

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Саратовский государственный технический университет имени
Гагарина Ю.А.»

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
в г. Петровске



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по дисциплине
ОП.04 «Техническая механика»

специальности
15.02.10 «Мехатроника и робототехника (по отраслям)»

Методические указания рассмотрены на
заседании предметной (цикловой) комиссии
общепрофессиональных дисциплин
и профессиональных модулей
«16» июня 2025 года, протокол №13

Председатель ПЦК Ю.А. Табарова /Ю.А. Табарова/

Петровск 2025

Пояснительная записка.

Методические указания по выполнению практических работ подготовлены на основе рабочей программы учебной дисциплины ОП.04 «Техническая механика» разработанной на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.10 «Мехатроника и робототехника (по отраслям)» и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

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

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

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

ПК 1.1. Выполнять сборку различных узлов мехатронных устройств и систем.

ПК 1.3. Производить наладку и регулировку различных узлов и агрегатов мехатронных устройств и систем.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **знать**:

- актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить;
- основные источники информации и ресурсы для решения задач и/или проблем в профессиональном и/или социальном контексте;
- психологические основы деятельности коллектива;
- правила чтения текстов профессиональной направленности;
- основы теории машин и механизмов;
- основы метрологии;
- принципы работы электрических и электромеханических систем.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- определять этапы решения задачи, составлять план действия, реализовывать составленный план, определять необходимые ресурсы;
- владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами в ходе профессиональной деятельности;
- кратко обосновывать и объяснять свои действия (текущие и планируемые) ;
- использовать электромеханические, гидравлические и пневматические инструменты для сборки узлов мехатронных устройств и систем;
- читать схемы, чертежи, технологическую документацию;
- использовать контрольно-измерительные приборы и специальные стенды для наладки и регулировки узлов, агрегатов и электронных модулей мехатронных систем.

Содержание практических занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу

изучаемых разделов учебной дисциплины.

Объём практических занятий по дисциплине определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность практического занятия - 2 академических часа. Перед проведением практического занятия преподавателем организуется инструктаж, а по ее окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению практических работ дисциплины ОП. 04 «Техническая механика» содержит 13 практических занятий.

**Перечень практических работ
по дисциплине ОП. 04 «Техническая механика»**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1.

Тема: Определение главного вектора и главного момента произвольной плоской системы сил. Определение центра тяжести плоских фигур.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2.

Тема: Определение главного вектора и главного момента произвольной плоской системы сил. Определение центра тяжести плоских фигур.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3.

Тема: Расчетно-графическая работа «Линейные скорости и ускорения точек вращающегося тела».

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4.

Тема: Расчетно-графическая работа «Линейные скорости и ускорения точек вращающегося тела».

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5.

Тема: Определение параметров движения с помощью расчетов кинематических звеньев.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6.

Тема: Определение параметров движения с помощью расчетов кинематических звеньев.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7.

Тема: Испытание на растяжение образца из низкоуглеродистой стали. Определение модуля сдвига при испытаниях на кручение.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8.

Тема: Испытание на растяжение образца из низкоуглеродистой стали. Определение модуля сдвига при испытаниях на кручение.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11

Тема: Расчет многоступенчатого привода

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12

Тема: Расчет многоступенчатого привода

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13

Тема: Расчет многоступенчатого привода

ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Прежде чем приступить к выполнению заданий, внимательно прочитайте данные рекомендации. Практические работы включают в себя задания следующих видов:

1. Решение задач

Внимательно прочитайте цель работы, ознакомьтесь с требованиями к уровню вашей подготовки, краткими теоретическими и справочно - информационными материалами по теме практической работы, выполните задания.

Номер варианта вашего задания соответствует порядковому номеру в журнале учебных занятий. Все задания к практической работе вы должны выполнить по приведенному алгоритму, опираясь на образец. Отчет о выполнении практического занятия оформляется в специальной тетради и сдается преподавателю для проверки по окончании занятия.

В отчете указывается:

- номер практического занятия;
- тема;
- цель;
- решение задания(приводятся необходимые формулы, указываются единицы измерения величин);
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод - результат по задаче

Практические работы оформляются в отдельной тетради или специальной папке на листах формата А 4, соблюдая следующие требования:

-записывается дата выполнения работы, название работы, цель, объекты и результаты исследования;

-если предусмотрено оформление результатов исследования в таблице, то все результаты заносятся в таблицу;

-после каждого задания должно быть сделано заключение, вывод с обобщением, систематизацией или обоснованием результатов.

Работа выполняется четко, грамотно, пастой синего или черного цвета.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1.

Тема: Определение главного вектора и главного момента произвольной плоской системы сил. Определение центра тяжести плоских фигур.

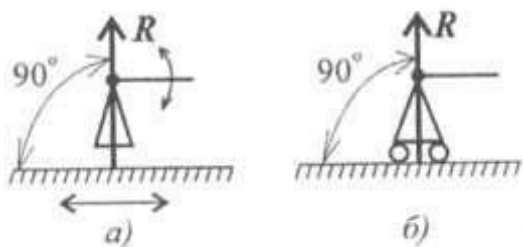
Цель: ознакомиться с устройством опор балок, составить расчетные схемы балок и определить реакции их опор. Научится определять координаты центра тяжести плоской фигуры сложной формы.

Оборудование: раздаточный материал

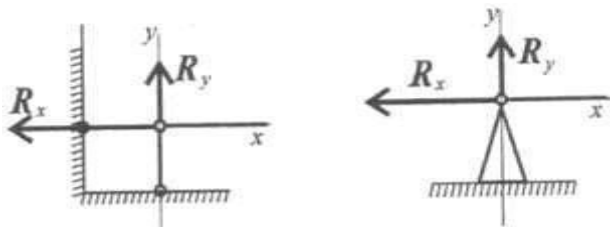
Справочный материал:

Содержание работы:

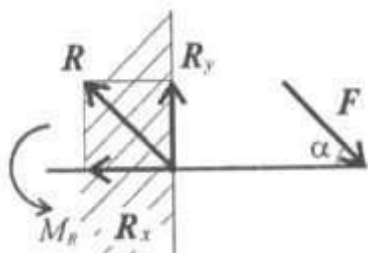
1. Балки имеют специальные опорные устройства для сопряжения их с другими элементами конструкции и передачи на них усилий. Опоры балок можно разделить на три типа. Подвижная опора допускает поворот стержня вокруг оси шарнира и линейное перемещение параллельно опорной плоскости.



Неподвижная опора допускает только поворот стержня вокруг оси шарнира.



Жесткая заделка не допускает ни линейных перемещений, ни поворота сечений закрепленного края балки.



Равновесие балки под действием любой системы внешних сил, расположенных в одной плоскости, может быть обеспечено одной жесткой заделкой или двумя опорами: подвижной и неподвижной.

Для определения реакций в опорах необходимо составить три уравнения равновесия:

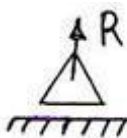
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{для жестко заземленной балки} \\ \sum M_i A = 0 \\ \sum F_i Y = 0 \\ \sum F_{ix} = 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{для балки на двух опорах} \\ \sum M_i A = 0 \\ \sum M_i B = 0 \\ \sum F_{ix} = 0 \end{array} \right.$$

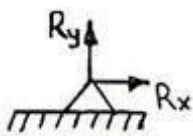
Задание:

1. Ознакомиться или повторить устройство опор балок и их условные обозначения.
2. Вычислить модуль и направление реакций опор балок для нескольких схем нагружения.
3. Для тех же схем произвести экспериментальную проверку полученных результатов.
4. Сравнить результаты.
5. Сделать вывод.

Приложить равнодействующую к балке в центре тяжести соответствующего прямоугольника.



4. Заменить опоры их реакциями. Реакцию шарнирно-подвижной опоры направить перпендикулярно к опорной поверхности.



Реакцию шарнирно-подвижной опоры разложить на две составляющие, направленные по осям координат.

