

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия (ДГМА)

ДЕТАЛИ МАШИН

**Методические указания
к самостоятельной работе
при выполнении курсового проекта**

**для студентов технических специальностей
всех форм обучения**

Утверждено
на заседании
методического совета
Протокол № 7 от 19.05.2016

Краматорск
ДГМА
2016

Детали машин : методические указания к самостоятельной работе при выполнении курсового проекта для студентов технических специальностей всех форм обучения / сост. : Н. Г. Таровик, С. Г. Карнаух. – Краматорск : ДГМА, 2016. – 87 с.

Приведены рекомендации к самостоятельной работе студентов при выполнении курсового проекта по дисциплине «Детали машин». Для каждого этапа проектирования дана рекомендуемая литература, основные теоретические сведения, план проведения индивидуальных консультаций, указано задание для выполнения следующего этапа проекта.

Составители:

Н. Г. Таровик, асс.,
С. Г. Карнаух, доц.

Отв. за выпуск

С. Г. Карнаух, доц.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Общие положения при разработке компоновочной схемы.....	7
2 Конструктивные формы деталей передач. Закрепление деталей на валах	14
3 Конструкции опор валов на подшипниках качения.....	22
4 Проверочный расчет валов	27
5 Проверочный расчет подшипников качения	30
6 Разработка других проекций передаточного механизма.....	34
7 Оформление сборочных чертежей.....	41
8 Рабочие чертежи типовых деталей	47
9 Общий вид привода	50
10 Составление спецификации.....	59
11 Оформление пояснительной записки	66
12 Порядок защиты курсового проекта.....	74
Приложение А. Титульный лист	82
Приложение Б. Форма бланка задания на курсовое проектирование	83
Приложение В. Пример составления реферата	84
Приложение Г. Пример заполнения содержания к пояснительной записке.....	85
Приложение Д. Пример заполнения раздела "Введение".....	86
Приложение К. Пример заполнения раздела "Выводы"	87

ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие создавалось как помощь студентам и преподавателям, которые проводят консультации по выполнению курсового проекта по дисциплинам «Детали машин» и «Детали машин и основы взаимозаменяемости».

Курсовой проект является завершающим этапом изучения данных дисциплин и выполняется после изучения теоретического курса.

Содержание, объем, продолжительность выполнения курсового проекта практически идентичны для всех дисциплин. Отличие имеется только в содержании 3-го листа, который выполняется применительно к специальности студентов.

Приведённые в методическом указании план и регламент проведения занятия не является строго обязательными, и могут изменяться по мере надобности в соответствии с уровнем подготовки аудитории.

Преподаватель должен заранее подготовить к занятию методический материал в достаточном количестве, чтобы во время общей консультации можно было давать ссылки на различную литературу.

В ходе индивидуальной консультации преподаватель рассматривает выполненную работу студента, делает замечания по конструкции и выдаёт задание студенту, которое он должен выполнить к следующему занятию.

Студенты должны приходить на занятие подготовленными, со своей методической литературой, что позволит более плодотворно использовать время, отводимое на усвоение учебного материала.

Главная задача консультанта – научить студентов работать со справочной литературой, применять на практике полученные теоретические знания для выполнения курсового проекта.

В пособии представлен недельный график выполнения курсового проекта. Этот график рассчитан на 15 недель и может быть скорректирован при изменении длительности выполнения курсового проекта (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – График выполнения курсового проекта

№ нед.	Содержание выполненной работы	% выполнения проекта
1	2	3
1	1. Исправленные РГР. 2. Проектировочный (упрощённый) расчёт валов. Предварительный выбор подшипников. 3. Подобран и проанализирован аналог кинематической схемы.	8

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
2	Выполнена компоновочная прорисовка валов с колёсами и подшипниками.	10
3	Проработана конструкция валов и зубчатых колёс, установленных на валах (на миллиметровке в масштабе 1:1).	15
4	1. На миллиметровке проработана конструкция валов, колёс, опор. 2. Прочерчены в тонких линиях детали, установленные на выходных концах валов (муфты, шкивы, звёздочки). 3. Выполнен выбор и проверочный расчёт шпонок.	20
5	1. На миллиметровке выполнен разрез по валам для редуктора или «развёртка» для коробки скоростей (1-й лист курсового проекта). 2. Рассчитаны параметры элементов корпуса.	25
6	1. Выполнен проверочный расчёт валов на выносливость. 2. Выполнен проверочный расчёт подшипников. 3. В тонких линиях прочерчена вторая проекция редуктора или «свёртка» для коробки скоростей (2-й лист курсового проекта).	35
7	1. Расчёты валов на статическую прочность и один вал на жёсткость. 2. 1-й лист выполнен на миллиметровке полностью. 2-й лист в тонких линиях на ватмане.	40
8	1-й и 2-й листы выполнены в тонких линиях на ватмане.	45
9	1. Два листа выполнены на ватмане полностью с постановкой размеров и выносом позиций для спецификации. 2. Выполнены проверочные расчёты валов, подшипников и шпонок.	55
10	1. Составлена спецификация на сборочную единицу. 3-й лист 2. Для дисциплины ДМ: в тонких линиях на ватмане выполнены рабочие чертежи типовых деталей по указанию преподавателя 2. Для дисциплины ДМ и ОВЗ: в тонких линиях на ватмане выполнен сборочный чертёж сварной корпусной детали по указанию преподавателя	65

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
11	1. Начато оформление чистового варианта пояснительной записки (ПЗ). 2. В тонких линиях проработан общий вид привода (4-й лист). 3. Для дисциплины ДМ. Выполнены рабочие чертежи типовых деталей с простановкой размеров 3. Для дисциплины ДМ и ОВЗ. Выполнен сборочный чертёж сварной корпусной детали с простановкой размеров	75
12	1. Выполнен на ватмане общий вид привода в трёх проекциях. 2. Проставлены на приводе необходимые размеры. 3. Вынесены позиции для спецификации на привод. 4. Выполнен полностью 3-й лист: проставлены размеры, допуски формы и расположения поверхностей.	90
13	1. Полностью оформлен чертёж общего вида привода с простановкой размеров, технической характеристикой и требованиями монтажа (4-й лист). 2. Составлена спецификация на привод.	95
14	Закрытие модуля 2. 1. Выполнена полностью графическая часть проекта. 2 Составлены спецификации на сборочную единицу и проектируемый привод. 3. Оформлена и сшита ПЗ. 4. Защита курсового проекта.	100
15	1. Защита курсового проекта.	100

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ

Цель: ознакомить студентов с рекомендациями по конструированию валов, зубчатых колёс и размещению их на валах.

Литература к занятию:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

2. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

3. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

4. **Киркач, Н. Ф.** Расчёт и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

5. Расчёт и проектирование деталей машин : учеб. пособие для вузов / К. П. Жуков [и др.]. – М. : Высшая школа, 1978. – 247 с.

6. Образцы курсовых проектов.

7. Кафедраальный альбом конструкций.

8. Общие требования к выполнению графической части курсового проекта по дисциплинам «Детали машин», «Прикладная механика и основы проектирования» : методические указания для студентов механических специальностей вуза / сост. : И. В. Барановский, Л. П. Филимошкина. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 40 с.

9. Донбасская государственная машиностроительная академия [Электронный ресурс] : методическое обеспечение кафедры ОПМ. – Режим доступа: <http://www.dgma.donetsk.ua/metodicheskoe-obespechenie-opm.html>

Организационная часть

Переключка и разбивка на подгруппы..... 5 мин.

Вводная часть..... 20 мин.

Общая консультация 25 мин.

Индивидуальная консультация 33 мин.

Задание на следующее занятие 2 мин.

Вводная часть

Преподаватели, которые будут вести курсовое проектирование, знакомятся со студентами. Группа разбивается на две подгруппы, в каждой подгруппе свой консультант.

Нужно рекомендовать студентам завести «дневник» выполнения курсового проекта. В этом «дневнике» студент фиксирует рекомендации, которые преподаватель даёт на общей консультации, ссылки на имеющуюся у него литературу, прорисовывает конструкции и записывает вопросы, возникающие у него при выполнении проекта. Консультант в «дневнике» может отмечать конкретное индивидуальное задание студенту, учитывая темпы выполнения курсового проекта данным студентом.

Преподаватель знакомит студентов с порядком проведения консультаций по курсовому проектированию, принятому на кафедре. Консультации проводятся по подгруппам.

На кафедре сложилась следующая схема проведения консультаций:

1. Переключка: отмечаются присутствующие студенты и выясняются причины, по которым отсутствуют отдельные студенты;

2. Проводится общая консультация для всей подгруппы, на которой преподаватель напоминает, что нужно было сделать за время, прошедшее с прошлой консультации и рассказывает задание для всех студентов на следующую консультацию с учётом графика выполнения курсового проекта. Во время общей консультации преподаватель должен давать ссылки на литературу и прорисовывать описываемые конструкции. Студенты должны активно работать, записывать и зарисовывать варианты конструктивных решений в «дневник».

3. После общей консультации проводится индивидуальная консультация с каждым студентом. Во время индивидуальной консультации остальные студенты должны работать над своим проектом.

Консультанту, прежде всего, надо довести до сведения студентов, что плановые консультации, т.е. консультации, включённые в расписание академии, являются обязательными для посещения студентами. Во время консультации студенты должны работать в аудитории над своим проектом. Сведения о пропусках представляются в деканат.

Дополнительные консультации назначаются преподавателем, ведущим занятия в подгруппе, и не являются обязательными для успевающих студентов. Студентов, которые отстают от графика, консультант вызывает на дополнительные консультации.

Консультант доводит до сведения студентов график работы над проектом, для этого в каждую подгруппу (группу) необходимо выдать экземпляр графика (см. табл. 1.1).

График выполнения проекта целесообразно рассматривать с одновременной демонстрацией конкретных листов курсового проекта. Это наглядно покажет студентам требуемый объем предстоящей работы и сроки, отводимые на эту работу.

Консультанту необходимо познакомить студентов с литературой по курсовому проектированию, подчеркнуть достоинства и недостатки конкретных пособий. Все учебники содержат общепринятые рекомендации по проектированию и поэтому, студенту желательно выбрать один или два учебника и пользоваться ими. Особенно нужно подчеркнуть, что студенты должны на занятие приходить со своими книгами. Это даст возможность консультанту давать ссылки на тот учебник, какой есть у конкретного студента, а не на все сразу.

На первой консультации студенты должны устранить все замечания, которые были отмечены в их РГР в предыдущем триместре.

Основные теоретические сведения

Необходимый теоретический материал представлен в [2, с. 42–46; 3, с. 110–131; 4, с. 136–169; 8].

Основным объектом курсового проекта по ДМ является механизм для понижения частоты вращения при передаче вращающего момента от электродвигателя к исполнительному органу машины. Это может быть редуктор или коробка скоростей.

Первым этапом при выполнении графической части проекта является конструкторская проработка валов и деталей, установленных на валах. К ним относятся: зубчатые колеса, звёздочки цепных передач, шкивы ременных передач, соединительные муфты. Эти детали будут влиять на осевые (линейные) размеры вала, которые нужно определить, чтобы сконструировать и рассчитать вал. Необходима компоновка редуктора, что является обязательным этапом конструирования и выполнения курсового проектирования.

Компоновка редуктора выполняется в два этапа: эскизная и рабочая.

Эскизная компоновка позволяет:

1. Определить относительное размещение деталей в редукторе, прежде всего расстояние между опорами валов и положение зубчатых колёс относительно опор, что является необходимым для дальнейших прочностных расчётов валов и подшипников;

2. На основании приближенных расчётов определяется конструктивная форма валов, корпуса и других деталей без уточнённой конструкторской проработки;

3. Определяется способ смазки передач и подшипников.

Эскизная компоновка выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД на миллиметровой бумаге формата А1 карандашом в контурных линиях в масштабе 1:1. Эскизная компоновка цилиндрических и коническо-цилиндрических редукторов может ограничиться одной проекцией. Для червячных редукторов потребуется выполнять компоновку в двух проекциях параллельно.

Преподаватель должен на доске проиллюстрировать последовательность выполнения эскизной компоновки, проще всего на примере двухступенчатого редуктора (рис. 1). При этом надо обязательно отметить, что

для других кинематических схем последовательность компоновки будет такая же и примеры можно посмотреть в литературе [2, с. 45–47; 3, с. 113–121; 4, с. 134–142]

Эскизную компоновку редуктора рекомендуется выполнять в такой последовательности [3, с. 113]:

1. Посередине листа формата А1 провести осевые линии валов.
2. Вычертить зубчатые пары в соответствии с геометрическими параметрами, полученными при проектных расчётах передач зацеплением (рис. 1).
3. Провести контур внутренней стенки корпуса на расстоянии $a = 8...10 \text{ мм}$ от контура колёс для обеспечения зазора между вращающимися колёсами и стенкой.

Надо обратить внимание студентов на то, что действительный контур корпуса редуктора зависит от его кинематической схемы, от размеров деталей передач и от ряда других факторов.

4. Вычертить ступени вала на соответствующих осях. Преподаватель должен записать формулы, по которым надо рассчитать диаметральные и линейные размеры валов.

5. На валах вычертить контуры подшипников качения, которые были выбраны в предыдущем триместре в РГР.

Рабочая компоновка выполняется после проработки конструктивной формы и определения основных размеров зубчатых колёс и шестерён, валов и узлов подшипников, которые являются опорами валов. Рабочая компоновка позволяет окончательно определить относительное расположение деталей редуктора. На основе компоновки выполняются проверочные расчёты всех деталей.

Определение диаметров посадочных поверхностей вала

Для удобства сборки и обеспечения осевой фиксации деталей на валах, валы выполняют ступенчатыми.

Так как на настоящем этапе проектирования расстояния между опорами неизвестны, ориентировочно минимальный диаметр вала определяется из условия прочности при кручении в случае пониженных допускаемых напряжений:

$$d \geq 1303 \sqrt[3]{\frac{P}{n}}, \quad (1.1)$$

где P – мощность на валу, кВт;

n – число оборотов вала, мин^{-1} .

Если входной вал редуктора связан с валом электродвигателя муфтой для этого вала с учётом результатов расчёта принимают $d_{MB} = (0,8...1,2)d_3$, где d_3 – диаметр вала электродвигателя. При этом d_{MB}

необходимо согласовать со стандартными значениями диаметров отверстия в полумуфте для выбранной муфты. Если на выходном конце вала установлена стандартная муфта, необходимо согласовать диаметры посадочных поверхностей муфты и вала d_{MT} .

Диаметры шипов вала $d_{ш}$ (рис. 1.1) соответствуют стандартизованным диаметрам внутренних колец подшипников. В редукторах валы обычно устанавливаются на подшипниках качения. Первоначально внутренний диаметр подшипника выбирается по округлённому (до нуля или пяти) диаметру вала, рассчитанному по формуле (1.1) с добавлением ≈ 5 мм.

Если на выходном конце вала устанавливается шкив ременной передачи или звёздочка цепной передачи, то необходимо увеличить диаметр хвостовика вала на 15...20% с последующей корректировкой диаметров шипа и вала под шестерней и выполнить окончательное конструирование вала (вала-шестерни).

При конструировании валов надо придерживаться следующего неравенства:

$$d_M < d_{ш} < d_в < d_{св.},$$

где $d_{св}$ – диаметр свободного участка вала, на котором не устанавливаются детали;

$d_в$ – диаметр участка вала, на котором устанавливаются зубчатые колеса.

Все эти диаметры должны округляться до нормальных линейных размеров согласно ГОСТ6636-69 по ряду $R_a 40$ [1, табл. 7].

Определение линейных размеров вала и элементов корпуса редуктора

Выполнить компоновку редуктора невозможно без таких размеров, как толщина стенки корпуса δ , зазоры между отдельными деталями Δ , размеры стандартных деталей.

Консультант, записывая формулы для расчёта (табл. 1.2), должен подчеркнуть, что формулы дают приблизительный размер. В разных учебниках расчётные зависимости могут отличаться друг от друга, но это не влияет на результат компоновки.

Дополнительные размеры, необходимые для выполнения компоновки редукторов других типов можно посмотреть в работах [1, с. 37–47; 2, с. 42–47; 4, с. 134–168], где приведены кинематические схемы и расчётные формулы для наиболее часто применяемых редукторов и коробок скоростей.

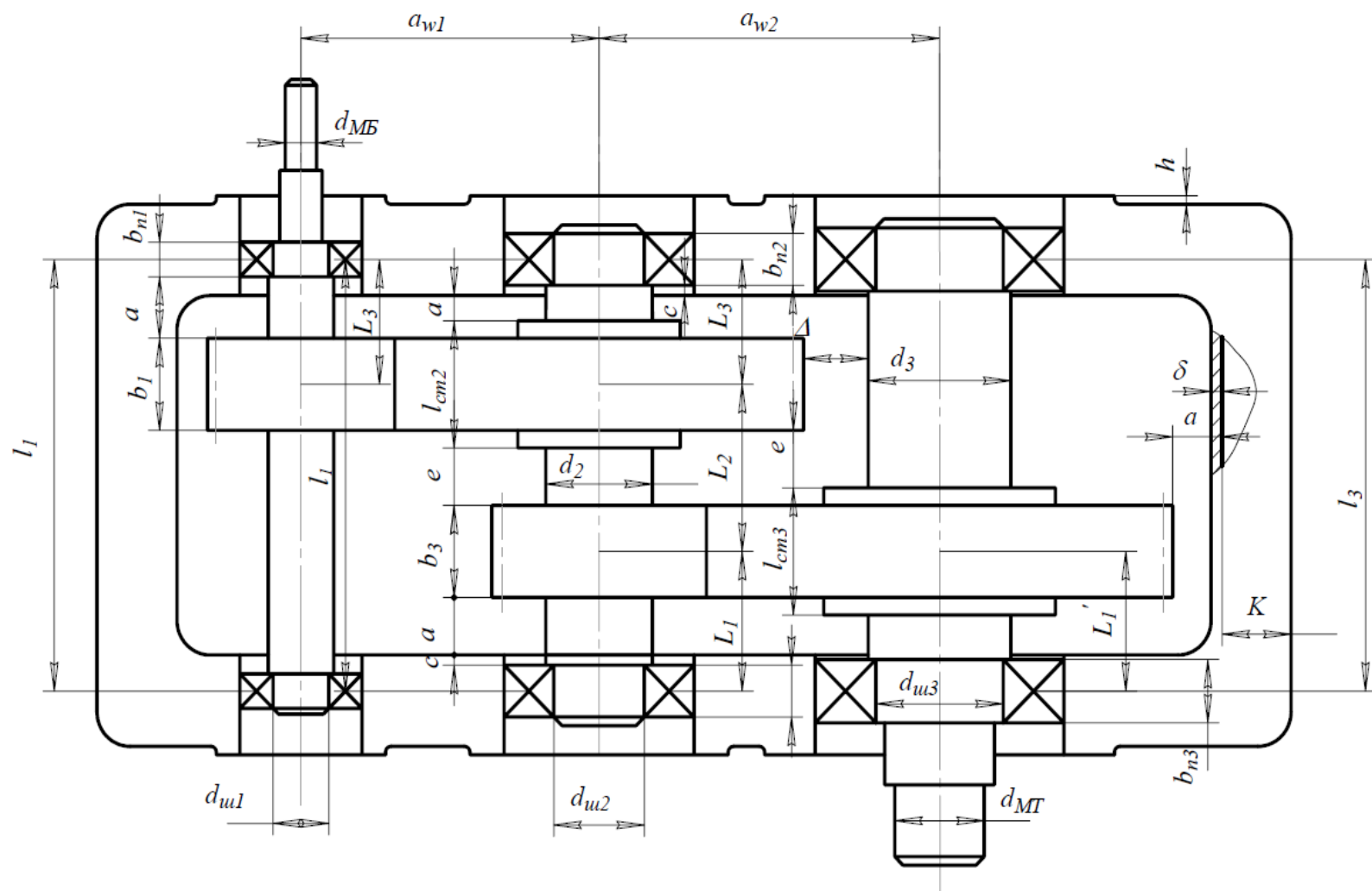


Рисунок 1.1 – Эскизная компоновка двухступенчатого цилиндрического редуктора

Таблица 1.2 – Формулы для расчёта линейных размеров вала

№ п/п	Рассчитываемый размер	Расчётная формула
1	Толщина стенки корпуса δ	$\delta \approx 0,025a_{wT} + (3...5) \geq 8 \text{ мм}$
2	Расстояние от торца подшипника качения до стенки корпуса редуктора c : – при жидкой смазке разбрызгиванием; – при густой смазке в подшипниках	$c = 0,1\delta$ $c = (0,4...0,6)\delta$
3	Зазор между внутренними стенками корпуса и поверхностями вращающихся деталей a	$a = (1,0...1,2)\delta$
4	Минимальный допускаемый зазор между поверхностями вращающихся деталей Δ	$\Delta \geq 0,4\delta$
5	Зазор между торцевыми поверхностями зубчатых, червячных колёс e	$e = (0,4...0,6)\delta$
6	Ширина фланца для крепления крышки к корпусу редуктора K	$K = (4...5)\delta$
7	Длина хвостовика вала $l_{xв.}$: – установлена муфта – установлен шкив или звёздочка	$l_{xв.} \approx l_m$ $l_{xв.} \approx (1,2...1,8)d_{xв.}$
8	Длина ступицы колеса $l_{ст}$	$l_{ст} \approx (1,0...1,5)d_с$
где a_{wT} – межосевое расстояние тихоходной ступени, мм.		

Индивидуальная консультация

Индивидуальная консультация проводится при участии всех студентов подгруппы. Преподаватель рассматривает задание каждого студента, анализируется расчётная часть, выполненная в предыдущем триместре, рекомендуются схемы, указываются аналогичные конструкции, выдаётся задание на неделю с записью в «дневнике» студентов.

В это время остальные студенты выполняют расчёты необходимые для компоновки редуктора и записывают их в «дневнике».

Задание на следующую консультацию

1. Сделать ксерокопию конструкции – аналога.
2. Выполнить компоновочную прорисовку редуктора на миллиметровой бумаге в масштабе 1:1.

Преподавателю необходимо обратить внимание студентов на то, что все студенты обязаны выполнить упрощённую компоновочную прорисовку на миллиметровке независимо от того, как будет выполняться проект в дальнейшем.

В конце занятий консультанту желательно отметить студентов, которые плодотворно работали на консультации и тех, которые не работали.

2 КОНСТРУКТИВНЫЕ ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ ПЕРЕДАЧ. ЗАКРЕПЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ НА ВАЛАХ

Цель: ознакомить студентов с рекомендациями по конструированию зубчатых колёс, шкивов, звёздочек и способами закрепления этих деталей на валах.

Литература к занятию:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

2. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

3. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

4. **Киркач, Н. Ф.** Расчёт и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

5. Расчёт и проектирование деталей машин : учеб. пособие для вузов / К. П. Жуков [и др.]. – М. : Высшая школа, 1978. – 247 с.

6. Образцы курсовых проектов.

7. Кафедральный альбом конструкций.

8. Общие требования к выполнению графической части курсового проекта по дисциплинам «Детали машин», «Прикладная механика и основы проектирования» : методические указания для студентов механических специальностей вуза / сост.: И. В. Барановский, Л. П. Филимошкина. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 40 с.

Наглядные пособия:

1. Плакаты «Конструкции зубчатых колёс».

2. Плакат «Шкивы ременных передач».

3. Плакат «Звёздочки цепных передач».

4. Натурные образцы деталей.

Организационная часть

Переключка	3 мин.
Групповая консультация (теоретический материал)	25 мин.
Индивидуальная консультация	55 мин.
Задание на следующее занятие	2 мин.

