

МІНІСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ГОРНЫЙ КОЛЛЕДЖ
ГОСУДАРСТВЕННОГО ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ
«КРИВОРОЖСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

**для выполнения
практических работ по дисциплине
«Детали машин»**

2017

ВВЕДЕНИЕ

Перед машиностроением, основой технического перевооружения всех отраслей народного хозяйства страны поставлены задачи: улучшить качество выпускаемых машин и приборов, повысить их технический уровень, производительность, надежность и безопасность в эксплуатации. Причем особое внимание должно быть уделено разработке и внедрению оборудования для принципиально новых технологических процессов.

При подготовке высококвалифицированных специалистов, способных активно участвовать в решении этих задач, важное значение имеет дисциплина «Детали машин». Изучение дисциплины идет на основе современных понятий и представлений о механике конструкционных материалов, надежности, системах автоматизированного проектирования и дает сведения об устройстве, области применения, основ проектирования деталей и сборочных единиц машин и механизмов.

В учебном процессе среднего специального учебного заведения выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторную и внеаудиторную. Аудиторная самостоятельная работа – важнейшее звено в концепции индивидуализации обучения является логическим продолжением аудиторных занятий. В данном методическом пособии самостоятельная работа студентов заключается в выполнении практических и расчетно-графических работ, составлении кроссвордов, выполнении рефератов, изучении вопросов тем дисциплины.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- а) систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- б) углубления и расширения теоретических знаний;
- в) формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- г) развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- д) формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- е) развития исследовательских умений.

Методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов содержит:

- общие методические указания;
- тематический план, где расписано распределение аудиторного учебного времени и времени на внеаудиторную самостоятельную работу по темам дисциплины;
- примерное содержание практических, внеаудиторных самостоятельных и лабораторных работ с требованиями к уровню подготовки студентов (иметь представление, знать, уметь);

- расчетные формулы;
- методика решения задач;
- задания для самостоятельной работы;
- вопросы для самопроверки;
- тестовые задания;
- задания расчетно – графических работ;
- список рекомендуемой литературы.

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1.1. В примерный тематический план дисциплины «Детали машин» включены 15 тем (смотри таблицу 1). По этим темам рекомендуются следующие виды заданий для самостоятельной работы:

а) для овладения знаниями: чтение текста, конспектирование текста, работа со справочниками, использование компьютерной техники и Интернета и др;

б) для закрепления и систематизации знаний: составление тематических кроссвордов, ответы на контрольные вопросы, тестирование;

в) для формирования умений: решение вариативных задач, выполнение расчетно – графических работ и др.

Предлагаемые задания вызывают у каждого студента чувство личной ответственности, так как их деятельность проверяется и оценивается. После проверки расчетно - графических работ, кроссвордов и тестирования в журнале выставляются оценки с учетом своевременности сдачи работы.

Продуманное и целесообразное использование видов заданий для организации самостоятельной работы студентов не создает перегрузку, а наоборот, вызывает у студентов повышенный интерес к изучаемой дисциплине, помогает усвоению и закреплению учебного материала. Виды заданий для самостоятельной работы, их содержание могут иметь дифференцированный характер, учитывая индивидуальные особенности студентов.

1.2. При работе с учебником рекомендуется следующая последовательность изучения материала:

- ознакомиться с заданием самостоятельной работы;
- изучить теоретический материал вопроса;
- записать аккуратно в конспект основные определения, доказательства, правила и формулы, сопровождая выписки схемами и рисунками. Конспект поможет в подготовке к теоретической части экзамена;
- в целях закрепления теоретического материала и приобретения навыков в пользовании расчетными формулами, уравнениями законов и теорем, необходимо разобрать примеры и задачи, помещенные в учебнике, и решить задачи из сборников задач по соответствующему разделу.

При изучении теоретического материала студенты могут использовать Интернет.

1.3. При составлении кроссворда необходимо использовать термины и понятия соответствующей темы. Кроссворд составляется в произвольной форме, оформляется на отдельном листе формата А 4 и должен содержать не менее 10 слов.

1.4. Используя компьютерную технику, студенты могут оформить тематические кроссворды и расчетно - графические работы. Расчетно-графическая работа состоит из графической и текстовой частей. Текстовую часть работы следует выполнять на листах формата А4 в соответствии с требованиями к текстовым документам по ГОСТ 2.105 - 95. Графическую часть можно оформить на листах текстовой части или отдельно на миллиметровой бумаге.

1.5. Изучив и законспектировав теоретический материал той или иной темы, решив задачу расчетно – графической работы и т.д., студент должен проверить себя. Опыт прочного усвоения материала темы показывает, что самопроверку проводить необходимо. Для этого в каждом задании помещены вопросы для самопроверки. На них следует отвечать по порядку, не пропуская ни одного. Прочитав вопрос надо дать на него полный исчерпывающий ответ, не пользуясь при этом ни конспектом, ни учебником. Желание обратиться к учебнику или конспекту показывает недостаточное усвоение материала темы.

1.6. При оформлении работ соблюдать следующие требования:

а) работы надо выполнять аккуратным почерком с интервалами между строками;

б) тексты условий задач переписывать обязательно, схемы к задачам должны быть выполнены четко;

в) решение задачи делить на пункты. Каждый пункт должен иметь подзаголовок с указанием, что и как определяется, по каким формулам или на основе каких теорем, законов, правил, методов;

г) преобразования формул, уравнений в ходе решения производить в общем виде, а уже затем подставлять числовые значения исходных величин и вычислить результат. Порядок подстановки числовых значений должен соответствовать порядку расположения в формуле буквенных обозначений этих величин;

д) при решении задач применять только Международную систему единиц (СИ), а также кратные и дольные от них. Для обозначения основных общетехнических величин использовать только стандартные символы (обозначения);

е) тщательно проверить правильность всех вычислений, обратив особое внимание на соблюдение правильности размерностей, подставляемых в формулу значений, оценить правдоподобность полученного ответа.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

Тема: Общие сведения о передачах

После выполнения практической работы студент должен:

- *знать* общие понятия и определения механических передач; классификацию и область применения механических передач; условные обозначения механических передач по ГОСТ 2.770 - 68; основные кинематические и силовые соотношения в передаточных механизмах; формулы для определения передаточного отношения и коэффициента полезного действия (к.п.д.) многоступенчатой передачи;

- *уметь* производить кинематический и силовой расчеты в многоступенчатых передачах, работать со справочной литературой, стандартами и вычислительной техникой.

1. Тестовый контроль

а) назначение механических передач?

- 1) вырабатывать энергию;
- 2) воспринимать энергию;
- 3) затрачивать энергию на преодоление внешних сил, непосредственно связанных с процессом производства;
- 4) преобразовать скорость, вращающий момент, направление вращения.

б) как классифицируют зубчатую передачу по принципу передачи движения?

- 1) трением;
- 2) зацеплением;
- 3) передача с гибкой связью.

в) какое из приведенных отношений называют передаточным числом одноступенчатой передачи?

$$1) \frac{n_2}{n_1}; \quad 2) \frac{n_1}{n_2}; \quad 3) \frac{D_1}{D_2}.$$

г) передаточное число больше единицы. Как называется передача?

- 1) понижающая; 2) повышающая.

д) определить общее передаточное число трехступенчатой передачи:

$D_1=200$ мм, $D_2=50$ мм, $D_3=70$ мм, $D_4=350$ мм, $D_5=100$ мм, $D_6=400$ мм.

$$1) u_{общ} = 1; \quad 2) u_{общ} = \frac{1}{5}; \quad 3) u_{общ} = 5; \quad 4) u_{общ} = 9,25; \quad 5) u_{общ} = 4,45.$$

е) как определяется передаточное число и коэффициент полезного действия многоступенчатой передачи при последовательном соединении нескольких одноступенчатых передач?

$$1) u_{общ} = u_1 + u_2 + \dots + u_n; \quad \eta_{общ} = \eta_1 + \eta_2 + \dots + \eta_n;$$

$$2) u_{общ} = u_1 \cdot u_2 \cdot \dots \cdot u_n; \quad \eta_{общ} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n.$$

ж) как классифицировать фрикционные передачи по принципу передачи движения и способу соединения ведущего и ведомого звеньев?

- 1) трением с непосредственным контактом;
- 2) зацеплением;
- 3) трением с гибкой связью;
- 4) передача с промежуточным звеном.

з) для чего применяют передачи с передаточным числом, равным единице?

- 1) для изменения направления вращения в плоскости;
- 2) для изменения величины вращающего момента.

2. Расчетные формулы

а) общий к.п.д. многоступенчатого привода

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n;$$

б) общее передаточное отношение многоступенчатого привода

$$u_{\text{общ}} = u_1 \cdot u_2 \cdot \dots \cdot u_n;$$

в) частоту вращения вала электродвигателя $n_{\text{дв}}$, об / мин

$$u_{\text{общ}} = \frac{n_1}{n_4}, \quad n_1 = n_{\text{дв}} = u_{\text{общ}} \cdot n_4.$$

3. Пример 1. Выбор электродвигателя и кинематический расчет привода

Определить общий к.п.д, общее передаточное отношение привода и номинальную мощность электродвигателя, подобрать электродвигатель по каталогу. Мощность на валу рабочей машины $P_3 = 6,3$ кВт, частота вращения вала $n_3 = 120$ об/мин. Данные расчета сведите в таблицу.

