схеме ( рисунки 3, 5, 15 )

$$\dot{i}_B \approx (1 \dots 1,1) \cdot \dot{i}_T .$$

В коническо - цилиндрических редукторах ( рисунки 10, 17, 18 )

$$\dot{i}_B \approx (1,3 \dots 1,4) \cdot \dot{i}_T .$$

В двухступенчатом червячном редукторе ( рисунок 14 ), для расположения червяка быстроходной ступени ниже разъема в корпусе , рекомендуется

$$\dot{i}_B \approx \dot{i}_T .$$

Таблица 4.2 - Асинхронные частоты вращения валов закрытых обдуваемых электродвигателей серии АИР  $n_{дв}$ , об/ мин [2,С.459]

Мощности двигателей $N_{дв}^{ГОСТ}$ , кВт	Синхронные частоты вращения валов $n_{дв}^{ГОСТ}$ , об / мин							
	3000		1500		1000		750	
	Асинхронные частоты вращения валов $n_{дв}$ , об / мин							
0,25	-	-	-	-	890 /	63B6	-	-
0,37	-	-	-	-	915 /	71A6	-	-
0,55	-	-	1360 /	71A4	915 /	71B6	-	-
0,75	2820 /	71A2	1350 /	71B4	920 /	80A6	705 /	90LA8
1,10	2805 /	71B2	1395 /	80A4	920 /	80B6	715 /	90LB8
1,50	2850 /	80A2	1395 /	80B4	925 /	90L6	702 /	100L8
2,20	2850 /	80B2	1395 /	90L4	945 /	100L6	709 /	112MA8
3,00	2850 /	90L2	1410 /	100S4	950 /	112MA6	709 /	112MB8
4,00	2850 /	100S2	1410 /	100L4	950 /	112MB6	716 /	132S8
5,50	2880 /	100L2	1432 /	112M4	960 /	132S6	712 /	132M8
7,50	2895 /	112M2	1440 /	132S4	960 /	132M6	727 /	160S8
11,00	2910 /	132M2	1447 /	132M4	970 /	160S6	727 /	160M8
15,00	2910 /	160S2	1455 /	160S4	970 /	160M6	731 /	180M8
18,50	2910 /	160M2	1455 /	160M4	980 /	180M6	-	-
22,00	2919 /	180S2	1462 /	180S4	-	-	-	-
30,00	2925 /	180M2	1470 /	180M4	-	-	-	-
37,00	2940 /	200M2	1480 /	200M4	-	-	-	-
45,00	2945 /	200L2	1480 /	200L4	-	-	-	-
55,00	2945 /	225M2	1480 /	225M4	-	-	-	-
75,00	2960 /	250S2	-	-	-	-	-	-
90,00	2960 /	250M2	-	-	-	-	-	-

## 5 ПРИМЕР КИНЕМАТИЧЕСКОГО И СИЛОВОГО РАСЧЕТОВ ПРИВОДА

### 5.1 Определение КПД кинематических цепей в приводе и выбор электродвигателя

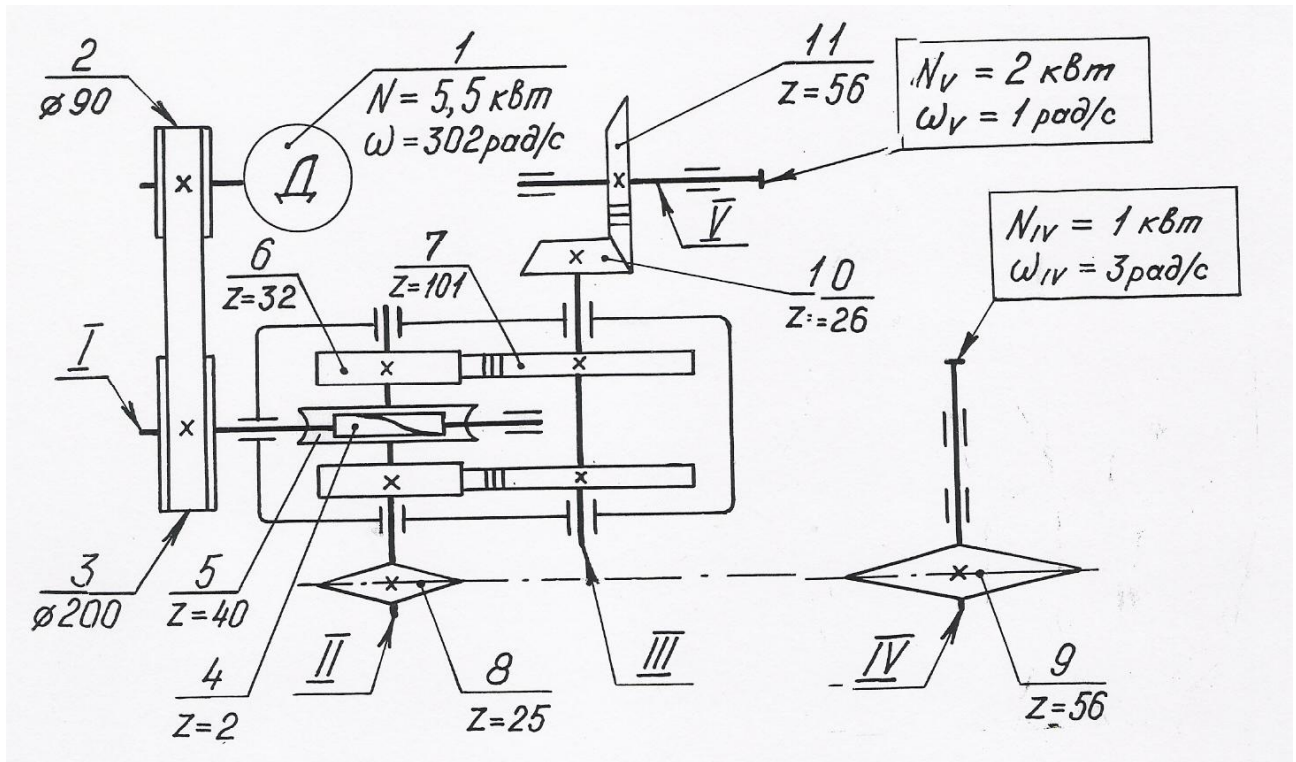


Рисунок 21

КПД кинематической цепи: двигатель - выходной конец V вала, по которой передается первый поток мощности ( в соответствии с рисунком 21 )

$$\eta_V = \eta_{\text{рем}} \cdot \eta_{\text{черв}} \cdot \eta_{\text{цил}} \cdot \eta_{\text{кон}} \cdot \eta_{\text{ПК}}^4 = 0,95 \cdot 0,75 \cdot 0,96 \cdot 0,92 \cdot 0,99^4 = 0,604,$$