5. Составить расчетную схему балки.
6. Выбрать оси координат и центры моментов.
7. Составить уравнение равновесия: $\sum M_A = 0$; $\sum M_B = 0$; $\sum R_x = 0$.
8. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции опор.

9. Провести проверку правильности решения, составив уравнения $\sum F_x = 0$.
10. Записать ответы.
11. Вывод.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.

Тема: Определение главного вектора и главного момента произвольной плоской системы сил. Определение центра тяжести плоских фигур.

Цель: ознакомиться с устройством опор балок, составить расчетные схемы балок и определить реакции их опор. Научится определять координаты центра тяжести плоской фигуры сложной формы.

Оборудование: раздаточный материал

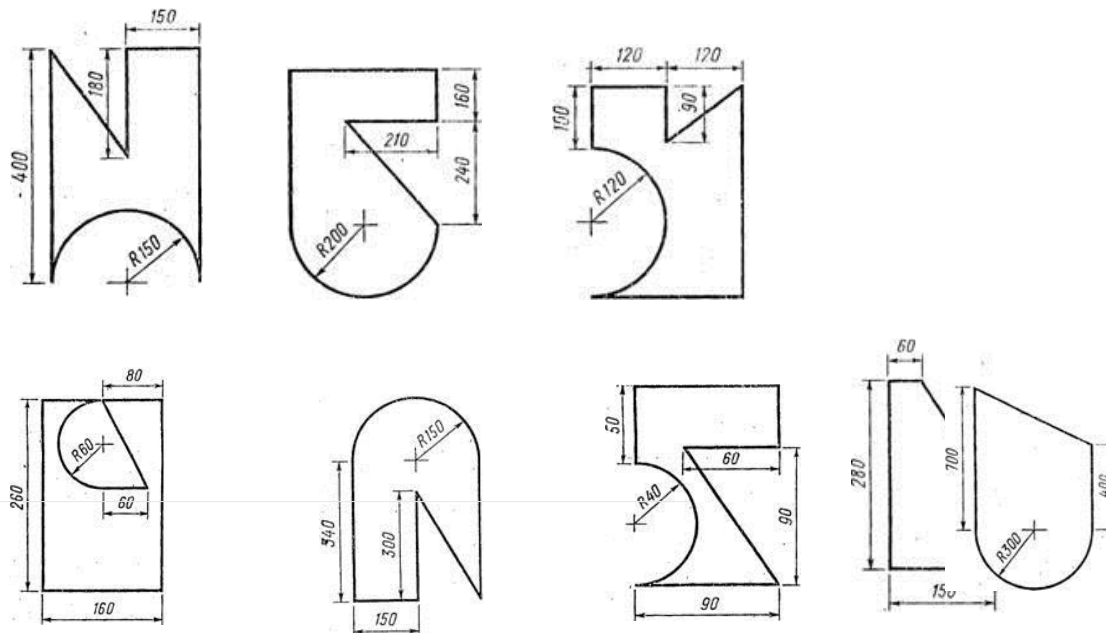
Справочный материал:

Содержание работы:

Задание

1. Изобразить заданную фигуру в соответствии с заданием в произвольном масштабе.
 2. Выбрать оси координат.
 3. Разбить фигуру на составные части, положение центров тяжести которых известно или легко определяется.
 4. Определить площади составных частей. Площади вырезов принимать отрицательными.
 5. Определять координаты центров тяжести составных частей.
 6. Найденные значения площадей, а также координаты их центров тяжести представить в соответствующие формулы и вычислить координаты центра тяжести всей фигуры.
- $$X_c = \frac{\sum A_i \cdot X_i}{\sum A_i} = \frac{A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + A_3 \cdot X_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$
- $$y_c = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$
7. По найденным координатам нанести на эскизе положение центра тяжести фигуры.
 8. Вывод.

Варианты заданий



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3.

Тема: Расчетно-графическая работа «Линейные скорости и ускорения точек вращающегося тела».

Цель: определить кинематические параметры тела при поступательном и вращательном движениях, определить параметры любой точки тела.

Оборудование: раздаточный материал.

Справочный материал:

Содержание работы:

Расчетные формулы для определения параметров поступательного движения тела

Все точки тела движутся одинаково.

Закон равномерного движения: $S = S_0 + vt$.

Закон равнопеременного движения: $S = S_0 + v_0t + \frac{a_t t^2}{2}$.

Здесь S_0 — путь, пройденный до начала отсчета, м;

v_0 — начальная скорость движения, м/с;

a_t — постоянное касательное ускорение, м/с²

Скорость: $v = S'$; $v = v_0 + a_t t$.

Ускорение: $a_t = v'$.

Закон неравномерного движения: $S = f(t^3)$.

Кинематические графики поступательного движения представлены на рис. П4.1.

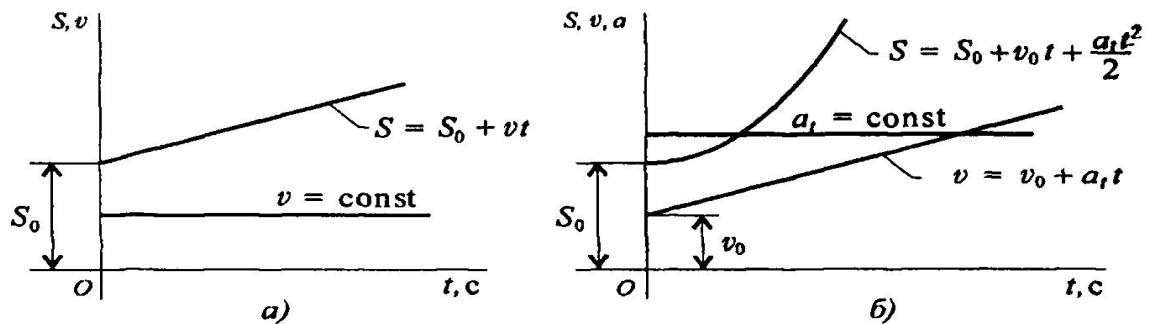


Рис. П4.1

Расчетные формулы для определения параметров вращательного движения

Точки тела движутся по окружностям вокруг неподвижной оси (оси вращения).

Закон равномерного вращательного движения: $\varphi = \varphi_0 + \omega t$.

Закон равнопеременного вращательного движения:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}.$$

Закон неравномерного вращательного движения: $\varphi = f(t^3)$.

Здесь φ — угол поворота тела за время t , рад;

ω — угловая скорость, рад/с;

φ_0 — угол поворота, на который развернулось тело до начала отсчета;

ω_0 — начальная угловая скорость;

ε — угловое ускорение, рад/с²;

Угловая скорость: $\omega = \varphi'$; $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$;

Угловое ускорение: $\varepsilon = \omega'$.

Кинематические графики вращательного движения представлены на рис. П4.2.

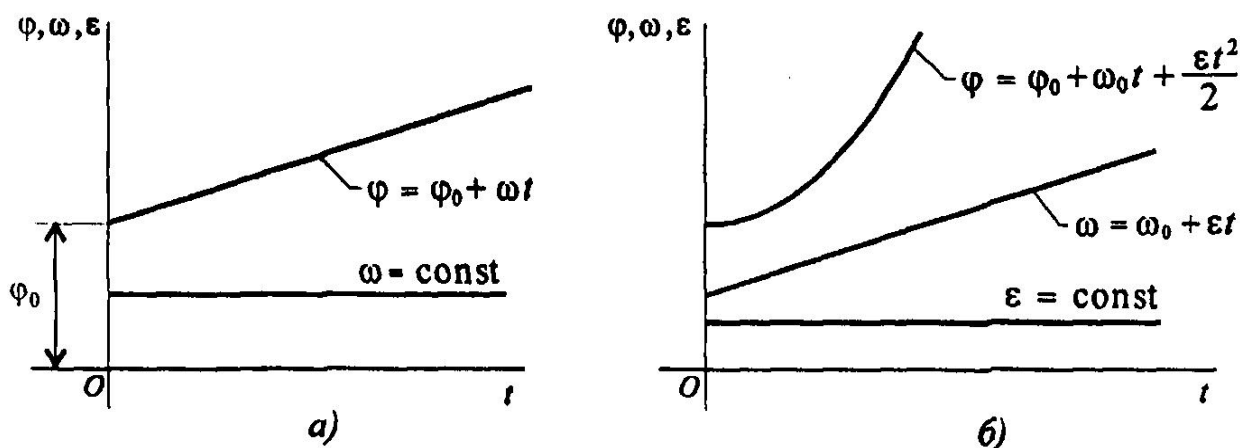


Рис. П4.2

Число оборотов вращения тела: $z = \varphi / (2\pi)$.