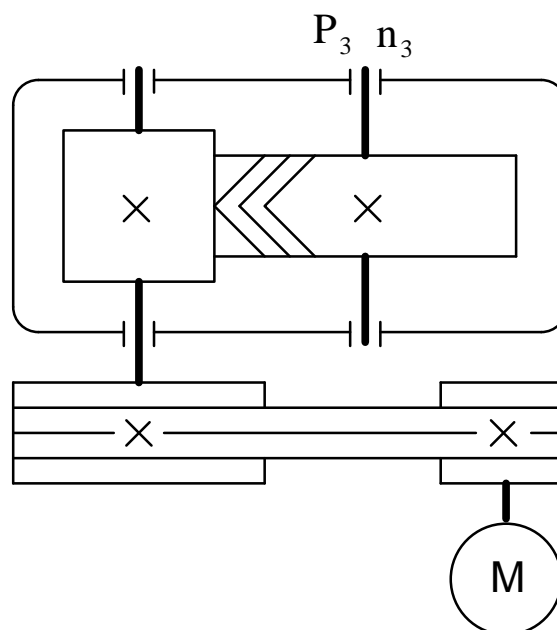


Рисунок 1

Решение

1. Определение общего к.п.д привода

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{рем}} \cdot \eta_{\text{подш}}^2 \cdot \eta_{\text{зуб}},$$

где $\eta_{\text{общ}}$ - общий к.п.д привода;

$\eta_{\text{рем}}$ - к.п.д ременной передачи;

$$\eta_{\text{рем}} = 0,95;$$

$\eta_{\text{подш}}$ - к.п.д одной пары подшипников качения;

$$\eta_{\text{подш}} = 0,99;$$

$\eta_{\text{зуб}}$ - к.п.д зубчатой передачи;

$$\eta_{\text{зуб}} = 0,97;$$

$$\eta_{\text{общ}} = 0,95 \cdot 0,99^2 \cdot 0,97 = 0,90316$$

2. Определение ориентировочной мощности электродвигателя

$$P_{\text{дв}}^1 = \frac{P_3}{\eta_{\text{общ}}},$$

где $P_{\text{дв}}^1$ – ориентировочная мощность электродвигателя, кВт;

P_3 - мощность на ведомом валу привода, кВт;

$$P_{\text{дв}}^1 = \frac{6,3}{0,90316} = 6,98 \text{ кВт}$$

3. Определение ориентировочной частоты вращения вала электродвигателя

$$n_{\text{дв}}^1 = n_3 \cdot u_{\text{общ}},$$

где $n_{\text{дв}}^1$ – ориентировочная частота вращения вала двигателя, об/мин;

n_3 – частота вращения ведомого вала привода, об/мин;

$u_{\text{общ}}$ – общее передаточное число привода;

$$u_{\text{общ}} = u_{\text{рем}} \cdot u_{\text{зуб}},$$

где $u_{\text{рем}}$ – передаточное число ременной передачи по рекомендациям
принимается $u_{\text{рем}} = 3$

$u_{\text{зуб}}$ – передаточное число зубчатой передачи, по рекомендациям
принимается $u_{\text{зуб}} = 3$

$$u_{\text{общ}} = 3 \cdot 3 = 9$$

$$n_{\text{дв}}^1 = 120 \cdot 9 = 1080 \text{ об / мин}$$

4. Выбор марки электродвигателя.

Электродвигатель марки 132М6/970, закрытый обдуваемый:

$$P_{\text{дв}} = 7,5 \text{ кВт}, \quad n_{\text{дв}} = 970 \text{ об / мин}.$$

5. Уточнение передаточного числа ременной передачи

$$u_{\text{общ}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_3}; \quad u_{\text{общ}} = \frac{970}{120} = 8,08$$

$$u_{общ} = u_{рем} \cdot u_{зуб} \Rightarrow u_{рем} = \frac{u_{общ}}{u_{зуб}}; \quad u_{рем} = \frac{8,08}{3} = 2,6933$$

6. Определение угловых скоростей валов привода в об/мин и в рад/с:

$$n_1 = n_{дв} = 970 \text{ об/мин},$$

где n_1 – частота вращения ведущего вала привода, об/мин;

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30},$$

где ω_1 – угловая скорость ведущего вала привода, рад/с;

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 970}{30} = 101,53 \text{ с}^{-1}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{рем}},$$

где n_2 – частота вращения промежуточного вала привода, об/мин;

$$n_2 = \frac{970}{2,6933} = 360 \text{ об/мин}$$

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

где ω_2 – угловая скорость промежуточного вала привода, рад/с;

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 360}{30} = 37,68 \text{ с}^{-1}$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{зуб}}$$

$$n_3 = \frac{360}{3} = 120 \text{ об/мин}$$

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n_3}{30},$$

где ω_3 – угловая скорость ведомого вала привода, рад/с;

$$\omega_3 = \frac{3,14 \cdot 120}{30} = 12,56 \text{ с}^{-1}$$

7. Определение мощности валов привода

$$P_2 = \frac{P_3}{\eta_{зуб} \cdot \eta_{подш}},$$

где P_2 – мощность на промежуточном валу привода, кВт;

$$P_2 = \frac{6,3}{0,97 \cdot 0,99} = 6,56 \text{ кВт}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_{рем} \cdot \eta_{подш}},$$

где P_1 – мощность на ведущем валу привода, кВт;

$$P_1 = \frac{6,56}{0,95 \cdot 0,99} = 7,45 \text{ кВт}$$

8. Определение вращающих моментов на ведущем, промежуточном и ведомом валах привода по формуле:

$$M_{\text{вр}} = \frac{P}{\omega},$$

где $M_{\text{вр}}$ – вращающий момент соответствующего вала, Н·м;

P - мощность соответствующего вала, Вт;

ω - угловая скорость соответствующего вала, рад/с;

$$M_{\text{вр1}} = \frac{7,45}{101,53} = 73,26 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{вр2}} = \frac{6560}{37,68} = 174,10 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{вр3}} = \frac{6300}{12,56} = 501,59 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Полученные результаты сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты вычислений

Валы	$n, \text{об} / \text{мин}$	$\omega, \text{с}^{-1}$	$P, \text{кВт}$	$M_{\text{вр}}, \text{Н} \cdot \text{м}$
Первый	970	101,53	7,45	73,26
Второй	360	37,68	6,56	174,1
Третий	120	12,56	6,3	501,59

4. Задание для бригад

- составить исходя из задания бригады, кинематическую схему механической передачи согласно ГОСТ 2.770 - 68;
- определить общий к.п.д, общее передаточное отношение привода;
- определить номинальную мощность, частоту вращения электродвигателя;
- подобрать электродвигатель по каталогу;
- произвести кинематический и силовой расчеты;
- результаты расчета сводить в таблицу.

Задание 1 Передача вращательного движения осуществляется от электродвигателя и через муфту передаётся на вал ведущий вал двухступенчатого редуктора. Редуктор состоит из косозубой и конической передач, дальше движение передаётся к открытой ременной передаче, на ведомом валу которой установлен шкив ленточного конвейера.

Мощность на валу рабочей машины $P_4 = 4$ кВт, частота вращения вала $n_4 = 180$ об/мин, $u_{\text{косозуб}} = 2,5$, $u_{\text{кон}} = 2$, $u_{\text{рем}} = 3$.

Задание 2 Передача вращательного движения осуществляется от электродвигателя и через цепную передачу в закрытый двухступенчатый цилиндрический редуктор (первая ступень косозубая, вторая ступень прямозубая), а дальше движение передаётся шкиву ленточного конвейера.

Мощность на валу рабочей машины $P_4 = 2,5$ кВт, частота вращения вала $n_4 = 50$ об/мин, $u_{цеп} = 1,5$, $u_{косозуб} = 3$, $u_{прямозуб} = 3$

Задание 3 Передача вращательного движения осуществляется от электродвигателя и через муфту передаётся в закрытый червячный редуктор, а дальше движение передаётся к открытой цепной передаче, на ведомом валу которой установлен шкив ленточного конвейера.

Мощность на валу рабочей машины $P_3 = 3$ кВт, частота вращения вала $n_3 = 25$ об/мин, $u_{черв} = 24$, $u_{цепн} = 2,5$.

Задание 4 Передача вращательного движения осуществляется от электродвигателя на валу которого установлена ведущая звёздочка цепной передачи, затем движение передаётся в закрытый двухступенчатый цилиндрический редуктор, состоящий из косозубой и прямозубой передач. На ведомом валу прямозубой передачи установлен шкив ленточного конвейера.

Мощность на валу рабочей машины $P_4 = 3$ кВт, частота вращения вала $n_4 = 400$ об/мин, $u_{цеп} = 2$, $u_{косозуб} = 4$, $u_{прямозуб} = 4$.

Задание 5 Передача вращательного движения осуществляется от электродвигателя и через муфту движение передаётся в закрытый редуктор. Редуктор двухступенчатый, состоящий из цилиндрической прямозубой и конической передач, а дальше движение передаётся к цепной передаче, на ведомом валу которой установлен шкив ленточного конвейера.

Мощность на валу рабочей машины $P_4 = 4$ кВт, частота вращения вала $n_4 = 40$ об/мин, $u_{прямозуб} = 2,5$, $u_{кон} = 1,5$, $u_{цеп} = 3$.

Задание 6 Передача вращательного движения осуществляется от электродвигателя и через цепную передачу в закрытый двухступенчатый цилиндрический редуктор, (первая ступень шевронная, вторая ступень косозубая), а дальше движение передаётся шкиву ленточного конвейера.

Мощность на валу рабочей машины $P_4 = 4$ кВт, частота вращения вала $n_4 = 300$ об/мин, $u_{цеп} = 3$, $u_{шеврон} = 4$, $u_{косозуб} = 3$.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

Тема: Кинематический и силовые расчеты многоступенчатого привода

Выполнение расчетно - графической работы 1 .

После выполнения самостоятельной работы студент должен:

- *знать* основные кинематические и силовые соотношения в передаточных механизмах, формулы для определения передаточного числа и коэффициента полезного действия многоступенчатой передачи;
- *уметь* производить кинематический и силовые расчеты в многоступенчатых передачах, работать со справочной литературой, стандартами и вычислительной техникой

1. Рекомендуемая последовательность для выполнения расчетно - графической работы 1

- а) определить общее передаточное число и общий к.п.д. привода;
- б) определить номинальную (ориентировочную) мощность и угловую скорость двигателя;
- в) подбирать электродвигатель по каталогу;
- г) для привода произвести кинематический и силовые расчеты;
- д) результаты расчета сводить в таблицу.