где  $\eta_{\text{рем}}$  - КПД ременной открытой передачи [3, С. 21];

$\eta_{\text{черв}}$  - КПД червячной закрытой передачи [3, С. 20];

$\eta_{\text{цил}}$  - КПД цилиндрической закрытой передачи [3, С. 20];

$\eta_{\text{кон}}$  - КПД конической открытой передачи [3, С. 20];

$\eta_{\text{ПК}}$  - КПД подшипников качения с одного вала [3, С. 21].

КПД кинематической цепи: двигатель - выходной конец IV вала, по которой передается второй поток мощности ( в соответствии с рисунком 21 )

$$\eta_{IV} = \eta_{\text{рем}} \cdot \eta_{\text{черв}} \cdot \eta_{\text{цепь}} \cdot \eta_{\text{ПК}}^3 = 0,95 \cdot 0,75 \cdot 0,90 \cdot 0,99^3 = 0,622,$$

где  $\eta_{\text{цепь}}$  - КПД открытой цепной передачи [3, С. 21].

Требуемая мощность двигателя

$$N_{\text{ДВ}} \geq N_{\text{ДВ1}} + N_{\text{ДВ2}} = \frac{N_{\text{V}}}{\eta_{\text{V}}} + \frac{N_{\text{IV}}}{\eta_{\text{IV}}} = \frac{2000}{0,604} + \frac{1000}{0,622} = 4918,9 \text{ Вт},$$

где  $N_{\text{V}}$  - мощность, потребляемая с выходного конца V вала ;

$N_{\text{IV}}$  - мощность, потребляемая с выходного конца IV вала .

Ориентировочная угловая скорость вращения вала двигателя  $\omega_{\text{ДВ}}$

$$\omega_{\text{ДВ}} \approx \omega_{\text{V}} \cdot i_{2-3} \cdot i_{4-5} \cdot i_{6-7} \cdot i_{10-11} = 1 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 3 \cdot 2 = 240 \text{ рад / с ;}$$

$$\omega_{\text{ДВ}} \approx \omega_{\text{IV}} \cdot i_{2-3} \cdot i_{4-5} \cdot i_{8-9} = 3 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 2 = 240 \text{ рад / с ,}$$

где  $\omega_{\text{V}}$  - угловая скорость вращения вала V, рад/с.

$i_{2-3}$  - передаточное отношение ременной передачи, согласно таблице 4.1;

$i_{4-5}$  - передаточное отношение червячной передачи, согласно таблице 4.1;

$i_{6-7}$  - передаточное отношение цилиндрической прямозубой передачи, согласно таблице 4.1;

$i_{10-11}$  - передаточное отношение конической передачи, согласно таблице 4.1

$\omega_{\text{IV}}$  - угловая скорость вращения вала IV , рад / с;

$i_{8-9}$  - передаточное отношение цепной передачи, согласно таблице 4.1.

По таблице 4.2 выбираем асинхронный двигатель закрытый обдуваемый единой серии : Двигатель 4А100L2У3 ГОСТ 19523-81 [ 3, С. 24 ] , мощностью  $N_{\text{ДВ Гост}} = 5,5 \text{ кВт}$  и синхронной частотой вращения  $n_{\text{ДВ Гост}} = 3000 \text{ об / мин}$ .

Асинхронная частота вращения вала двигателя в таблице 4.2 получена по формуле  $n_{\text{ДВ}} = n_{\text{ДВ Гост}} \cdot (1 - s) = 3000 \cdot (1 - 0,04) = 2880 \text{ об / мин}$ , где  $s = 0,04$  - коэффициент скольжения [ 3, С. 27 ].

Асинхронная угловая скорость вращения вала двигателя

$$\omega_{\text{ДВ}} = \frac{n_{\text{ДВ}}}{9,55} = \frac{2880}{9,55} = 301,6 \text{ рад / с.}$$

## 5.2 Разбивка общего передаточного отношения привода между передачами

Требуемое общее передаточное отношение передач, через которые передается первый поток мощности на вал V

$$i_{2-11}^{\text{ТРЕБ}} = \frac{\omega_{\text{ДВ}}}{\omega_{\text{V}}} = \frac{301,6}{1,0} = 301,6 .$$

Фактическое значение общего передаточного отношения передач, через которые передается первый поток мощности на вал V

$$i_{2-11}^{\text{факт}} = i_{2-3} \cdot i_{4-5} \cdot i_{6-7} \cdot i_{10-11} = 2,22 \cdot 20,00 \cdot 3,15 \cdot 2,16 = 302,10 .$$

Примечание: Так как при прочностных расчетах передач привода знаки передаточных отношений значения не имеют, их можно не учитывать.

Отклонение передаточного отношения  $i_{2-11}^{\text{факт}}$  от  $i_{2-11}^{\text{треб}}$  составляет  $0,17\% < 1\%$ , что приемлемо.

Требуемое общее передаточное отношение передач, через которые передается второй поток мощности на вал IV

$$i_{2-9}^{\text{треб}} = \frac{\omega_{\text{ДВ}}}{\omega_{\text{IV}}} = \frac{301,6}{3,0} = 100,53 .$$

Фактическое значение общего передаточного отношения передач, через которые передается второй поток мощности на вал IV

$$i_{2-9}^{\text{факт}} = i_{2-3} \cdot i_{4-5} \cdot i_{8-9} = 2,22 \cdot 20,000 \cdot 2,26 = 100,34 .$$

Отклонение передаточного отношения  $i_{2-9}^{\text{факт}}$  от  $i_{2-9}^{\text{треб}}$  составляет  $0,18\% < 1\%$ , что приемлемо.