Групповая консультация

Основные теоретические сведения по данной тематике можно посмотреть в учебниках по курсовому проектированию, например [2, с. 62–77, с. 285–289, с. 297].

Готовая деталь должна отвечать определённым требованиям:

1. Обоснованное применение каждого элемента конструируемой детали.

2. Учёт требований технологии сборки и разборки (отверстия для захватов, съёмников, смотровые окна, посадки и т.д.).

3. Соответствие конструктивных форм детали условиям технологии получения заготовок и технологии механической обработки при заданной серийности производства.

4. Экономное расходование материалов.

Существуют определённые требования к заготовкам в зависимости от способа их получения.

Основные требования к литым заготовкам

- одинаковая толщина стенок;
- при разных толщинах постепенный переход от одной толщины к другой;
- отсутствие мест скопления металла;
- плавные закругления.

Основные требования к поковкам, выполненным по методу свободной ковки

- простота конструктивных форм.

Основные требования к поковкам, выполненным в штампах

- уклоны в направлении выемки заготовки из штампа;
- плавное закругление углов.

Основные требования к сварным заготовкам

- возможность выполнения из проката;
- обеспечение доступа при наложении сварных швов и т. д.

Основные требования технологии механической обработки к конструкции деталей

- создание удобных баз для установки и мест крепления деталей в приспособлениях или на столе станка;
- обеспечение лёгкого доступа к обрабатываемым поверхностям как режущего, так и измерительного инструмента;
- уменьшение размеров обрабатываемых поверхностей;
- создание форм удобных для обработки.

Конструирование зубчатых, червячных колёс и червяков

- соотношение основных размеров колёс.

Консультант должен отметить, что зубчатые колеса могут выполняться как самостоятельная деталь, так и совместно с валом в виде вал-шестерни. Это зависит от размеров зубчатого колеса. На рисунке 2.1 показаны основные конструкции зубчатых цилиндрических колёс.

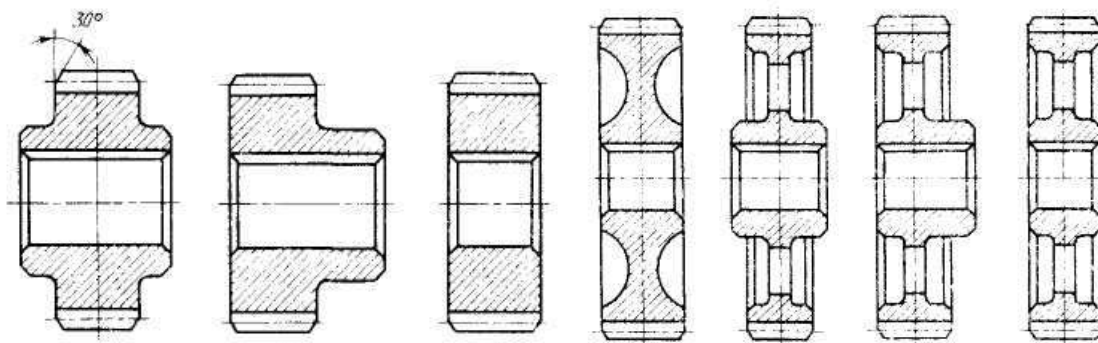
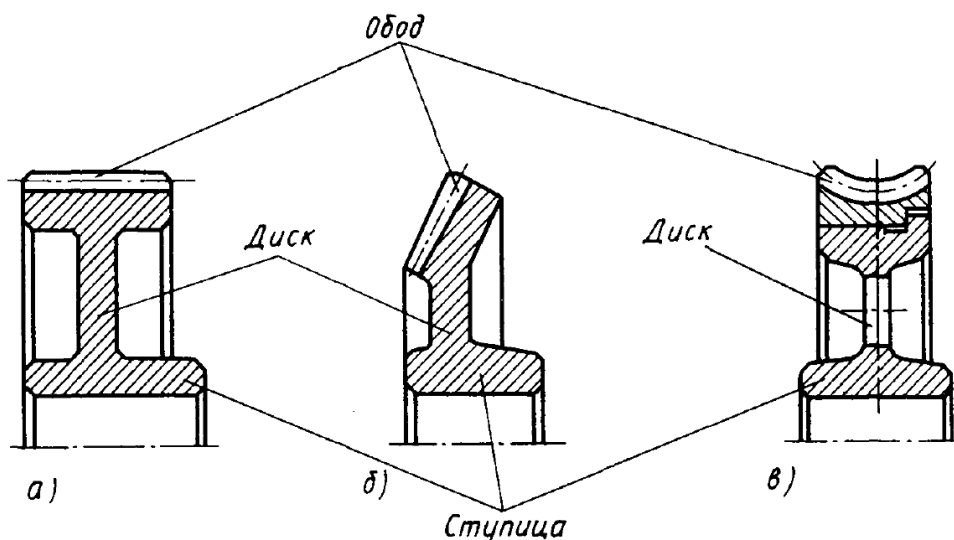


Рисунок 2.1 – Основные конструкции цилиндрических зубчатых колёс

Если $d_w \leq 2d_g$ зубья колеса нарезаются непосредственно на валу, при соотношении $d_w > 2d_g$ зубчатые колеса выполняются в виде отдельной детали.

Колеса размером $d_w \leq 500\text{мм}$ выполняются из поковок или штамповок, при размерах $d_w > 500\text{мм}$ колеса выполняются литыми или составными [2, с. 62–64].

Преподаватель должен обратить внимание студентов, что зубчатые и червячные колеса состоят из 3-х элементов (рис. 2.2), размеры которых можно определить по рекомендуемым зависимостям [1, с. 9–11; 2, с. 62–64; 3, с. 167–183; 4, с. 107–110].



а – цилиндрического; б – конического; в – червячного

Рисунок 2.2 – Конструктивные элементы колеса

1. *Обод*. Он несёт на себе зубья, воспринимает нагрузку со стороны зуба и поэтому должен быть прочным. В то же время должен быть достаточно податлив, чтобы, деформируясь под нагрузкой, способствовать более равномерному распределению нагрузки по длине зуба. Для этого внутреннюю поверхность обода иногда делают конусной.

Жёсткость обода обеспечивает его толщина S . Минимальную толщину обода S можно вычислить по формуле:

$$S \approx 2,2m + 0,05b,$$

где m – модуль зацепления, мм;

b – ширина зубчатого венца колеса, мм.

2. *Ступица*. Служит для сопряжения зубчатого колеса с валом и передачи вращающего момента T от вала к колесу или наоборот.

От длины ступицы зависит устойчивость зубчатого колеса на валу, величина напряжений смятия на шпонке. Поэтому рекомендуется назначать длину ступицы в пределах (табл. 1.1):

$$l_{cm} \approx (1,0...1,5)d_g.$$

Ступица должна быть жёсткой и прочной, что обеспечивается достаточной толщиной её стенок. Рекомендуется рассчитывать диаметр ступицы d_{cm} по формуле:

$$d_{cm} \approx (1,6...1,8)d_g.$$

Ступица может располагаться симметрично или несимметрично относительно зубчатого венца или равна ширине обода. Для литых колёс и колёс, получаемых свободной ковкой, при нарезании зубьев методом деления целесообразно иметь двустороннюю ступицу. При использовании штампованной заготовки и при нарезании зубьев методом обкатывания ступицу выполняют односторонней.

3. *Диск*. Соединяет обод со ступицей.

Толщину диска C обычно принимают в пределах:

$$C = (0,25...0,3)b.$$

Для облегчения колёс и экономии металла, а также для крепления на станке и удобства транспортировки в дисках зубчатых колёс выполняются отверстия, диаметр d_o которых обычно определяют по формуле:

$$d_o \approx (0,2...0,25) * (D_{об} - d_{cm}),$$

где $D_{об}$ – внутренний диаметр обода.

Эти отверстия располагаются равномерно по окружности на диаметре d_y

$$d_y \approx 0,5 * (d_o - d_{cm}).$$

Консультант должен постоянно напоминать, что все расчётные величины надо согласовывать с рядом нормальных линейных размеров согласно ГОСТ6636-69 по ряду $R_a 40$ [1, табл. 7].

В учебниках приведены различные варианты конструкции зубчатых и червячных колёс. При компоновочной проработке студент с помощью консультанта должен решить, какая конструкция колёс больше всего подходит.

Установка колёс на валах

При установке зубчатых колёс на валу необходимо обеспечить два условия: отсутствие проворачивания колеса относительно вала и осевая фиксация на валу, если колеса не перемещаются вдоль вала при работе механизма.

Для передачи вращающего момента с вала на колесо или наоборот, зубчатые колеса устанавливают на вал с помощью шпоночного соединения либо с помощью шлицевого соединения. Эти соединения предотвращают проворачивание деталей при передаче вращающего момента.

Шпоночное соединение рекомендуется применять при индивидуальном или мелкосерийном производстве.

Шлицевое соединение применяют при крупносерийном и массовом производстве. Также целесообразно применить это соединение для установки подвижных блочных зубчатых колёс.

Необходимо отметить, что принципы конструирования вала с неподвижными в осевом направлении зубчатыми колёсами будут отличаться от принципов конструирования вала с подвижными блочными колёсами. Поэтому конструкция вала коробки скоростей с установленными на нем подвижными блочными колёсами [2, рис. 6.13] будет отличаться от конструкции вала, на котором колеса закреплены неподвижно в осевом направлении [2, рис. 6.23].

Консультант должен объяснить, что на конструкцию вала и способ осевой фиксации колёс влияет метод сборки вала.

При рассмотрении способов осевого фиксирования консультант должен отметить, что можно выделить два случая расположения детали, которая фиксируется, на конце вала (на консоли) и расположение между опорами. Методы осевой фиксации будут одинаковыми для всех видов деталей передач: зубчатых колёс, шкивов, звёздочек. Для наглядности материала необходимо использовать имеющиеся на кафедре плакаты по данной теме.

В литературе достаточно подробно описаны методы осевого фиксирования деталей на валу [1, с. 19; 2, с. 85–94; с. 189–213; 3, с. 166].

Конструирование шкивов

Шкивы ременных передач могут быть литыми из чугуна, стальными (литыми и сварными), из лёгких сплавов (штампованными и литыми) и из

неметаллических материалов. Шкивы ременных передач, подобно зубчатым колёсам (рис. 2.1) состоят из обода, спиц или диска и ступицы.

Форма рабочей поверхности шкива определяется видом ремня и условиями работы передачи [2, с. 285–288; 4, с. 22–33].

Для плоских ремней желательной формой поверхности обода является гладкая полированная цилиндрическая поверхность. В быстроходных передачах внешнюю поверхность одного из двух шкивов следует выполнить выпуклой или с двумя конусами.

Толщину обода δ у края для чугунных литых шкивов плоскоремённой передачи принимают:

$$\delta = 0,005D + 3\text{мм},$$

где D – диаметр шкива, мм.

Толщину обода клиноременной и поликлиновой передачи берут в зависимости от сечения ремня [2, с. 285–287]. Ступица у шкива по возможности должна быть симметричной относительно обода. Размеры ступицы определяются по формулам:

– длина ступицы для всех материалов:

$$l_{cm} \approx (1,2...1,5)d_g;$$

– диаметр ступицы для чугунных шкивов:

$$d_{cm} \approx (1,7...1,8)d_g;$$

– для стальных шкивов:

$$d_{cm} \approx (1,6...1,7)d_g.$$

Окончательно размеры ступицы длина l_{cm} и диаметр d_{cm} принимают с учётом результатов расчёта шпоночного или шлицевого соединения.

Ширина обода шкива для плоскоремённых передач принимается по ширине ремня из стандартного ряда размеров и определена в РГР-2, ширина обода шкива для клиноременной и поликлиновой передачи также определена в РГР-2.

Шкивы с диаметром $D \leq 350\text{мм}$ выполняют с диском сплошным или имеющим отверстия [2, с. 285–287]. Толщина диска C равна:

$$C \approx (1,2...1,5)\delta.$$

В шкивах с диаметром $D > 200\text{мм}$ диск по технологическим соображениям необходимо выполнять в виде конуса. Иногда диск по конструктивным соображениям выполняют конусным.

Шкивы с диаметром $D > 350\text{мм}$ выполняют с 4-5 спицами эллиптического сечения.

Шкивы с диаметром $D \geq 500\text{мм}$ выполняют сварными.

Клиновые шкивы одноручьевые и многоручьевые в неотвественных передачах выполняют штампованными и сборочными.

Посадка шкивов на вал

Шкивы ременных передач размещают на цилиндрических или конических концах валов, используя шпоночное или шлицевое соединение. Более удобно закреплять шкивы на конических концах валов.

Осевая фиксация шкивов аналогична фиксации зубчатых колёс.

Консультант должен отметить, что способ установки шкива на вал окончательно определится после проверочного расчёта вала на выносливость.

Нагрузки от натяжения ремня могут привести к нежелательному увеличению диаметра вала. В этом случае применяется особая конструкция при установке шкива на вал, которая разгружает вал [2, с. 287].

Звёздочки цепных передач

По конструкции звёздочки цепных передач сходны с зубчатыми колёсами, отличаясь от них профилем зубьев и меньшей шириной венца.

Звёздочки выполняют литыми, кованными и сварными. При малом диаметре звёздочка также может быть изготовлена заодно с валом. Иногда звёздочки делают со сменным венцом, что позволяет менять венец при износе зубьев звёздочек, которые являются слабым элементом. Венец можно выполнить разъёмным, что значительно упростит его замену при износе зубьев.

Крупные звёздочки, подобно зубчатым колёсам и шкивам, изготавливаются со сплошным диском, который иногда при необходимости ужесточают спицами.

Ступица у звёздочек аналогична ступице зубчатых колёс. Размеры ступицы можно определять по тем же формулам.

Примеры конструктивного исполнения звёздочек цепных передач можно посмотреть в следующей литературе [2, с. 297–298; 4, с. 44–46].

Звёздочки соединяют с валом в основном при помощи шпоночного соединения. От продольного смещения звёздочки предохраняют так же, как и зубчатые колеса, в основном торцевой гайкой.

Необходимо отметить, что звёздочки устанавливают только на цилиндрический конец вала. Если установить звёздочку на конический конец вала, то при осевой фиксации звёздочки, при затягивании гайки произойдёт смещение венца одной звёздочки относительно венца другой звёздочки, что недопустимо для работы цепной передачи.

Консультант должен напомнить студентам, как выбирать шпонки для соединения деталей передач с валом. Шпонки выбирают согласно ГОСТ 23360-78 в зависимости от диаметра вала. Длина ступицы колеса, шкива или звёздочки должна быть больше стандартной длины шпонки $l_{cm} > l$ (рис. 2.3). Можно длину шпонки определить из условия прочности на смятие и затем принять стандартное значение.

Минимальная длина шпонки рассчитывается по формуле:

$$l \geq \frac{2000 \cdot T \cdot K_{пер}}{d(h - t_1)[\sigma]_{см}},$$

где $K_{пер}$ – коэффициент перегрузки;

h – высота шпонки, мм;

t_1 – глубина шпоночного паза на валу, мм;

$[\sigma]_{см}$ – допускаемое напряжение на смятие, МПа.

$$[\sigma]_{см} = \frac{\sigma_T}{S},$$

где σ_T – предел текучести наиболее слабого материала детали (вала, шпонки, ступицы);

S – коэффициент безопасности: $S = 1,5...2,0$.

Материал шпонок – чистотянутая сталь с пределом прочности $\sigma_B \geq 600 \text{ МПа}$ (ГОСТ 23360-78). Допускается применение другой стали соответствующей прочности. Часто это Ст.6, стали 45, 50.

В редукторах для шпонок из стали 45 при стальной ступице и спокойной нагрузке $[\sigma]_{см} = 130...180 \text{ МПа}$; при колебаниях нагрузки $[\sigma]_{см}$ следует снижать на 20...25 %; при ударной нагрузке – снижать на 40...50 %; при чугунной ступице приведённые значения $[\sigma]_{см}$ снижать вдвое.

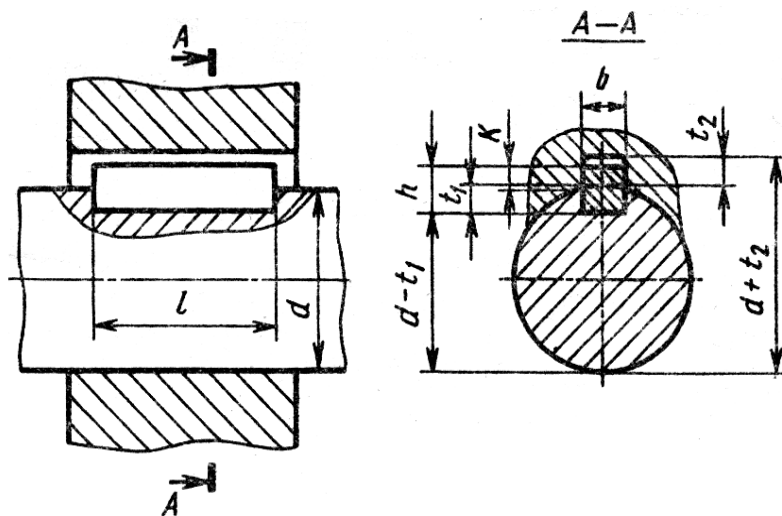


Рисунок 2.3 – Схема шпоночного соединения

Индивидуальная консультация

При проведении индивидуальной консультации преподаватель должен закрепить тот теоретический материал, который рассматривался на общей консультации. Критически рассматривая самостоятельную работу студента, консультант на миллиметровке или в «дневнике» студента прорисовывает различные варианты конструкции, поясняя преимущества и не-

достатки. Студентам полезно слушать консультацию не только по своему проекту, но и по проектам своих товарищей. Записывать рекомендации, зарисовывать варианты.

Задание на следующую консультацию

1. Прорисовать конструкцию валов, с установленными на них деталями передач.

2. Выбрать и проверить шпонки.

Староста группы должен завести в журнале группы страничку для курсового проектирования, на которой отмечать процент выполнения проекта каждым студентом.

Преподаватель должен не забывать фиксировать в журналах, своём и групповом, объем выполненной работы и подписывать журнал.

3 КОНСТРУКЦИИ ОПОР ВАЛОВ НА ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ

Цель: кратко ознакомить студентов с основными положениями и требованиями, предъявляемыми к конструкциям подшипниковых узлов, обеспечивающих их работоспособность и требуемую долговечность.

Литература к занятию:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

2. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

3. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

4. **Киркач, Н. Ф.** Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

5. Кафедраальный альбом конструкций.

Наглядные пособия:

1. Плакаты по подшипникам.

Организационная часть

Перекличка 3 мин.

Групповая консультация (теоретический материал) 25 мин.

Индивидуальная консультация 55 мин.

Задание на следующее занятие 2 мин.

Групповая консультация

Необходимый теоретический материал представлен в [1, с. 34–37; 2, с. 48–49; 3, с. 200–224; 4, с. 203–205].

В предыдущем семестре студенты уже выбрали предварительно подшипники для опор валов и в таблице указали параметры подшипников.

При выборе подшипников учитывался характер нагрузок, которые должны воспринимать подшипники. Характер нагрузок, определяя тип подшипника, влияет и на конструкцию опоры вала.

Схемы установки подшипников

При конструировании подшипниковых узлов применяют два принципиально отличных способа осевого фиксирования вала:

1. Осевое фиксирование вала одним подшипниковым узлом.
2. Осевое фиксирование вала двумя подшипниковыми узлами.

Преподаватель должен рассказать о достоинствах и недостатках этих схем и показать в литературе, где применяется та или иная схема.

Осевое фиксирование вала одним подшипниковым узлом

При этом способе фиксации вала один подшипниковый узел представляет собой, так называемую закреплённую или фиксированную опору, другой – плавающую (рис. 3.1)

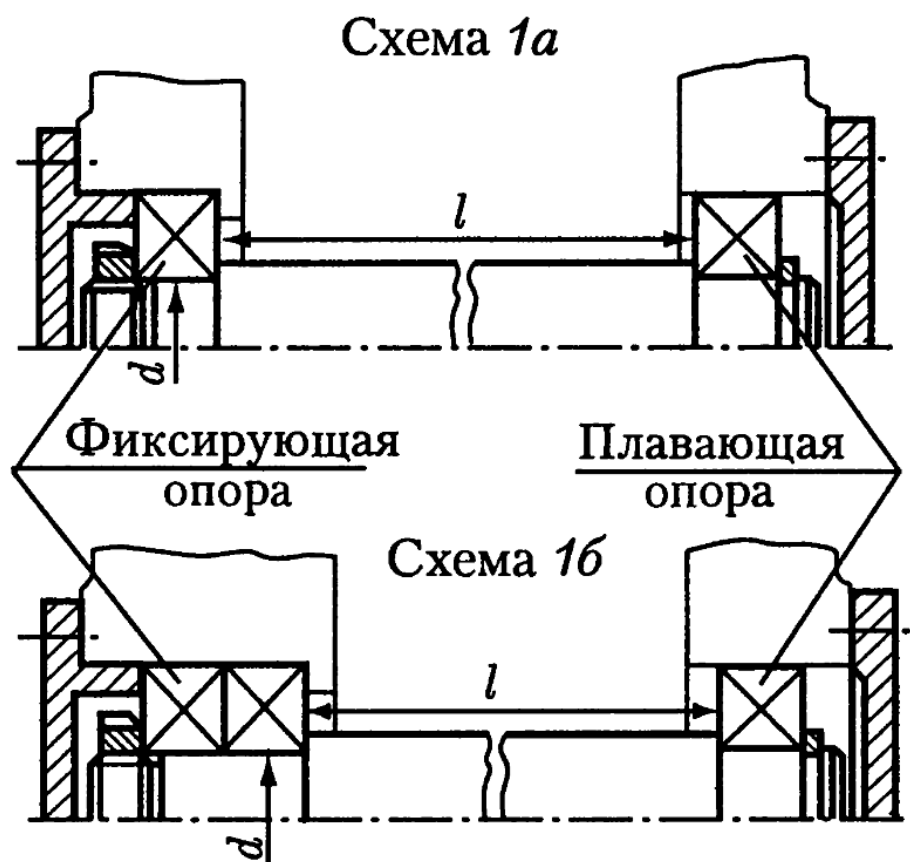


Рисунок 3.1 – Осевое фиксирование вала одним подшипниковым узлом

В закреплённой опоре (левая опора на рис. 3.1) внутреннее кольцо фиксируется на валу, а наружное кольцо фиксируется в корпусе одним из способов предотвращающих его осевое смещение. В фиксированной опоре можно уставить либо один подшипник (рис. 3.1, схема 1а), либо два (рис. 3.1, схема 1б). Радиально-упорные подшипники ставятся только парно. Радиальный подшипник может быть один. Принцип фиксирования от этого не меняется.

В плавающей опоре на валу фиксируется только внутреннее кольцо, наружное кольцо подшипника остаётся незафиксированным – плавающим (правая опора на рис. 3.1). Этот принцип фиксации используется только для радиальных шариковых подшипников.

Описанный способ может применяться при любой длине вала, но совершенно обязателен для валов редукторов и коробок скоростей с расстоянием между опорами $l > 350\text{ мм}$, а для валов с источником нагрева – червяки, валы с фрикционными муфтами – при расстоянии $l > 200\text{ мм}$.

Достоинства этого способа

1. Допуски на размеры корпуса между опорами вала и длину вала можно давать довольно свободными.

2. Температурные удлинения вала не вызывают заклинивания тел качения подшипников.