Угловая частота вращения: n , об/мин.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}.$$

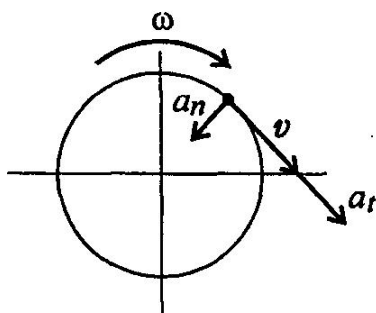


Рис П4.3

Параметры движения точки вращающегося тела (рис. П4.3):

v — линейная скорость точки A :

$$v = \omega r, \text{ м/с};$$

a_t — касательное ускорение точки A

$$a_t = \varepsilon r, \text{ м/с}^2;$$

a_n — нормальное ускорение точки A :

$$a_n = \omega^2 r, \text{ м/с}^2.$$

Рекомендации для решения задач расчетно-графической работы

Задание 1

1. Определить вид движения на каждом участке по приведенному кинематическому графику.

2. Записать законы движения шкива на каждом участке. Параметры движения в конце каждого участка являются начальными параметрами движения на каждом последующем.

3. Определить полный угол поворота шкива за время вращения. Использовать формулу для перехода от угловой частоты вращения к угловому ускорению.

4. Определить полное число оборотов шкива, используя формулу

$$z = \frac{\varphi}{2\pi}.$$

5. Построить графики угловых перемещений и угловых ускорений.

6. Определить нормальное и касательное ускорения точки на ободе шкива в указанные моменты времени.

Задание 2

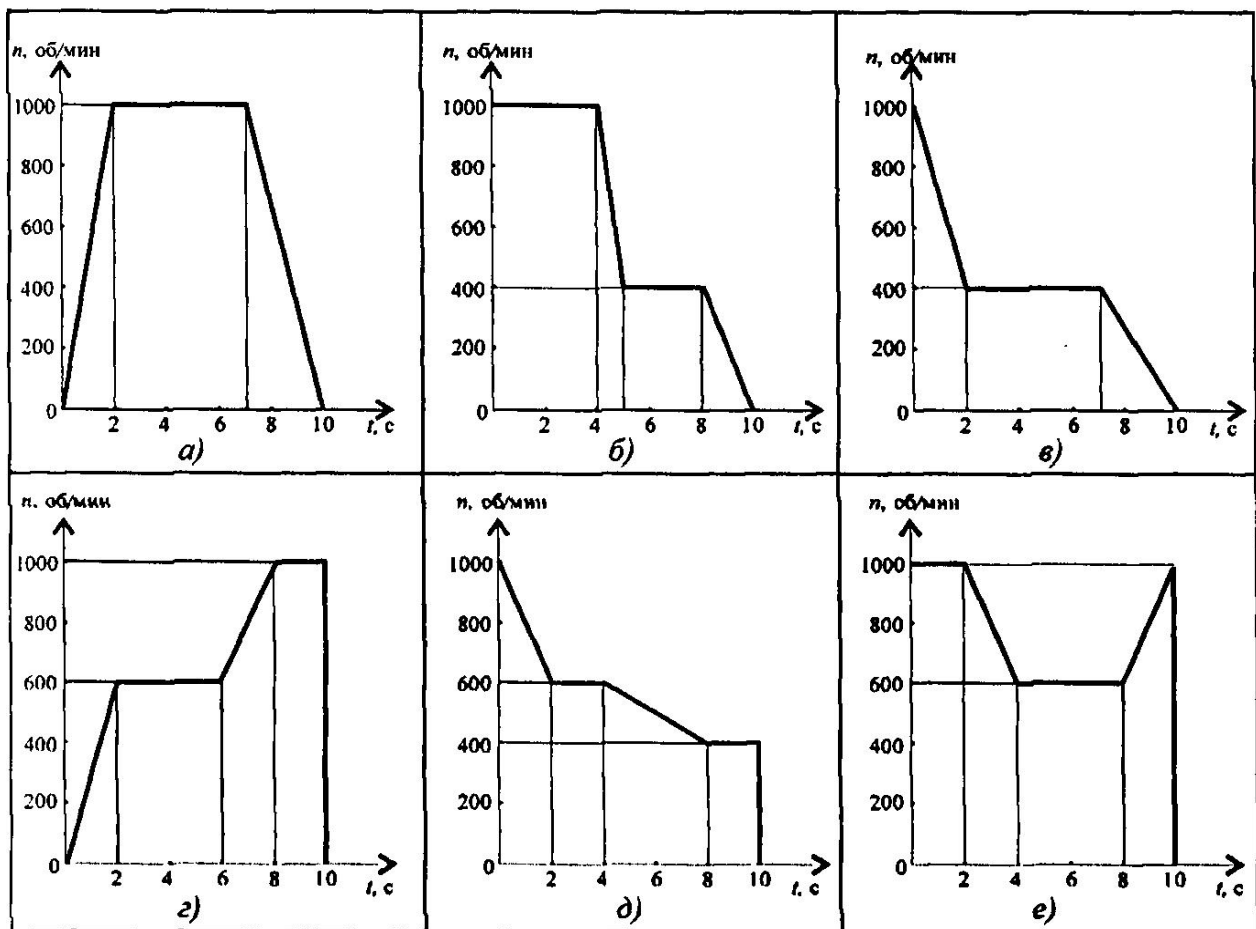
1. Подставив заданные коэффициенты в общее уравнение движения, определить вид движения.

2. Определить уравнение скорости и ускорения груза.

Расчетно-графическая работа

Задание 1. Частота вращения шкива диаметром d меняется согласно графику. Определить полное число оборотов шкива за время движения и среднюю угловую скорость за это же время. Построить

график угловых перемещений и угловых ускорений шкива. Определить ускорения точек обода колеса в моменты времени t_1 и t_2 .



Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр шкива, м	0,2	0,3	0,4	0,6	0,5	0,8	0,2	0,6	0,5	0,8
t_1 , с	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
t_2 , с	8	9	8	9	8	6	9	8	9	6

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4.

Тема: Расчетно-графическая работа «Линейные скорости и ускорения точек вращающегося тела».

Цель: определить кинематические параметры тела при поступательном и вращательном движениях, определить параметры любой точки тела.

Оборудование: раздаточный материал.

Справочный

материал:

Содержание

работы:

Задание:

Движение груза А задано уравнением $y = at^2 + bt + c$, где $[y] = \text{м}$, $[t] = \text{с}$.
Определить скорость и ускорение груза в моменты времени t_1 и t_2 , а также скорость и ускорение точки В на ободе барабана лебедки.

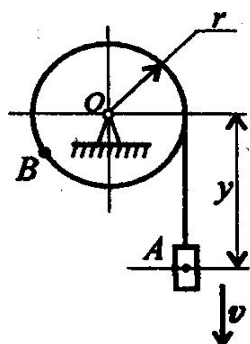


Рис. П4.4

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a, \text{м/с}^2$	2	0	3	0	3	3	2	0	4	0
$b, \text{м/с}$	0	3	4	2	0	4	0	3	4	2
$c, \text{м}$	3	4	0	5	2	0	4	2	0	3
$r, \text{м}$	0,2	0,4	0,6	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,8	0,6
$t_1, \text{с}$	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
$t_2, \text{с}$	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5.

Тема: Определение параметров движения с помощью расчетов кинематических звеньев.

Цель: . Определить вид движения на каждом участке по приведенному кинематическому графику.