### 5.3 Определение мощностей, угловых скоростей и вращающих моментов на валах привода

Мощности на элементах привода

$$N_2 = N_{\text{ДВ}} = 4919 \text{ Вт} ;$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{\text{рем}} = 4919 \cdot 0,95 = 4673 \text{ Вт} ;$$

$$N_4 = N_3 \cdot \eta_{\text{ПК}} = 4673 \cdot 0,99 = 4626 \text{ Вт} ;$$

$$N_5 = N_4 \cdot \eta_{\text{черв}} = 4626 \cdot 0,75 = 3470 \text{ Вт} ;$$

$$N_6 = \left( N_5 \cdot \eta_{\text{ПК}} - \frac{N_{\text{IV}}}{\eta_{\text{цепь}} \cdot \eta_{\text{ПК}}} \right) \cdot \frac{1}{2} = \left( 3470 \cdot 0,99 - \frac{1000}{0,90 \cdot 0,99} \right) \cdot \frac{1}{2} = 1156 \text{ Вт} ;$$

$$N_7 = N_6 \cdot \eta_{\text{цил}} = 1156 \cdot 0,96 = 1110 \text{ Вт} ;$$

$$N_{10} = 2 \cdot N_7 \cdot \eta_{\text{ПК}} = 2 \cdot 1110 \cdot 0,99 = 2197,8 \text{ Вт} ;$$

$$N_{11} = N_{10} \cdot \eta_{\text{кон}} = 2197,8 \cdot 0,92 = 2022 \text{ Вт} ;$$

$$N_V = N_{11} \cdot \eta_{\text{ПК}} = 2022 \cdot 0,99 = 2000 \text{ Вт} .$$

$$N_9 = N_{\text{IV}} / \eta_{\text{ПК}} = 1000 / 0,99 = 1010 \text{ Вт} ;$$

$$N_8 = N_9 / \eta_{\text{цепь}} = 1010 / 0,90 = 1122 \text{ Вт} ;$$

$$N_{\text{IV}} = N_9 \cdot \eta_{\text{ПК}} = 1122 \cdot 0,99 = 1000 \text{ Вт} ;$$

Угловые скорости и частоты вращения элементов привода

$$\omega_2 = \omega_{дв} = 301,6 \text{ рад/с};$$

$$\omega_I = \omega_4 = \omega_3 = \omega_2 / i_{2-3} = 301,6 / 2,22 = 135,8 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{II} = \omega_8 = \omega_6 = \omega_5 = \omega_4 / i_{4-5} = 135,8 / 20,0 = 6,8 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{III} = \omega_{10} = \omega_7 = \omega_6 / i_{6-7} = 6,8 / 3,15 = 2,2 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{IV} = \omega_9 = \omega_8 / i_{8-9} = 6,8 / 2,26 = 3,0 \text{ рад/с};$$

$$\omega_V = \omega_{11} = \omega_{10} / i_{10-11} = 2,2 / 2,16 = 1,0 \text{ рад/с}.$$

$$n_I = \omega_I \cdot 9,55 = 135,8 \cdot 9,55 = 1297 \text{ об/мин};$$

$$n_{II} = \omega_{II} \cdot 9,55 = 6,8 \cdot 9,55 = 65 \text{ об/мин};$$

$$n_{III} = \omega_{III} \cdot 9,55 = 2,2 \cdot 9,55 = 21 \text{ об/мин};$$

$$n_{IV} = \omega_{IV} \cdot 9,55 = 3,0 \cdot 9,55 = 29 \text{ об/мин};$$

$$n_V = \omega_V \cdot 9,55 = 1,0 \cdot 9,55 = 9,6 \text{ об/мин}.$$

Вращающие моменты на элементах привода

$$T_2 = T_{дв} = N_{дв} / \omega_{дв} = 4919 / 302 = 16,288 \text{ Н·м};$$

$$T_3 = N_3 / \omega_3 \text{ или } T_3 = T_2 \cdot i_{2-3} \cdot \eta_{рем} = 16,288 \cdot 2,22 \cdot 0,95 = 34,351 \text{ Н·м};$$

$$T_4 = N_4 / \omega_4 \text{ или } T_4 = T_3 \cdot \eta_{пк} = 34,351 \cdot 0,99 = 34,008 \text{ Н·м};$$

$$T_5 = N_5 / \omega_5 \text{ или } T_5 = T_4 \cdot i_{4-5} \cdot \eta_{черв} = 34,008 \cdot 20,00 \cdot 0,75 = 510,120 \text{ Н·м};$$

$$T_6 = N_6 / \omega_6 = 1156 / 6,8 = 170,000 \text{ Н·м};$$

$$T_7 = N_7 / \omega_7 = 1110 / 2,2 = 504,545 \text{ Н·м};$$

$$T_8 = N_8 / \omega_8 = 1122 / 6,8 = 165,000 \text{ Н·м};$$

$$T_9 = N_9 / \omega_9 \text{ или } T_9 = T_8 \cdot i_{8-9} \cdot \eta_{цепь} = 165,000 \cdot 2,26 \cdot 0,90 = 335,610 \text{ Н·м};$$

$$T_{11} = N_{11} / \omega_{11} = 2022 / 1,0 = 2022 \text{ Н·м}.$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 5.1