Плавающая опора перемещается вдоль оси отверстия и занимает новое положение, соответствующее изменившейся длине вала. При значительных и частых осевых перемещениях возможен износ посадочного отверстия в корпусе, поэтому обычно в качестве плавающей опоры выбирают менее нагруженную опору.

Для нормальной работы шевронной передачи необходимо обеспечить возможность осевого перемещения одного из валов, т.е. выполнить его плавающим. При конструировании плавающего вала для шевронной пары (выходной вал на рис. 3.2) обе опоры выполняются плавающими. В этом случае удобнее устанавливать в опорах роликовые радиальные подшипники с коротким цилиндрическим роликом. При этом у подшипников фиксируются с двух сторон оба кольца: внутреннее и наружное. Поверхность трения меньше изнашивается, так как происходит трение между роликом и кольцом подшипника, а не между корпусом и кольцом подшипника.

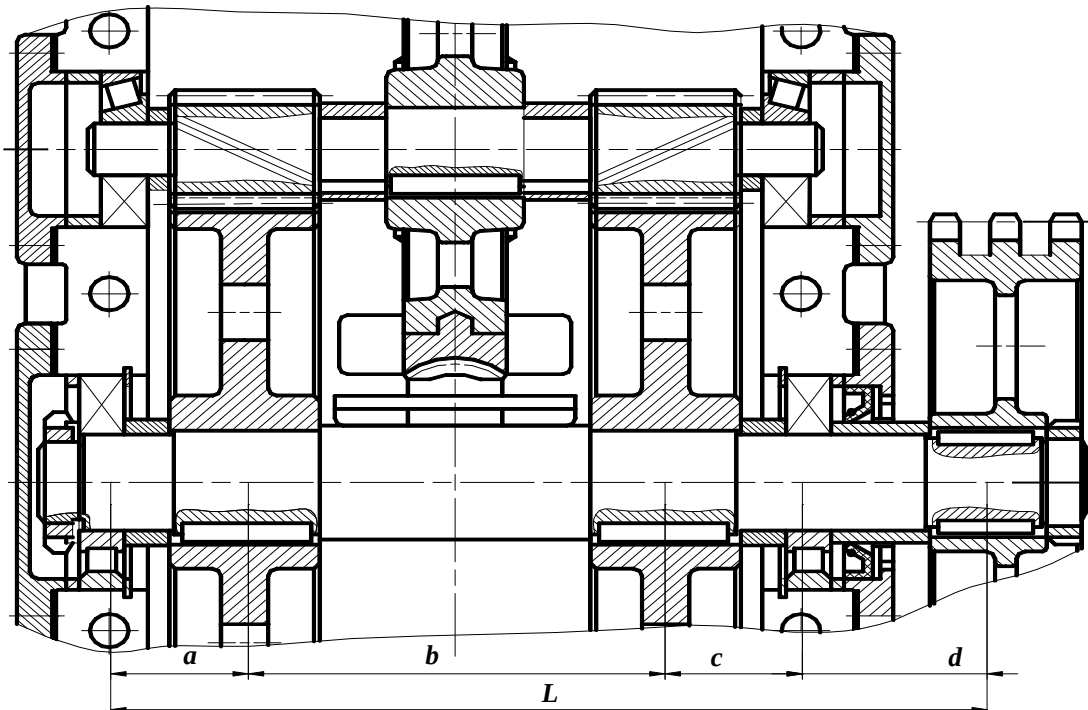


Рисунок 3.2 – Плавающий вал шевронной передачи

Осевое фиксирование вала двумя подшипниковыми узлами
 При этом способе осевого фиксирования вала подшипники могут устанавливаться по двум вариантам «враспор» и «врастяжку» (рис. 3.3).

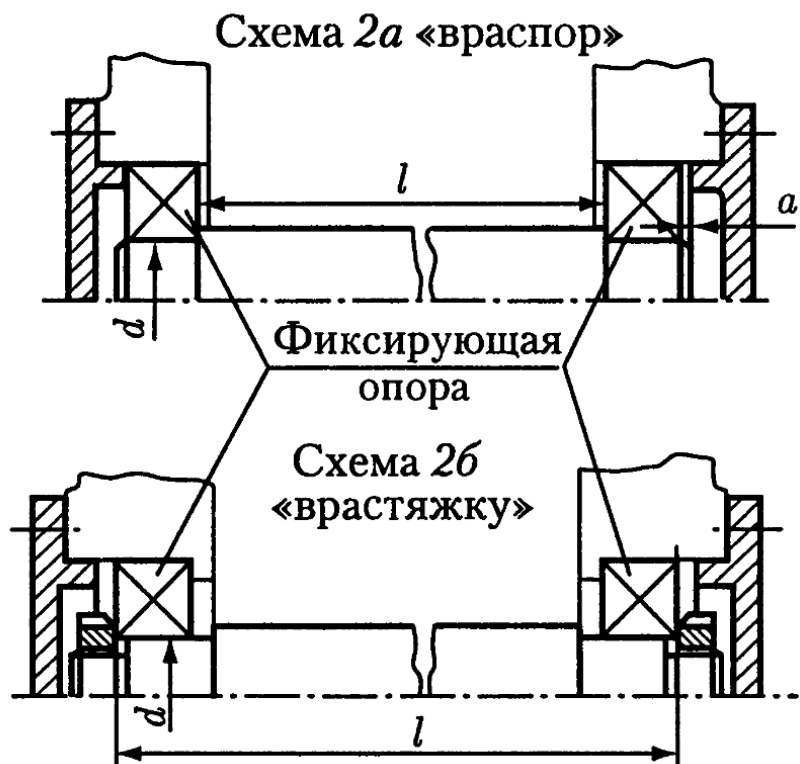


Рисунок 3.3 – Осевое фиксирование вала двумя подшипниковыми узлами

Вариант установки подшипников «враспор»

В данной схеме (рис. 3.3, схема 2а) допуски на размеры корпуса, длину вала и крышек весьма жёсткие. При значительном тепловом удлинении вала может произойти заклинивание тел качения подшипников, поэтому осевое фиксирование вала по этой схеме применяется при сравнительно коротких валах $l \leq 350 \text{ мм}$.

Несмотря на ряд недостатков эта схема фиксирования применяется часто главным образом из-за простоты: не нужны уступы или проточки в отверстиях корпусов, при шариковых радиальных или радиально-упорных подшипниках не обязательно закрепление на валах внутренних колец подшипников и др.

Вариант установки подшипников по схеме «врастяжку»

В данной схеме (рис. 3.3, схема 2б) требуются буртики в отверстиях корпуса или специальные стаканы с буртиками. А также нужны регулировочные гайки или винты на валах. Все это приводит к усложнению и удорожанию опоры.

Основные достоинства схемы установки подшипников «врастяжку»:

1. Тепловые удлинения валов не опасны, даже если опоры выполнены на радиально-упорных подшипниках.
2. Приведённое расстояние между опорами в этой схеме больше фактического.

Для нормальной работы подшипников необходимо, что бы вращение колец было лёгкое, свободное. Консультант, рассказывая о способах осевого фиксирования валов, должен обязательно рассказать о способах регулирования подшипников, т.е. о способах создания в подшипниках зазоров оптимальной величины [2, с. 116].

Необходимо обратить внимание студентов на возможности современных предприятий обеспечивать требуемую точность изготовления деталей. Это позволяет создавать в подшипниках зазоры оптимальной величины без использования методов пригонки и регулирования. Требуемая точность деталей (допуски размеров) определяется расчётом размерных цепей методом полной взаимозаменяемости.

Уплотнительные устройства

Уплотнительные устройства предназначены для предотвращения вытекания смазки из подшипникового узла, а также для защиты от проникновения в подшипник извне пыли, грязи, влаги и т.п. [2, с. 180–186].

По принципу действия уплотнительные устройства подразделяются на:

1. Контактные (манжетные, войлочные, металлическими кольцами). Применяются при низких и средних скоростях. Обеспечивают защиту подшипника за счёт контакта деталей в уплотнениях.
2. Щелевые и лабиринтные, применяемые в неограниченном диапазоне скоростей и осуществляющие защиту за счёт сопротивления протеканию жидкости или газа через узкие щели.

3. Центробежные, применяемые при средних и высоких скоростях, действие которых основано на отбрасывании центробежными силами смазки и загрязняющих веществ, попадающих на защитные вращающиеся диски.

4. Комбинированные, сочетающие уплотнения, основанные на двух или более типах уплотнений.

В редукторах чаще всего применяют манжетные уплотнения. Они стандартизованы.

Последовательность проработки конструкции валов практически одинакова.

Индивидуальная консультация

Во время консультации преподаватель должен обращать внимание всех студентов на ошибки в рассматриваемой конструкции, предлагать более приемлемые варианты, при этом показывать рекомендуемое в учебниках или кафедральном альбоме.

Студенты должны фиксировать все, что говорит преподаватель в «дневниках» и задавать вопросы, если что-то непонятно.

Задания на следующую консультацию

1. На миллиметровке проработать конструкцию валов, колёс, опор.
2. Прочертить в тонких линиях детали, установленные на выходных концах валов.
3. Выполнить выбор и проверочный расчёта шпонок.

4 ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ВАЛОВ

Цель: напомнить студентам методику проверочного расчёта валов

Литература к занятию:

1. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

2. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

3. **Киркач, Н. Ф.** Расчёт и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

4. Валы (оси) и подшипники качения : методические указания для студентов механических специальностей / Н. Г. Таровик, С. Г. Карнаух, Т. А. Кулик. – Краматорск : ДГМА, 2014. – 85 с.

5. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

Организационная часть

Перекличка 5 мин.

Общая консультация 25 мин.

Индивидуальная консультация 53 мин.

Задание на следующее занятие 2 мин.

Групповая консультация

Основной теоретический материал представлен в работе [4].

Для выполнения технического проекта необходимо окончательно определиться с конструкцией редуктора. Для этого надо выполнить проверочные расчёты валов, подшипников, шпонок.

Порядок расчёта этих деталей подробно рассматривался на практических занятиях, поэтому консультант должен напомнить основные положения этих расчётов и рассказать, как необходимо оформлять расчёты в записке.

Проверочный расчёт валов на выносливость

При расчёте валов необходимо придерживаться следующей последовательности расчёта:

1. Составляется общая схема загрузки валов редуктора.
2. Определяются нагрузки, действующие на рассчитываемый вал.
3. Определяются реакции в опорах в двух плоскостях (расстояния берутся из чертежа).
4. Строятся эпюры изгибающих моментов в двух плоскостях, эпюра суммарного изгибающего момента и эпюра крутящего момента.
5. По эпюре суммарного изгибающего момента определяется опасное сечение вала.
6. Рассчитываются фактические напряжения изгиба и кручения для опасного сечения.
7. Определяются запасы прочности по нормальным и касательным напряжениям для опасного сечения.
8. Рассчитывается фактический суммарный запас прочности и даётся заключение о годности вала.
9. Пункты 2–9 выполняются для всех валов.

Консультант должен объяснить студентам, как определяется положение условных опор на валах [2, с. 131]

При установке в опоре вала радиально-упорных подшипников, положение условной опоры смещается от середины подшипника на величину h .

Величина смещения условной опоры h зависит от типа подшипника:
для радиально-упорных шариковых

$$h = 0,5[B + 0,5(d + D)\operatorname{tg} \alpha],$$

для радиально-упорных роликовых

$$h = 0,5T + (d + D)e / 6,$$

где h – расстояние от широкого торца подшипника до условной опоры.

Остальные величины, входящие в формулы представляют собой размеры подшипников, которые выбираются из каталога.

Необходимо также напомнить о том, какие силы возникают в зацеплении и как они направлены в парах [4].

В работах [2, с. 99–109; 3, с. 173–177] приведены примеры схем нагружения валов различных конструкций. Последовательность расчёта валов можно посмотреть в [1, с. 164; 3 с. 181; 4].

Если проверка на выносливость вала окажется неудовлетворительной, нужно либо изменить материал вала, либо увеличить диаметры.

Консультант должен объяснить студентам, что значительный запас прочности тоже не приветствуется, так как это не экономично. Рекомендуются, чтобы фактический запас находился в пределах $4 \geq S \geq 1,7$.

Для выполнения 2-го листа, на котором показываются необходимые проекции и разрезы проектируемой сборочной единицы (редуктора или коробки скоростей) надо знать размеры элементов корпусной детали. В литературе по курсовому проектированию достаточно подробно описаны методы конструирования корпусных деталей [1, с. 257–285; 2, с. 224–244; 5, с. 37–47].

Консультант должен обратить внимание студентов специальности СП, что они выполняют сварной корпус. Зависимости для определения размеров элементов сварного корпуса не отличаются от зависимостей для литых корпусов [1, с. 283].

Индивидуальная консультация

На индивидуальной консультации особое внимание студентов надо обращать на правильность определения положения условных опор и расстояний между точками приложения нагрузки и опорами.

Задание на следующее занятие.

1. Составить схему загрузки валов.
2. Определить силы, действующие на валы.
3. Дорабатывать эскизную компоновку редуктора.

5 ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЁТ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Цель: напомнить студентам методику проверочного расчёта подшипников качения.

Литература к занятию:

1. Детали машин : конспект лекций / сост. С. Г. Карнаух. – Краматорск : ДГМА, 2012. – 212 с.

2. Валы (оси) и подшипники качения : методические указания для студентов механических специальностей / сост.: Н. Г. Таровик, С. Г. Карнаух, Т. А. Кулик. – Краматорск : ДГМА, 2014. – 85 с.

3. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

Организационная часть

Перекличка 3 мин.

Групповая консультация (теоретический материал) 25 мин.

Индивидуальная консультация 55 мин.

Задание на следующее занятие 2 мин.

Групповая консультация

Основные теоретические сведения по расчёту подшипников качения приведены в работах [1, с. 155–163; 2; 3 с. 101–115].

Консультант должен напомнить порядок расчёта подшипников качения, подробно рассматривался на практических занятиях, и рассказать, как оформлять расчёты в записке.

Т.к. валы в проектируемых редукторах вращаются с частотой $n > 1 \text{ мин}^{-1}$, расчёта подшипников качения выполняют по динамической грузоподъёмности, определяя долговечность с учётом заданной надёжности. Долговечность подшипника обеспечена, если выполняется условие:

$$L_h \geq [L]_h,$$

где $[L]_h$ – требуемый ресурс (долговечность) работы подшипника, который определяется как сумма часов работы привода.

L_h – скорректированная долговечность (ресурс) в часах, с учётом заданной надёжности и условий работы подшипников. Определяется по формуле:

$$L_h = a_1 a_{23} \frac{L \cdot 10^6}{60n} = a_1 a_{23} \left(\frac{C}{P} \right)^\alpha \frac{10^6}{60n}.$$

Преподаватель должен напомнить студентам последовательность расчёта подшипников и подчеркнуть, что проверочный расчёт подшипников качения выполняют только после проверочного расчёта валов, когда определены реакции в опорах.

Рекомендуемая последовательность расчёта подшипников [3 с. 106–112].

1. Предварительный выбор подшипников с учётом сил, действующих на подшипник.

2. Определение радиальных нагрузок, действующих на подшипник.

Радиальная нагрузка на подшипник представляет собой суммарную реакцию, которая вычисляется по формуле:

$$F_R = \sqrt{R_{гор.}^2 + R_{верт.}^2},$$

где $R_{гор.}$ и $R_{верт.}$ – реакции в опорах в горизонтальной и вертикальной плоскости, Н.

Реакции определяются при расчёте валов на выносливость.

3. Расчёт эквивалентной динамической радиальной нагрузки.

Эквивалентная динамическая радиальная нагрузка для радиальных и радиально-упорных шариковых и роликовых подшипников может быть рассчитана по общей формуле:

$$P_r = (XV F_R + Y F_A) K_B K_T,$$

где V – коэффициент кольца, учитывает, какое кольцо подшипника вращается: $V = 1$ при вращении внутреннего кольца подшипника относительно направления радиальной нагрузки и $V = 1,2$ при вращении наружного кольца:

X – коэффициент радиальной нагрузки;

F_R – радиальная нагрузка на подшипник, Н;

Y – коэффициент осевой нагрузки;

F_A – полная осевая нагрузка на подшипник, Н.

K_B и K_T – коэффициенты температуры и безопасности соответственно, которые назначаются по справочнику в зависимости от условий эксплуатации подшипника [2].

Консультант должен рассказать об особенностях определения эквивалентной динамической радиальной нагрузки для радиально-упорных подшипников.

При определении полных осевых нагрузок F_A , действующих на радиально-упорные подшипники регулируемых типов, следует учитывать осевые силы, возникающие под действием радиальных нагрузок из-за наклона контактных линий, так называемые осевые составляющие F_S .

Осевая составляющая определяется по формуле:
для радиально-упорных конических роликоподшипников

$$F_S = 0,83eF_R;$$

для радиально-упорных шарикоподшипников

$$F_S = eF_R,$$

где e – предельное значение отношения F_A / F_R , обуславливающее выбор коэффициентов X и Y ;

Полную осевую нагрузку для радиально-упорных подшипников F_A , рекомендуется определять по зависимостям, приведённым в работе [2].

При расчёте эквивалентной динамической радиальной нагрузки для радиально-упорных подшипников необходимо учитывать соотношение радиальной и осевой нагрузок.

$$\text{Если } \frac{F_A}{VF_R} \geq e, \text{ то } P_r = (XVF_R + YF_A)K_B K_T$$

$$\text{Если } \frac{F_A}{VF_R} < e, \text{ то } P_r = XVF_R K_B K_T.$$

Значения коэффициентов радиальной и осевой нагрузки X , Y и e зависят от типа и конструктивных особенностей подшипника и выбираются по справочнику [2].

4. Определение базовой долговечности.

Базовая долговечность подшипников определяется при надёжности $s = 90\%$ и измеряется либо в млн. оборотов, либо в часах. Формула для расчёта имеет вид:

$$L = \left(\frac{C}{P_r} \right)^\alpha, \text{ млн.об.},$$

где $\alpha = 3$ – показатель степени для шариковых подшипников,

$\alpha = 3,3$ – показатель степени для роликовых подшипников;

C – базовая динамическая грузоподъёмность подшипника, Н.

Преподаватель должен обратить внимание студентов на то, чтобы размерности величин, входящих в формулу были одинаковыми.

5. Определение скорректированной по надёжности и условиям применения долговечности (расчётного ресурса) подшипника, ч.:

$$L_a = a_1 a_{23} \left(\frac{C}{P} \right)^\alpha,$$

где a_1 – коэффициент долговечности в функции необходимой надёжности [2, 3, с. 108];

a_{23} – коэффициент, характеризующий совместное влияние на долговечность особых свойств металла деталей подшипника и условий его эксплуатации [2, 3, с. 108].

6. Перевод долговечности в часы выполняют по следующей зависимости:

$$L_h = \frac{L_a \cdot 10^6}{60n}, \text{ ч.}$$

где n – частота вращения вала, на котором установлен проверяемый подшипник, мин^{-1} .

Для подшипников проектируемого привода принимаем обычные условия работы.

Вместо индекса p в обозначении долговечности записывают цифру $p = 100(1 - s)$,

где s – надёжность при определении ресурса (долговечности). Задана на бланке задания.

7. Оценивается пригодность намеченного типоразмера подшипника.

Подшипник пригоден, если расчётная долговечность больше или равна заданной долговечности, т.е. выдерживается неравенство:

$$L_h \geq [L]_h.$$

Консультант должен объяснить студентам, как поступать, если проверка окажется неудовлетворительной. Нужно изменить типоразмер подшипника:

- увеличить диаметр вала под подшипник;
- принять более тяжёлую серию, не изменяя диаметра;
- заменить шариковый подшипник роликовым подшипником.

Студенты могут переносить чертёж с миллиметровки на ватман, только после выполнения проверочных расчётов валов на выносливость и проверки подшипников качения. Это позволит избежать ненужной работы по переделке конструкции при неудовлетворительных проверочных расчётах.

Индивидуальная консультация

Консультант должен особое внимание уделить расчётам валов, посмотреть схемы загрузки валов, отметить ошибки.

Задание на следующее занятие

1. Проверочные расчёты валов.
2. Проверочные расчёты подшипников.
3. Работа над 1-м листом проекта.

6 РАЗРАБОТКА ДРУГИХ ПРОЕКЦИЙ ПЕРЕДАТОЧНОГО МЕХАНИЗМА

Цель: ознакомить студентов с правилами выполнения общего вида редуктора (2-й лист).

Литература к занятию:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

2. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

3. **Киркач, Н. Ф.** Расчёт и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

4. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

5. Общие требования к выполнению графической части курсового проекта по дисциплинам «Детали машин», «Прикладная механика и основы проектирования» : методические указания для студентов механических специальностей вуза / сост. : И. В. Барановский, Л. П. Филимошкина. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 40 с.

6. Загальні вимоги до виконання графічної частини курсового проекту по дисциплінах «Деталі машин», «Прикладна механіка і основи проектування» : методичні вказівки для студентів механічних спеціальностей вузу / уклад. : І. В. Барановський, М. Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – 64 с.

7. Разработка чертежей деталей и сборочных единиц при курсовом и дипломном проектировании : справочное пособие для студентов технических специальностей / сост. : Л. П. Субботина, С. Г. Карнаух, Л. Н. Новицкая, А. В. Чумаченко. – Краматорск : ДГМА, 2003. – 144 с.

Организационная часть

Перекличка 3 мин.
Групповая консультация (теоретический материал) 25 мин.
Индивидуальная консультация 55 мин.
Задание на следующее занятие 2 мин.

Групповая консультация

Основные теоретические сведения по конструированию редукторов различного типа приведены в работах [2, с. 224–244; 3 с. 136–168].

Чертёж общего вида редуктора должен давать полное представление о конструкции, как самого редуктора, так и деталей, входящих в него.

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть минимальным, но они должны обеспечивать полное представление об устройстве, взаимодействии его составных частей, сборке и регулировке.

Сборочный чертёж редуктора включает в себя минимум три проекции, которые обычно выполняются на двух форматах А1 [7, табл.1].

Первый лист представляет собой разрез редуктора по плоскости разъёма (рис. 6.1). Для лучшего восприятия конструкции редуктора, этот лист необходимо выполнять в масштабе 1:1.

На втором листе вычерчиваются две проекции редуктора в сборе: вид прямо и вид на редуктор сбоку (рис. 6.2). Примеры выполнения можно посмотреть в работе [1, с. 77, 87–86, 88–89].

Преподаватель должен напомнить студентам правила проекционной связи и показать на стенде выполненные чертежи редуктора.

Второй лист, т.е. другие проекции редуктора, можно выполнять в любом стандартном масштабе. Однако, желательно выполнить обе проекции редуктора, вычерчиваемые на втором листе, в одном масштабе, соблюдая проекционные связи (рис. 6.2). Кроме основных проекций выполняются дополнительные сечения по сливной пробке, крышке-отдушине, маслоуказателю, штифтам и болтам, которые стягивают крышку и корпус редуктора.

Рекомендуется перед началом разработки второго листа, уточнить по заданию вид исполнения редуктора, Это позволит избежать ненужных ошибок.

Зубчатые редукторы чаще всего имеют разъёмные корпуса. Корпус горизонтального редуктора состоит из двух частей – нижней и верхней: крышки и основания или собственно корпуса. Корпуса вертикальных редукторов могут иметь два разъёма [1, рис. 47; 2, рис. А7].

Приступая к вычерчиванию второго листа надо определиться со способом смазки зубчатых колёс и подшипников. Чаще всего для редукторов применяется жидкая смазка, залитая в нижнюю часть корпуса, в которую окунаются зубчатые колеса. При окупании колёс смазка разбрызгивается и смазывает подшипники.