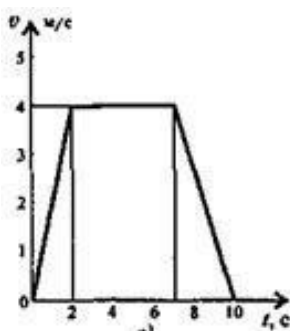
Оборудование: кинематический график, карандаш, линейка.

Справочный материал:

Порядок выполнения:

Задание:

Скорость кабины лифта изменяется согласно графику. Определить полное перемещение кабины лифта за всё время движения и среднюю скорость за это же время



1. Движение кабины лифта можно рассматривать как поступательное движение точки.

2. Разбиваем весь период движения на участки в зависимости от скорости: в данном случае имеется три участка.

3. Определить вид движения на каждом участке по приведенному кинематическому графику.

4. Записать законы движения кабины на каждом участке. Параметры движения в конце каждого участка являются начальными параметрами движения на каждом последующем. Определить параметры движения на каждом участке

5. Определить полное перемещение кабины за время движения.

6. Определить среднюю скорость движения кабины

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6.

Тема: Определение параметров движения с помощью расчетов кинематических звеньев.

Цель: . Определить вид движения на каждом участке по приведенному кинематическому графику.

Оборудование: кинематический график, карандаш, линейка.

Справочный материал:

Порядок выполнения:

Задание:

Расчёт кинематики вращающегося тела.

Основные понятия: угловое перемещение, угловая скорость, окружная скорость, угловое ускорение.

Исходные данные (задание):

Вращение колеса диаметром 0,4 м определяется уравнением $\varphi = 180t - 15t^2$. Определить окружную скорость, касательное и нормальное ускорения точек на ободе колеса, угловую скорость, частоту вращения и угловое ускорение в начале движения ($t = 0$).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

Тема: . Испытание на растяжение образца из низкоуглеродистой стали. Определение модуля сдвига при испытаниях на кручение.

Цель: Научиться выполнять расчеты элементов конструкций, испытывающих деформацию растяжения (сжатия). Научиться определять величину крутящих моментов, определять диаметр вала из условия прочности при кручении и определять угол закручивания.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал:

Содержание работы:

Для заданного двухступенчатого стального бруса, нагруженного двумя силами F_1 и F_2 , построить эпюры продольных сил (N_z). Определить площади поперечных сечений и диаметр каждой ступени бруса из условия прочности; построить эпюры нормальных напряжений; определить удлинение (укорочение) каждой ступени и найти перемещение свободного конца бруса.

При расчетах принять $\sigma_s = 150 \text{ МПа}$; $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Исходные данные выбрать из таблицы.

Номер варианта взять в соответствии с номером студента в списках по журналу.

1. Изобразить расчетную схему в соответствии с вариантом.

2. Выписать исходные данные из таблицы.

3. Разделить брус на участки, границы которых определяются сечениями, где изменяются площадь поперечного сечения или приложены внешние нагрузки. Пронумеровать участки.

4. Определить внутренние силовые факторы на каждом участке для чего применить метод сечения.

5. Построить эпюру N_z .

6. Из условия прочности при растяжении.

$$\sigma_{\max} = \frac{N_z}{A} \leq [\sigma]$$

Найти площадь поперечных сечений бруса на каждом участке.

$$A \geq \frac{N_{zi}}{[\sigma]} \text{ (мм}^2\text{)}$$

Определить диаметр каждого из сечений:

$$d \geq \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \text{ (мм)}$$

Округлить диаметр до стандартного из ряда чисел R40.

Уточнить площади поперечных сечений: $A'_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$ $A'_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$

8. Определить напряжения на каждом из участков.

$$\sigma_{\text{нп}} = \frac{N_x}{A} \quad (\text{МПа})$$

9. Построить эпюру нормальных напряжений по длине бруса.

10. Определить деформацию каждого участка.

$$\Delta l_i = (\text{мм})$$

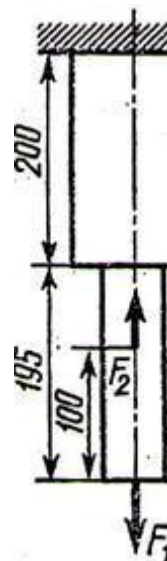
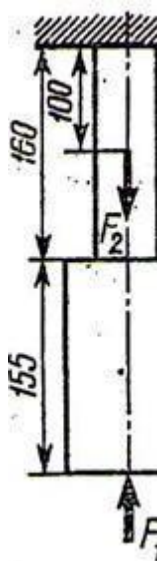
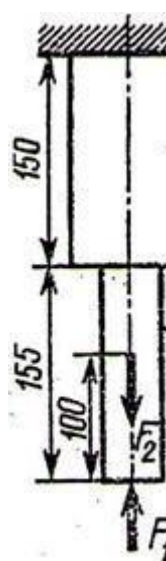
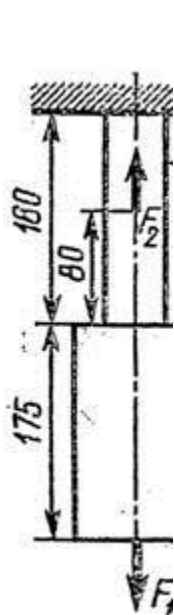
11. Определить перемещение свободного конца бруса.

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2$$

12. Вывод.

Задания:

Вариант	Вариант	Вариант	Вариант	Вариант
1, 11, 21	2, 12, 22	3, 13, 23	4, 14, 24	5, 15, 25



Вариант

Вариант

Вариант

Вариант

Вариант

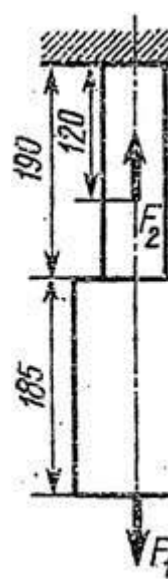
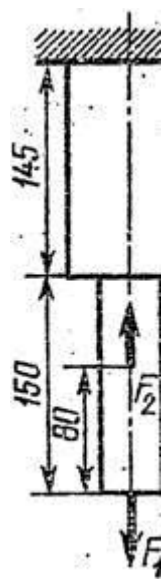
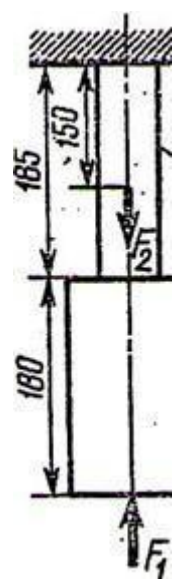
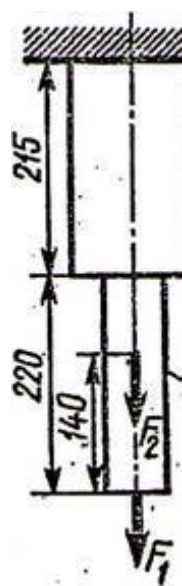
6, 16, 26

7, 17, 27

8, 18, 28

9, 19, 29 30

10, 20,



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8.

Тема: . Испытание на растяжение образца из низкоуглеродистой стали. Определение модуля сдвига при испытаниях на кручение.

Цель: Научиться выполнять расчеты элементов конструкций, испытывающих деформацию растяжения (сжатия). Научиться определять величину крутящих моментов, определять диаметр вала из условия прочности при кручении и определять угол закручивания.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал:

Содержание работы:

Содержание работы: Определить величину крутящих моментов для каждого участка, построить эпюру крутящих моментов, определить диаметр вала на каждом участке, определить угол закручивания каждого участка. Принять мощность на колесах:

$$P_2=0,5P_1; P_3=0,3P_1 \quad P_4=0,2P_1$$

Схему и исходные данные выбрать в соответствии с номером студента по списку в журнале.