Таблица 5.1

Номер вала	Мощность, Вт	Угловая скорость, рад/с	Вращающий момент, Н·м	Частота вращения, об/мин
Вал двигателя	$N_{дв} = 4919$ $N_2 = 4919$	$\omega_{дв} = 301,6$ $\omega_2 = 301,6$	$T_{дв} = 16,288$ $T_2 = 16,288$	$n_{дв} = 2880$ $n_2 = 2880$
I вал	$N_4 = 4626$	$\omega_4 = 135,8$	$T_4 = 34,008$	$n_4 = 1297$
II вал	$N_5 = 3470$ $N_6 = 1156$ $N_8 = 1122$	$\omega_5 = 6,8$ $\omega_6 = 6,8$ $\omega_8 = 6,8$	$T_5 = 510,120$ $T_6 = 170,000$ $T_8 = 165,000$	$n_5 = 65$ $n_6 = 65$ $n_8 = 65$
III вал	$N_7 = 1100$	$\omega_7 = 2,2$	$T_7 = 504,545$	$n_7 = 21$
IV вал	$N_9 = 1010$	$\omega_9 = 3,0$	$T_9 = 335,610$	$n_9 = 29$
V вал	$N_{11} = 2022$	$\omega_{11} = 1,0$	$T_{11} = 2022,000$	$n_{11} = 9,6$

6 СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПЕРВОЙ ЭСКИЗНОЙ КОМПОНОВКИ РЕДУКТОРА

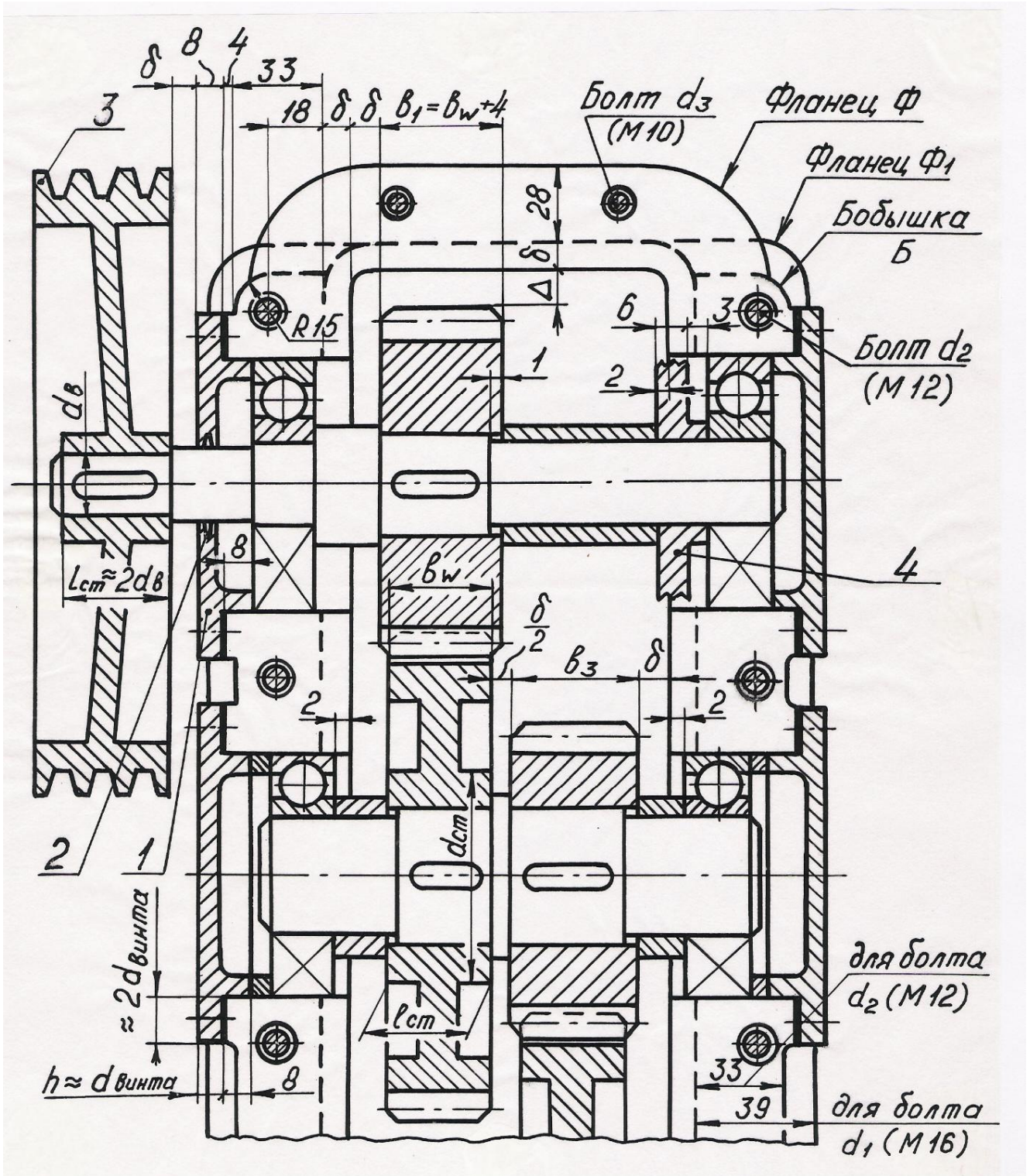


Рисунок 22

Компоновку редуктора начинают после расчета передач, проектировочных (ориентировочных) расчетов валов и определения основных компоновочных размеров корпуса по ниже приведенным формулам.

Таблица 6.1 -Толщина стенки нижней части чугунного корпуса редуктора  $\delta$ ,мм

Цилиндрического	одноступенчатого	$\delta = 0,025 \cdot a + 1$
	двухступенчатого	$\delta = 0,025 \cdot a + 3$
Червячного	одноступенчатого	$\delta = 0,04 \cdot a + 2$
	двухступенчатого	$\delta = 0,025 \cdot a + 3$
Конического	одноступенчатого	$\delta = 0,05 \cdot Re + 1$
	двухступенчатого	$\delta = 0,05 \cdot Re + 3$
Примечание - а- межосевое расстояние ( в двухступенчатом редукторе большее ), Re - внешнее конусное расстояние, мм.		

Из технологических соображений при  $\delta < 8$  мм принимают  $\delta = 8$  мм.

Толщина стенки крышки корпуса  $\delta_1 \approx 0,9 \cdot \delta \geq 7$  мм.

Расстояние от колеса до внутренней поверхности стенки корпуса редуктора: по торцу колеса принимают равным  $\delta$ , по радиусу колеса  $\Delta \approx 1,2 \cdot \delta$ .