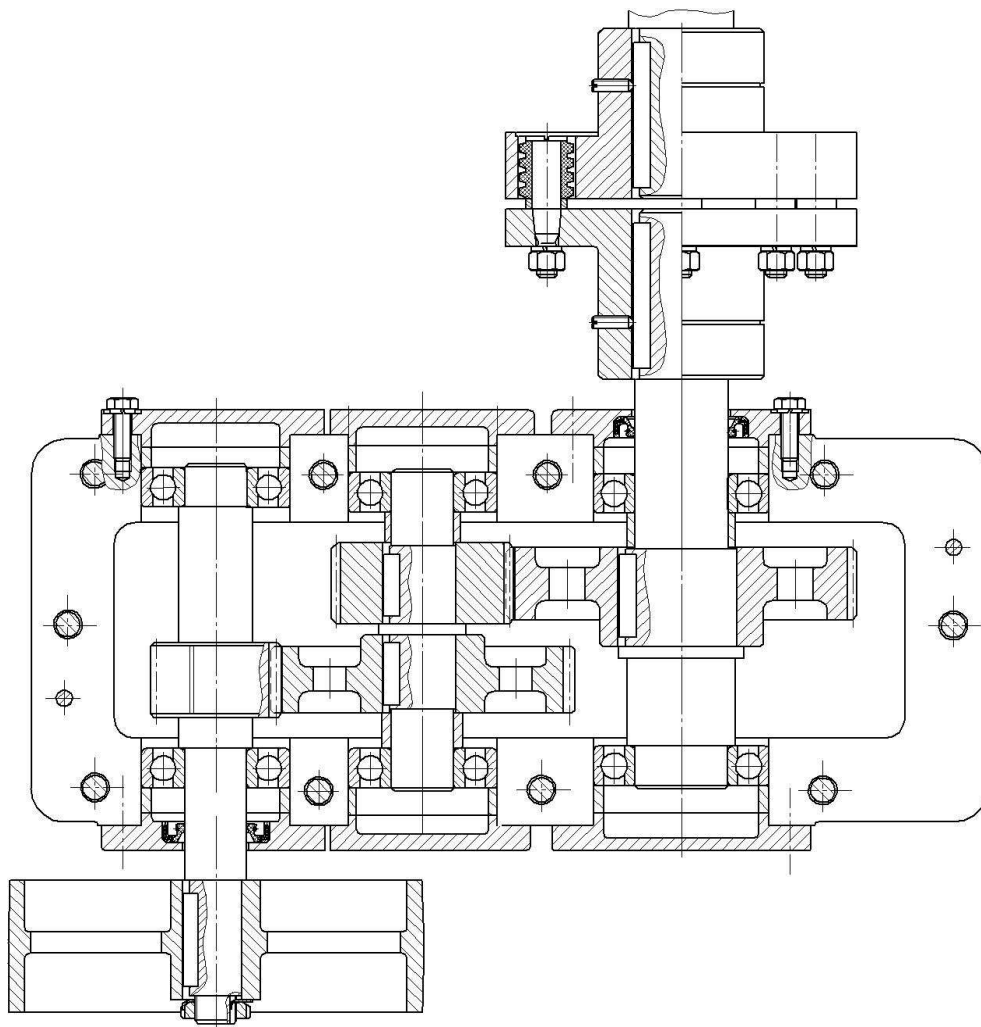


Рисунок 6.1 – Упрощённый пример 1-го листа. Разрез редуктора по плоскости разъёма

Проработку второго листа рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Определиться с масштабом чертежа [6, табл. 2; 7, табл. 2].
Как уже отмечалось, желательно обе проекции выполнять в одном масштабе, придерживаясь проекционной связи (рис. 6.2).
2. В левой половине листа посередине провести горизонтальную линию, которая будет линией разъёма редуктора.
3. На этой линии отложить длину редуктора с учётом масштаба. Обычно применяется масштаб уменьшения, следовательно, измеренную по 1-му листу длину редуктора нужно разделить на масштаб.

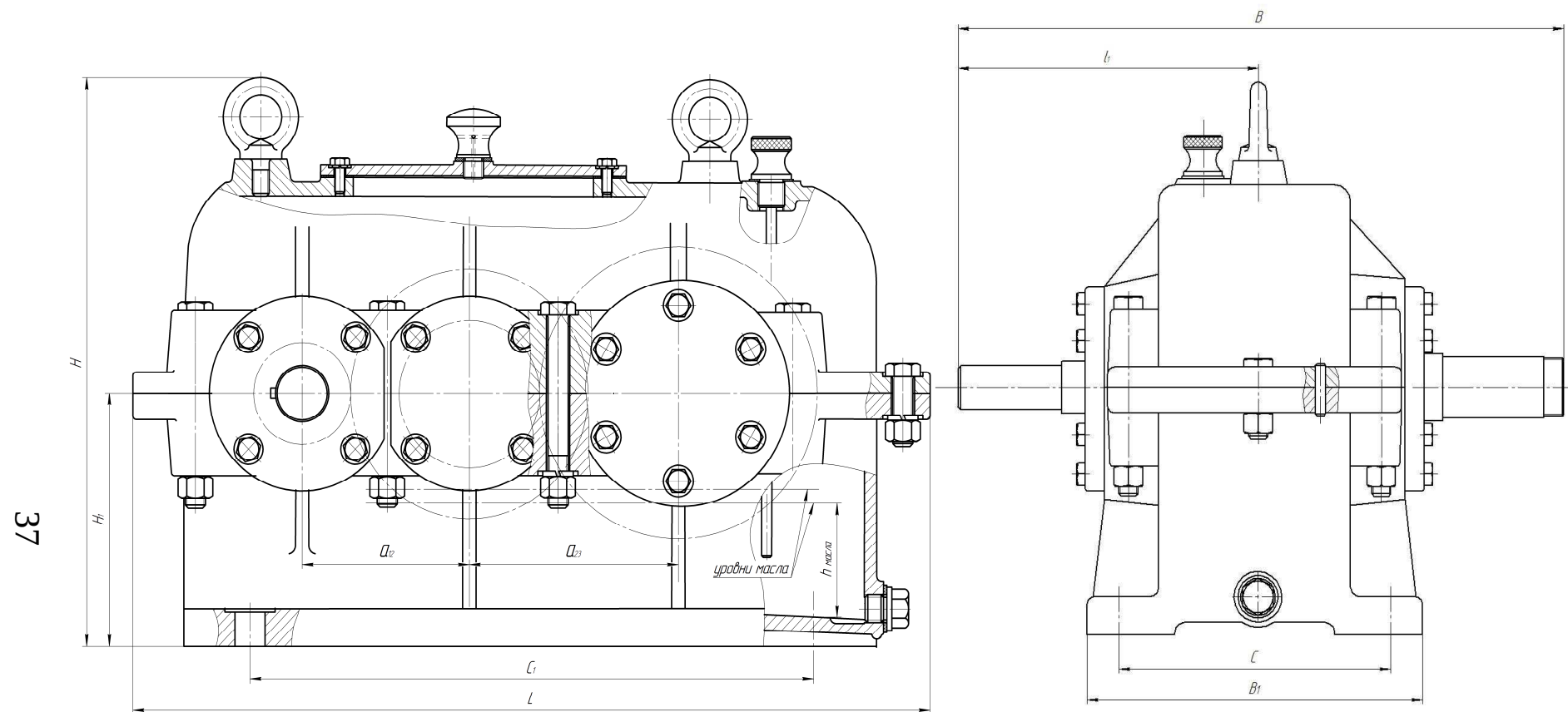


Рисунок 6.2 – Упрощённый пример 2-го листа

4. На горизонтальной линии отметить межосевые расстояния и через эти точки провести вертикальные оси.
5. Прочертить делительные окружности зубчатых колёс.
6. Определить расстояние от плоскости разъёма редуктора до его подошвы. Параметр H_1 на рисунке 6.2.

На величину H_1 существенное влияние может оказать необходимый объем масла, особенно для одноступенчатых редукторов.

Объем масла должен быть достаточен для отвода тепла. Для одноступенчатых редукторов его можно рассчитать по формуле [1, с. 52]:

$$V = (0,35...0,7) \times P_{номр},$$

где $P_{номр.}$ – потребная мощность, которую определили при выборе электродвигателя, кВт. Объем масла измеряется в литрах.

После этого нужно рассчитать требуемую высоту заливки масла $h_{масла}$, из условия отвода тепла.

$$h_{масла} = \frac{V \times 10^6}{B \times A},$$

где B – ширина внутренней части корпуса, куда заливается масло, мм;

A – длина внутренней части корпуса, мм.

Эти величины измеряются по чертежу как показано на рисунке 6.3.

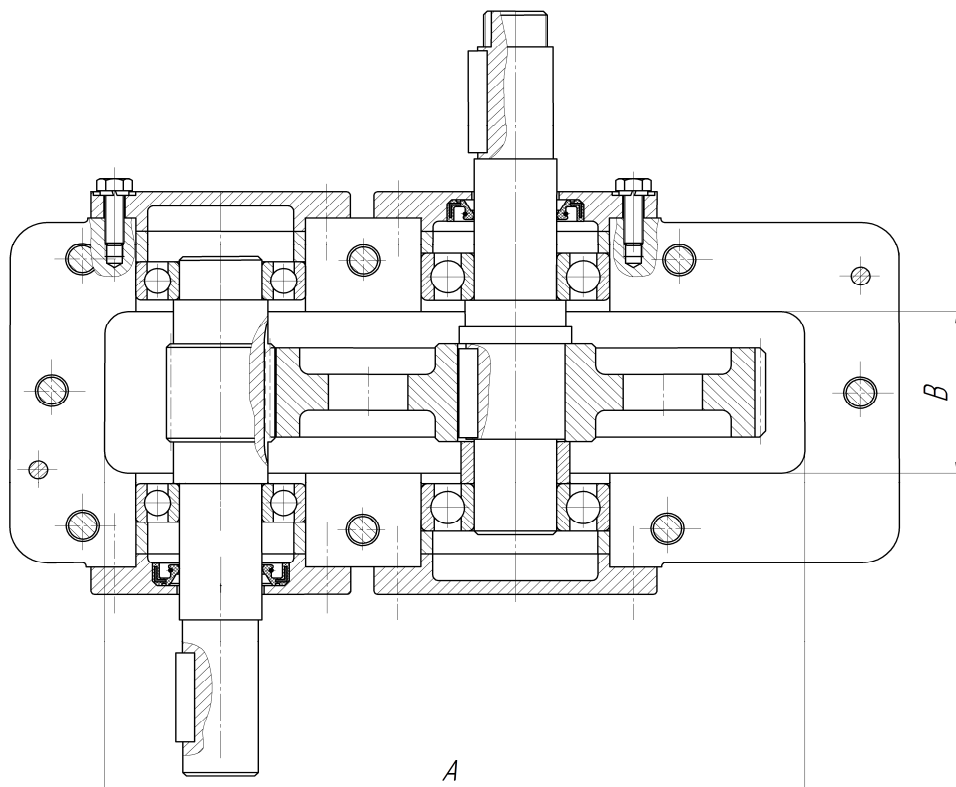


Рисунок 6.3 – Размеры внутренней части корпуса

Из рисунка 6.4 видно, что глубину погружения колеса в масло H можно определить:

$$H = H_M - H_K,$$

где H_K – расстояние от поверхности вершин зубчатого колеса до дна ванны, эту величину можно назначать в пределах [1, с. 53]:

$$2\delta \leq H_K \leq (5...10)t,$$

где δ – толщина стенки корпуса, мм;

t – модуль зацепления зубчатых колёс, мм;

H – глубина погружения зубчатого колеса в масло, мм.

Величина H должна находиться в пределах [1, с. 53]:

$$0,5m \leq H \leq \frac{1}{6}d_{a2}.$$

После назначения величин H_K и H рассчитать объем масла по формуле:

$$V_{\text{масла}} = (H + H_K) \times B \times A = H_M \times B \times A.$$

Если окажется, что $V_{\text{масла}} > V$, необходимо увеличить расстояние от колеса до дна редуктора H_K .

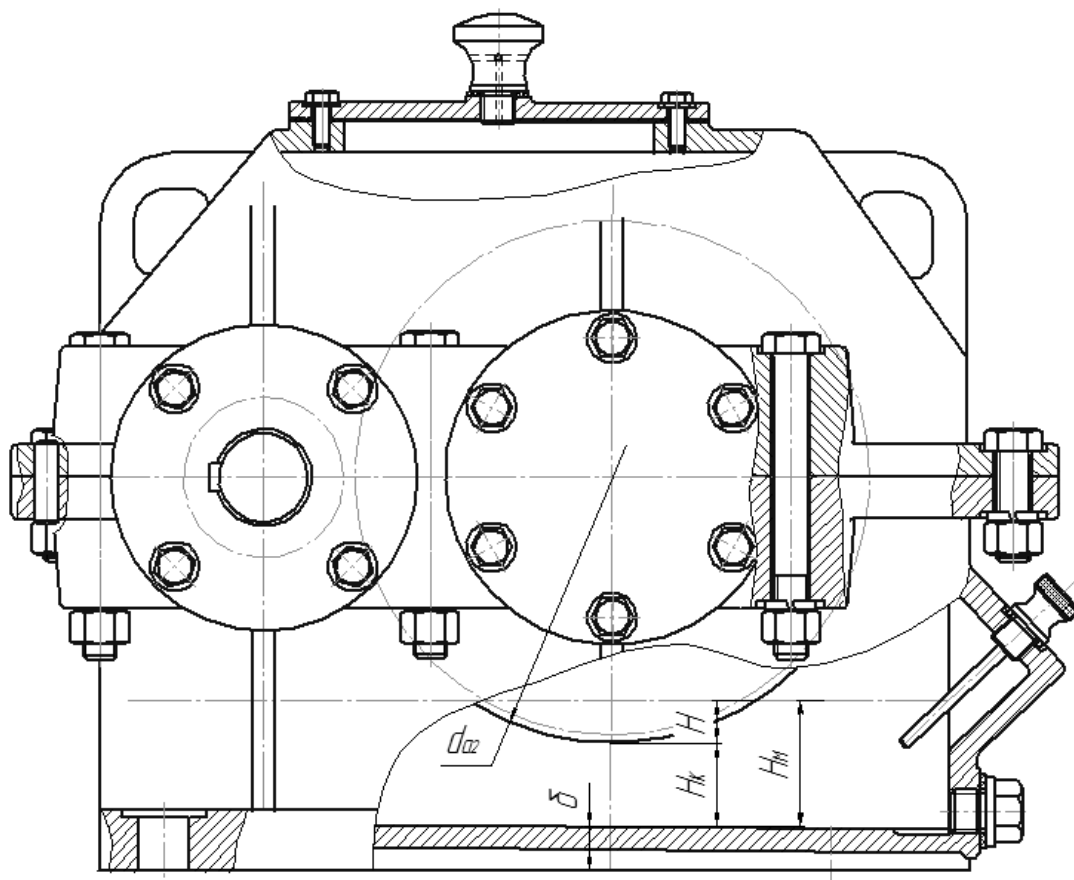


Рисунок 6.4 – Схема смазки зубчатого колеса окунанием в масло

Уточнив окончательно все величины, определяют расстояние от линии разъёма редуктора до его подошвы.

Принцип назначения сорта масла следующий: чем выше окружная скорость колеса, тем меньше должна быть вязкость масла и чем выше контактные давления в зацеплении, тем большей вязкостью должно обладать масло. Поэтому требуемую вязкость масла определяют в зависимости от контактного напряжения и окружной скорости колёс [4, табл. 11.1]. По [4, табл. 11.2] выбирают марку масла для смазывания зубчатых и червячных передач.

Таблица 6.1 – Рекомендуемые сорта смазочных масел

Передача	Контактные напряжения σ_H , Н/мм ²	Окружная скорость зубчатых передач v , м/с Скорость скольжения червячных передач v_s , м/с		
		до 2	св. 2 до 5	св. 5
Зубчатая	До 600	И-Г-А-68	И-Г-А-46	И-Г-А-32
	Св. 600 до 1000	И-Г-С-100	И-Г-С-68	И-Г-С-46
	Св. 1000	И-Г-С-150	И-Г-С-100	И-Г-С-68
Червячная	До 200	И-Т-Д-220	И-Т-Д-100	И-Т-Д-68
	Св. 200 до 250	И-Т-Д-460	И-Т-Д-220	И-Т-Д-100
	Св. 250	И-Т-Д-680	И-Т-Д-460	И-Т-Д-220

Обозначение промышленных масел состоит из четырёх знаков, каждый из которых обозначает: первый (и) – промышленное, второй – принадлежность к группе по назначению (Г – для гидравлических систем, Т – тяжелонагруженные узлы), третий – принадлежность к группе по эксплуатационным свойствам (А – масло без присадок, С – масло с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками, Д – масло с антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными и противозадирными присадками), четвёртый (число) – класс кинематической вязкости.

Из пластичных смазочных материалов наиболее часто применяют ЦИАТИМ–201, Литол–24, Униол–2 [4, табл. 24.46].

При выполнении второго листа основное внимание уделяется конструированию корпуса редуктора. В литературе самым подробным образом описаны принципы конструирования литых корпусов и приведены рекомендации по определению размеров элементов корпуса [2, с. 210; 3, с. 136; 4, с. 257].

Сварные корпуса находят все более широкое применения не только в индивидуальном производстве, но и в массовом.

Для изготовления сварных корпусных деталей используется прокат (лист, полоса, прутки круглого сечения и др.). Для изготовления крупных корпусных деталей кроме проката применяют поковки и отливки. Если стенка сварного корпуса или крышки $\delta > 25 \text{ мм}$ эти детали подвергаются термической обработке (отжиг при температуре $T = (600 - 650)^{\circ} \text{C}$) для снятия напряжений. Затем производят механическую обработку плоскостей и отверстий.

Индивидуальная консультация

В процессе индивидуальной консультации необходимо просмотреть весь имеющийся у студентов материал по курсовому проектированию. Обратить особое внимание на расчёты валов и подшипников. Тем студентам, у которых выполнены проверочные расчёты валов и подшипников и не требуется конструктивная переработка, можно дать разрешение переносить 1-й лист на ватман.

Преподаватель должен объяснить студентам, что переносить чертёж необходимо в тонких линиях, ничего не наводить, даже если студенту кажется, что все правильно. Чертёж следует наводить только после нанесения всех размеров и выноса позиций для спецификации.

Задание на следующее занятие

1. Полностью выполнены проверочные расчёты валов.
2. В тонких линиях выполнен на ватмане 1-й лист.
3. Начата проработка 2-го листа либо на миллиметровке, либо на ватмане.

7 ОФОРМЛЕНИЕ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Цель: ознакомить студентов с правилами оформления сборочных чертежей редуктора и коробки передач.

Литература к занятию:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.
2. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.
3. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

4. Загальні вимоги до виконання графічної частини курсового проекту по дисциплінах «Деталі машин», «Прикладна механіка і основи проектування» : методичні вказівки для студентів механічних спеціальностей вузу / уклад. : І. В. Барановський, М. Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – 64 с.

5. Разработка чертежей деталей и сборочных единиц при курсовом и дипломном проектировании : справочное пособие для студентов технических специальностей / сост.: Л. П. Субботина, С. Г. Карнаух, Л. Н. Новицкая, А. В. Чумаченко. – Краматорск : ДГМА, 2003. – 144 с.

6. Общие требования к выполнению графической части курсового проекта по дисциплинам «Детали машин», «Прикладная механика и основы проектирования» : методические указания для студентов механических специальностей вуза / сост. : И. В. Барановский, Л. П. Филимошкина. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 40 с.

Наглядные пособия:

1. Образцы чертежей общего вида редуктора или коробки передач.

Организационная часть

Перекличка3 мин.

Групповая консультация (теоретический материал)25 мин.

Индивидуальная консультация55 мин.

Задание на следующее занятие2 мин.

Групповая консультация

Необходимый теоретический материал представлен в [1, с. 58; 2, с. 280; 3, с. 402; 4, раздел 1.4; 5, с. 8–12].

Можно групповую консультацию проводить перед стендом в зале курсового проектирования, но обязательно надо использовать наглядные пособия в виде образцов чертежей общего вида редуктора или коробки передач. Это будет способствовать лучшему пониманию материала.

Сборочный чертёж редуктора или коробки передач, выполняемый при курсовом проектировании, должен содержать изображения всех деталей, входящих в эти изделия. Этот чертёж должен давать представления о последовательности и порядке сборки, а также устанавливать контроль размеров. Кроме изображений на чертеже должны быть размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу; номера позиций составных частей, входящих редуктор или коробку передач; текстовая часть; основная надпись.

В соответствии с требованиями ЕСКД на сборочном чертеже необходимо проставлять следующие обязательные размеры: габаритные, установочные и присоединительные, посадочные, исполнительные и справочные [4, с. 8]:

– *габаритные* размеры наносят на крайних положениях редуктора, определяя максимальную высоту, ширину, длину. Они необходимы для определения размеров места установки изделия, изготовления тары, транспортировки и т.п. На рисунке 7.1 показан пример простановки внешних размеров редуктора, к которым относятся габаритные и установочные размеры;

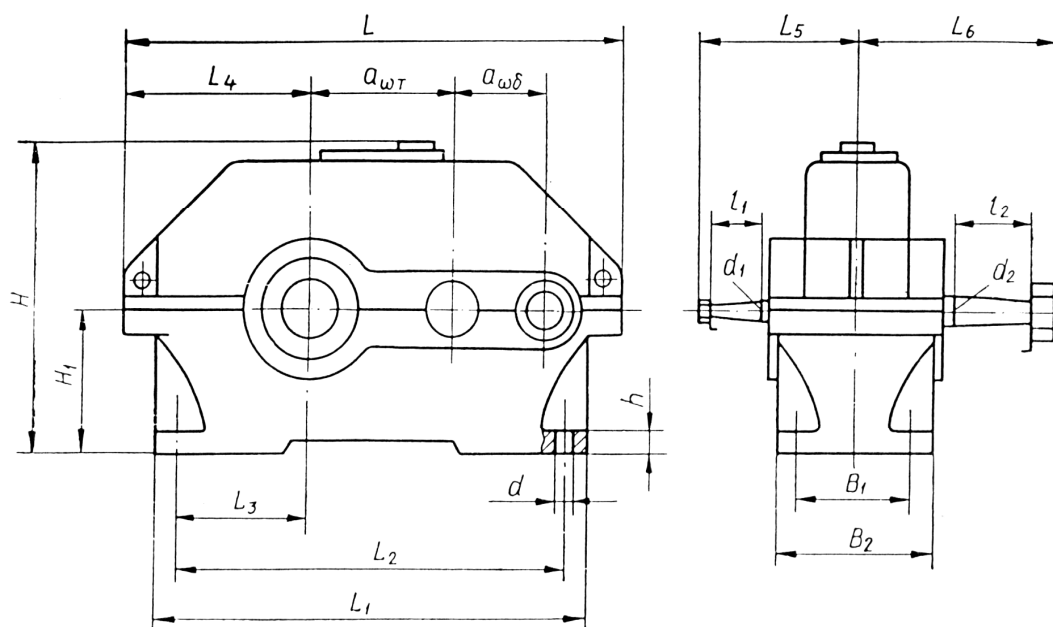


Рисунок 7.1 – Основные размеры внешних видов редуктора

– *установочные и присоединительные* размеры служат для привязки редуктора к двигателю, к ведомому агрегату, к опорной конструкции (например, диаметры концов входного и выходного валов, координаты их торцов, размеры подошвы, диаметры и координаты отверстий в подошве). К присоединительным размерам относят также основные расчётные параметры передач: межосевые расстояния; делительные диаметры конических колёс; числа зубьев и модуль; угол наклона зубьев; ширину зубчатого венца колеса; шаг и число зубьев звёздочек цепной передачи;

– *посадочные* размеры определяют характер сопряжения валов, зубчатых колёс, шкивов, звёздочек и т. д. Эти размеры проставляются с указанием диаметра и посадки. Например, диаметры и посадки на валах зубчатых и червячных колёс. Посадочные размеры используют при разработке рабочих чертежей деталей, для справок при разработке технологии сборки и т.п. Можно порекомендовать, при назначении посадок руководствоваться аналогом [1, стр. 61];

– *исполнительные (сборочные)* размеры, связаны с выполнением каких-либо технологических операций в процессе сборки, а также задающие условия регулировки изделия. Например, размеры отверстий под штифты, если их обрабатывают в процессе сборки; размеры зазоров между подшип-

никами и упорными торцами подшипниковых крышек, если их контролируют при сборке с целью гарантии подшипников от защемления, и т. п.;

– *расчётные и справочные* размеры характеризуют основные силовые и эксплуатационные показатели изделия. Например, межосевое расстояние, крайние положения подвижных частей (рукояток управления в коробке передач), наибольший и наименьший уровень масла и т. д.