2. Задание для самостоятельной работы 2

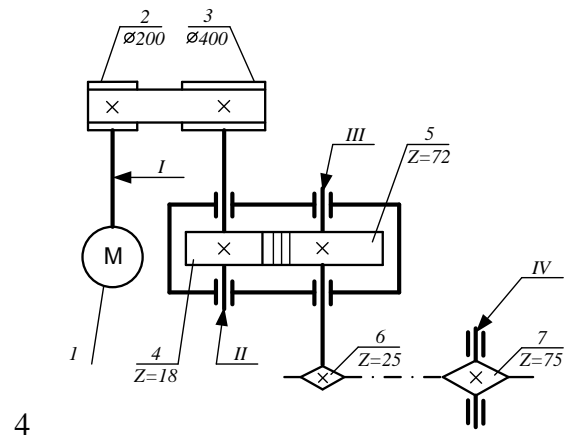
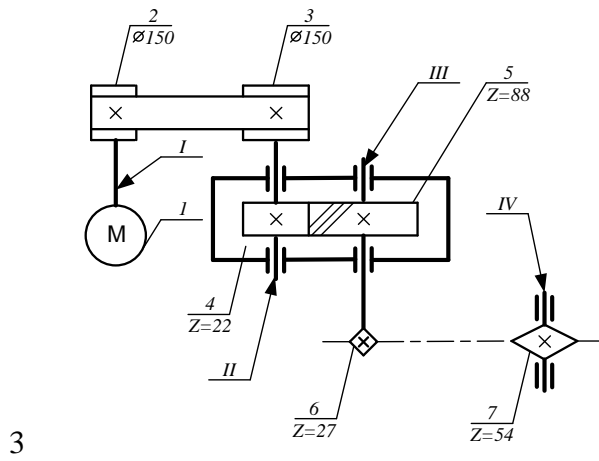
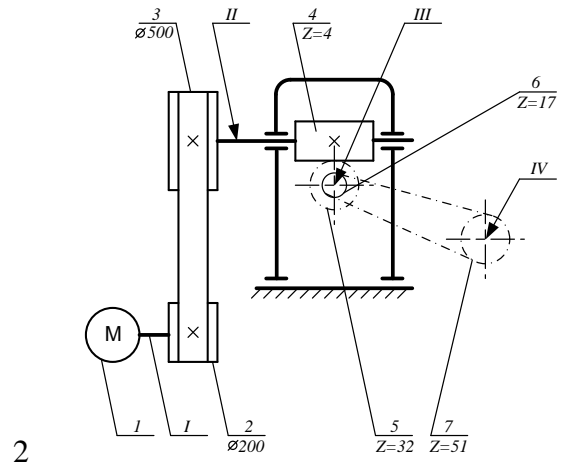
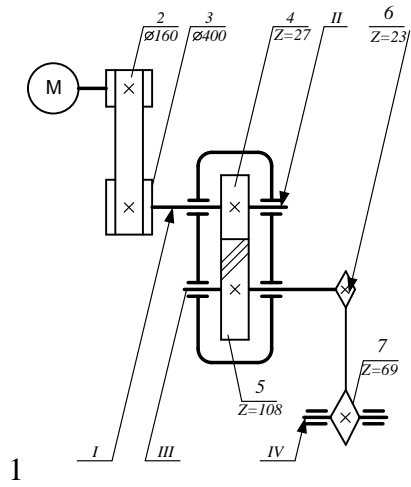
Определить общее передаточное число, общий к.п.д. привода, номинальную мощность и угловую скорость двигателя. Подбирать электродвигатель по каталогу. Произвести кинематический и силовые расчеты и результаты вычислений сводить в таблицу.

Данные своего варианта принять по таблице 4 и в соответствии с рисунками 2.....б.

Таблица 1 - Исходные данные

Шифр	Схема	Мощность	Частота вращения
		P_4 , кВт	n_4 , об/мин
1	1	5,0	50
2	2	7,0	65
3	3	10,0	45
4	4	12,0	55
5	5	8,0	30
6	6	15,0	75
7	7	11,0	35
8	8	13,0	110
9	9	17,0	110
10	10	19,0	50
11	11	6,0	50
12	12	4,2	60
13	13	4,6	40
14	14	4,0	45
15	15	4,8	30
16	16	3,0	75
17	17	5,5	55
18	18	7,0	45
19	19	7,5	35
20	20	6,2	30
21	21	8,7	85
22	22	10,0	50
23	23	11,0	30
24	24	14,5	55
25	25	10,0	25
26	26	4,8	80
27	27	5,2	65
28	28	3,5	95

29	29	12	100
30	30	10	75



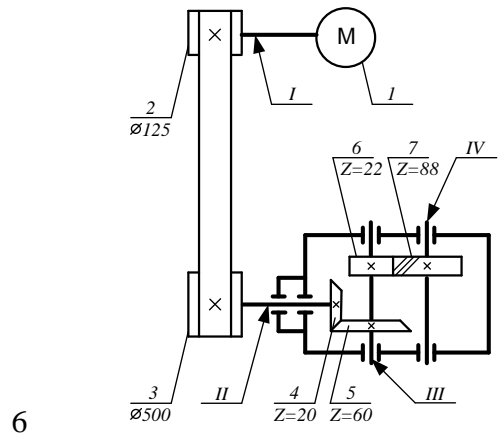
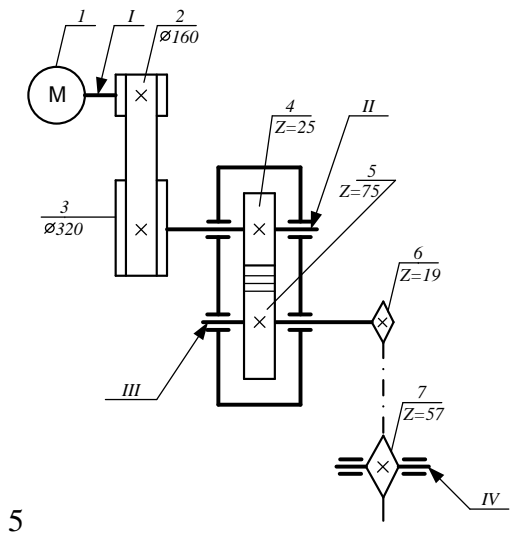
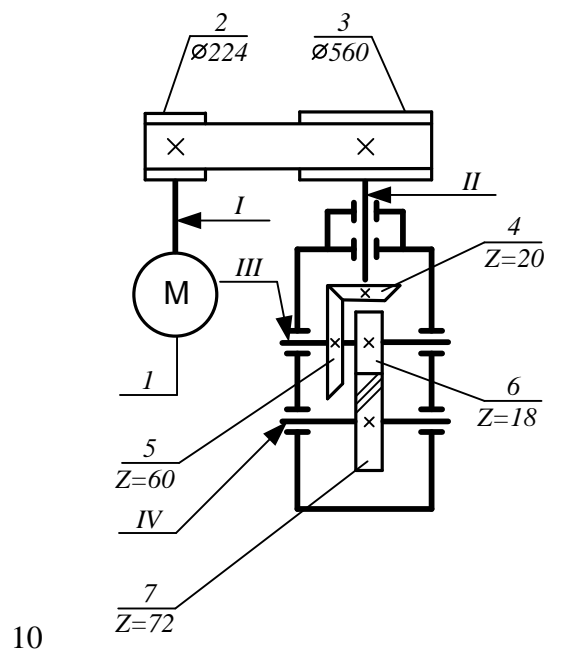
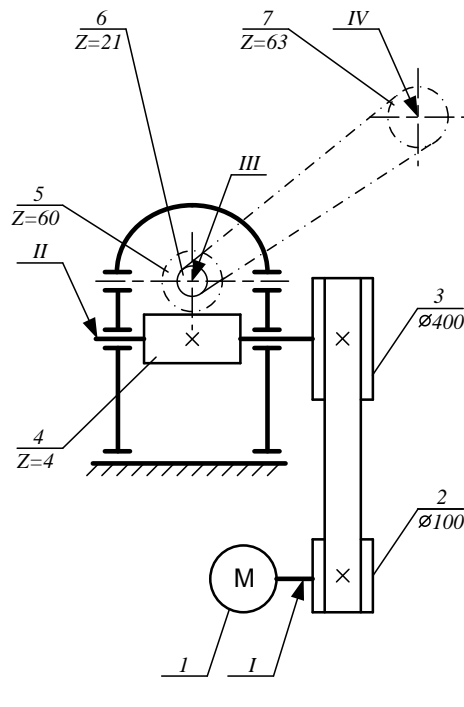
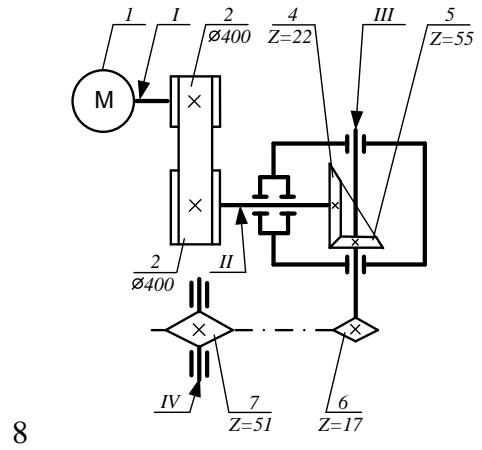
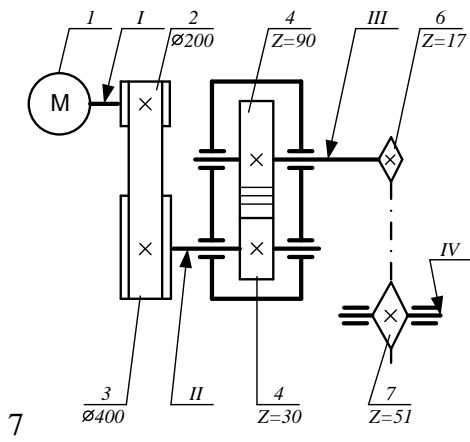