Диаметр фундаментных болтов:  $d_1 \geq 12 \text{ мм} + 0,03 \cdot a$ .

Диаметр болтов, скрепляющих фланцы корпуса у подшипников:

$$d_2 \geq 0,7 \cdot d_1.$$

Диаметр болтов, скрепляющих тонкие фланцы основания корпуса и крышки:

$$d_3 \geq 0,5 \cdot d_1.$$

Стандартные диаметры болтов задают из ряда чисел: 8, 10, 12, 16, 20.

Ширину бобышки (Б) и фланцев ( $\Phi$ ,  $\Phi_1$ ) корпуса редуктора задают достаточными для размещения на них головки болта и гайки, по таблице 6.2, в зависимости от диаметра резьбы болта.

Таблица 6.2

Диаметр резьбы болта	М 8	М 10	М 12	М 16	М 20	М 24
Ширина фланца или бобышки, мм	25	28	33	39	48	54
Расстояние от наружной поверхности стенки корпуса до оси болта, мм	14	16	18	21	25	29

Толщину чугунного фланца ( $\Phi_1$ ) под фундаментные болты  $d_1$  принимают равной  $2,35 \cdot \delta$ . Толщины тонких фланцев ( $\Phi$ ) под болты  $d_3$  принимают равными  $1,5 \cdot \delta$  и  $1,5 \cdot \delta_1$ .



Для удобства обработки шлифуемые поверхности корпуса должны выступать над литой поверхностью на 3... 4 мм.

Первая эскизная компоновка редуктора производится (в соответствии с рисунком 22) для определения, в первом приближении, расстояния между опорами вала, чтобы, опираясь на измеренные на чертеже осевые размеры вала, в дальнейшем, произвести более точный проектировочный (приближенный) расчет вала.

Компоновку начинают с конструирования валов и зубчатых колес.

Если на консольном конце вала насажен шкив, муфта, колесо или звездочка, то диаметр вала, вычисленный в результате проектировочного (ориентировочного) расчета, принимают за диаметр вала под подшипником. Его округляют до стандартного значения в большую сторону и задают из ряда стандартных значений диаметров валов под подшипники : 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 19, 20, 25 мм и далее через 5 мм..

Если же вал промежуточный (без выступающих из редуктора концов), то вычисленное в результате проектировочного (ориентировочного) расчета значение диаметра - это диаметр вала под колесом. Его, округленное в большую сторону значение, задают из ряда: в интервале от 10 до 22 мм через 1 мм, в интервале от 22 до 42 мм через 2 мм, далее 45, 48, 50, 53, 56, 60, 63, 67, 71, 75, 80 и т. д. В последнем случае диаметр вала под подшипники задают конструктивно, из условия сборки, несколько меньше - ближайшее число из ряда стандартных значений диаметров валов под подшипники.

Если диаметр вала под колесом  $d$ , то диаметр ступицы колеса принимают  $d_{СТ} = 1,5 \cdot d + (5 \dots 10 \text{ мм})$ . Длина ступицы колеса  $l_{СТ}$  не должна выходить за пределы интервала  $(0,8 \dots 1,5) \cdot d$ . Лучше если  $l_{СТ}$  равна ширине венца колеса.

Более подробно рекомендации по конструированию различных элементов редуктора и привода можно найти: валов в [2, с. 144], зубчатых колес в [2, с. 43-45] шкивов в [2, с. 64 - 68], звездочек в [2, с. 69], крышек подшипников в [2, с. 110 - 114].

На этапе первой эскизной компоновки необходимо определиться с системой смазки передач и подшипников.

При окружной скорости колеса, погруженного в масло  $V = \omega \cdot d_{КОЛЕСА}/2 \leq 15 \text{ м/с}$  можно применить смазку передач окунанием колес (картерную).

При  $V \geq 1 \text{ м/с}$  разбрызгивание масла внутри редуктора настолько интенсивное, что образуется "масляный туман", которого достаточно для смазки изолированных от внутренней полости редуктора подшипников.

При  $V < 1 \text{ м/с}$  подшипники смазываются консистентной смазкой, закладываемой в полость опоры через масленки или под крышки подшипников. Для исключения смывания смазки брызгами масла, в этом случае, полости опор на всех валах закрывают мазеудерживающими дисками 4, как показано в правой опоре на первом валу, на рисунке 22.

При смазке подшипников масляным туманом, мазеудерживающие диски не нужны, как показано на втором валу, на рисунке 22.

Эскизную компоновку двухступенчатого цилиндрического или червячно-цилиндрического редукторов удобнее начать с середины промежуточного вала, изобразив уступ на валу шириной  $\delta/2$ . Затем, слева и справа от уступа изображают зубчатые колёса. При этом руководствуются рекомендациями, полученными из опыта многолетнего проектирования зубчатых колёс, приведёнными на рисунке 23.