Для всех вариантов принимать: $[\tau]=25\text{МПа}$; $G=8 \cdot 10^4\text{МПа}$

1. Изобразить расчетную схему.
2. Разбить вал на участки и пронумеровать их.
3. Определить мощность на колесах.
4. Определить вращающие моменты на колесах: $M_{вр} = \text{Нм}$, где P – мощность на колесе (Вт), ω – угловая скорость (рад/с)
5. Определить крутящие моменты на каждом участке – M_k .
6. Построить эпюру крутящих моментов – M_k .
7. Из условия прочности при кручении:

$$\tau_{\text{max}} = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau]$$

определить требуемый поперечный момент сопротивления для каждого участка:

$$W_p \geq \frac{M_k}{[\tau]}$$

8. Определить диаметр вала для каждого участка:

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2d^3; \quad d \geq \sqrt[3]{\frac{16W_p}{\pi}} \approx \sqrt[3]{5W_p}$$

Округлить полученное значение до стандартных.

9. Определить полярные моменты инерции сечений для каждого участка:

$$J_p = 0,1d^4 (\text{мм}^4)$$

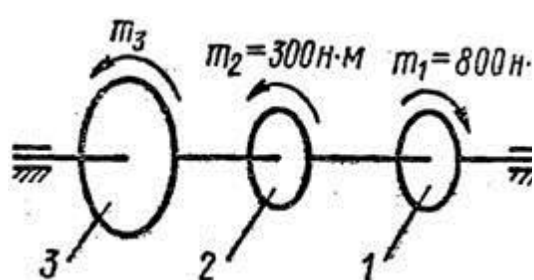
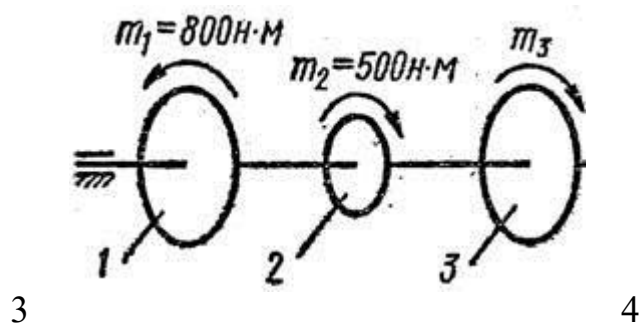
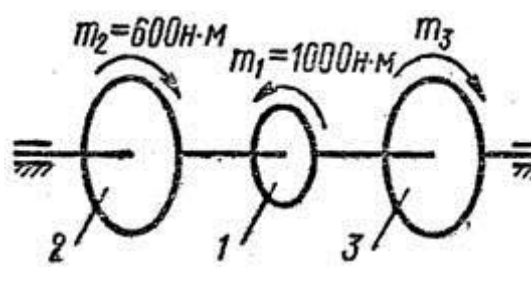
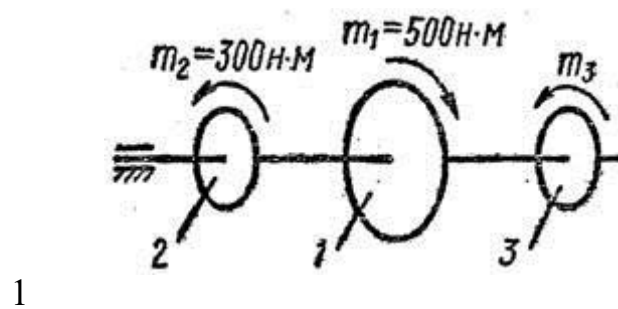
10. Определить углы закручивания каждого участка, приняв длины участков одинаковыми и равными $l=300\text{мм}$

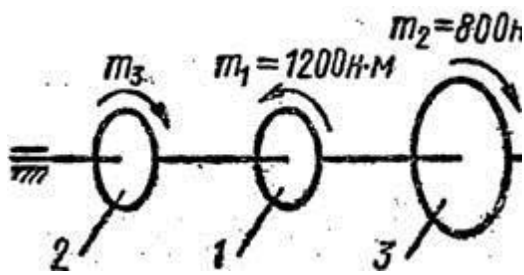
11. Вывод.

Таблица – Варианты заданий

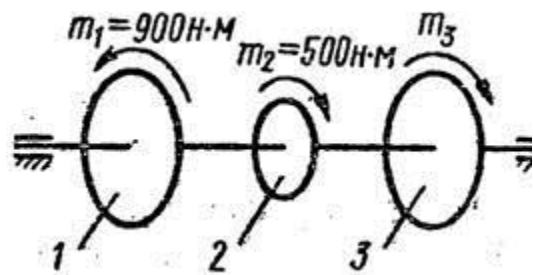
Вариант	P кВт	ω рад/с	№ схемы
1, 11, 21.	30	20	1
2, 12, 22.	22	30	2
3, 13, 23.	15	10	3
4, 14, 24.	18	40	4
5, 15, 25.	10	30	5
6, 16, 26.	25	35	6
7, 17, 27.	35	40	7
8, 18, 28.	24	15	8
9, 19, 29.	50	100	9
10, 20, 30.	11	24	10

Задания:

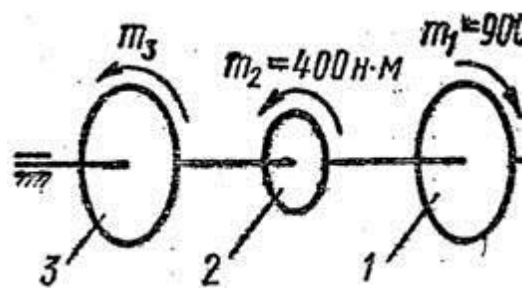




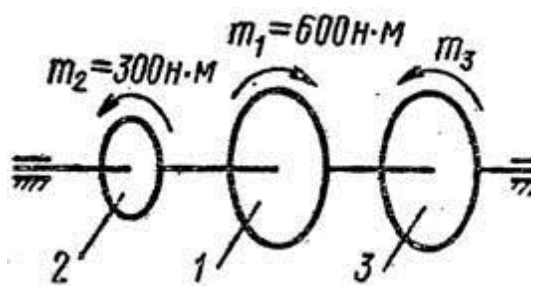
5



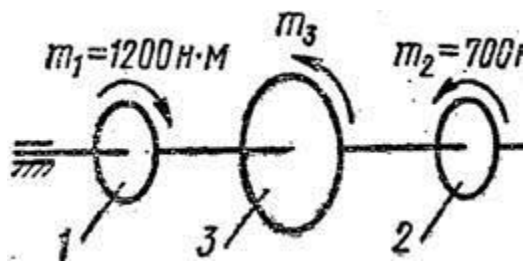
6



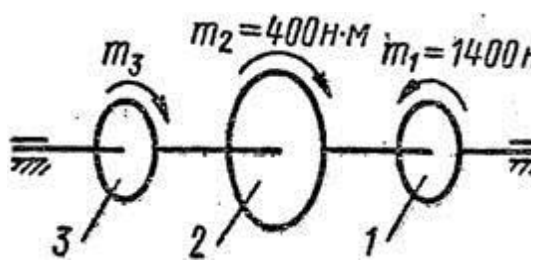
7



8



9



10

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

Цель: определить допустимое значение центрально-сжимающей силы.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал: справочник материалов.

Содержание работы:

1. Определить величину расчетного сопротивления материала на сжатие R , как правило, по справочникам или строительным нормам. Для решения задач самостоятельной работы можно воспользоваться прил. VI.

2. Найти площадь поперечного сечения A стойки.

В задании для самостоятельной работы заданы размеры сечения или тип и номер профиля проката, по которым и находят площадь сечения.