Рисунок 2 – Схемы 1...6



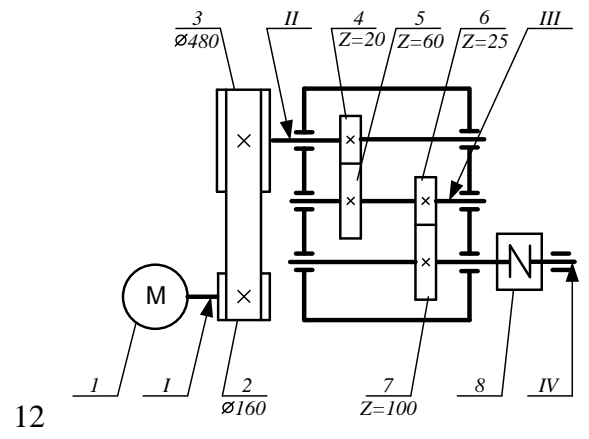
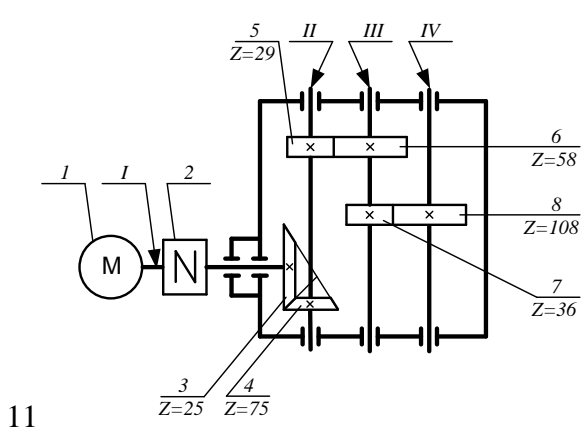
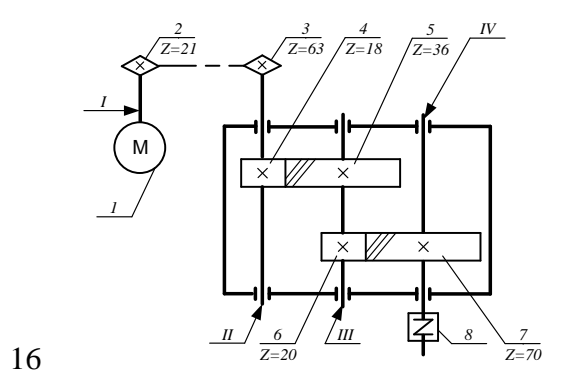
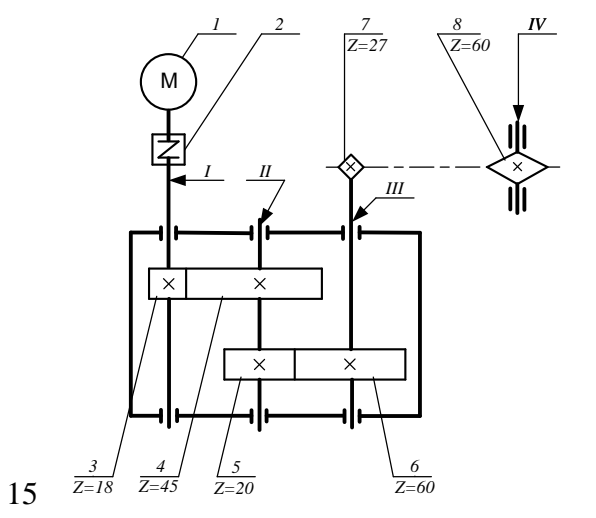
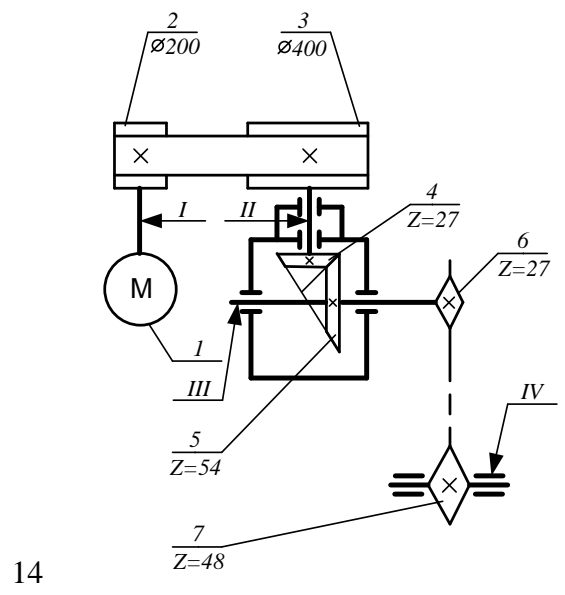
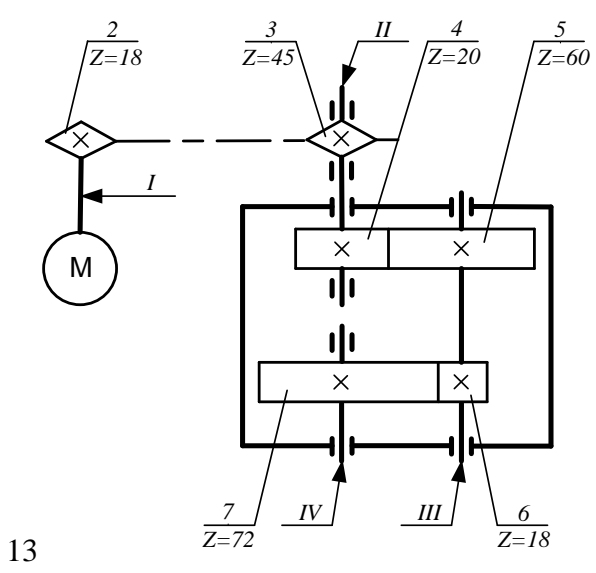
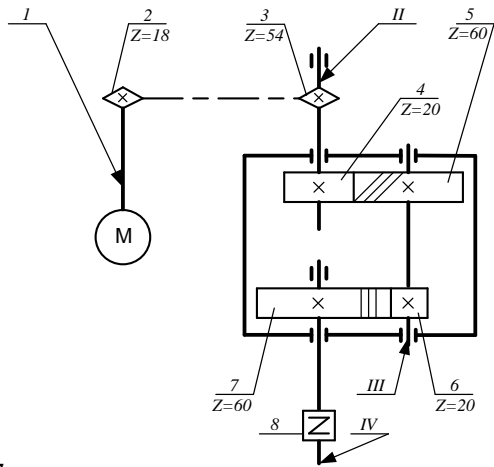
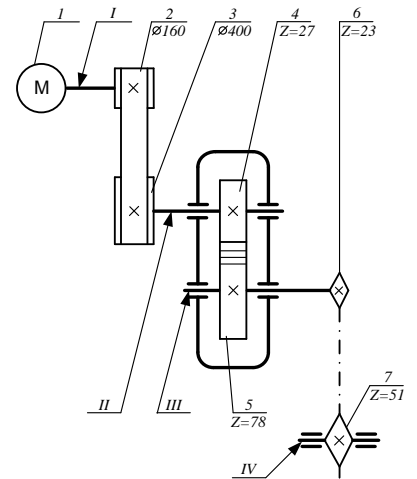