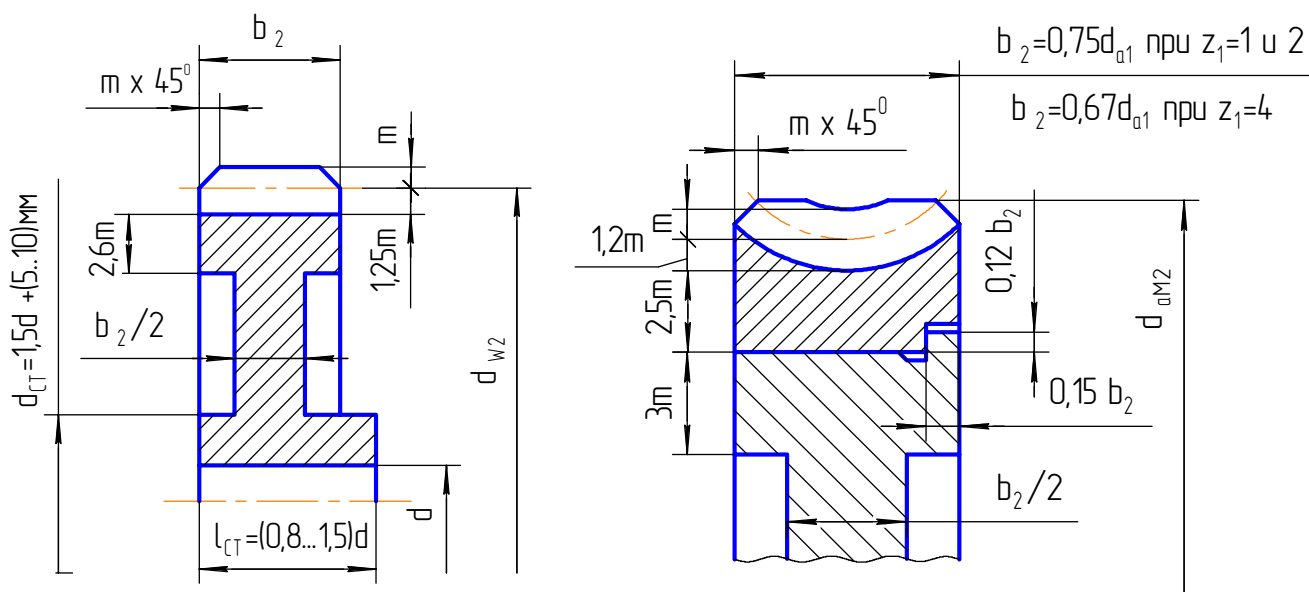


Рисунок 23

Положение подшипников находят после определения положения стенок корпуса редуктора.

Положение стенок корпуса (в соответствии с рисунком 22) находят, отложив зазоры  $\delta$  и  $\Delta$  между крайними колесами и стенками корпуса редуктора.

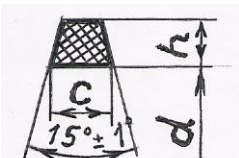
Далее, начертив: контуры подшипников; фланцев ( $\Phi$ ), под болты  $d_3$ ; бобышек ( $B$ ) на фланцах, под болты  $d_2$ ; фланцев ( $\Phi_1$ ), под фундаментные болты  $d_1$ ; крышек подшипников (1) - находят положение обода шкива (3). При этом зазоры (вдоль оси вала) между вращающимися элементами редуктора и неподвижными, задают как можно меньше, но не менее  $\delta$ .

Размеры подшипников на этом этапе задают ориентировочно из каталога, по диаметру вала под подшипники, предполагая установку подшипников тяжелой серии на входной вал, средней серии на промежуточный и легкой серии на выходной вал редуктора. Если на консольный конец вала насажен шкив, муфта или звездочка, то из-за значительных радиальных нагрузок от них, подшипник рациональнее установить как можно ближе к ним. Если шкива, звездочки или муфты нет, то подшипник устанавливают как можно ближе к колесу, но так, чтобы подшипник не выступал внутрь корпуса. Лучше, если подшипник заглублен на 2...3 мм внутрь полости опоры.

Таблица 6.3 – Размеры чугунных фланцевых крышек подшипников [2, С. 169]

Диаметр отверстия в корпусе под подшипник $D$ , мм	40... 62	63... 99	100...149
Диаметр винта крышки, мм	6	8	10
Количество винтов крышки, шт.	4	4	6
Толщина фланца крышки, мм	6	8	10
Ширина фланца крышки, мм	12	16	20

Таблица 6. 4 - Размеры поперечного сечения уплотнительных войлочных колец ( после установки в канавку) [1, С.184]

Диаметр вала $d$ , мм		10...15	16...22	25... 48	50... 65	67... 85
	c	3	4, 3	5, 5	7, 1	8, 3
	h	4, 5	5, 5	6, 5	8, 5	9, 5
Примечание: Применение войлочного кольца в качестве уплотнительного элемента допускается если окружная скорость вала в месте контакта с уплотнением не превышает 5 м / с.						

Эскизную компоновку коническо-цилиндрического редуктора лучше начать с изображения колёс конической передачи, как показано на рисунке 24.

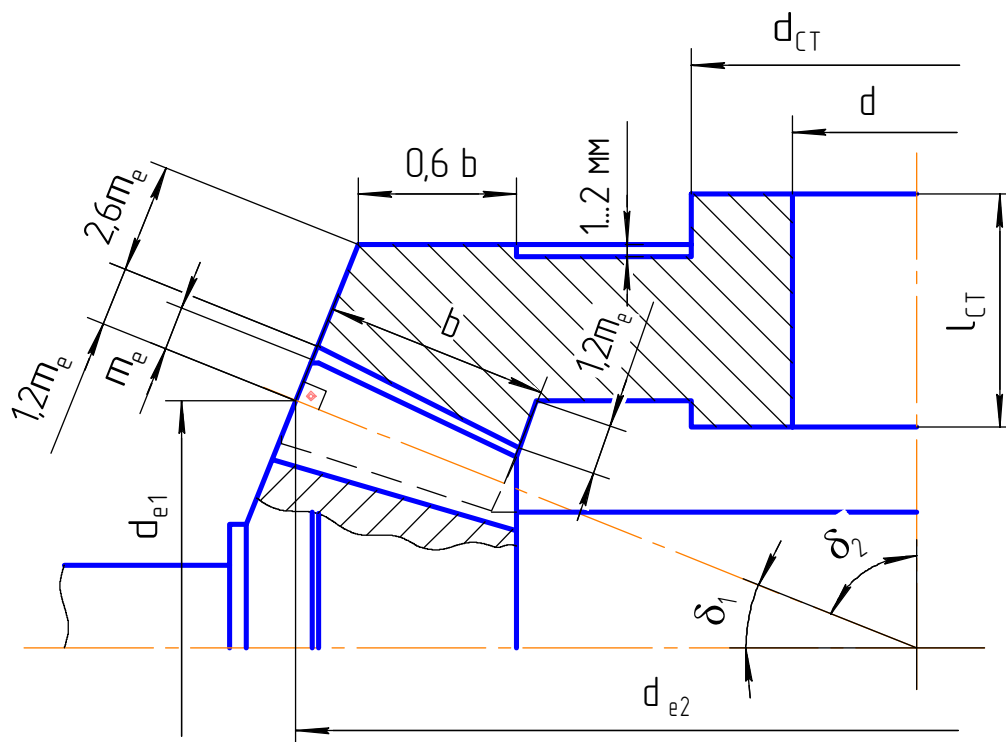


Рисунок 24

Размеры кулачковой полушестерни для коробок передач можно принять по рисунку 25.