К справочным размерам относятся размеры, которые не подлежат выполнению по данному чертежу, но указываются для удобства пользования чертежом. Такие размеры отмечают знаком «*» и в технических условиях записывают «* Размеры для справок». В тех случаях, когда на чертеже все размеры справочные, их знаком «*» не отмечают, а в технических требованиях записывают «Размеры для справок» [2, с. 269–273].

Дополнительно на сборочном чертеже могут проставляться размеры, которые образуют размерные цепи вдоль валов редуктора [3, с. 405].

При простановке размеров на чертеже общего вида очень полезно пользоваться аналогом, который студент подобрал себе в начале курсового проектирования. Рекомендуется простановку размеров на одном чертеже не прерывать по времени. Это позволит избежать ошибок и соответственно дополнительных затрат времени.

На сборочном чертеже показывают номера позиций сборочных единиц и деталей.

Номера позиций указывают на основных видах и заменяющих их разрезах. Номера позиций ставят на полках, расположенных параллельно основной надписи чертежа. Полки с номерами позиций рекомендуется группировать в колонку или строчку по возможности на одной линии, но обязательно вне поля чертежа. Полки имеют линии-выноски, которые не должны сами пересекаться, не должны быть параллельны линиям штриховки и не должны по возможности пересекать размерные линии.

Номера позиций наносят, как правило, один раз, но при необходимости можно повторно указывать номер позиции одинаковых составных частей.

Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным или горизонтальным расположением позиций. Такая общая линия-выноска применяется для группы крепёжных изделий, относящихся к одному и тому же месту крепления [2, с. 268–273] или для группы деталей с отчётливо выраженной взаимосвязью, исключаящей различное понимание, и когда на чертеже невозможно подвести линию-выноску к каждой составной части. В этом случае линию-выноску отводят от изображения составной части, чей номер позиции указывается первым [2, рис. 13.5; рис. 13.6; 3, рис. 23.12].

Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше шрифта размерных чисел на том же чертеже.

Текстовая часть необходима для лучшего понимания конструкции изделия, взаимосвязи его составных частей и принципа работы. Текстовую часть помещают на свободном поле чертежа. Текст может быть размещён

в виде одной или нескольких колонок, ширина которых должна быть не более 180...185 мм. Располагается текст параллельно основной надписи чертежа. В работах [3, с. 403; 4, с. 10; 6, с. 10] подробно показано содержание текстовой части сборочного чертежа редуктора.

Стандарт ГОСТ 2.104-98 устанавливает форму и содержание основной записи на чертежах. Для всех видов чертежей (сборочных, деталей и пр.) предусматривает основную надпись одинаковой формы, которую размещают в правом нижнем углу чертежа (рис. 7.2).

Чертежи могут размещаться на одном или на нескольких форматах. Если чертёж выполнен на двух и более листах, то на первом листе помещают основную надпись по форме 1, а на последующих листах – по форме 2а (рис. 7.3).

В графах основной надписи указывают (номера граф на рис. 7.3 указаны в скобках):

1 – наименование изделия в именительном падеже (например, привод к вентилятору или редуктор цилиндрический; на чертеже деталей – наименование детали: вал, колесо зубчатое и т. п.);

2 – обозначение документа (чертежа привода, редуктора, коробки передач; на чертежах деталей – вала, колеса зубчатого и др.);

3 – графу заполняют только на чертежах деталей, записывают обозначение и номер ГОСТа материала;

4 – в учебных проектах в левой клетке пишут букву "У";

5 – массу изделия, кг (в учебных проектах графу можно не заполнять);

6 – масштаб (1:1; 1:2; 2:1 и т.д.);

7 – порядковый номер листа (на чертежах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

8 – общее количество листов документа, указанного в графе 2 (графу заполняют только на первом листе);

9 – сокращённое обозначение организации, выпустившей чертёж. Для курсового проекта: «ДГМА, шифр группы студента».

В строке «Разраб.» пишется фамилия студента, его подпись и дата; в строке «Пров.» – фамилия руководителя проекта, его подпись и дата; остальные строки оставляют свободными.

Индивидуальная консультация

В ходе индивидуальной консультации преподаватель проверяет чертежи студентов. Указывая на ошибки, нужно объяснять, почему принятое студентом решение является неверным.

Задание на следующее занятие

1. Проставить размеры на чертежах.
2. Выносить позиции для спецификации.
3. Окончить проверочные расчёты валов и подшипников.

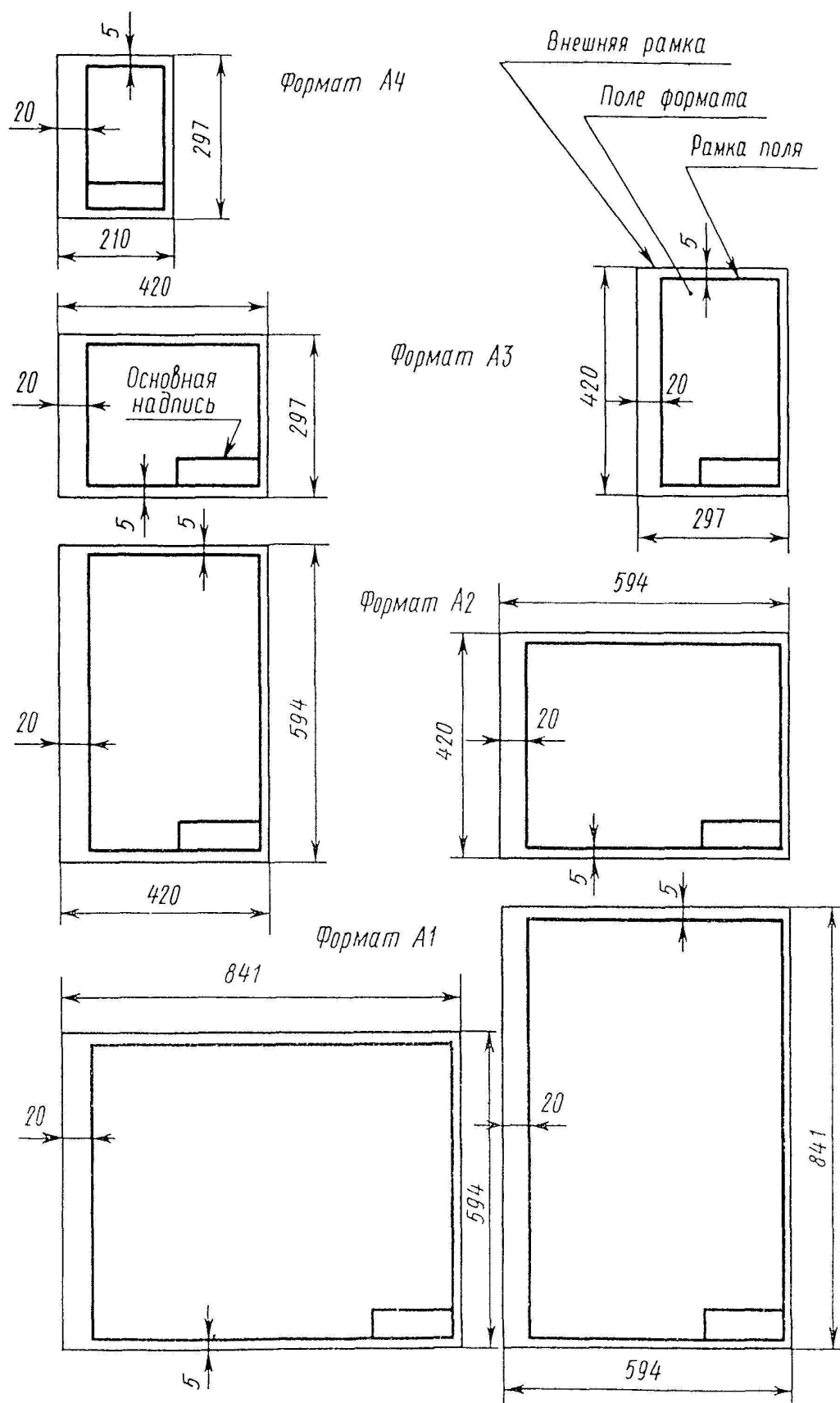


Рисунок 7.2 – Размещение основной надписи на различных форматах листов конструкторской документации

2. **Киркач, Н. Ф.** Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

3. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

4. Общие требования к выполнению графической части курсового проекта по дисциплинам «Детали машин», «Прикладная механика и основы проектирования» : методические указания для студентов механических специальностей вуза / сост. : И. В. Барановский, Л. П. Филимошкина. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 40 с.

5. Загальні вимоги до виконання графічної частини курсового проекту по дисциплінах «Деталі машин», «Прикладна механіка і основи проектування» : методичні вказівки для студентів механічних спеціальностей вузу / уклад. : І. В. Барановський, М. Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – 64 с.

6. Разработка чертежей деталей и сборочных единиц при курсовом и дипломном проектировании : справочное пособие для студентов технических специальностей / сост. : Л. П. Субботина, С. Г. Карнаух, Л. Н. Новицкая, А. В. Чумаченко. – Краматорск : ДГМА, 2003. – 144 с.

Наглядные пособия

1. Образцы чертежей типовых деталей.
2. Натурные образцы типовых деталей.

Организационная часть

Перекличка	3 мин.
Групповая консультация (теоретический материал)	15 мин.
Индивидуальная консультация	65 мин.
Задание на следующее занятие	2 мин.

Групповая консультация

Необходимый теоретический материал представлен в [1, с. 284–294; 2, с. 21–33; 44–51; 108–115; 186; 3, с. 354–387; 4; 6, с. 50–97; 123–143].

При выполнении курсового проекта, студенты дневного отделения разрабатывают рабочие чертежи типовых деталей – это 3-й лист курсового проекта. К типовым деталям относятся: валы, различные зубчатые колеса, шкивы ременных передач, звёздочки, крышки подшипников, стаканы и т. п.

Студенты специальности 6.050504 «Сварочное производство» на 3-ем листе курсового проекта выполняют рабочий чертёж сварной детали: либо корпуса редуктора, либо крышки.

При разработке 3-го листа необходимо придерживаться правил выполнения рабочих чертежей, которые устанавливает ЕСКД.

Рабочий чертёж детали должен содержать: все данные, которые определяют форму, размеры, точность, шероховатость поверхности, материал, термообработку, отделку и другие сведения, необходимые для изготовления и контроля детали. От качества рабочего чертежа детали зависят сроки, стоимость и качество изготовления детали и машины в целом.

Рабочие чертежи деталей выполняют на форматах А3 и А4 (рис. 7.2). В курсовом проекте все рабочие чертежи размещаются на одном листе формата А1, который делят на нужное количество соответствующих форматов. Рабочий чертёж сварной детали выполняют либо на формате А1, либо на формате А2 (рис. 7.2). Рабочий чертёж желательно выполнять в масштабе 1:1, но можно для удобства выполнения и чтения чертежа применить любой другой стандартный масштаб [6, с. 7].

Существуют общие правила и рекомендации по разработке рабочих чертежей деталей [1, с. 284–302; 3, с. 342–350], которых нужно придерживаться.

1. Изображение детали на чертеже должно содержать минимальное количество видов, разрезов и сечений, но, однако достаточное для выявления формы детали и простановки размеров.

2. При нанесении размеров необходимо руководствоваться правилами ГОСТ 2.307-98. Количество размеров на чертеже, как и количество изображений должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля детали. В работе [1, с. 292] подробно освещены правила простановки размеров на рабочих чертежах деталей.

3. На рабочих чертежах помимо размеров детали указывают требования к точности размера и формы детали. В курсе «ВСТИ» студенты изучали допуски и посадки, а также требования к форме и расположению поверхностей. В методическом пособии [6] приводятся рекомендации и необходимые справочные данные по выбору посадок, допусков формы и расположения поверхностей и даны примеры рабочих чертежей типовых деталей машин.

4. На рабочем чертеже обязательно проставляется шероховатость поверхностей деталей в соответствии с принятой по стандарту. При назначении шероховатости поверхности можно руководствоваться принятым аналогом или рекомендациями, приведёнными в литературе [6, с. 31–39].

5. Текстовая часть рабочего чертежа необходима для лучшего понимания изображения детали и точного её изготовления. Текстовая часть для различных деталей машин будет отличаться своим содержанием, которое чаще всего регламентируется стандартом. Например, для зубчатых и червячных колёс, червяков обязательной является таблица параметров зацепления, так называемая модульная характеристика. Стандарт устанавливает не только содержание этой таблицы, но и её размеры, и месторасположение на чертеже [1, с. 285–290; 3, с. 361–370; 6, с. 65, 127–134].

6. Основная надпись на рабочих чертежах выполняется по форме 1, (рис. 7.3), графы основной надписи заполняются также как и на чертеже общего вида редуктора.

При выполнении рабочих чертежей типовых деталей рекомендуется использовать в качестве образца примеры рабочих чертежей, представленные в литературе. Особенно подробно и с учётом последних требований ЕСКД освещён этот материал в работе [6, с. 50–97, 123–143].

Чертежи сварных деталей оформляют как чертежи сборочных единиц. Элементы сварной детали в разрезах и сечениях штрихуют в разных направлениях [3, с. 284, рис. 22.11, а].

Сварные швы на чертеже изображают и обозначают по ГОСТ 2.312-72. Видимые швы изображают сплошными линиями, а невидимые – штриховыми. Условные обозначения швов приведены в [3, с. 350–352].

Размеры и предельные отклонения для сварных корпусных деталей назначают и проставляют аналогично литым корпусным деталям [3, с. 382–387]. Примеры выполнения рабочих чертежей сварных корпусных деталей представлены на стенде в зале курсового проектирования.

Индивидуальная консультация

В ходе индивидуальной консультации преподаватель проверяет чертежи студентов. Рекомендуется провести опрос студента по конструкции, принципу работы механизма, который студент проектирует. Указываются детали, рабочие чертежи которых необходимо выполнить.

Задание на следующее занятие

1. Завершается работа над 2-м листом.
2. В тонких линиях выполняются рабочие чертежи деталей.
3. Проставляются размеры на общем виде редуктора.

9 ОБЩИЙ ВИД ПРИВОДА

Цель: ознакомить студентов с правилами выполнения общего вида привода.

Литература к занятию:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

2. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

3. **Киркач, Н. Ф.** Расчёт и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

4. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

5. Общие требования к выполнению графической части курсового проекта по дисциплинам «Детали машин», «Прикладная механика и основы проектирования» : методические указания для студентов механических специальностей вуза / сост. : И. В. Барановский, Л. П. Филимошкина. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 40 с.

6. Загальні вимоги до виконання графічної частини курсового проекту по дисциплінах «Деталі машин», «Прикладна механіка і основи проектування» : методичні вказівки для студентів механічних спеціальностей вузу / уклад. : І. В. Барановський, М. Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – 64 с.

7. Разработка чертежей деталей и сборочных единиц при курсовом и дипломном проектировании : справочное пособие для студентов технических специальностей / сост. : Л. П. Субботина, С. Г. Карнаух, Л. Н. Новицкая, А. В. Чумаченко. – Краматорск : ДГМА, 2003. – 144 с.

8. Расчёт и проектирование деталей машин : учеб. пособие для вузов / К. П. Жуков [и др.]. – М. : Высшая школа, 1978. – 247 с.

Организационная часть

Переключка	3 мин.
Групповая консультация (теоретический материал)	25 мин.
Индивидуальная консультация	55 мин.
Задание на следующее занятие	2 мин.

Групповая консультация

Необходимый теоретический материал представлен в [3, с. 4–13; 4, с. 407–409; 5, с. 21; 6, с. 32; 7, с. 13; 8, с. 223–240].

Чертёж общего вида привода (имеет в обозначении код ВО) – документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

При курсовом проектировании чертёж общего вида включает в себя элементы «Теоретического чертежа», «Габаритного чертежа» и «Монтажного чертежа».

«Теоретический чертёж» определяет геометрическую форму изделия и координаты расположения составных частей.

«Габаритный чертёж» содержит упрощённое изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

«Монтажный чертёж» содержит данные для установки изделия на месте применения.

Выполненный таким образом чертёж общего вида несёт полную информацию обо всем изделии в целом, т.е. о проектируемом приводе, его эксплуатационной характеристике, основных размерах, взаимной связи от-

дельных сборочных единиц и деталей, о присоединительных поверхностях и их размерах.

Чертёж общего вида даётся в трёх проекциях на листе формата А1 в масштабе уменьшения [7, с. 7]. За основную проекцию принимают наиболее характерный вид изделия или вид со стороны органов управления. Чертёж должен быть чётким, не загромождённым мелкими деталями и элементами узлов – сборочные единицы и детали изображают на чертеже упрощённо. Болты и гайки показывают осевыми линиями, кроме тех, которыми отдельные узлы крепят к плите (раме), а плиту – к полу в цехе или отдельному фундаменту. Так как обычно все болты для крепления плиты (рамы) к полу цеха одинаковые, вычерчивают только один болт, а положение остальных показывают осевыми линиями. Так же изображают и болты для крепления сборочных единиц к плите (раме) привода.

При вычерчивании общего вида привода проверяют собираемость изделия из сборочных единиц. Поэтому важно точно изображать присоединительные места каждой сборочной единицы, например места крепления электродвигателя и редуктора к раме. Если при вычерчивании таких присоединительных мест окажется, что они перекрывают друг друга, это значит, что размеры координирующей детали, в частности рамы (плиты), определены неверно, и их надо исправить.

Собираемость конструкции проверяют не только по присоединительным местам, но также и по возможности взаимного размещения сборочных единиц. Поэтому важно правильно изображать весь контур сборочных единиц и особенно в тех местах, где можно опасаться взаимного наложения контуров. Например, при большом диаметре соединительной муфты возможно наложение ее и рамы по высоте. В этом случае конструкцию рамы необходимо изменить. В учебном пособии [5, с. 22–38] подробно рассказывается о разработке чертежа общего вида привода.

Чертёж общего вида привода должен содержать:

1. Изображение сборочных единиц привода.
2. Изображение фундамента с фундаментными болтами, которыми крепится привод.
3. Габаритные размеры (длина L , ширина B , высота привода H).
4. Присоединительные и монтажные размеры (размеры опорных поверхностей, диаметры и координаты крепёжных отверстий, зазоры между торцами деталей, расстояние между осями сборочных единиц).
5. Кожухи и ограждения всех вращающихся изделий (муфты, шкивы, звёздочки). Допускается показать условно или отметить в требованиях монтажа, если выполняется ограждение по месту.
6. План рамы или плиты с простановкой диаметров и координат крепёжных отверстий.
7. План размещения фундаментных болтов.
8. Кинематическую схему с указанием типа двигателя, муфты, модулей и чисел зубьев зубчатых колёс, шага и чисел зубьев звёздочки.

9. Техническую характеристику привода.

10. Технические требования к точности монтажа изделия (допускаемые отклонения валов).

На рисунках 9.1, 9.2 и 9.3 приведены примеры оформления чертежей привода.

На свободном поле чертежа необходимо разместить технические требования к точности монтажа и техническую характеристику привода.

Пример записи технических требований к установке привода:

1 Монтаж узла привода выполнить с соблюдением привязочных размеров к осям основной машины с требуемой точностью. По высоте выставить привод на требуемый уровень с помощью монтажных прокладок.

2 После установки привода затянуть фундаментные болты. После чего осуществить подливку бетонным раствором.

3 Радиальное смещение осей валов двигателя и редуктора – до 0,15 мм. Угловой перекос – до 0,6 мм/100мм. Осевое смещение – до 0,1 мм.

4 Регулировку натяжения ремней осуществлять при помощи передвижения электродвигателя на салазках.

Преподаватель должен обратить внимание студентов на то, что необходимо согласовать технические требования к установке привода со своим заданием. Например, если в кинематической схеме отсутствует муфта, то пункт 3 не указывается.

Техническая характеристика привода может выполняться в произвольной форме, но можно ее выполнить в виде таблицы 9.1.

Некоторые сведения о конструировании установочных плит и рам

При монтаже приводов, состоящих из электродвигателя и редуктора (коробки передач), должны быть выдержаны определённые требования точности относительного положения узлов. Для этого узлы привода устанавливают на сварных рамах или литых плитах.

При *единичном производстве* экономически выгоднее применять рамы, сваренные из элементов сортового проката: швеллеров, уголков, полос и т.д. При *серийном выпуске* изделий выгоднее применять плиты.

Конфигурацию и размеры плиты (рамы) в плане: L (длину) и В (ширину) – определяют по вычерченному контуру привода. Высота $H = (0,08...0,1) L$.

Найденные габаритные размеры L, В, Н округляют до нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636-69. Для рамы по высоте Н подбирают ближайший больший размер швеллера.