Рисунок 3 – Схемы 7...12



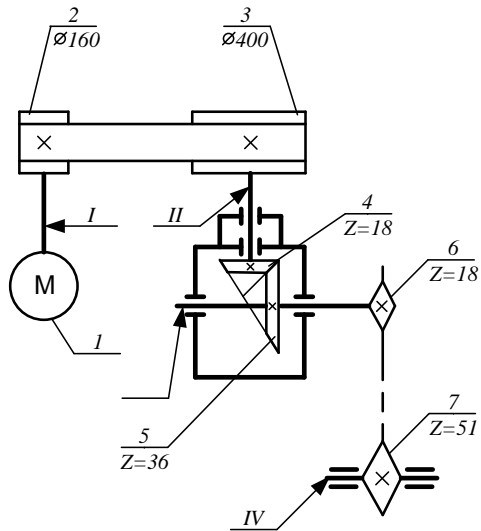


17

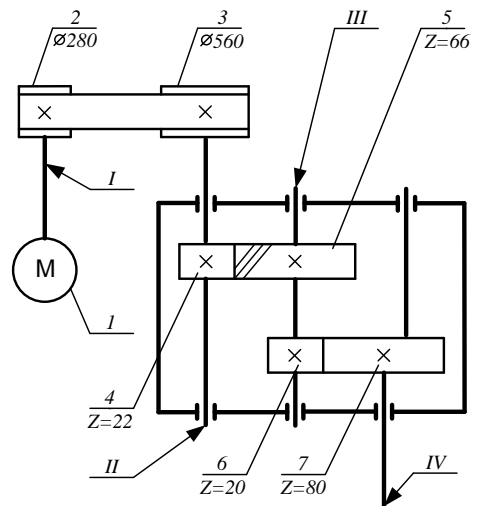


18

Рисунок 4 – Схемы 13...18



19



20

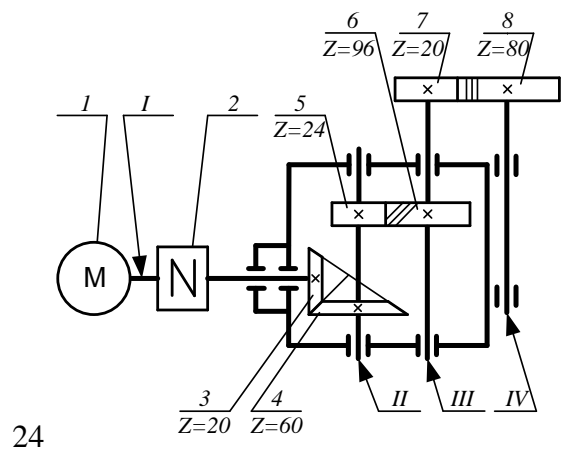
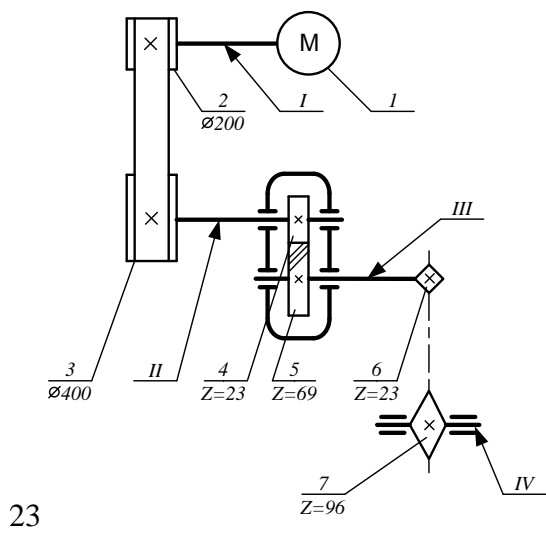
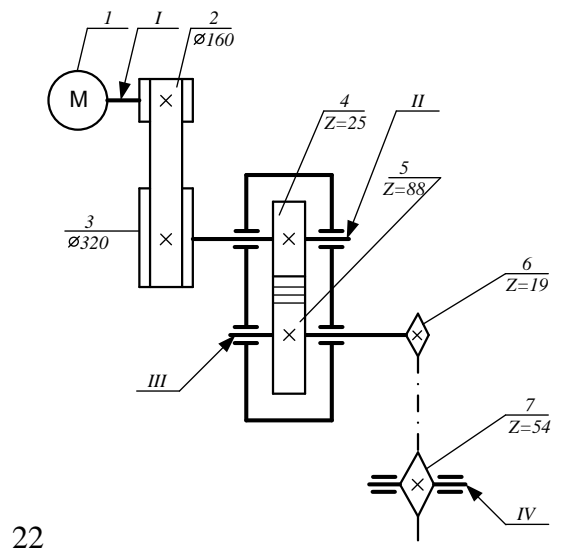
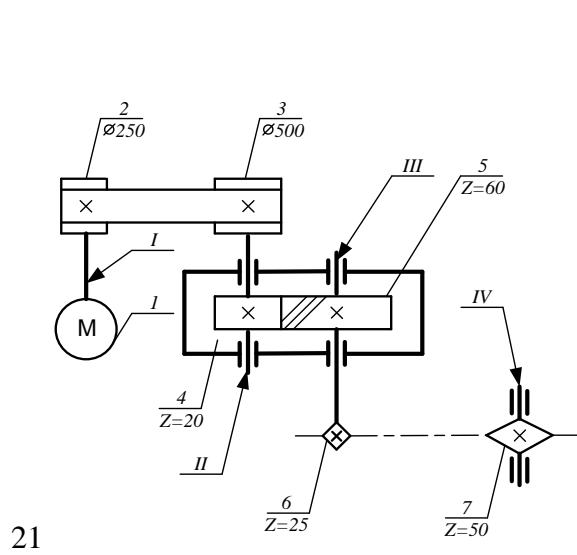
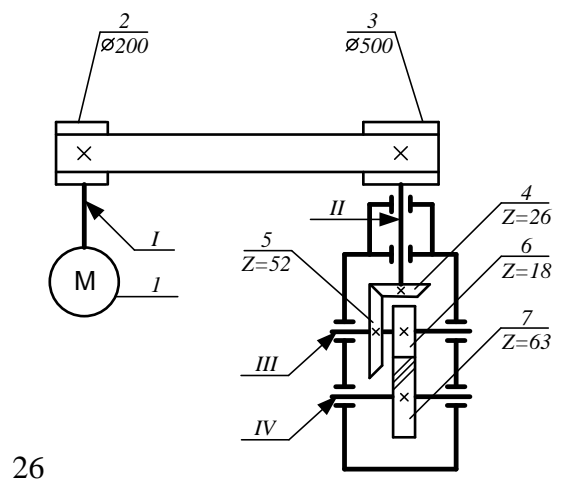
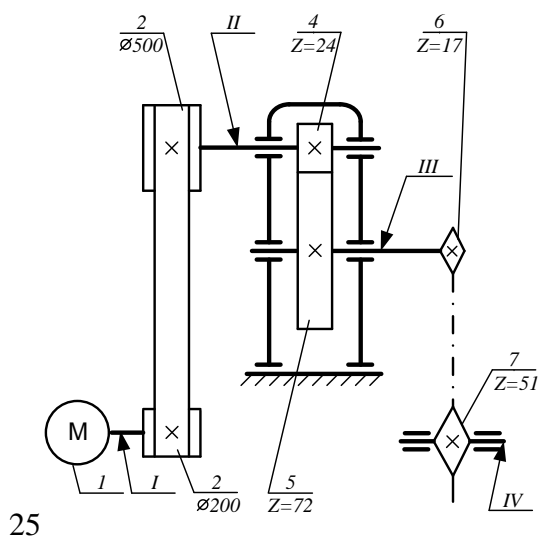
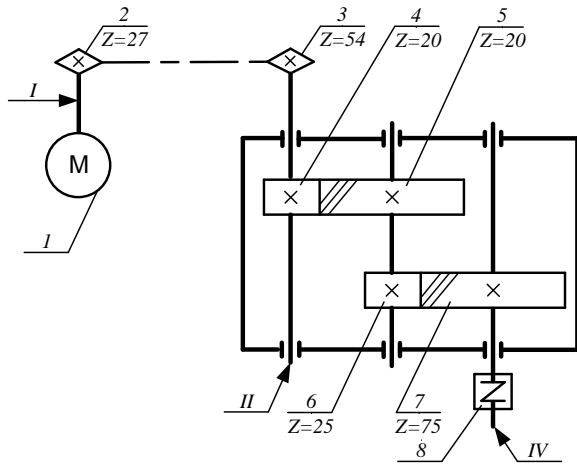
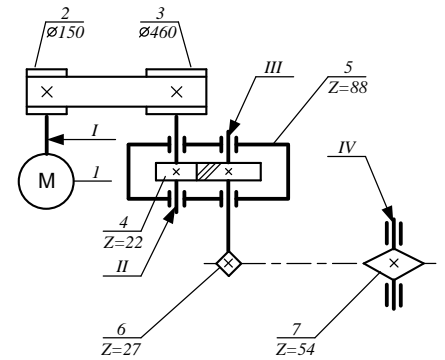


Рисунок 5 – Схемы 19...24

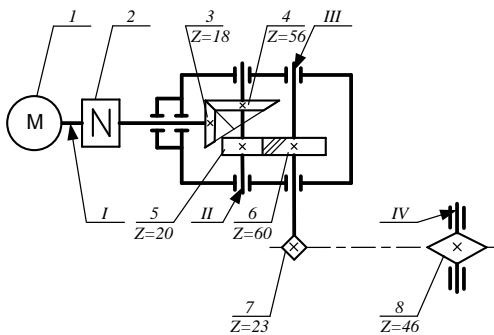




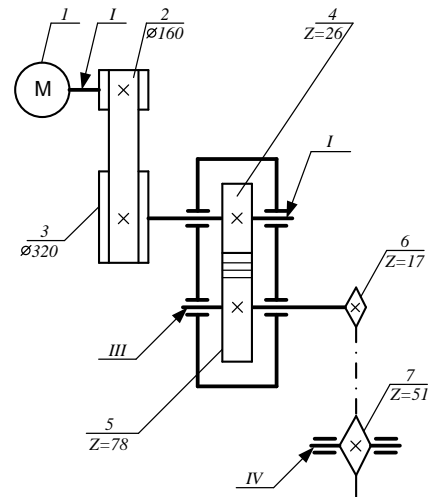
27



28



29



30

Рисунок 6 – Схемы 25...30.

5.3. Контрольные вопросы

- почему вращательное движение наиболее распространено в механизмах и машинах?
- всегда ли возможно прямое соединение вала двигателя с валом машины?
- передаточное число больше единицы. Какая это передача?
- для чего применяют передачи с передаточным числом, равным единице?
- как классифицируют механические передачи?
- какие функции в машинах могут выполнять передачи?
- каково направление угловых и окружных скоростей, окружных сил и вращающих моментов в одноступенчатой передаче?

з) как определяется передаточное число и коэффициент полезного действия многоступенчатой передачи при последовательном соединении нескольких одноступенчатых передач?

и) определите вращающий момент на валу электродвигателя, если его мощность $P = 12$ кВт, а частота вращения вала $n = 1440$ об/мин;

к) какая зависимость существует между вращающимися моментами на ведущем и ведомом валах?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

Тема: Составление кинематических схем механических передач

После выполнения лабораторной работы студент должен:

- *знать* условные обозначения элементов передач по ЕСКД для составления и чтения кинематических схем приборов, машин и механизмов;
- *уметь* выбрать тип механической передачи для преобразования одного вида движения в другой; использовать условные обозначения элементов передач по ГОСТ 2.770 – 68 для составления и чтения кинематических схем приборов, машин и механизмов;

1. Теоретическое обоснование

В практике приборо- и машиностроения применяют следующие разновидности передач: механические, гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные.

Все машины - двигатели для уменьшения массы, габаритов и стоимости выполняют быстроходными с узким диапазоном регулирования скоростей. Непосредственное соединение двигателя с рабочим органом машины хотя и возможно, но применяется крайне редко (например, гидравлические насосы, вентиляторы). Как правило, между двигателем и рабочим органом машины устанавливают промежуточный механизм – передачу, которая указана на рисунке 7

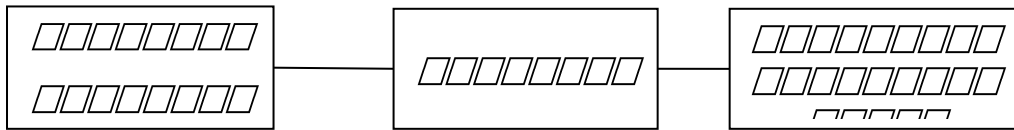


Рисунок 7 – Схема передачи движения

Механическими передачами называются механизмы, служащие для передачи механической энергии на расстояние. При этом функции передачи энергии, как правило, совмещают с решением следующих основных задач:

- согласование угловых скоростей рабочих органов машин и двигателей, которое обеспечивается путем преобразования угловой скорости ω и вращающего момента M при постоянной мощности двигателя P (двигатели имеют большие скорости, рабочие же органы машины для выполнения своих функций часто требуют больших моментов при относительно малых скоростях);
- регулирование и реверсирование (изменение направления) скорости рабочего органа машины при постоянной угловой скорости двигателя;
- преобразование вращательного движения двигателя в поступательное, винтовое или другое движение рабочего органа машины;
- передача движения на большое расстояние.

Из механических передач самые распространенные передачи вращательного движения, так как вращательное движение легко сделать непрерывным, проще и легче осуществить в виде компактной конструкции, при нем легче достигнуть равномерности хода, уменьшить потери на трение

На рисунке 8 приведены наиболее часто используемые в механизмах и машинах механические передачи.