3. Определить коэффициент продольного изгиба φ в следующем порядке:

а) вначале определяют расчетную (эффективную) длину стержня

$$l_{ef} = \mu l,$$

где μ – коэффициент приведения длины, который зависит от способа закрепления концов стержня (см. прил. III); l – геометрическая длина стержня;

б) потом определяют моменты инерции сечения J_x и J_y относительно главных центральных осей. Формулы для определения моментов инерции простых геометрических фигур относительно собственных осей приведены в прил. II. Моменты инерции профилей проката приведены в ГОСТах (см. прил. I);

в) найти радиусы инерции сечения относительно осей x и y :

$$i_x = \sqrt{J_x/A}; \quad i_y = \sqrt{J_y/A}.$$

Если i_x и i_y не равны между собой, то для дальнейших расчетов принимают наименьший из них, обозначив его i_{\min} . Если $i_x = i_y$, то расчет можно вести по любому из них. Для единообразия дальнейших расчетов принимают обозначение j_{\min} , которое для сечения с двумя осями симметрии будет равно i_x и i_y ;

г) определить гибкость стержня:

$$= l_{ef} / i_{\min};$$

д) по найденному значению гибкости в зависимости от материала стержня определить коэффициент продольного изгиба (см. прил. IV). При этом, как правило, приходится пользоваться интерполяцией (см. примеры 1,2).

$$N = R \cdot A.$$

4. Определить величину допускаемого значения сжимающей силы:

Пример: Определить значение допускаемой силы для центрально-сжатой стойки, показанной на рис. 1, а. Материал стойки – алюминий марки АД31Т.

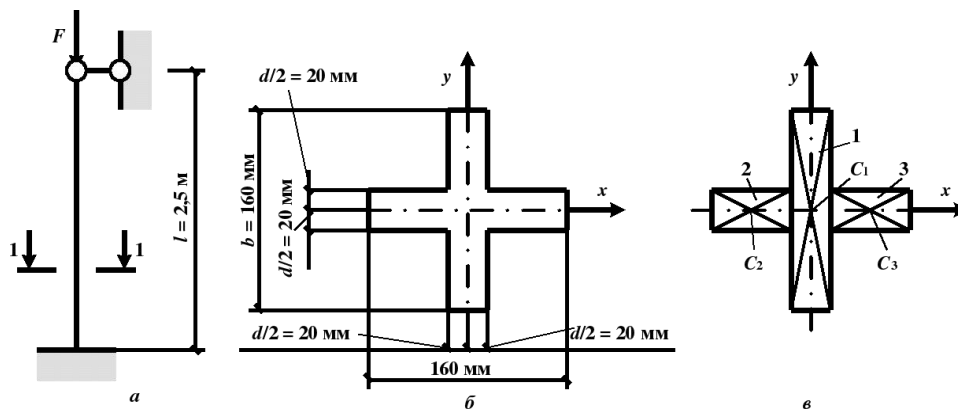


Рис. 1

Решение.

1. Расчетное сопротивление алюминия $R=54$ МПа (прил. VI).

2. Площадь поперечного сечения стержня (рис. 1, б)

$$A = 16 \times 4 + 2 \times 6 \times 4 = 112 \text{ см}^2 = 112 \times 10^{-4} \text{ м}^2.$$

3. Определим коэффициент продольного изгиба μ : а) расчетная длина стержня

$$l_{ef} = \mu l = 0,7 \times 2,5 = 1,75 \text{ м},$$

где $\mu = 0,7$ (см. прил. III);

$$J_x = J_x^I + J_x^{II} + J_x^{III} = 1365 + 32 + 32 = 1429 \text{ см}^4,$$

$$\text{где } J_x^I = \frac{db^3}{12} = \frac{4 \times 16^3}{12} = 1365 \text{ см}^4;$$

б) моменты инерции сечения $J_x = J_y$, так как сечение имеет две оси симметрии (рис. 1)

$$J_x^{II} = J_x^{III} = \frac{\left(\frac{b-d}{2}\right)d^3}{12} = \frac{6 \times 4^3}{12} = 32 \text{ см}^4;$$

$$i_x = i_y = i_{\min} = \sqrt{J_x/A} = \sqrt{\frac{1429}{112}} = 3,57 \text{ см};$$

в) радиус инерции сечения

г) гибкость стержня

д) коэффициент продольного изгиба (см. прил. IV) с помощью интерполяции $\lambda = 40$ ($\varphi = 0,88$) и $\lambda = 50$ ($\varphi = 0,835$)

4. Определим величину сжимающей силы

$$N = R_{\phi} A = 54 \cdot 0,85 \cdot 112 \cdot 10^{-4} = 5141 \cdot 10^{-4} \text{ МН} = 514,1 \text{ кН.}$$

Ответ: $N = 514,1 \text{ кН.}$

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10.

Тема: Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

Цель: определить допустимое значение центрально-сжимающей силы.

Оборудование: раздаточный материал, карандаш, линейка.

Справочный материал: справочник материалов.

Содержание работы:

Пример: Определить допускаемое значение сжимающей силы для центрально-сжатого стержня, показанного на рис. 2, а. Материал стержня сталь – марки С-245.

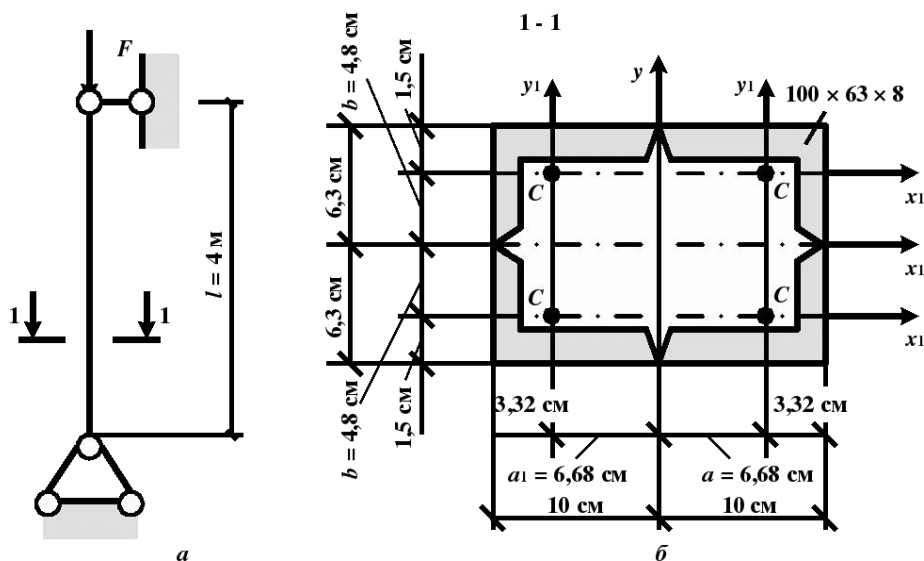


Рис. 2

Сечение стержня состоит из четырех уголков 100х63х8.

Решение.

1. Расчетное сопротивление стали $R = 240 \text{ МПа}$ (прил. VI).

2. Площадь поперечного сечения стержня (рис. 2, б)

$$A = 4 \times 12,6 = 50,4 \text{ см}^2 = 50,4 \times 10^{-4} \text{ м}^2 \text{ (см. табл. 1, прил. I).}$$

3. Определим коэффициент продольного изгиба φ :

а) расчетная длина стержня

$$l_{ef} = \mu l = 1 \times 4,0 = 4 \text{ м},$$

где $\mu = 1$ (прил. III);

б) определим моменты инерции сечения относительно осей x и y .