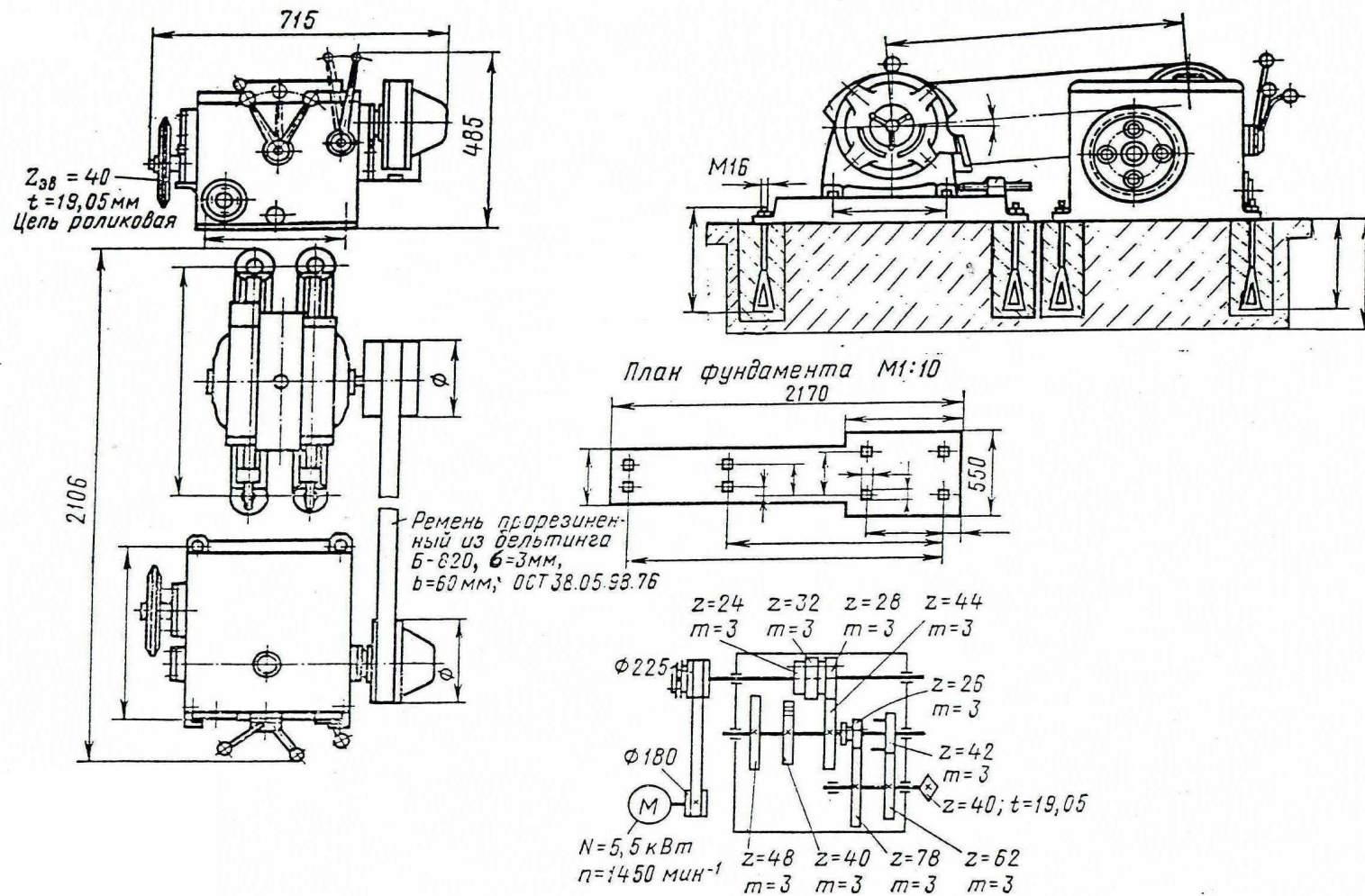


Рисунок 9.1 – Привод на фундаменте

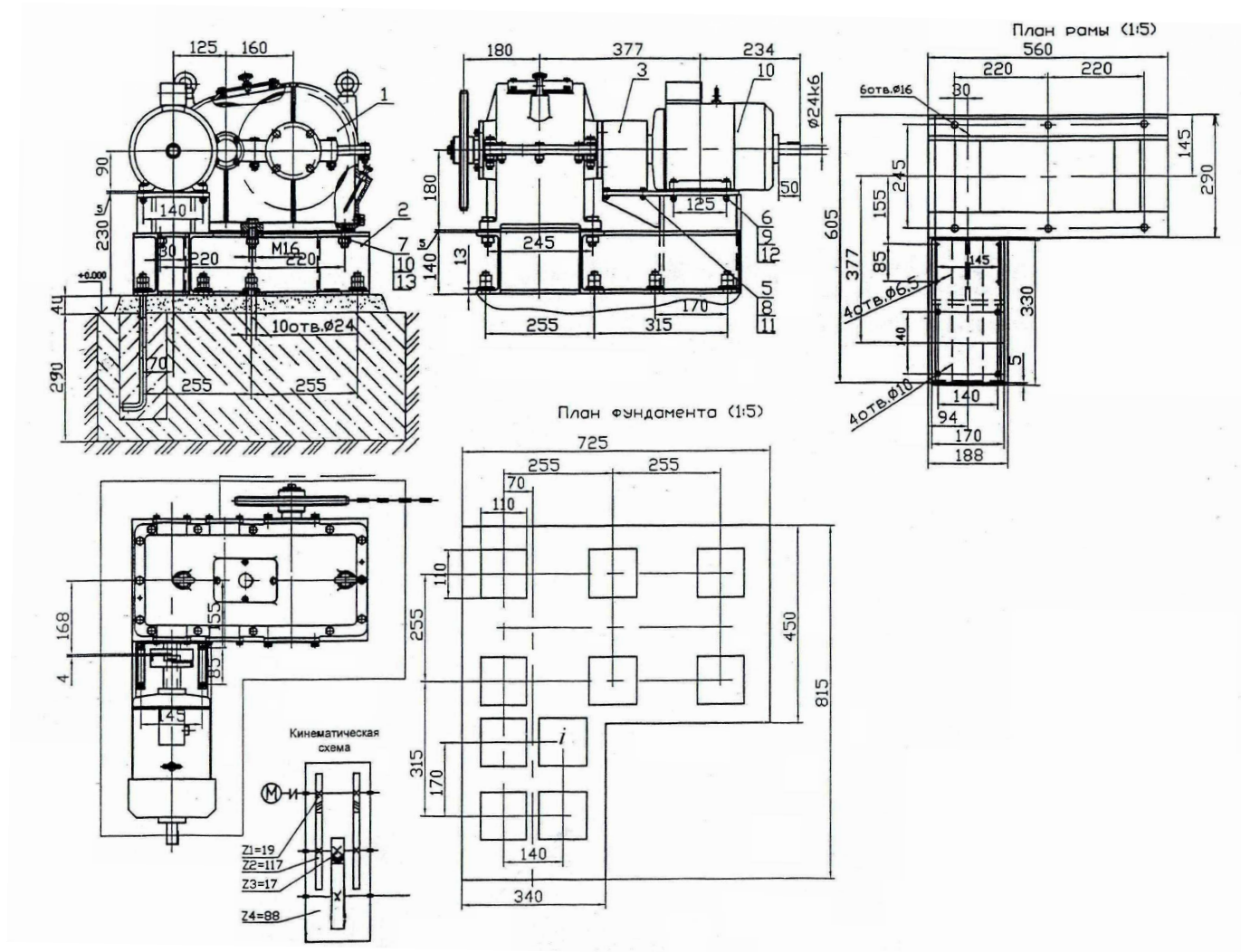


Рисунок 9.2 – Привод на сварной раме

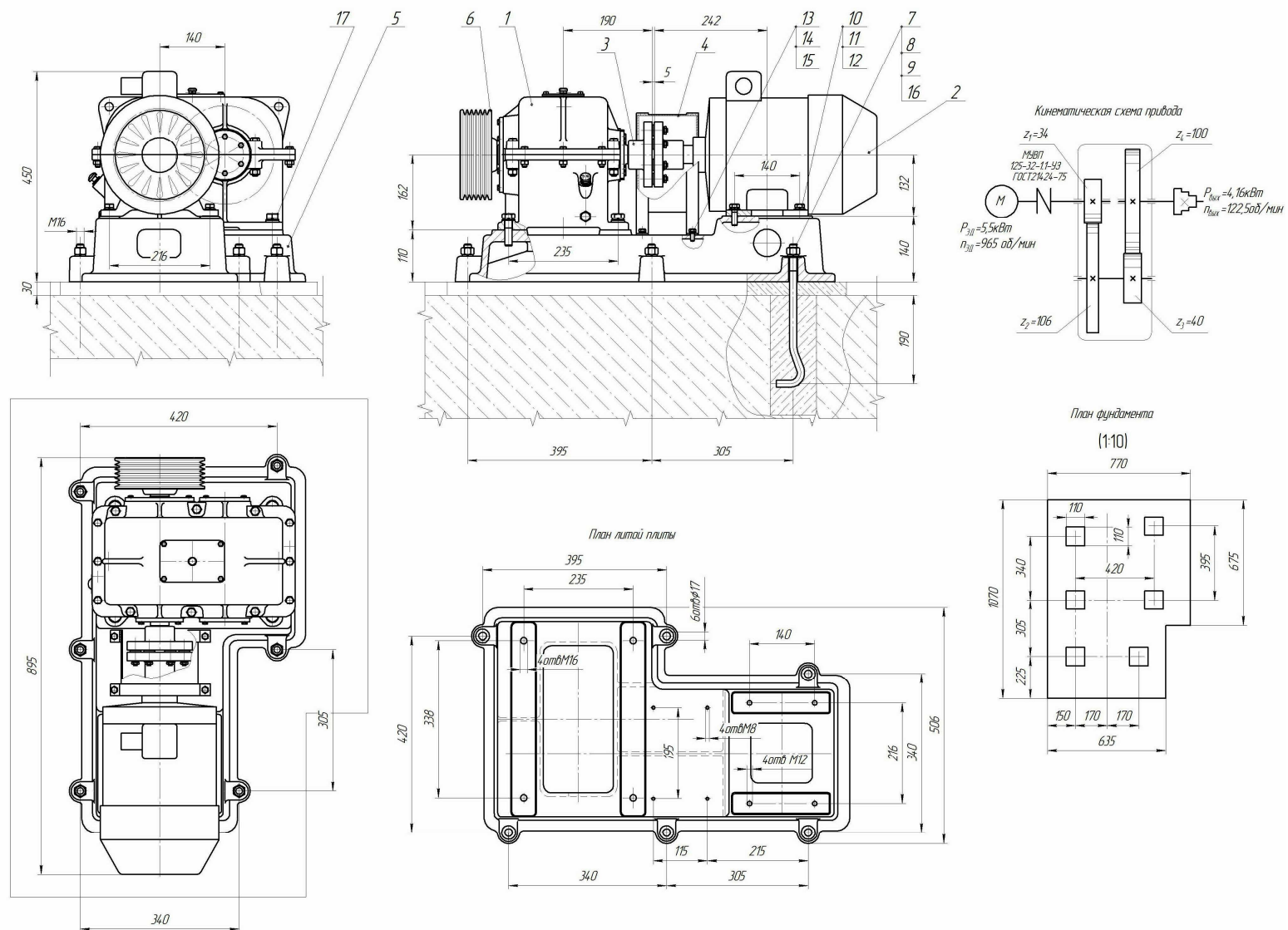


Рисунок 9.3 – Привод на литой плите

Таблица 9.1 – Техничко-экономические характеристики привода

Показатель	Значение
Электродвигатель	
Тип	4A132M8
Мощность	5,5кВт
Частота вращения вала	720мин ⁻¹
Частота вращения выходного вала	115мин ⁻¹
Масса редуктора	108кг
Габариты редуктора с электродвигателем	1200×720×430
Способ смазки передач и подшипников качения промежуточного и выходного валов	Окунанием и разбрызгиванием
Сорт масла	И – 20А ГОСТ 20799 – 88
Объем масла	2,5л
Способ смазки подшипников качения входного вала	Пластичная смазка
Сорт масла	ЦИАТИМ-221 ГОСТ 9433-80
Вес масла	10г
Периодичность смены смазки	6 месяцев
Срок службы редуктора	14000ч

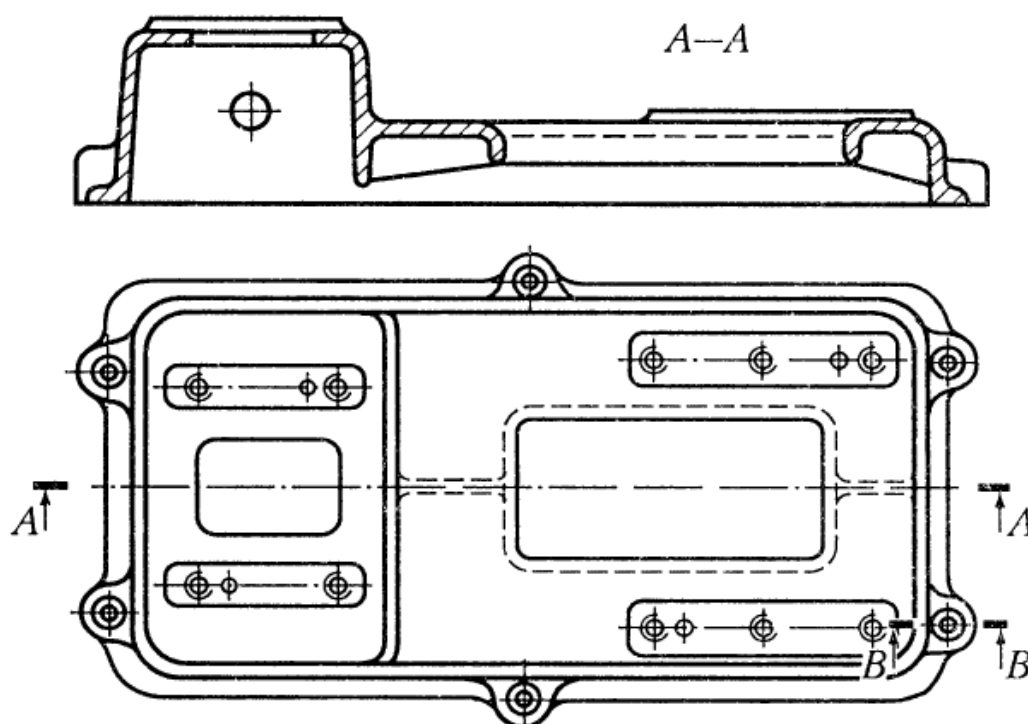


Рисунок 9.4 – Пример типовой литой плиты

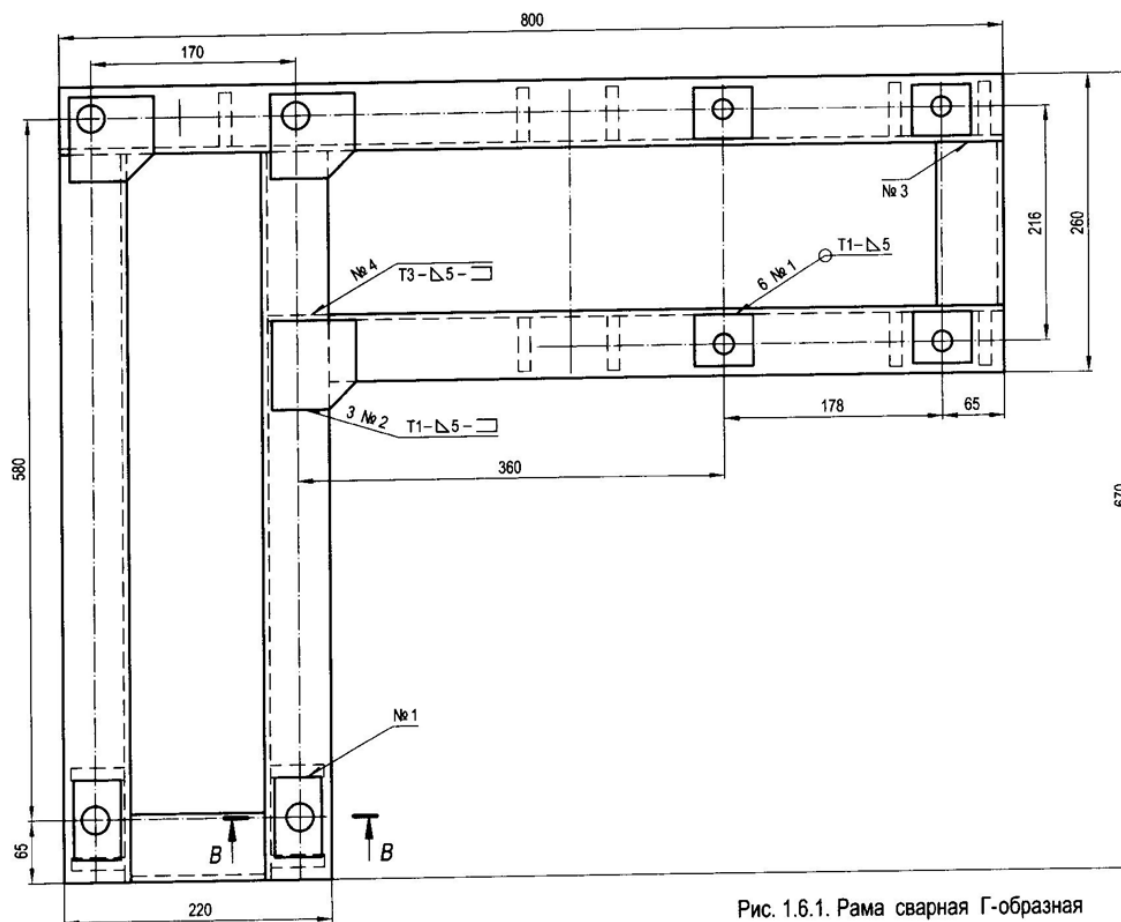


Рис. 1.6.1. Рама сварная Г-образная

Рисунок 9.5 – Рама сварная

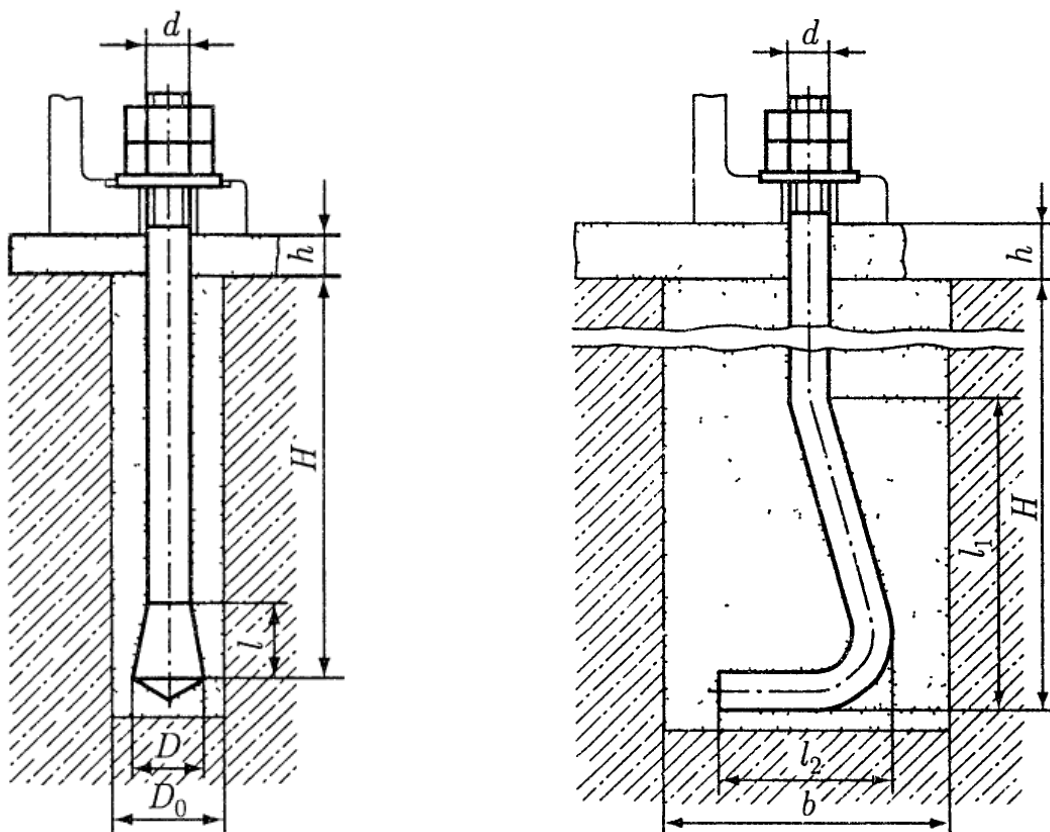
Привод крепится к фундаменту при помощи фундаментных болтов. При модернизации готового фундамента, фундаментные болты устанавливают в скважины, просверленные в полу цеха твёрдосплавным или алмазным инструментом, свободно перерезающим и арматуру (рис. 9.6, а). При изготовлении нового фундамента, болты устанавливают в заранее предусмотренные колодцы (рис. 9.6, б).

На необработанном бетонном полу оборудование устанавливают с подливкой раствора цемента под опорную поверхность. Перед подливкой оборудование выверяют на горизонтальность подкладками или клиньями.

Для общего вида привода составляется спецификация. Позиции про- ставляются на полках линий-выносок. Принцип простановки позиций одинаков для всех сборочных чертежей. Вначале сборочные единицы, затем детали оригинальные, затем стандартные изделия. Обозначения чертежей осуществляется по единому классификатору.

Индивидуальная консультация

Преподаватель рассматривает работу каждого студента, даёт рекомендации и оценивает объем выполненной работы. Студенты подгруппы должны принимать активное участие в консультации.



а – болт с коническим концом; б – болт с изогнутым концом

Рисунок 9.6 – Фундаментные болты

Задания на следующее занятие:

1. Прорисовать в тонких линиях общий вид привода.
2. Окончить общий вид редуктора.
3. Завершать работу над 3-м листом.

10 СОСТАВЛЕНИЕ СПЕЦИФИКАЦИИ

Цель: ознакомить студентов с правилами составления спецификаций.

Литература к занятию:

1. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.
2. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

3. Общие требования к выполнению графической части курсового проекта по дисциплинам «Детали машин», «Прикладная механика и основы проектирования» : методические указания для студентов механических специальностей вуза / сост. : И. В. Барановский, Л. П. Филимошкина. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 40 с.

4. Загальні вимоги до виконання графічної частини курсового проекту по дисциплінах «Деталі машин», «Прикладна механіка і основи проектування» : методичні вказівки для студентів механічних спеціальностей вузу / уклад. : І. В. Барановський, М. Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – 64 с.

5. Разработка чертежей деталей и сборочных единиц при курсовом и дипломном проектировании : справочное пособие для студентов технических специальностей / сост. : Л. П. Субботина, С. Г. Карнаух, Л. Н. Новицкая, А. В. Чумаченко. – Краматорск : ДГМА, 2003. – 144 с.

6. Оформление текстовых и графических документов : учебное пособие для студентов всех форм обучения / сост. : Я. Е. Пыц, Е. А. Еремкин. – Краматорск : ДГМА, 2011. – 80 с.

Организационная часть

Перекличка3 мин.
Групповая консультация (теоретический материал)15 мин.
Индивидуальная консультация65 мин.
Задание на следующее занятие2 мин.

Групповая консультация

Необходимый теоретический материал представлен в [1, с. 290–298; 2, с. 388–390, 397–402; 5, с. 14–18; 98–122].

Курсовой проект по «Деталям машин» представляет собой совокупность конструкторских документов: графических (чертежи) и текстовых (пояснительная записка, спецификация).

Как уже неоднократно отмечалось, правила оформления конструкторской документации регламентированы стандартами, входящими в ЕСКД (Единую систему конструкторской документации).

На предыдущих занятиях были рассмотрены правила оформления различных видов чертежей: сборочных и рабочих.

Целью данного занятия является рассмотрение правил составления спецификации.

Спецификация является основным конструкторским документом для сборочной единицы. Спецификация – документ, который определяет состав сборочной единицы и всей её конструкторской документации. На каждую сборочную единицу должна быть составлена отдельная спецификация.

Спецификацию составляют на листах формата А4 по специальным формам, которые представлены в [1, с. 290–298; 2, с. 397–398; 3, с. 15].

Спецификация содержит семь вертикальных граф: формат, зона, позиция, обозначение, наименование, количество, примечание. Расположение и размеры граф показаны на рис. 10.1.

В общем случае спецификация состоит из следующих разделов:

- ✓ документация;
- ✓ сборочные единицы;
- ✓ детали;
- ✓ стандартные изделия;
- ✓ прочие изделия (например, покупные);
- ✓ материалы.

Наименование раздела указывается в виде заголовка в графе «Наименование» и подчёркивается. Выше заголовка и ниже его следует оставлять не меньше одной незаполненной строчки.

Графы спецификации заполняются следующим образом.

В графе «Формат» указываются форматы тех конструкторских документов, которым присвоены обозначения, записанные в графе «Обозначение». Графу не заполняют для документов, запись о которых внесена в разделы «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы». При записи в спецификацию деталей, на которые не выполнены чертежи, в графе пишут «БЧ».