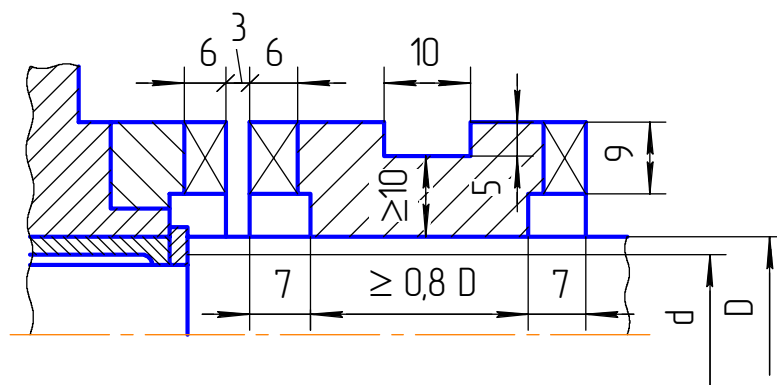


Рисунок 25

Высоту бобышки у подшипников можно определить построением у самой большой крышки подшипника, согласно рисунку 26. Сначала определяется положение оси отверстия под болт, оставив зазор  $\delta/2$  между отверстием под винт и отверстием под болт. Затем находят положение площадки под головку болта (высоту  $h_6$ ). Площадку берут на таком уровне, чтобы расстояние между крышкой подшипника и осью болта было достаточным для размещения головки болта, по существующим рекомендациям (смотри таблицу 6.2).

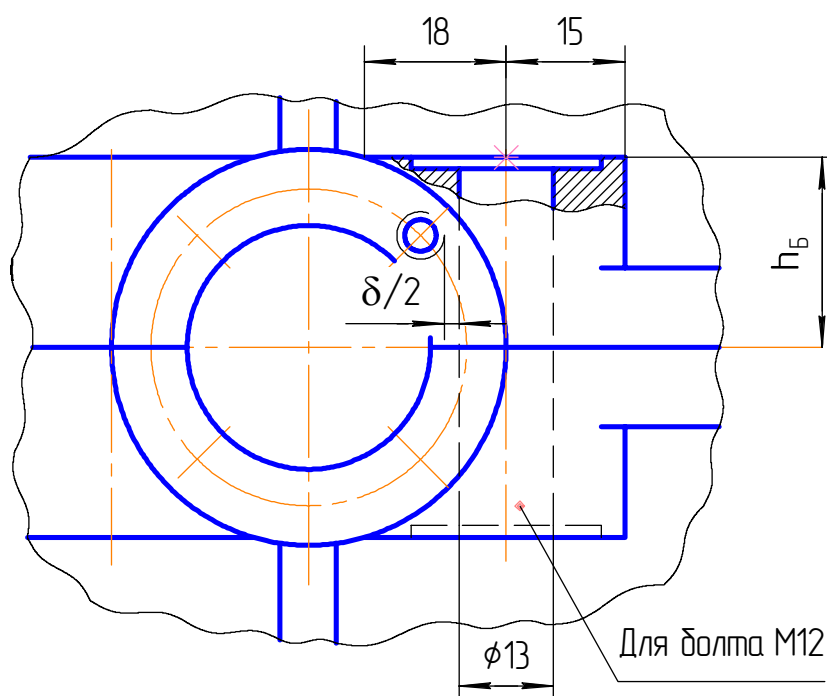


Рисунок 26

Радиальная нагрузка на вал от муфты из-за неуравновешенности окружного усилия

$$F_M = 125 \cdot \sqrt{T}, \text{ Н},$$

где  $T$  – крутящий момент, передаваемый муфтой, Н·м.

## 7 ЗАЧЕТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ЗАЩИТЕ УЧЕБНЫХ ПРОЕКТОВ ПРИВОДОВ

При оценке проекта, кроме качества защиты и знаний студентов по деталям машин и смежным дисциплинам, учитываются следующие факторы:

- 1) соблюдение установленного графика выполнения и защиты проекта;
- 2) качество оформления чертежей и пояснительной записки (соблюдение требований ГОСТов, аккуратность, четкость, наличие и качество выполнения расчетных схем и расчетов, наличие обоснований и т.д.);
- 3) качество конструкции (простота конструкции, компактность, удобство сборки и регулировки, экономия материалов, эстетичность и т. д.);
- 4) сложность проекта и самостоятельность при проектировании (отсутствие прототипа, оригинальность решения, наличие рационализаторских предложений, наличие элементов исследования и т. п.).

Для успешной защиты курсового проекта студент прежде всего должен хорошо разбираться в своем проекте, т. е. объяснить назначение и устройство спроектированного изделия, обосновать принятые и технологические решения. Проектант должен четко представлять назначение каждой линии и надписи на своем чертеже, каждой подробности конструкции и расчета, уметь объяснить порядок разборки - сборки и регулировки подшипников и зацепления, последовательность передачи нагрузки с одной детали на другую и т. п. Применительно к пояснительной записке необходимо дать обоснование выбору материала и термообработки, назначенным степеням точности, составленным расчетным схемам, использованным методам расчетов, прокомментировать расчетные формулы и т. д.

Достаточно часто задаваемые на защите проекта вопросы:

- 1) Какие функции в приводе выполняют передачи?
- 2) Из каких соображений делали разбивку общего передаточного отношения между передачами привода?
- 3) Достоинства и недостатки использованных в проекте передач?
- 4) Достоинства и недостатки разработанной конструкции редуктора (коробки передач).
- 5) Где ставят ременные и цепные передачи в приводе: до редуктора или за ним и почему?
- 6) Назначение разработанной конструкции муфты в приводе.
- 7) Как найти значения вращающего момента, угловой скорости и мощности на одном валу редуктора, если известны значения этих же параметров на другом валу?
- 8) Какими по величине усилиями нагружены детали редуктора: шпонки; валы; зубья зубчатых колес; болты, скрепляющие фланцы у подшипников; винты в крышках подшипников; подшипники; штифты в переключающих устройствах? Возможные виды повреждений деталей редуктора. Как проверить прочность этих деталей?