Поскольку сечение состоит из неравнополочных уголков, то момент инерции относительно оси x не будет равен моменту инерции относительно оси y . Момент инерции относительно оси y

$$J_y = 4J_{y1}^1 + 4a_1^2 A_1 = 4 \times 127 + 4 \times 6,68^2 \times 12,6 = 2757 \text{ см}^4,$$

$$\text{где } J_{y1}^1 = 127 \text{ см}^4, \text{ принято по табл. 1 и 2, прил. I.}$$

$$J_x = 4J_{x1}^1 + 4b_1^2 A_1 = 4 \times 39,2 + 4 \times 4,8^2 \times 12,6 = 1318 \text{ см}^4,$$

$$\text{где } J_{x1}^1 = 39,2 \text{ см}^4, \text{ принято по табл. 1 и 2, прил. I.}$$

Момент инерции относительно оси x

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{1318}{50,4}} = 5,1 \text{ см};$$

Момент инерции относительно оси x является наименьшим;

в) минимальный радиус инерции сечения

г) наибольшая гибкость стержня

$$= \frac{l_{ef}}{i_{\min}} = \frac{400}{5,1} = 78,4;$$

д) коэффициент φ определим по прил. IV, интерполируя значения гибкости $\lambda = 70$ ($\varphi = 0,754$) и $\lambda = 80$ ($\varphi = 0,686$):

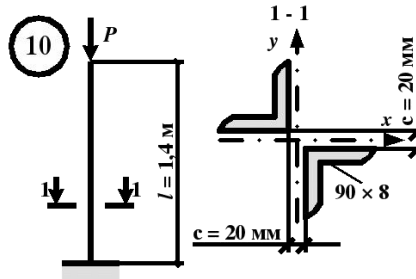
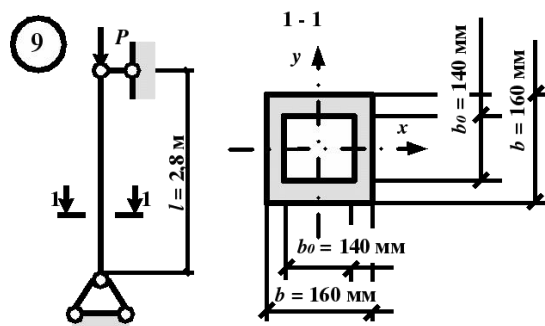
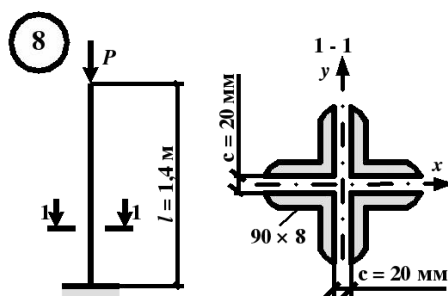
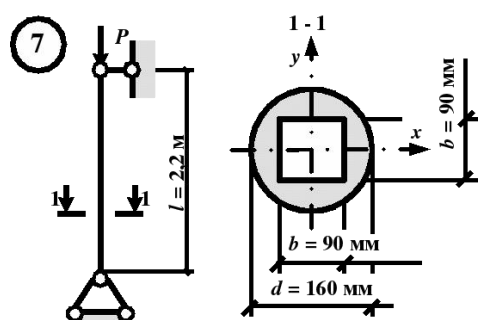
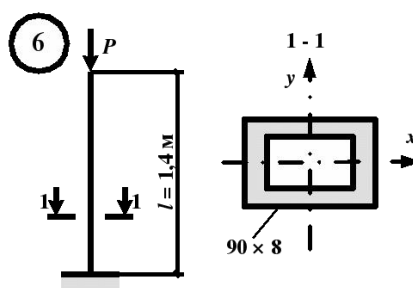
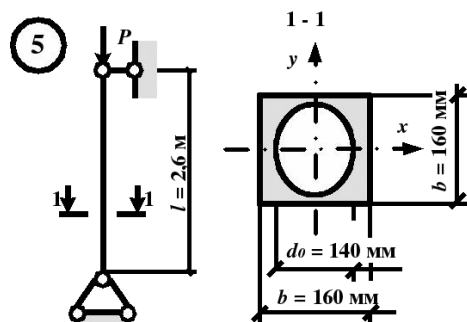
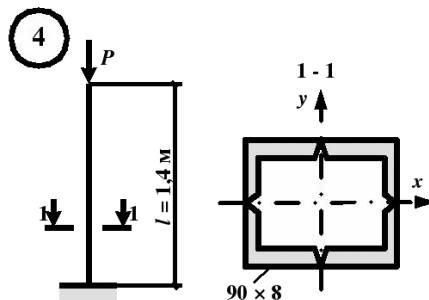
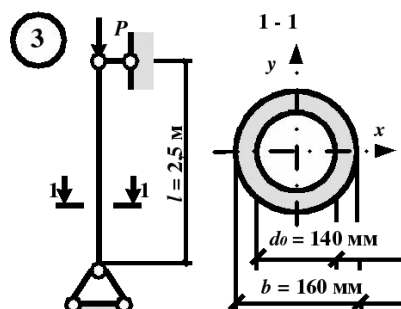
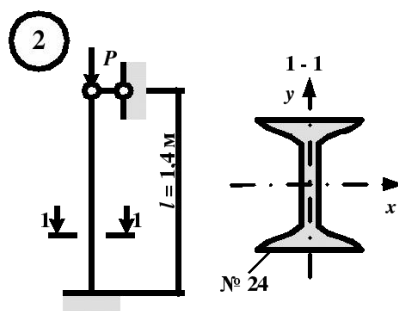
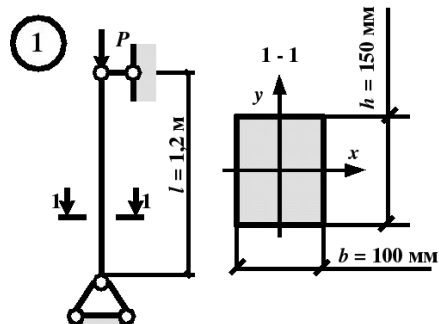
4. Допустимая сжимающая сила

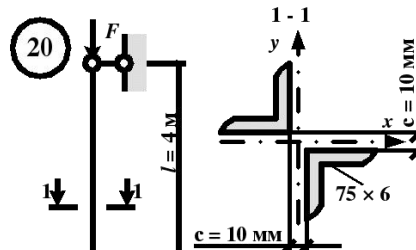
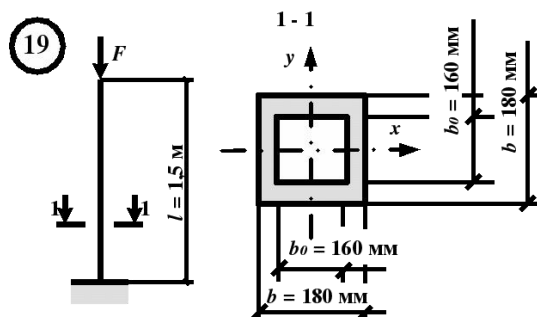
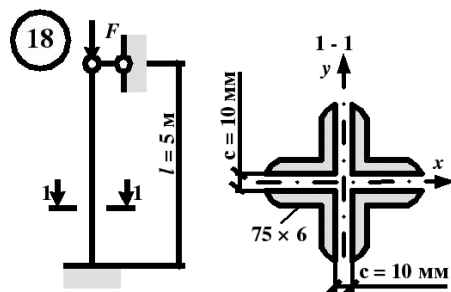
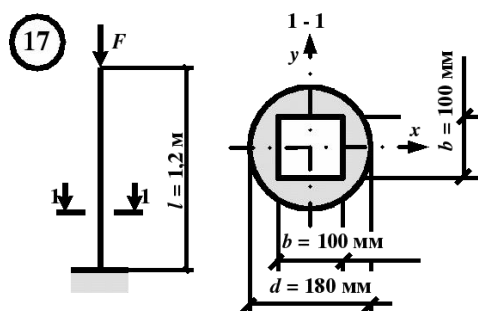
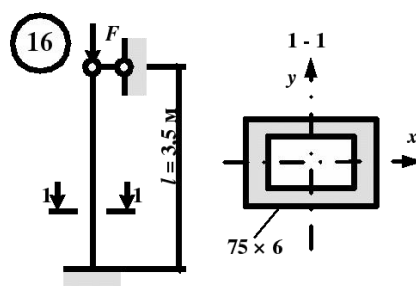
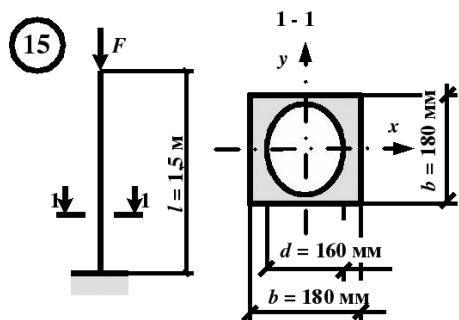
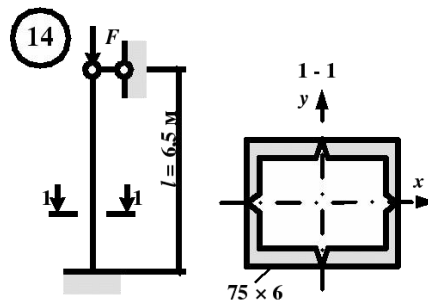
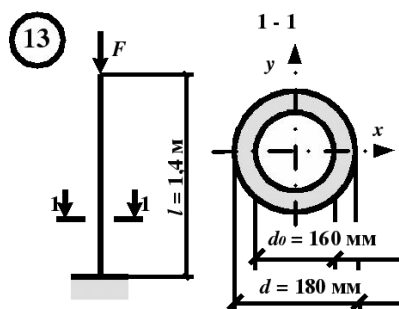
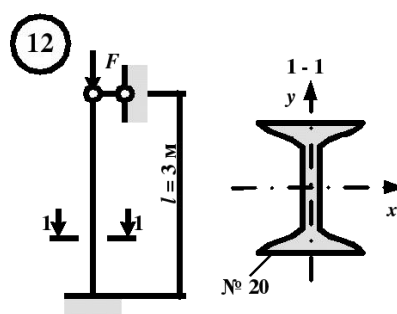
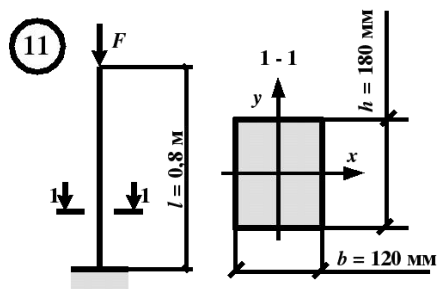
$$= 0,754 - \frac{0,754 - 0,686}{10} (78,4 - 70) = 0,697.$$