Графа «Зона» заполняется в том случае, когда поле чертежа разбито (согласно ГОСТ 2.104-95) на зоны для быстрого нахождения на чертеже составной части изделия или его элемента по номеру позиции. Если поле чертежа не разбито на зоны, графа «Зона» не заполняется и прочерк в ней не ставится.

В графу «Поз» (позиция) вписывают порядковые номера позиций, нанесённых на чертеже для указания составных частей, входящих в изделие. Порядковые номера позиций указываются в возрастающем порядке. Допускается резервировать номера при переходе от одного раздела спецификации к другому. Графа не заполняется (прочерк не ставится) для разделов «Документация» и «Комплекты».

В графе «Обозначение» указывают:

- ✓ присвоенные обозначения записываемых конструкторских документов (раздел «Документация»);
- ✓ присвоенные обозначения основных конструкторских документов на изделия, записываемые в эти разделы (в разделе «Сборочные единицы» – обозначение (номер) спецификации на сборочную единицу или узел; в разделе «Детали» – обозначение (номер) детали.

Графа не заполняется для разделов «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы».

В разделе «Сборочные единицы» записывают изделия, которые состоят из составных частей и собираются вне процесса сборки основной сборочной единицы (редуктора или коробки передач). Запись изделия производится в порядке возрастания кода классификационной характеристики сборочной единицы [1, с. 290].

К разделу «Детали» относятся оригинальные детали: валы, зубчатые колёса, втулки, стаканы и др., на которые разрабатываются рабочие чертежи. Запись производится в порядке возрастания кода классификационной характеристики детали: в пределах каждого класса-подкласса – группы-подгруппы [1, с. 290].

✓ в разделе «Стандартные изделия» указывают наименование изделий, их условные обозначения согласно ГОСТу. В пределах каждой категории ГОСТов запись производится по группам изделий, объединённых по их функциональному назначению, (например: крепёжные изделия, подшипники и т. п.); в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий (например: болт, винт, гайка, шпилька и т. п.); в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначения стандарта; в пределах каждого обозначения стандарта – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия (например: диаметра, длины и т. п.).

✓ в разделе «Прочие изделия» – наименование изделий и их условное обозначение.

✓ в разделе «Материалы» – условное обозначение материалов в соответствии с существующими ГОСТами или техническими условиями. В разделе «Материалы» при курсовом проектировании записывают смазочные материалы.

✓ в графе «Кол» (количество) указывают количество составных частей изделий:

✓ в разделе «Материалы» – общее количество материалов с указанием единиц величин (на одно изделие);

✓ в разделе «Документация» графу «Кол» не заполняют и прочерк не ставят.

В графе «Примечание» указывают дополнительные сведения для планирования и организации производства (например, для деталей, на которые составлены чертежи, – массу).

С целью упрощения хранения выполненных студентами проектов спецификации следует помещать в расчётно-пояснительную записку сразу же за приложениями, но в нумерацию страниц и содержание не включать.

Заглавный лист спецификации имеет основную надпись по форме 2, последующие листы имеют основную надпись по форме 2а (рис. 10.2).

Форма 2 - для первого листа
текстовых документов

(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(1)	(2)	(9)
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата			
Разраб							
Пров							
(10)	(11)	(12)	(13)				
Н контр							
Утв							

8 x 5 = 40

15

5

5

15

5

5

15

20

Форма 2а - для последующих листов
185 чертежей(схем) и текстовых документов

7	10	23	15	10	110	10
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(2)	Лист (7)
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		

3 x 5 = 15

7

8

Рисунок 10.2 – Основные надписи для текстовых документов

В графах основной надписи приводят:

1 – наименование изделия, без наименования документа, например «Привод драги» или «Редуктор двухступенчатый цилиндрический»;

2 – обозначение документа, в данном случае, спецификации, например: ДГМА. 303352. 036

Остальные графы основной надписи заполняются так же, как и в основных надписях для чертежей.

Каждому изделию присваивается обозначение, которое одновременно является обозначением его основного конструкторского документа (чертежа детали или спецификацией сборочной единицы).

При выполнении курсового проекта применяют рекомендованную ГОСТ 2.201-80 единую обезличенную классификационную систему обозначения изделий и их конструкторских документов. Данная система обозначения рекомендована для всех отраслей промышленности при разработке, изготовлении, эксплуатации и ремонте.

В общем виде условное обозначение имеет следующую структуру

XXXX.XXXXXX.XXX,

где XXXX – код организации разработчика, применительно к курсовому проекту это будет ДГМА.;

XXXXXX. – код классификационной характеристики деталей или сборочных единиц, которая определяется по классификатору ЕСКД [1, с. 388].

где XXX – порядковый регистрационный номер. В каждом курсовом проекте всем конструкторским документам присваивается один и тот же порядковый трёхзначный номер, который означает номер задания, например: 002 – задание (схема) 2 или 036 – задание (схема) 36.

Так составляется обозначение основного конструкторского документа – рабочего чертежа детали или спецификации сборочной единицы.

Например:

ДГМА.303115.006 – обозначение спецификации сборочного чертежа одноступенчатого цилиндрического редуктора, выполненного по 6-му заданию в Донбасской государственной машиностроительной академии;

ДГМА.303115.006 СБ – обозначение сборочного чертежа этого же одноступенчатого цилиндрического редуктора, выполненного по 6-му заданию в Донбасской государственной машиностроительной академии;

ДГМА.303115.006 ПЗ – обозначение пояснительной записки проекта одноступенчатого цилиндрического редуктора, выполненного по 6-му заданию в Донбасской государственной машиностроительной академии;

ДГМА.721422.006 – обозначение спецификации рабочего чертежа вала того же одноступенчатого цилиндрического редуктора, выполненного по 6-му заданию в Донбасской государственной машиностроительной академии.

В обозначениях сборочного чертежа и пояснительной записки помимо обозначения по единому классификатору присутствует код конструкторского документа.

Чертёж общего вида (код ВО) – это общий вид привода.

Сборочный чертёж (код СБ) – сборочный чертёж редуктора или коробки передач.

Для лучшего усвоения материала и для наглядности, рекомендуется ознакомиться с примерами спецификаций применительно к конкретным чертежам редукторов различного типа, которые показаны в работе [1, с. 268–273, с. 277–283].

Индивидуальная консультация

Преподаватель рассматривает работу каждого студента, даёт рекомендации и оценивает объем выполненной работы. Студенты подгруппы должны слушать преподавателя и спрашивать по неясным вопросам.

Задание на следующее занятие

1. Составляется спецификация на сборочный чертёж редуктор.
2. Оформляются разделы пояснительной записки по материалам РГР.

11 ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Цель: ознакомить студентов с порядком оформления пояснительной записки

Литература к занятию:

1. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

2. **Киркач, Н. Ф.** Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

3. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

4. Общие требования к выполнению графической части курсового проекта по дисциплинам «Детали машин», «Прикладная механика и основы проектирования» : методические указания для студентов механических специальностей вуза / сост. : И. В. Барановский, Л. П. Филимошкина. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 40 с.

5. Загальні вимоги до виконання графічної частини курсового проекту по дисциплінах «Деталі машин», «Прикладна механіка і основи проектування» : методичні вказівки для студентів механічних спеціальностей вузу / уклад. : І. В. Барановський, М. Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – 64 с.

6. Разработка чертежей деталей и сборочных единиц при курсовом и дипломном проектировании : справочное пособие для студентов технических специальностей / сост. : Л. П. Субботина, С. Г. Карнаух, Л. Н. Новицкая, А. В. Чумаченко. – Краматорск : ДГМА, 2003. – 144 с.

7. Оформление текстовых и графических документов : учебное пособие для студентов всех форм обучения / сост. : Я. Е. Пыц, Е. А. Еремкин. – Краматорск : ДГМА, 2011. – 80 с.

Организационная часть

Общая консультация 25 мин.

Индивидуальная консультация 58 мин.

Задание на следующее занятие 2 мин.

Пояснительная записка является типичным текстовым документом, содержащим в основном текст (классификация по ГОСТ 2.105-81), на который распространяются все требования стандарта ДСТУ 3008-95 "Документация. Отчёты в сфере науки и техники. Структура и правила оформления". Пояснительную записку условно можно разделить:

- 1) вводная часть;
- 2) основная часть;
- 3) приложения.

Вводная часть содержит следующие структурные элементы:

- титульный лист;
- задание на проектирование (календарный план);
- реферат;
- содержание.

Основная часть содержит следующие структурные элементы:

Введение.

Анализ конструкции привода.

Выбор электродвигателя. Кинематические расчёты.

Расчёты зубчатых и червячных передач.

Расчёты ременных передач.

Расчёты цепных передач.

Расчёты соединительных муфт.

Расчёты сцепных муфт.

Предварительные расчёты диаметров валов, проверочные расчёты валов на выносливость, статическую прочность и жёсткость.

Выбор подшипников, проверочный расчёт подшипников на долговечность.

Расчёты шпоночных и шлицевых соединений.

Расчёты основных размеров корпусных деталей (корпус, крышка и т. п.).

Технические условия на эксплуатацию.

Выводы

Перечень ссылок.

Титульный лист является первым листом документа и оформляется для всех текстовых документов. Титульный лист выполняется на листах формата А4 (210×297мм). Форма и содержание титульных листов текстовых документов регламентированы ГОСТ 2.105-95. Внешний вид титульного листа показан в приложении А. Переносы слов и их сокращение не допускаются. Точки в конце предложений не ставятся. Выделение предложений, отдельных слов в надписях на титульном листе разрешается только размером шрифта.

Пример **задания** на курсовое проектирование приведён в приложении Б.

Реферат предназначен для ознакомления с текстовым документом. Он должен быть кратким и информативным. Размещается сразу после задания на курсовое проектирование с новой страницы.

Реферат строится по следующей схеме:

- название (слово «РЕФЕРАТ»);

- сведения об объёме работы в листах чертежей и страницах записки, количестве иллюстраций, количестве таблиц и количестве использованных литературных источников;

- текст реферата;

- ключевые слова.

Название «РЕФЕРАТ» выполняется прописными буквами, шрифт Times New Roman размером 14 пт, обычный. Название центрируется по ширине листа, без отступа и без кавычек.

Сведения об объёме работы выполняются в одну строку, строчными буквами, через точку с запятой между частями, без точки в конце. Строка сведений центрируется по ширине листа, без отступа. Шрифт Times New Roman размером 14 пт, обычный.

Текст реферата объёмом 0,3 – 0,8 страницы должен отражать тему проекта (работы) и его основное содержание, в том числе перечень выполненных оригинальных разработок, расчётов и т. п. Текст реферата может содержать 2–4 абзаца. Выполняется шрифтом Times New Roman размером 14 пт, обычный, с красной строки, отступ 1,25 пт, центрируется по ширине листа, межстрочный интервал 1,0.

Ключевые слова – слова, существенные для раскрытия сути работы, размещаются после текста реферата, в строку, без отступа, прописными буквами в именительном падеже, через запятые. Переносы в словах не допускаются, точка в конце не ставится. Перечень ключевых слов включает 5–15 слов или словосочетаний.

Между верхней рамкой листа, названием, строкой сведений о работе и текстом реферата оставляется пустая строка или интервал в 12 пт. Между текстом реферата и ключевыми словами – две пустые строки или интервал в 24 пт.

Образец оформления реферата курсового проекта приведён в Приложении В.

Содержание. Текстовый документ должен иметь специальный лист (листы) «СОДЕРЖАНИЕ». Листы содержания помещаются в начале документа (после титульного листа, задания и реферата) и содержат последовательный перечень всех заголовков разделов, подразделов и пунктов документа, включая список библиографии и Приложения.

Первый лист содержания помещается на листе с основной надписью по форме 2 ГОСТ 2.104-95 (рис. 11.1).

Текстовая часть. Пояснительная записка (ПЗ) выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004-88 ЕСКД). Текст ПЗ печатается с количеством знаков в строке 60-75 и межстрочным интервалом, позволяющим разместить 40 ± 3 строк на странице. При компьютерном наборе печать производится **шрифтом 13-14 пунктов**. Высота строчных букв, не имеющих выступающих элементов, должна быть не менее 2 мм.

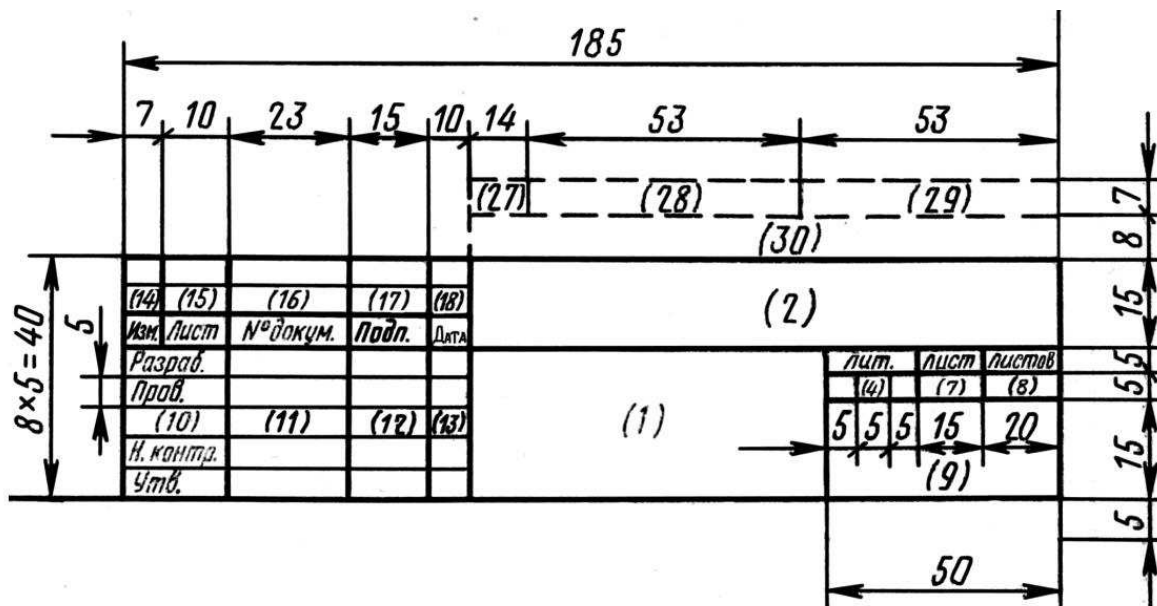


Рисунок 11.1 – Основная надпись для текстовых документов

Текст ПЗ следует размещать на листе, соблюдая следующие размеры полей: *левое* - не менее 30 мм, *правое* - не менее 10 мм, *верхнее* - не менее 15 мм, *нижнее* - не менее 20 мм.

В тексте ПЗ, за исключением формул, таблиц и рисунков, применять **не допускается**:

- математический знак минус (-) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»);
- знак «Ø» без числового значения для обозначения диаметра (следует писать слово «диаметр»);
- без числовых значений математические знаки, например > (больше), < (меньше), = (равно), ≥ (больше или равно), ≤ (меньше или равно), ≠ (не равно), а также знаки № (номер), % (процент).

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать в строку, например, 1/2".

Абзацы в тексте начинаются отступом, равным 10-13 мм.

Текст ПЗ делится на разделы, подразделы и пункты. Пункты, при необходимости, могут делиться на подпункты.

Разделы должны иметь заголовки. Подразделы могут иметь заголовки при необходимости. Пункты, как правило, заголовков не имеют.

Заголовки следует писать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчёркивая. Перенос слов в заголовках не допускается.

Расстояние между заголовком (за исключением заголовка пункта) и текстом должно составлять 2 строки. Если между двумя заголовками текст отсутствует, то расстояние между ними устанавливается в 1-2 строки. Расстояние между предшествующим текстом и новым заголовком рекомендуется делать несколько больше, чем между заголовком и последующим текстом.

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

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей записки, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделённых точкой. В конце номера подраздела точку не ставят. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов. Если раздел или подраздел имеет только один пункт или пункт имеет один подпункт, то нумеровать его не следует.

Если записка имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделённых точками.

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта.

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

Нумерация страниц. Все страницы текстового документа нумеруются. Нумерация страниц текстового документа выполняется сквозной, от титульного листа до последней страницы, включая задание, реферат, содержание, все иллюстрации, таблицы, расположенные внутри текста на отдельных листах, заключение, список литературы, а также приложения. Номер страницы ставится арабскими цифрами в соответствующей графе основной надписи листа. На бланке титульного листа, который является первой страницей, бланке задания и реферате номер страницы не ставится.

В текстовых документах реферативного содержания и научных работах и других документах, для которых рамка и основная надпись не предусмотрены, номер страницы ставится арабскими цифрами в правом нижнем углу каждого листа, кроме титульного.

Оформление иллюстраций. Все иллюстрации, помещённые в документ – фотографии, схемы, в том числе и блок-схемы, эскизы, чертежи, графики и т. д. – именуются рисунками. Рисунки могут быть черно-белыми или цветными. Они должны быть контрастными, чёткими и без разводов. Рисунки, полученные сканированием, должны быть отредактированы и соответствовать указанным требованиям.

Количество иллюстраций, помещаемых в документе, определяется его содержанием и должно быть достаточным для того, чтобы придать излагаемому тексту ясность и конкретность.

Рисунки нумеруются последовательно в пределах раздела арабскими цифрами. Номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера рисунка, разделённых точкой, например:

- ✓ Рисунок 3.1 – первый рисунок третьего раздела.
- ✓ Рисунок 5.21 – двадцать первый рисунок пятого раздела.

На каждый рисунок в тексте должна быть ссылка. При ссылке следует указать сокращённое наименование рисунка и его номер. Повторные ссылки следует давать с сокращённым словом «смотри», например:

- ✓ рис. 3.1.
- ✓ см. рис. 3.1.

Рисунки должны иметь заголовок, который помещается под рисунком в середине листа. Заголовок рисунка содержит наименование – слово «Рисунок» с номером, и тематическое название. Наименование и название разделяет тире. Если пояснения к рисунку в тексте документа исчерпывающие, допускается название не указывать. В этом случае тире не ставят, а в конце наименования, после номера, ставят точку.

Заголовок рисунка и подрисуночную подпись записывают строчными буквами, в середине листа. При этом первая буква в слове «Рисунок» и первая буква названия должны быть прописными.

В случае необходимости (если рисунок имеет позиции или выноски) его снабжают подрисуночной подписью, в которой следует расшифровать имеющиеся позиции. Подрисуночная надпись располагается под рисунком, перед заголовком, центруют по ширине листа.

Допускается расшифровку позиций, указанных на рисунке производить в тексте, сразу после ссылки на него. В этом случае подрисуночная надпись не указывается.

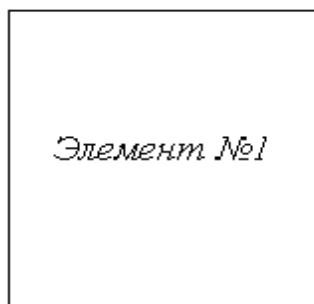
Расстояния между рисунком и предыдущим текстом, рисунком, подрисуночной надписью, заголовком рисунка и последующим текстом – 1 пустая строка (или 12 пт). При рукописном выполнении документа указанные интервалы должны быть не менее 10 мм.

Если иллюстрация содержит несколько элементов, их необходимо объединять в один рисунок (рис. 11.2).

Границы рисунков не должны выходить за поля текста.

Если рисунок не помещается на одной странице, его можно переносить на следующие, размещая название на первой странице, поясняющие данные – на каждой, и на каждой последующей странице отмечают:

- ✓ Рисунок**, лист**.



а)



б)

а – ПМГИ 89/32; б – ПМГИ 1600/15

Рисунок 11.2 – Схемы новых кузнечнопрессовых машин на основе гидроупругих и клиношарнирных механизмов

Оформление таблиц в ПЗ делают по ГОСТ 2.105-95.

Таблицы применяют для наглядности и удобства сравнения показателей. Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц в соответствии с рис. 11.3.

Таблица 11.1 - Пример оформления таблицы

Головка						Заголовки граф подзаголовки граф строки (горизонтальные строки)
Боковик (графа для заголовков)		графы (колонки)				

Рисунок 11.3 – Оформление таблицы

Название таблицы, при его наличии, должно отражать её содержание, быть точным, кратким. При переносе части таблицы на другие страницы название помещают только над первой частью.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела.

На все таблицы должны быть даны ссылки в тексте ПЗ, при ссылке слово «таблица» не сокращается.

Таблицу помещают под текстом, в котором впервые дана на неё ссылка, или на следующей странице, а при необходимости – в приложении к записке.

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 ниже, после слова «где». Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле.

В тексте формулы следует располагать непосредственно после текста, в котором о них упоминается, с интервалом в одну пустую строку или 12 пт от предыдущего и последующего текста. Формулы следует размещать отдельной строкой, в центре строки, и отделять от верхней и нижней границы текста свободной строкой. Допускается размещать в одной строке несколько несложных формул с разделением их точкой с запятой.

Формулы в текстовом документе нумеруются в случае необходимости, если в тексте на них есть ссылка. Формулы нумеруются в пределах раздела арабскими цифрами. Номер формулы должен состоять из номера раздела и порядкового номера формулы, разделённых точкой, например:

✓ (3.1) – первая формула третьего раздела.

Номер формулы следует брать в круглые скобки. Он проставляется с правой стороны листа, на уровне нижней строки формулы, к которой относится.

При выполнении текста на компьютере написания формул следует использовать редактор формул Microsoft Equation, одинаково по всему тексту. Шрифт написания формул такой же, как и у основного текста.

Формулы, следующие одна за другой, разделяют запятой. Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причём знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак “×”.

Ссылки на литературные источники указываются порядковым номером (по списку источников), выделенным квадратными скобками. *Пример:* [3].

При ссылке на иллюстрации следует писать «в соответствии с рисунком 3».

Ссылки на таблицы указываются порядковым номером таблицы. *Пример:* в таблице 1.2.

Ссылки на формулы указываются порядковым номером формулы в круглых скобках. *Пример:* по формуле (3.1).

В повторных ссылках на иллюстрации и таблицы указывается сокращенно слово «смотри». *Пример:* см. таблицу 1.3.

Список использованных источников должен содержать перечень источников, использованных при выполнении курсового или дипломного проекта. Источники располагаются в порядке появления ссылок в тексте.

Пример:

Книги

1 автор

Либенсон, Г. А. Производство спеченных изделий : учебник для техникумов / Г. А. Либенсон. – М. : Металлургия, 1982. – 256 с. – ISBN 000-000-000-000-0.

1–3 автора, с указанием переиздания

Ермаков, С. С. Порошковые стали и изделия / С. С. Ермаков, Н. Ф. Вязников. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1990. – 319 с. : ил. – ISBN 000-000-000-000-0.

1–3 автора, многотомное издание, отдельный том

с указанием названия тома (части)

Либенсон, Г. А. Процессы порошковой металлургии : учебник для вузов. В 2 т. Т. 1 : Производство металлических порошков / Г. А. Либенсон, В. Ю. Лопатин, Г. В. Комарницкий. – М. : МИСИС, 2001. – 368 с. – ISBN 000-000-000-000-0.

без указания названия тома (части)

Гиппиус, З. Н. Сочинения : в 2 т. / Зинаида Гиппиус. – М. : Лаком-книга : Габестро, 2001. – 2 т. – (Золотая проза Серебряного века). – ISBN 5-85647-056-7 (в пер.).

Авторов – больше 3

Порошковая металлургия и напылённые покрытия : учебник для вузов / В. Н. Анциферов [и др.]. (или указываются все авторы) – М. : Металлургия, 1987. – 792 с. : ил. – ISBN 000-000-000-000-0.