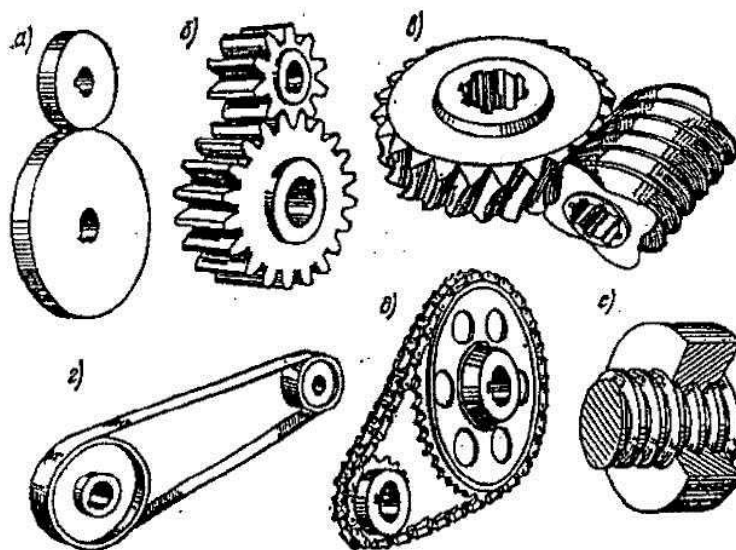
Выбор типа механической передачи зависит от многих факторов: передаваемой мощности, угловой скорости, к.п.д., межосевого расстояния, от условий эксплуатации и т.д.

Передачи бывают одно - и многоступенчатые.

– Многоступенчатая передача – это передача, состоящая из нескольких последовательно соединенных передач, и она также как и одноступенчатая

предназначена для передачи движения от машины – двигателя к рабочей машине.

В любом механизме передачи существует хотя бы одно неподвижное звено и одно или несколько подвижных звеньев. Подвижные звенья могут быть ведущими или ведомыми. Звено, движение которого задано от машины – двигателя, называется ведущим звеном, ведомое – это звено, которое передает движение к исполнительному механизму. В многоступенчатых передачах кроме этих звеньев существуют и промежуточные звенья.



а – фрикционная передача;

б – зубчатая передача;

в – червячная передача;

г – ременная передача;

д – цепная передача

е – винтовая передача

Рисунок 8 – Механические передачи

Соединение двух звеньев, обеспечивающее движение одного звена (тела) относительно другого образует кинематическую пару, например: поршень и цилиндр, вал и подшипник.

Кинематическая схема является графическим изображением механизма посредством условных обозначений звеньев и кинематических пар с указанием размеров, которые необходимы для кинематического анализа.

Звенья и кинематические пары на кинематических схемах выполняются с использованием условных обозначений, установленных ГОСТ 2.770 – 68 «Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики».

Составление кинематической схемы следует начинать с нанесения осей симметрии, неподвижных шарниров и направляющих, показать траектории подвижных шарниров тонкой штриховой линией.

Звенья не должны совпадать друг с другом и не должны располагаться на общей прямой.

На рисунках 9 - 20 приведены условные графические обозначения наиболее распространенных элементов кинематики из которых составляются кинематические схемы и одно – и многоступенчатых механических передач.



Рисунок 9 –Вал, валик, ось, стержень, шатун и т.п.

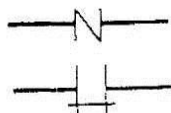


Рисунок 10 –Эластичное и глухое соединение двух валов



Рисунок 11 –Подшипники качения и скольжения на валу
(без уточнения типа)

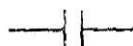


Рисунок 12 –Муфта (без уточнения типа)

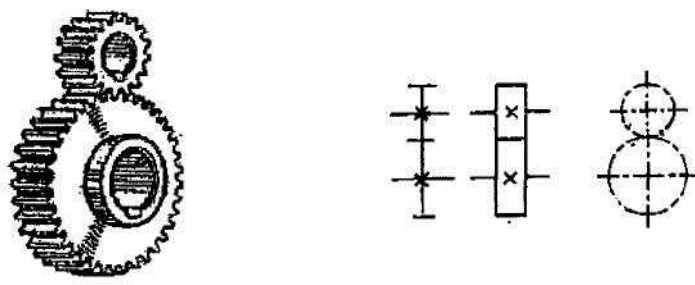


Рисунок 13 – Передача зубчатая с внешним зацеплением

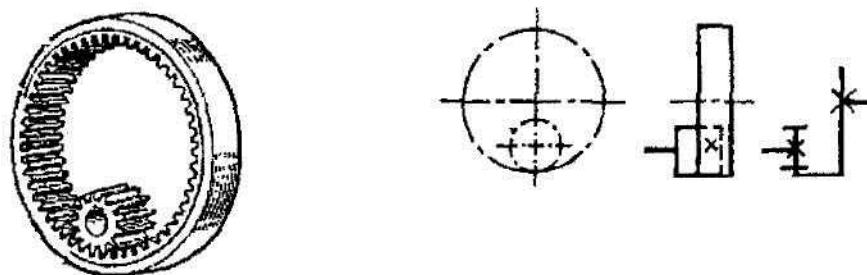


Рисунок 14 –Передача зубчатая с внутренним зацеплением
(общее обозначение без уточнения типа)

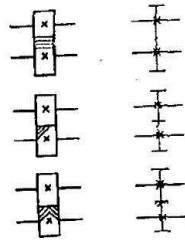
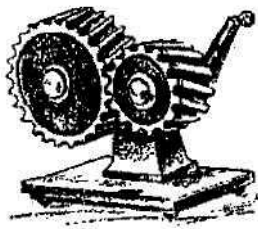


Рисунок 15 – Передача зубчатая с внешним зацеплением:
(с прямыми, косыми и шевронными зубьями)

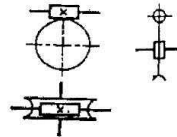
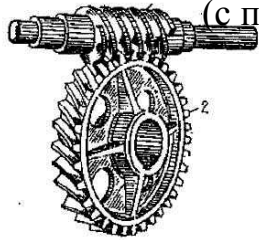


Рисунок 16 – Червячная передача с цилиндрическим червяком

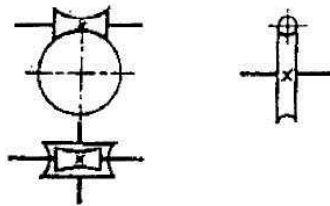


Рисунок 17 – Червячная передача с глобоидным червяком

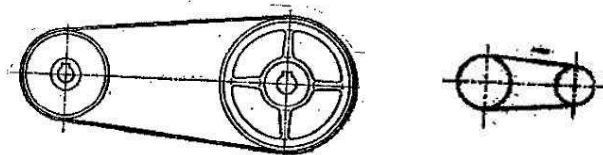


Рисунок 18 – Плоскоременная передача

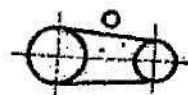
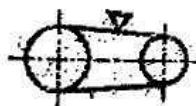
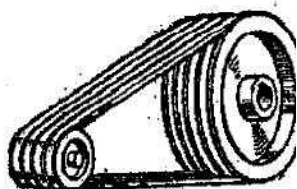


Рисунок 19 – Клино – и круглоременная передача

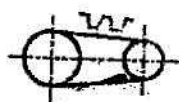
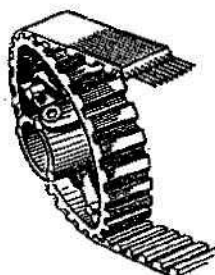


Рисунок 20 – Зубчато - ременная передача.

2 Порядок выполнения работы

- а) написать тему и цель работы;
- б) прочитать и законспектировать теоретическое обоснование лабораторной работы;
- в) ознакомиться со стендом механических передач;
- г) предварительно измерить расстояние между центрами кинематических пар, расстояние, на которое перемещается звено поступательной пары, число зубьев зубчатых колес, диаметры шкивов и т.п.;
- д) начертить кинематическую схему стенда многоступенчатой передачи в соответствии с условным изображением элементов механических передач по ГОСТ 2.770 – 68;
- е) проставить размеры на кинематической схеме механизма;
- д) ответить письменно на контрольные вопросы.

3. Отчет о работе

Тема: Составление кинематических схем механических передач.

Цель работы - ознакомиться с условными изображениями механических передач по ГОСТ 2.770 - 68.

Оборудование и принадлежности - макеты механических передач, штангенциркуль, чертежные принадлежности, вычислительная машинка.

Ход работы

1. Прочитать и законспектировать теоретическое обоснование лабораторной работы.
2. Ознакомиться со стендом многоступенчатой передачи.
3. Измерить расстояние между центрами вращательных кинематических пар; число зубьев зубчатых колес и звездочек; диаметры шкивов; расстояние, на которое перемещается звено поступательной пары; и т.п.
4. Выполнить кинематическую схему стенда в соответствии с условным изображением элементов механических передач по ГОСТ 2.770 – 68.
- 5 Размеры и параметры звеньев проставить на схеме механизма.
- 6 Ответить письменно на контрольные вопросы.

4. Контрольные вопросы

- а) из каких звеньев состоит одноступенчатая и многоступенчатая передачи?
- б) какое звено называется ведущим, промежуточным и ведомым?

в) как определяется число ведущих звеньев в кинематической цепи?

г) составить кинематическую схему механической передачи согласно ГОСТ 2.770 - 68:

1 Редуктор двухступенчатый, состоящий из косозубой и повышающей конической передач, а дальше движение передаётся к открытой ременной передаче, на ведомом валу которой установлен шкив ленточного конвейера.

2 Закрытый червячный редуктор с нижним расположением червяка, а дальше движение передаётся к открытой цепной передаче, на ведомом валу которой установлен шкив ленточного конвейера.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

Тема: Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора

После выполнения лабораторной работы студент должен:

- *знать* конструкцию редуктора, назначение его деталей и принцип его работы; определить основные параметры зубчатых пар редуктора путем их замера и расчета; составить кинематическую схему реального зубчатого редуктора;

- *уметь* определить основные параметров зубчатых пар редуктора путем их замера и расчета; составить кинематическую схему реального зубчатого редуктора.

1. Теоретическое обоснование

Редукторами называются механизмы, состоящие из передач зацеплением с постоянным передаточным отношением, заключенные в отдельный корпус и предназначенные для понижения угловой скорости выходного вала по сравнению с входным.

Уменьшение угловой скорости сопровождается увеличением вращающего момента на выходном валу.