9) Какие напряжения возникают в зубьях зубчатых колес? Как они изменяются во времени? Какие повреждения зубьев они могут вызвать? Где возникают максимальные значения этих напряжений?

10) Какие усилия возникают в зацеплении зубьев колес? Как направлены векторы этих усилий? Через какие детали передается осевое усилие на корпус?

11) Влияние размеров зубчатых колес на прочность и долговечность передачи.

12) Почему в цилиндрической передаче шестерню выполняют, обычно, шире колеса, а твердость шестерни задают больше твердости колеса?

13) От чего, кроме механических свойств материала, зависит допускаемое контактное напряжение при расчете передач на контактную выносливость?

14) Критерии работоспособности зубчатых, ременных и цепных передач.

15) При расчете каких элементов привода вы учитывали требуемый ресурс  $L_h$  ?

16) Почему в коробках передач коэффициент  $\Psi_{bd}$  для передач рекомендуется брать меньше, чем в редукторах с неподвижными в осевом направлении колесами ?

17) Как изменится межосевое расстояние цилиндрической передачи, найденное из условия контактной выносливости, с увеличением твердости поверхности зубьев, если ширину колеса оставить неизменной ?

18) От чего зависят при расчете зубчатых передач, коэффициенты  $K_{H\beta}$  и  $K_{H\alpha}$  ?

19) Как изменятся диаметры валов в редукторе с увеличением твердости колес?

20) Какие напряжения возникают в поперечных сечениях вала редуктора и как они изменяются во времени?

21) Какие три расчета вала вы выполнили при его проектировании? Чем принципиально отличается приближенный расчет вала от ориентировочного?

22) В чем заключается уточненный расчет вала? Что учитывают коэффициенты  $K_\sigma$ ,  $\epsilon_\sigma$ ,  $\beta$  ?

23) Какие напряжения возникают в поперечном сечении ремня во время работы ременной передачи?

24) Почему ограничивают минимальный диаметр шкива в ременной передаче?

25) Как изменятся долговечность и тяговая способность ременной передачи с увеличением длины ремня или частоты вращения шкива?

26) На что рассчитываются призматические шпонки и прямобоочные шлицы?

27) Когда подшипники подбирают по динамической грузоподъемности  $C$ , а когда по статической  $C_0$  ?

28) При подборе подшипников учитывают усилия:  $S_A$ ,  $S_B$ ,  $F_X$ . Что это за усилия, всегда ли они возникают, когда их учитывают?

29) Как отрегулировать при сборке редуктора зазоры в зацеплении конических и червячных колес, в подшипниках?

30) Почему при использовании шевронных или раздвоенных косозубых колес один вал в редукторе делают плавающим?

31) В каком случае червяк выполняют с верхним расположением, а когда с нижним?

32) В каком случае червяк можно устанавливать в подшипниках по схеме “в распор”, а когда по схеме “с одной плавающей опорой”.

33) Когда червячные колеса выполняют составными и почему?

34) Какие конструктивные решения существуют для выравнивания нагрузок по потокам в двухпоточных соосных цилиндрических редукторах?

35) Из каких соображений назначается ширина фланца на корпусе редуктора?

36) Назначение: пружинной, многолапчатой стопорной и косой шайб, штифта, отдушины, сливной пробки, смотрового окна, стаканов в конических и соосных цилиндрических редукторах, прокладок под фланцами стаканов и крышек подшипников, бобышек на корпусе редуктора, планки в переключающем устройстве и т. д. .

37) Чем отличается ось от вала?

38) Для чего делают проточки на валах?

39) Обоснуйте систему смазки передач и подшипников? При какой скорости колеса разбрызгиваемого колеса масла достаточно для смазки подшипников качения. При какой скорости колес возможна смазка передач окунанием?

40) Из каких соображений задали уровень масла в редукторе?

41) С учетом каких факторов задали вязкость и сорт масла?

42) При каких скоростях валов возможно применение войлочных, манжетных и лабиринтных уплотнений?

43) Почему наружное кольцо подшипника устанавливают в корпусе редуктора с гарантированным зазором, а внутреннее кольцо на валу с гарантированным натягом?

44) Охарактеризуйте посадку  $\varnothing 60 F8 / k6$ . Какие зазоры или натяги возможны в данном соединении деталей?

45) Обоснуйте назначенные на сборочном чертеже посадки.

46) Обоснуйте назначенные на рабочих чертежах деталей шероховатости поверхностей. Какими режущими инструментами можно получить такие шероховатости?

47) Обоснуйте назначенные на рабочих чертежах деталей допуски формы и отклонения поверхностей?

48) Почему толщину стенки корпуса редуктора нельзя задавать меньше 7 мм?

49) Используется ли уплотнительная прокладка в месте соединения основания корпуса редуктора с крышкой?

50) С помощью каких режущих инструментов можно получить шпоночные пазы и шлицы на валу и ступице колеса?

51) При каких отношениях  $l/d$  гарантируется в соединении пары: ступица колеса - вал с уступом - базирования по цилиндру, а при каких отношениях - базирования по торцу? В каком случае на торцевой поверхности ступицы колеса или уступа вала необходимо проставлять допуск перпендикулярности, а когда нет?

52) Почему в качестве отдушины нельзя использовать щели между валами и уплотнениями в крышках подшипников? Почему в конструкции редуктора должна быть предусмотрена самостоятельная отдушина?

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРА

1 Анурьев В.И. Справочник конструктора - машиностроителя. Т. 3. - М.: Машиностроение, 1978.

2 Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин : Учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов. - М. : Издательский центр «Академия», 2003 . - 496 с.

3 Курсовое проектирование деталей машин: Справочное пособие. Часть 1 / А.В. Кузьмин, Н. Н. Макейчик, В.Ф. Калачев и др. - Минск : Выш. шк., 1982. - 208 с.: ил.