12 ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Цель: ознакомить студентов с порядком защиты курсового проекта

Литература к занятию:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

2. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

3. **Киркач, Н. Ф.** Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

4. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

5. Общие требования к выполнению графической части курсового проекта по дисциплинам «Детали машин», «Прикладная механика и основы проектирования» : методические указания для студентов механических специальностей вуза / сост. : И. В. Барановский, Л. П. Филимошкина. – Краматорск : ДГМА, 2008. – 40 с.

6. Загальні вимоги до виконання графічної частини курсового проекту по дисциплінах «Деталі машин», «Прикладна механіка і основи проектування» : методичні вказівки для студентів механічних спеціальностей вузу / уклад. : І. В. Барановський, М. Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – 64 с.

7. Разработка чертежей деталей и сборочных единиц при курсовом и дипломном проектировании : справочное пособие для студентов технических специальностей / сост. : Л. П. Субботина, С. Г. Карнаух, Л. Н. Новицкая, А. В. Чумаченко. – Краматорск : ДГМА, 2003. – 144 с.

Организационная часть

Общая консультация 25 мин.

Индивидуальная консультация 58 мин.

Задание на следующее занятие 2 мин.

Курсовой проект представляется и защищается в сроки, предусмотренные графиком выполнения курсовых проектов по дисциплине.

Курсовой проект должен быть сдан преподавателю - руководителю не позднее, чем за пять дней до назначенного срока защиты.

Положительно оцененный руководителем курсовой проект подлежит защите. Защита курсовых проектов может проходить в индивидуальной и открытой форме, когда защита осуществляется перед комиссией, которая определяет уровень теоретических знаний и практических умений студента, соответствие работы предъявляемым к ней требованиям. Комиссия по открытой защите курсовых работ состоит из двух – трех преподавателей, один из которых руководитель курсовой работы.

Критерии оценки курсовой работы

Анализ результатов курсового проектирования проводится по следующим критериям:

1. Навыки самостоятельной работы с материалами, по их обработке, анализу и структурированию.
2. Умение правильно применять методы исследования.
3. Умение грамотно интерпретировать полученные результаты.
4. Способность осуществлять необходимые расчёты, получать результаты и грамотно излагать их в отчётной документации.
5. Умение выявить проблему, предложить способы ее разрешения, умение делать выводы.
6. Умение оформить итоговый отчёт в соответствии со стандартными требованиями.
7. Умение защищать результаты своей работы, грамотное построение речи, использование при выступлении специальных терминов.
8. Способность кратко и наглядно изложить результаты работы.
9. Уровень самостоятельности, творческой активности и оригинальности при выполнении работы.

Оценка **«отлично»** ставится студенту, который в срок, в полном объёме и на высоком уровне выполнил курсовой проект. При защите и написании работы студент продемонстрировал вышеперечисленные навыки и умения. Тема, заявленная в работе раскрыта, раскрыта полностью, все выводы студента подтверждены материалами исследования и расчётами. Отчёт подготовлен в соответствии с предъявляемыми требованиями. Отзыв руководителя положительный.

Оценка **«хорошо»** ставится студенту, который выполнил курсовую работу, но с незначительными замечаниями, был менее самостоятелен и инициативен. Тема работы раскрыта, но выводы носят поверхностный характер, практические материалы обработаны не полностью. Отзыв руководителя положительный.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится студенту, который допускал просчёты и ошибки в работе, не полностью раскрыл заявленную тему, де-

лал поверхностные выводы, слабо продемонстрировал аналитические способности и навыки работы с теоретическими источниками. Отзыв руководителя с замечаниями.

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится студенту, который не выполнил курсовую работу, либо выполнил с грубыми нарушениями требований, не раскрыл заявленную тему, не выполнил практической части работы.

В случае неудовлетворительной оценки курсовая работа возвращается студенту на доработку с условием последующей защиты в течение установленного учебной частью срока.

Вопросы для подготовки к защите курсового проекта по дисциплине «Детали машин»

Общий вид изделия (обычно привод с промежуточным механизмом типа редуктор или коробка скоростей).

1. Что такое привод. Основные типы приводов. Типовая схема индивидуального привода с электродвигателем. Назначение составных частей.

2. Принципы выбора электродвигателя для привода. Преимущества и недостатки асинхронных электродвигателей, их маркировка, конструктивное исполнение. Как выбирается электродвигатель из каталога при проектировании приводов.

3. Выбор момента (мощности) для расчёта привода. Понятие номинальный момент, расчётный момент (мощность), максимальный момент (мощность).

4. Режим нагружения привода, учёт режима нагружения при выборе расчётного момента (мощности).

5. Потери мощности в приводе. КПД отдельных передач, механизма в целом. Учёт КПД при выборе расчётного момента (мощности).

6. Что такое надфундаментная плита или рама, её назначение, выбор основных размеров (длина, ширина, высота). Сравнительные достоинства недостатки литых плит и сварных рам.

7. Как назначаются основные размеры лёгких фундаментов. Технология изготовления лёгкого фундамента (материал, тело фундамента, фундаментные колодцы, подливка фундамента и т. п.)

8. Фундаментные болты, их назначение, конструктивные разновидности, расчёт или назначение основных размеров, способы закрепления в лёгких фундаментах.

9. Основные требования, предъявляемые к муфтам, используемым для соединения электродвигателя с приёмным валом промежуточного механизма. Типы муфт, которые могут быть применены в этом случае.

10. Какие передачи применяются для соединения электродвигателя с приёмным валом промежуточного механизма, сравнительные достоинства и недостатки каждой из них.

11. Способы создания предварительного натяжения в ременных (цепных) передачах. Из каких соображений был принят тот способ, который изображён на чертеже.

12. Способы соединения выходного вала промежуточного механизма с приёмным валом технологической машины. Сравнительные достоинства и недостатки муфт и промежуточных передач.

13. Типы муфт, используемых для соединения выходного вала промежуточного механизма с приёмным валом технологической машины. Из каких соображений принята та муфта, которая изображена на чертеже.

14. Какие усилия действуют на валы в случае применения на входе или выходе промежуточного механизма, соединительных передач. От чего эти усилия зависят, как определяются и учитываются при расчётах валов, подшипников.

15. Какие устройства применены в рассматриваемом приводе для обеспечения полной безопасности при работе около него людей. Какие обстоятельства обеспечивают удобство его обслуживания.

16. Объясните заполнение граф основной надписи (углового штампа) на рассматриваемом чертеже.

17. Что записано в инструкции (в соответствующем разделе пояснительной записки) по наладке и эксплуатации спроектированного изделия и почему.

Технический проект промежуточного механизма

1. Что такое «сборочный чертёж»? Что такое «технический проект сборочной единицы»? В чем различие этих конструкторских документов? Каким требованиям должны они отвечать?

2. Что такое «спецификация»? Для чего и как составляется спецификация сборочной единицы. Содержание, порядок составления.

3. Из каких соображений в редукторах и коробках скоростей разбивается суммарное передаточное число между ступенями редуцирования. Каким условиям должны отвечать назначенные передаточные числа во всех кинематических парах.

4. Сравнительные достоинства и недостатки передач прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колёсами? Чем объяснить наличие в рассматриваемом проекте тех или иных типов зубчатых передач.

5. Критерии работоспособности передач зубчатыми колёсами. По каким из критериев был произведён предварительный расчёт передачи, почему? В чем состоит проверочный расчёт передач зубчатыми колёсами.

6. Из каких соображений назначается материал для зубчатых колёс. Распространённые для этих деталей виды термической и термохимической обработки.

7. Рекомендации относительно взаимного расположения деталей в механизмах типа редукторов и коробок скоростей.

8. Сравнительные достоинства и недостатки конструкторских схем передач с совмещёнными и разделёнными шевронами.

9. В многоступенчатых редукторах на входном и выходном валах зубчатые колеса конструктивно смещены к одной из опор. К какой из опор следует их смещать, в каких случаях, объясните почему.

10. Если на промежуточном валу два цилиндрических косозубых зубчатых колеса, то должны ли они иметь одинаковое или разное направление наклона зубьев?

11. При двухступенчатом редуцировании возможны схемы с последовательным размещением валов и с соосным размещением входного и выходного вала. В чем конструктивные достоинства и недостатки каждой из схем?

12. Конструктивные формы цилиндрических зубчатых колёс. Связать их с размерами и масштабом выпуска, дать разъяснения относительно зубчатых колёс в рассматриваемом проекте.

13. Если в механизме несколько валов, на каком из них целесообразно размещать сцепную муфту, почему?

14. Какой тип сцепной муфты применён в рассматриваемом проекте, в чем достоинства и недостатки применённой муфты, в каком состоянии изображена муфта (замкнутое, разомкнутое).

15. Взаимодействие деталей при включении и выключении сцепной муфты. Во включённой муфте, через какие детали и как передаётся крутящий момент, критерии работоспособности каждой из этих работающих деталей.

16. Какие меры приняты для обеспечения смазки муфты («масляные» фрикционные дисковые муфты) и, наоборот, для изоляции ее от попадания смазки («сухие» фрикционные дисковые муфты).

17. Назначение механизма сжатия дисков в дисковых фрикционных сцепных муфтах. Какие типы этого механизма возможны кроме применённого на чертеже, сравнительные достоинства и недостатки каждого типа.

18. Распространённые конструктивные схемы управления сцепными муфтами (блочными зубчатыми колёсами), их сравнительные достоинства и недостатки.

19. Способы блокирования, фиксирования, ограничения хода в механических системах управления сцепными муфтами или блочными зубчатыми колёсами.

20. Особенности конструкции передач коническими зубчатыми колёсами. Устройства, предназначенные для обеспечения возможности регулирования зацепления конических зубчатых колёс при сборке, как предполагается регулировать зацепление в рассматриваемом проекте.

21. Специфические особенности работы червячной передачи, критерии ее работоспособности, как они учтены в расчётах (предварительном, проверочном).

22. Из каких соображений назначается материал деталей червячной передачи (червяк, венец червячного колеса).

23. Типы червяков. Какой тип червяка применён в рассматриваемом проекте, почему?

24. Конструктивные формы червячных валов. Из каких соображений принята конструкция, изображённая в рассматриваемом проекте.

25. Типичные конструктивные формы червячных колёс. Способы закрепления бронзовых венцов на чугунных или стальных центрах.

26. Устройства для регулирования в червячных передачах. Как предполагается осуществлять регулирование зацепления в рассматриваемом проекте.

27. Сравнительные достоинства и недостатки опор валов на подшипниках скольжения и подшипниках качения. Почему в рассматриваемом проекте применены подшипники качения.

28. Критерии работоспособности подшипников качения. Принцип подбора подшипников и проверка их работоспособности. Учёт факторов, влияющих на работоспособность подшипников, выбор расчётного срока службы.

29. Схемы осуществления осевого фиксирования валов в опорах на подшипниках качения. Сравнительные достоинства и недостатки каждой из схем. Обосновать, почему в рассматриваемом проекте применена та или иная схема.

30. Типы подшипников качения, их сравнительная характеристика. Обосновать применение подшипника определённого типа в каждой из опор валов рассматриваемого проекта.

31. Схемы опор валов, на которых закреплены цилиндрические прямозубые, цилиндрические косозубые, цилиндрические шевронные, конические зубчатые колеса, червяки, червячные колеса.

32. Какой вал (или валы) в редукторах с шевронными передачами следует выполнять «плавающим» и как это практически осуществляется в опорах.

33. Сравнительные достоинства и недостатки конструктивных схем осевого фиксирования вала в двух опорах типа «в распор» и в «растяжку».

34. Конструктивные разновидности опор с подшипниками качения для осевого фиксирования вала в одной опоре (с одним подшипником, с двумя подшипниками).

35. Конструктивные разновидности «плавающей» опоры, не фиксирующей положение вала в осевом направлении.

36. Конструкции и способы регулирования осевого зазора в радиально-упорных подшипниках, если они используются в опорах вала.

37. Конструкции закрепления внутреннего кольца подшипников на валах.

38. Конструкции закрепления в отверстиях корпусов наружных колец подшипников

39. Конструктивное оформление посадочного места под подшипник качения на валах и в корпусах.

40. Крышки, закрывающие расточенные отверстия в корпусах для размещения подшипников качения (глухие, проходные, закладные), способы закрепления.

41. Стаканы в опорах с подшипниками качения: Назначение, основные варианты конструкций, конструктивное оформление.

42. Особенности конструкции опор валов на подшипниках качения, размещённых в разных корпусах.

43. Посадки элементов подшипников качения на валах и в корпусах (принцип выбора, распространённые посадки, обозначение посадок на чертеже, анализ посадок, назначенных в рассматриваемом проекте).

44. Закрепление деталей передач круговращательного движения на валах от осевых смещений. Проанализировать все устройства, применённые в рассматриваемом проекте. Способы регулирования осевого положения деталей на валах.

45. Общие требования к размерам ступиц деталей передач круговращательного движения. Связать назначенные размеры с диаметром вала, диаметром и шириной детали, назначенной посадкой в соединении.

46. Основные критерии работоспособности валов и осей. По какому критерию выполнялись предварительные расчёты, почему. В чем состоят проверочные расчёты. Чем руководствовался проектант, назначая материал вала.

47. Основные требования к конструкции валов и осей. Проанализировать конструкцию всех валов в рассматриваемом проекте.

48. Уплотнения в конструкциях опор с проходными валами. Наиболее распространённые типы уплотнений, сравнительная характеристика их достоинств и недостатков.

49. Принципы назначения посадок в основных соединениях деталей редукторов и коробок скоростей.

50. Порядок разборки, сборки, настройки любого узла в рассматриваемом проекте.

51. Способы смазки трущихся деталей в машинах и механизмах. Анализ способа, применённого в рассматриваемом проекте.

52. Из каких соображений выбирается марка жидкого масла при картерной смазке, расчёты потребного количества масла.

53. Уровень масляной ванны по отношению к различным деталям передач при картерной смазке.

54. Особенности конструкции опор валов на подшипниках качения, смазываемых жидким маслом из картера и густыми мазями.

55. Конструкция маслоуказателей, устройство и принцип действия маслоуказателя, применённого в рассматриваемом проекте.

56. Устройства для залива и слива масла, отдушины.

Рабочие чертежи деталей передач

1. Что такое «рабочий чертёж», каким требованиям он должен отвечать.

2. Перечислить, какие сведения о детали должны быть приведены на рабочем чертеже, почему, в каком виде эти сведения приводятся или могут

быть приведены на чертеже (при ответе следует в качестве примеров ссылаться на свои чертежи).

3. Какими соображениями руководствовался проектант, расставляя размеры на рабочих чертежах.

4. Что принято называть «свободными размерами», «цепными размерами», «сопряжёнными размерами». Проанализировать с этих позиций выполненные чертежи.

5. Как изображаются на чертежах валов шпоночные канавки, какие размеры необходимо указать с точки зрения технологичности их изготовления и контроля.

6. Когда размеры и их отклонения шлицевого профиля на валах и в отверстиях могут быть даны одной комплексной записью (расшифровать содержание) и когда должны быть даны поэлементно.

7. Для чего на валах делают технологические проточки, как показывается их форма и размеры.

8. Какая резьба нарезается на валах, почему? Как конструктивно оформляется окончание (выход) резьбы, какие при этом ставятся размеры.

9. Когда и как показываются на чертежах валов центровые отверстия.

10. Как показывается форма шпоночного паза в отверстии и какие размеры при этом ставятся.

11. Какие размеры оговариваются стандартом на чертежах деталей передач зацеплением и почему?

12. Какие существуют способы указания допускаемых отклонений размеров. Проиллюстрировать сказанное примерами из выполненных рабочих чертежей.

13. На рабочих чертежах деталей передач зацеплением стандарт предусматривает сводную таблицу данных. Какие сведения в нее должны быть записаны, когда и почему?

14. Как на рабочих чертежах деталей указываются допускаемые отклонения формы. Привести типичные примеры из выполненных чертежей, расшифровать условные обозначения.

15. Какими знаками и как на рабочих чертежах указывают класс чистоты обрабатываемых поверхностей, из каких соображений он назначается. Проиллюстрировать примерами из выполненных чертежей.

16. Какие надписи разрешается делать на рабочем чертеже, где они размещаются. Привести примеры.

17. Форма и содержание надписи, касающейся термической или термохимической обработки детали. Привести примеры из выполненных чертежей.

Приложение А
Титульный лист

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія

(повне найменування вищого навчального закладу)

Основи проектування машин

(повна назва кафедри)

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

з дисципліни: Деталі машин
(назва дисципліни)

на тему: _____

Студента (ки) _____ курсу _____ групи
напряму підготовки _____
спеціальності _____

(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____

Оцінка: ECTS _____

Члени комісії _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Краматорськ – 20 __рік

Приложение Б
Форма бланка задания на курсовое проектирование

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия
Кафедра «Основы проектирования машин»

ЗАДАНИЕ №_____

ФИО студента _____
Группа _____
Дата выдачи задания _____
Тема «_____»

Схема механизма и исходные данные для проектирования

Режим нагружения

*Место для
кинематической схемы*

Частота вращения	Время работы в часах с использованием мощности					
	t_1	P_1	t_2	P_2	t_3	P_3
n_1						
n_2						
n_3						

Исполнение передаточного механизма	
Положение выходного вала	
Положение червяка	
Серийность производства	
Режим работы	

№	T, Нм	$n, \text{мин}^{-1}$	$n_c, \text{мин}^{-1}$	Тип передачи или соединительной муфты на входном валу	U	Тип передачи или соединительной муфты на выходном валу	U	S	Место установки передаточного механизма

Срок проектирования с _____ февраля 201__ г.
по _____ июнь 201__ г.
Руководитель проекта _____

Приложение В

Пример составления реферата

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка к курсовому проекту по дисциплине «Детали машин» содержит: 47 с., 4 табл., 5 рис., 5 источников.

Объект исследования – привод к галтовочному барабану.

Цель работы – спроектировать редуктор привода к галтовочному барабану с высокими технико-экономическими показателями. Основные технико-эксплуатационные характеристики привода приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Техничко-экономические характеристики привода

Показатель	Значение
Электродвигатель:	
• тип	4A160S4
• мощность	15 кВт
• частота вращения вала	1465 мин ⁻¹
Частота выходного вала	115 мин ⁻¹
Масса редуктора	120 кг
Габариты редуктора с электродвигателем	700×1200×500 мм
Способ смазки передач и подшипников качения	Окунанием и разбрызгиванием
Сорт масла	И-50
Объем масла	5 л
Периодичность смены смазки	6 месяцев
Срок службы редуктора	15000 ч

В курсовом проекте проведены расчёты входных данных для проектирования привода: передаточных чисел, частот вращения, мощностей, вращающих моментов для всех валов редуктора (коробки скоростей). Проведены проектировочные и проверочные расчёты передач, валов, подшипников, муфт, шпоночных соединений, группового болтового соединения. Подобраны стандартные детали и смазка. Описана конструкция редуктора (коробки скоростей).

Графическая часть курсового проекта состоит из чертежа общего вида привода (1 л. ф. А1), сборочного чертежа редуктора (коробки скоростей) в трёх проекциях (2 л. ф. А1) и рабочего чертежа корпусной детали (1 л. ф. А1). Все чертежи сопровождаются необходимыми техническими требованиями и спецификациями.

ГАЛТОВОЧНЫЙ БАРАБАН, ПРИВОД, ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ, МУФТА, ПОДШИПНИК, ВАЛ, ШЕСТЕРНЯ, КОЛЕСО ЗУБЧАТОЕ

					ДГМА.303341.000ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		2

Приложение Г
Пример заполнения содержания к пояснительной записке

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ4

1 АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА.....5

2 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ7

3 КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ8

4 РАСЧЕТЫ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ.....9

4.1 Расчёт косозубой цилиндрической передачи 1-2.....9

4.2 Расчёт прямозубой цилиндрической передачи 3-412

5 РАСЧЕТ ПЕРЕДАЧ ГИБКОЙ СВЯЗЬЮ14

5.1 Расчёт клиноременной передачи.....14

5.2 Расчёт цепной передачи16

6 РАСЧЕТ ВАЛОВ19

6.1 Проектировочный расчёт валов19

6.2 Проверочный расчёт валов на выносливость21

6.2.1 Расчёт входного вала.....21

6.2.2 Расчёт промежуточного вала.....24

6.2.3 Расчёт выходного вала26

6.3 Расчёт вала на жёсткость28

7 ВЫБОР И РАСЧЕТ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ30

7.1 Расчёт подшипников входного вала30

7.2 Расчёт подшипников промежуточного вала31

7.3 Расчёт подшипников выходного вала32

8 ВЫБОР И РАСЧЕТ МУФТ.....33

9 ВЫБОР И РАСЧЕТ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ34

10 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ КОРПУСА РЕДУКТОРА36

11 ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ38

ВЫВОДЫ.....40

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК41

Изм

Лист

№ докум.

Подп.

Дата

Разраб.

Иванов И.И.

Пров.

Карнаух С.Г.

Н.контр.

Карнаух С.Г.

Утв.

Карнаух С.Г.

ДГМА.303341.000ПЗ

Привод к галтовочному барабану

Лит.

Лист

Листов

2

34

гр. ПТМ99-1

Приложение Д
Пример заполнения раздела "Введение"

ВВЕДЕНИЕ

В данном курсовом проекте производится расчёт привода к галтовочному барабану. Основными требованиями, предъявляемыми к машине, являются: высокая производительность, надёжность, технологичность, ремонтпригодность, минимальные габариты и масса, удобство эксплуатации, экономичность, техническая эстетика. Все эти требования учитываются в процессе проектирования и конструирования. В ходе работы над проектом делается анализ назначения и условий, в которых находится каждая проектируемая деталь и выбирается более рациональное конструктивное решение с учётом монтажных, эксплуатационных и экономических требований. При проектировании производятся кинематические расчёты, определяются силы, действующие на звенья, производятся расчёты конструкций на прочность, решаются вопросы, связанные с выбором материала и наиболее технологичных форм деталей. Так же продумывается вопрос сборки и разборки узлов и машины в целом. Вся работа выполняется в соответствии с действующими стандартами и нормами.

					ДГМА.303341.000ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		5

Приложение К
Пример заполнения раздела "Выводы"

ВЫВОДЫ

В ходе выполнения курсовой работы с учётом служебного назначения спроектирован привод к галтовочному барабану, составлены и обоснованы технические требования, предъявляемые к точности изготовления основных деталей и соединений цилиндрического редуктора. Выполнены прочностные расчёты зубчатой, цепной и клиноременной передач, проверены подшипники на долговечность.

Разработаны сборочный чертёж редуктора, рабочие чертежи корпуса, общий вид привода. К недостаткам разработанного привода можно отнести: излишний запас прочности по валам и подшипникам и, как следствие, повышенную металлоёмкость. Ряд стандартных деталей редуктора можно было унифицировать. Например, принять одинаковые болты М12, скрепляющие основание корпуса и крышку. С учётом увеличенного диаметра входного вала редуктора с целью использования стандартной муфты целесообразно было бы применить одинаковые радиальные шарикоподшипники для опор всех валов редуктора.

					ДГМА.303341.000ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		5

Навчальне видання

ДЕТАЛІ МАШИН

**Методичні вказівки
до самостійної роботи
при виконанні курсового проекту**

для студентів технічних спеціальностей усіх форм навчання

(Російською мовою)

Укладачі: ТАРОВИК Микола Георгійович,
КАРНАУХ Сергій Григорович

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання Я. О. Бершацька

115/2016. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 5,12. Обл.-вид. арк. 5,73.

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК №1633 від 24.12.2003