Редукторы классифицируют:

- по типу (зубчатые, червячные);
- по числу ступеней: одно-, двух- и многоступенчатые;
- по расположению осей валов (с параллельными, соосными, пересекающимися, перекрещивающимися) □

Редукторы широко применяют в различных областях машиностроения, особенно в подъемно-транспортном, металлургическом, химическом машиностроении, судостроении и т. д. Поскольку одинаковые редукторы могут быть использованы в приводах различных машин и механизмов, то оказывается возможным их унифицировать и изготавливать большими партиями на специализированных предприятиях. Унификация редукторов основаны на стандартизации их основных параметров: межосевых расстояний, передаточных чисел, коэффициентов ширины колес и т. д.

Корпуса чаще выполняют литыми чугунами, реже – сварными стальными. При серийном производстве целесообразно применять литые корпуса. Валы монтируют на подшипниках качения или скольжения. Последние обычно применяют в тяжелых редукторах. □

Из одноступенчатых цилиндрических редукторов наиболее распространены горизонтальные. Как горизонтальные, так и вертикальные редукторы могут иметь колеса с прямыми, косыми или шевронными зубьями.

Выбор горизонтальной или вертикальной схемы для редукторов всех типов обусловлен удобством общей компоновки привода (относительным расположением двигателя и рабочего вала приводимой в движение машины и т.д.).

Максимальное передаточное число одноступенчатого цилиндрического по ГОСТ 2185 – 66 $u_{\max} = 12,5$. Практически редукторы с передаточными числами, близкими к максимальным, применяют редко, ограничиваясь $u_{\max} \leq 6$.

Выбор горизонтальной или вертикальной схемы для редукторов всех типов обусловлен удобством общей компоновки привода (относительным расположением двигателя и рабочего вала приводимой в движение машины и т.д.).

Цилиндрический редуктор имеет следующие достоинства:

- возможность передачи практически любых мощностей при окружной скорости меньше 6 м/с;

- постоянство передаточного отношения;
- компактность, надежность и высокая усталостная долговечность передачи;

- высокий коэффициент полезного действия ($\eta = 0,97 \dots 0,99$) при высокой точности изготовления и монтажа, низкой шероховатости рабочей поверхности зубьев, жидкой смазке и передаче полной мощности. При невыполнении указанных условий коэффициент полезного действия может понизиться на 20 ... 40 %;

- простота обслуживания и ухода;
- сравнительно небольшие силы давления на валы и их опоры;
- колеса могут быть изготовлены из самых разнообразных материалов: металлических и неметаллических.

Недостатки цилиндрического редуктора:

- ограниченность передаточного отношения. Для одной пары зубчатых колес $u_{\max} = 12,5$, но практически $u_{\max} \leq 7$

- является источником вибрации и шума, особенно при низком качестве изготовления и монтажа;

- при больших перегрузках возможна поломка деталей (пробуксовки исключены);

- относительная сложность изготовления высокоточных зубчатых колес.

Из всего разнообразия наиболее распространены двухступенчатые горизонтальные редукторы, выполненные по развернутой схеме показанной на рисунке 1.

Эти редукторы отличаются простотой, но из-за несимметричного расположения колес на валах повышается концентрация нагрузки по длине зуба. Поэтому в этих редукторах следует применять жесткие валы. В отношении типа зубьев и подшипников в двухступенчатых редукторах справедливо сказанное относительно одноступенчатых цилиндрических редукторов; часто быстроходную ступень выполняют косозубой, а тихоходную – прямозубой (это относится как к соосным, так и несоосным редукторам)

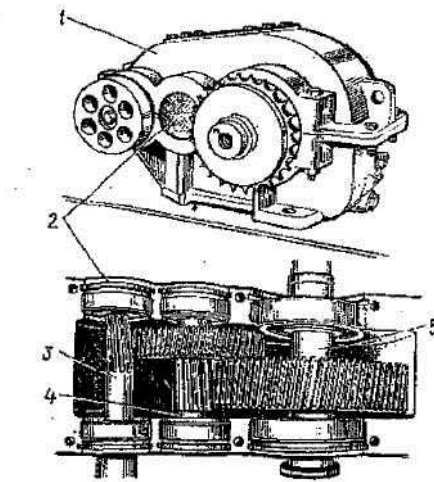


Рисунок 1 – Двухступенчатый горизонтальный редуктор с цилиндрическими колесами

Двухступенчатые цилиндрические редукторы обычно применяют в широком диапазоне передаточных чисел: по ГОСТ 2185 - 66 $u = 6,3 \div 63$.

От целесообразной разбивки общего передаточного числа двухступенчатого редуктора по его отдельным ступеням в значительной степени зависят габариты редуктора, удобство смазывания каждой ступени, рациональность конструкции корпуса и удобство компоновки всех элементов передач. Дать рекомендации разбивки передаточного числа, удовлетворяющие всем указанным требованиям, невозможно, и поэтому все рекомендации следует рассматривать как ориентировочные.

Ниже приведена разбивка передаточных чисел для некоторых двухступенчатых редукторов:

u . . .	8,05	9,83	10,92	12,25	13,83	15,60	17,78	20,49	22,12	23,15
u_B . . .	2,30	2,808	3,125	3,500	3,950	4,500	5,187	5,600	6,615	

2. Порядок выполнения работы

- прочитать теоретическое обоснование лабораторной работы;
- произвести внешний осмотр редуктора показанного на рисунке 22;
- сверить соответствие редуктора и чертежа, изучить конструкцию корпуса и назначение деталей (с наименованием деталей ознакомиться по спецификации чертежа);
- наметить план разборки редуктора;
- производить разборку редуктора представленного в следующем порядке:
 - отвинтив соединительные болты, снять крышку 1 редуктора и крышки подшипниковых узлов 2;
 - ознакомится с внутренним устройством редуктора;
 - обратить внимание на способ смазки зацепления и подшипников.

- снять входной 3, промежуточный 4 и выходной 5 валы редуктора с деталями и подшипниками, установленными на них;

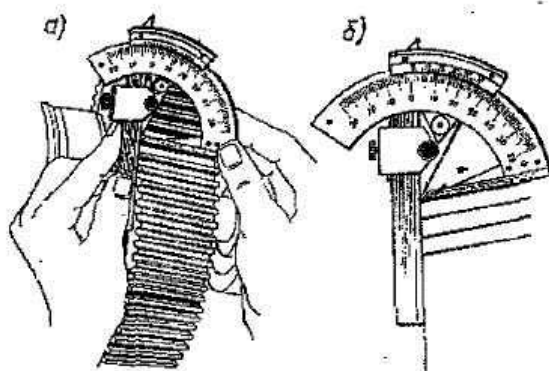


Рисунок 2

е) путем замеров определить основные размеры зубчатого зацепления, и угла β наклона зубьев непосредственно по диаметру выступов с помощью универсального угломера по рисунку 23, а или по отпечаткам зубьев на бумаге как на рисунке 23, б, предварительно нанеся на них тонкий слой краски;

ж) собрать редуктор до установки крышки корпуса, проверить качество (плавность) зацепления колес, установить крышку и закрепить ее болтами;

з) вычертить в масштабе кинематическую схему редуктора в соответствии с требованиями ГОСТ 2.770 - 68;

к) путем расчетов определить основные размеры и параметры зубчатого зацепления.

3. Отчет о работе

Тема: Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора.

Цель работы - ознакомление с конструкцией редуктора и назначением его деталей; составление кинематической схемы реального зубчатого редуктора; определение основных параметров зубчатых пар редуктора путем их замера и расчета.

Оборудование и принадлежности - цилиндрический одно- или двухступенчатый (предпочтительно стандартный) редуктор с прямо – или косозубыми колесами, набор гаечных ключей, отвертки, молоток с мягким бойком, кронциркуль, масштабную линейку, штангенциркуль, штангензубомер, угломер универсальный, чертеж редуктора, краску для получения отпечатков зубьев.

Ход работы

1. Путем замера и расчетов определить основные размеры и параметры цилиндрического редуктора.

2. Результаты измерений и вычислений записывать в таблицу 5.

3. Выполнить кинематическую схему реального зубчатого редуктора в соответствии с требованиями ГОСТ 2.770 – 68.

4. Выводы о проделанной работе.

Дать сравнительную оценку данной конструкции с другими одноптичными конструкциями, сравнить параметры данного редуктора с параметрами по ГОСТ 2185-66.

5 Ответы на контрольные вопросы.

Таблица 5 – Результаты измерений и вычислений

Наименование величины и размерность	Обозначение	Способ определения	Результаты измерений и вычислений	
			быстроходная ступень	тихоходная ступень
Число зубьев шестерни	z_1	Сосчитать		
Число зубьев колеса	z_2	Сосчитать		
Передаточное число ступени	u_1	$u_1 = z_2/z_1$		
	u_2	$u_2 = z_4/z_3$		
Общее передаточное число редуктора	$u_{об}$	$u_{об} = u_1 u_2$		
Межосевое расстояние, мм	a_o	Измерить		
Угол наклона зуба по вершинам, град	β_a	Измерить		
Угол наклона зуба по делительному диаметру, град	β	$\beta = \arctg \frac{z_1}{z_1 + 2} \operatorname{tg} \beta_a$		
Модуль нормальный, мм	m_n	$m_n = \frac{2a_o}{(z_1 + z_2)} \cos \beta$		
Модуль торцовый, мм	m_t	$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}$		
Диаметры делительных окружностей, мм	d_1	$d_1 = m_t z_1$		
	d_2	$d_2 = m_t z_2$		
Диаметры вершин зубьев, мм	d_{a1}	$d_{a1} = d_1 + 2m_n$		
	d_{a2}	$d_{a2} = d_2 + 2m_n$		
Ширина венцов колес, мм	b_1	Измерить		
	b_2	Измерить		

4. Контрольные вопросы

- а) что такое редуктор?
- б) каждый ли редуктор может быть обратимым и как называют такие механизмы?
- в) по каким признакам классифицируют редукторы?
- г) чем объясняется неодинаковая ширина венца шестерни и колеса зубчатой пары редуктора?
- д) в каких случаях шестерню изготавливают заодно с валом?
- е) по каким параметрам регламентируются стандартные редукторы?
- ж) перечислите основные детали редуктора;
- з) какими достоинствами обладают цилиндрические двухступенчатые редукторы с раздвоенной быстроходной ступенью?
- и) какую ступень цилиндрического редуктора и почему рекомендуется делать прямозубой и какую – косозубой?
- к) в каких случаях применяют одноступенчатые и многоступенчатые цилиндрические редукторы?
- л) для чего применяют смазку зацепления и подшипниковых узлов редукторов?
- м) как осуществляется смазка редукторов?
- н) на какую глубину рекомендуется погружать в масляную ванну зубчатые колеса редуктора?
- о) исходя из каких норм, определяют необходимый объем масляной ванны редуктора?
- п) какими инструментами определяют основные размеры зубчатого зацепления и угла наклона зубьев β ?
- р) составить кинематическую схему закрытого двухступенчатого соосного цилиндрического редуктора согласно ГОСТ 2.770 - 68

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Тема: Общие сведения о редукторах

Выполнение реферата по теме 7.

После выполнения самостоятельной работы студент должен:

- *иметь представление* о типоразмерах и исполнениях редукторов, о компоновках редукторов; о моторах - редукторах;
- *знать* назначение, устройство и классификацию конструкций различных редукторов.

1. Задание на самостоятельную работу

Написать реферат по теме «Общие сведения о редукторах».

2. Контрольные вопросы

- с) что такое редуктор?
- т) по каким признакам классифицируют редукторы?
- у) какие конструкции зубчатых и червячных редукторов наиболее распространены?
- ф) перечислите основные детали редуктора;
- х) какими достоинствами обладают цилиндрические двухступенчатые редукторы с раздвоенной быстроходной ступенью?
- ц) какую ступень цилиндрического редуктора и почему рекомендуется делать прямозубой и какую – косозубой?
- ч) в каких случаях применяют одноступенчатые и многоступенчатые цилиндрические редукторы?
- ш) для чего применяют смазку зацепления и подшипниковых узлов редукторов?
- щ) как осуществляется смазка редукторов?
- ы) на какую глубину рекомендуется погружать в масляную ванну зубчатые колеса редуктора?
- э) исходя из каких норм, определяют необходимый объем масляной ванны редуктора?

Тема: Подшипники

После выполнения практической работы студент должен:

- *иметь представление* об особенностях рабочего процесса подшипников скольжения и качения, о достоинствах, недостатках и областях применения подшипников скольжения и качения;
- *знать* порядок расчета подшипников на теплостойкость, износостойкость, долговечность и статическую грузоподъемность;
- *уметь* подбирать подшипники для опор валов; проводить проверку подшипников качения на долговечность.

Рекомендуемая последовательность для выполнения практической работы 5

Для определения требуемой динамической грузоподъемности подшипника необходимо:

а) предварительно назначить тип подшипника и для выбранного подшипника выписать следующие данные:

- 1) для шариковых радиальных и радиально - упорных с углом контакта $\alpha < 18^\circ$ значения C_r и C_{0r} ;
- 2) для шариковых радиально - упорных с углом контакта $\alpha \geq 18^\circ$ значения C_r , X , Y и e ;
- 3) для конических роликовых – значения C_r , Y и e ;

б) определить осевые составляющие R_s и осевые силы R_a ;

в) для подшипников шариковых радиальных, а также шариковых радиально-упорных с углом контакта $\alpha < 18^\circ$ в зависимости от отношения $\frac{R_a}{C_{0r}}$ найти значения X , Y и e ;

г) сравнить отношение $\frac{R_a}{VR_r}$ с коэффициентом e и окончательно принять значения коэффициентов X , Y :

1) при $\frac{R_a}{VR_r} \leq e$ принимают $X = 1$, $Y = 0$;

2) при $\frac{R_a}{VR_r} > e$ для подшипников шариковых радиальных радиально-упорных окончательно принять записанные ранее значения коэффициентов X и Y ;

3) для конических роликовых подшипников кроме записанного ранее значения коэффициента принять коэффициент $X = 0,4$;

д) вычислить эквивалентную динамическую нагрузку

$$R_{\text{экв}} = (V \cdot X \cdot R_r + Y \cdot R_a) \cdot K_\sigma \cdot K_T,$$

где $R_{\text{экв}}$ - эквивалентная динамическая нагрузка, Н;

V - коэффициент подшипника, при вращении внутреннего кольца подшипника $V = 1$;

R_r - радиальная нагрузка более нагруженного подшипника, Н;

K_σ - коэффициент безопасности;

K_T - температурный коэффициент.

Значения коэффициента безопасности K_σ и температурного коэффициента K_T принимают по таблицам;

е) определить требуемую динамическую грузоподъемность подшипника

$$C_{mp} = R_{экв} \cdot \sqrt[p]{\frac{573 \cdot \omega \cdot L_{10h}}{10^6}},$$

где C_{mp} - требуемая динамическая грузоподъемность более нагруженного подшипника, Н;

ω - угловая скорость вала, c^{-1} ;

L_{10h} - требуемый ресурс, ч ;

p - показатель степени;

Для подшипников шариковых $p = 3$, роликовых $p = \frac{10}{3}$.

Рекомендуемые значения ресурса для различных машин и механизмов приведены в справочниках;

ж) оценить пригодность намеченного типоразмера подшипника по условию

$$C_{mp} \leq C_r,$$

где C_r - динамическая грузоподъемность подшипника, Н;

з) оценить пригодность намеченного типоразмера подшипника по долговечности подшипника L_h

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C_r}{R_{экв}} \right)^p \geq L_{10h},$$

где n - частота вращения, об/мин;

Рекомендуемые значения требуемой долговечности:

$L_{10h} \geq 8000$ часов - для механизмов, работающих с перерывами;

$L_{10h} \geq 12000$ часов - для механизмов, работающих в одну смену при переменном режиме нагрузки;

$L_{10h} \geq 40000$ часов - для механизмов, работающих круглосуточно при среднем режиме нагрузки.

Минимальная долговечность подшипников по ГОСТ 16162 - 78 может составлять 10000 часов для зубчатых и 5000 часов для червячных редукторов.

Задание для практической работы 5

Для ведущего вала прямозубой цилиндрической передачи редуктора подобрать радиальные шарикоподшипники 1, 2. На зубья шестерни действуют: окружная сила F_t и радиальная сила $F_r = 0,364 \cdot F_t$. Диаметр цапф вала d , частота вращения $n = 950 \text{ об/мин}$. Расстояние $a = 1,6 \cdot d$. Требуемая долговечность подшипников L_{mp} . Рабочая температура $t < 100^\circ \text{C}$.

Оценивать пригодность намеченного типоразмера подшипника по динамической грузоподъемности и долговечности.

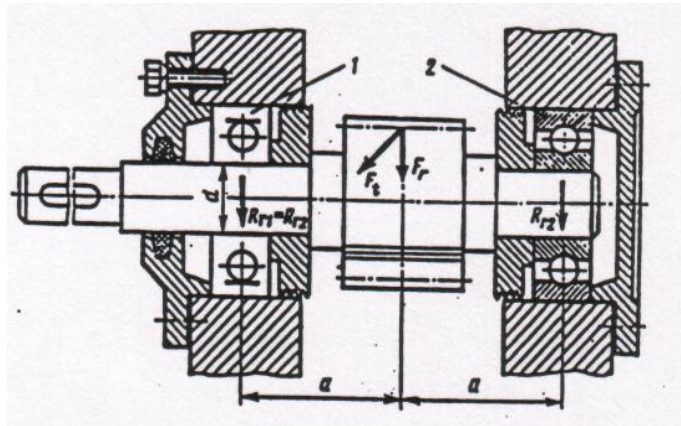


Рисунок 1

Таблица 1– Исходные данные

Данные для расчета	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_t , кН	2,0	1,5	2,5	1,1	2,0	1,6	1,8	1,6	2,1	2,4
d , мм	45	30	35	25	40	30	35	40	45	50
L_{mp} , ч	$12 \cdot 10^3$				$20 \cdot 10^3$		$10 \cdot 10^3$		$15 \cdot 10^3$	
Характер нагрузки	Умеренные толчки						Значительные толчки			

Таблица 2 – Исходные данные

Данные для расчета	Варианты									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
F_t , кН	3,5	3,8	4,1	3,0	3,7	4,0	3,8	4,2	3,0	4,5
d , мм	35	40	55	25	30	40	35	50	45	60
L_{hmp} , ч	$10 \cdot 10^3$		$6 \cdot 10^3$				$8 \cdot 10^3$			
Характер нагрузки	Значительные колебания						Умеренные колебания			

Таблица 3 – Исходные данные

Данные для расчета	Варианты									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
F_t , кН	1,25	2,2	3,2	3,6	7,7	2,6	3,3	3,0	3,7	5,2
d , мм	25	30	35	40	45	50	55	60	25	35
L_{hmp} , ч	$10 \cdot 10^3$					$8 \cdot 10^3$				
Характер нагрузки	Легкие толчки					Умеренные толчки				

3. Контрольные вопросы

- а) какие различают типы подшипников скольжения по конструкции?
- б) какими достоинствами и недостатками обладают подшипники скольжения и в каких случаях их применяют?
- в) как устроены подшипники скольжения, назначение вкладышей и из каких материалов их изготовляют и какими свойствами должны обладать материалы?
- г) что принимают за основной критерий работоспособности подшипников скольжения?
- д) какова роль смазки в подшипниках скольжения и в каких случаях применяют жидкую и пластическую смазку?
- е) из каких деталей состоят подшипники качения? Роль сепараторов в подшипниках, каковы их конструктивные разновидности?
- ж) из каких материалов изготовляют тела качения, кольца и сепараторы?
- з) каковы достоинства и недостатки подшипников качения по сравнению с подшипниками скольжения?
- и) как классифицируют подшипники качения по направлению воспринимаемой нагрузки, по форме тел качения, по габаритам и нагрузочной способности?
- к) какие различают основные типы шарико- и роликоподшипников по конструкции и в каких случаях их применяют?
- л) что следует понимать под расчетной долговечностью подшипников и как ее вычисляют для шарико- и роликоподшипников?
- м) каковы особенности конструкции и работы сферических и игольчатых подшипников? Где они применяются?
- н) укажите основные причины выхода из строя подшипников качения.
- о) определите по каталогу тип, серию и размер подшипников, имеющих условное обозначение: 208, 2208, 36208.
- п) сравните подшипники, имеющие условные обозначения: 7206 и 5 - 7206.