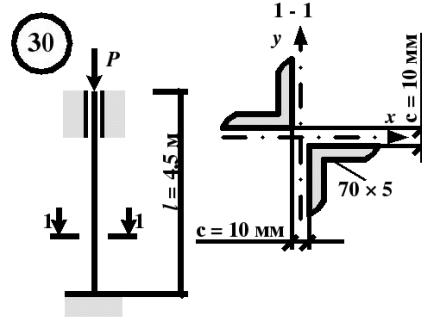
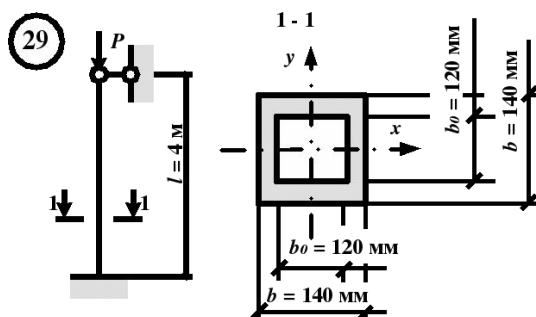
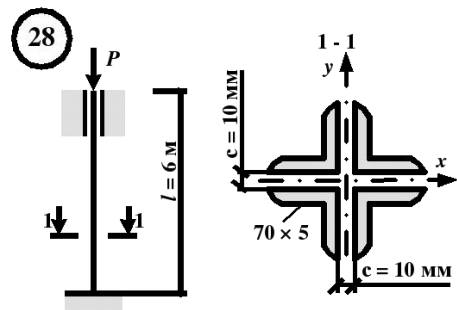
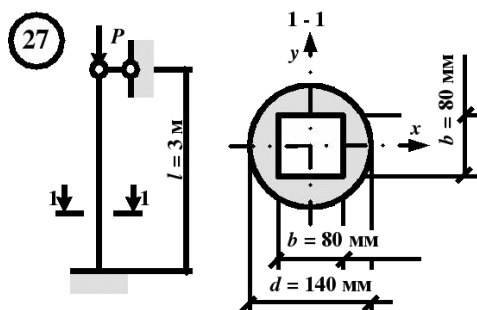
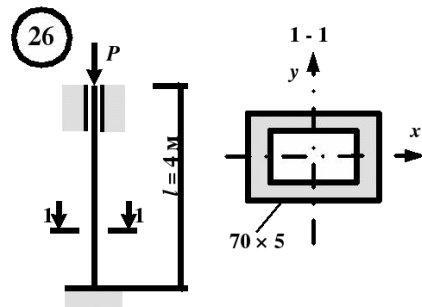
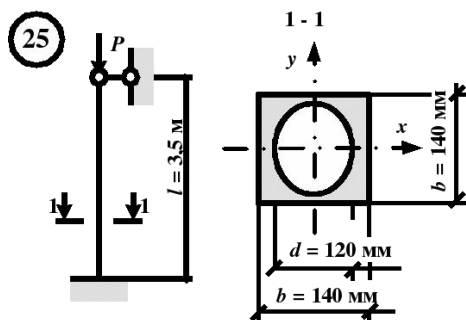
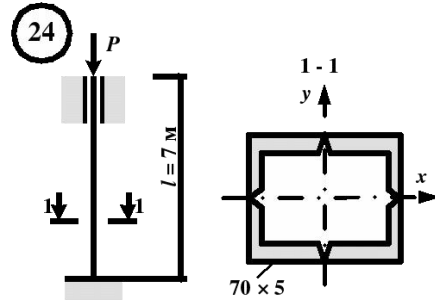
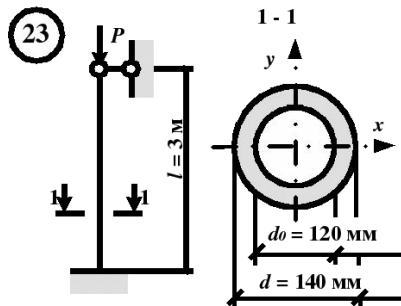
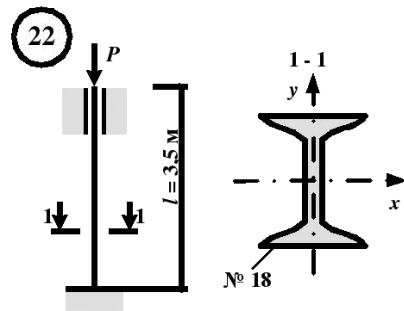
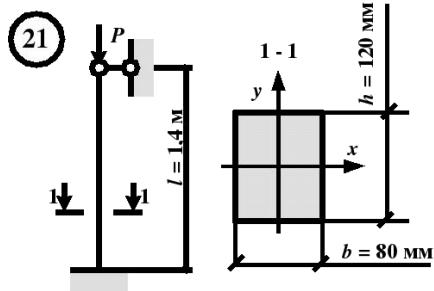
$$N = R_A = 240 \times 0,697 \times 50,4 \times 10^{-4} = 8431 \times 10^{-4} \text{ МН} = 843,1 \text{ кН}.$$

Задание:

Определить величину допускаемого значения центрально-сжимающей силы по данным одного из вариантов, показанных на рис. 3. Для нечетных вариантов материал для стержня – алюминий марки АМг2М, для четных – сталь марки С-345.







ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11

Тема: «Расчет многоступенчатого привода».

Цель: Ознакомиться с классификацией, кинематическими схемами, конструкцией, узлами и деталями червячного редуктора.

Справочный материал:

Содержание работы:

Червячная передача относится к передачам зацепления с перекрещивающимися осями валов. Угол перекрещивания обычно равен 90° .

Преимущества червячной передачи: возможность получения больших передаточных отношений в одной паре (до 1000); плавность и бесшумность работы, возможность самоторможения. Недостатки: низкий КПД (0,7...0,92), повышенный износ, склонность к заеданию, необходимость применения для изготовления колес дорогих антифрикционных материалов.

Конструкция и геометрия червяков.

Для червяков силовых передач применяют углеродистые и легированные стали марок: 45, 20X, 40X, 40H и другие, закаленные до твердости 45... 55 HRC с последующей шлифовкой и полированием, что обеспечивает высокую твердость рабочих поверхностей. В большинстве случаев червяк выполняют как целое с валом

В качестве материалов для изготовления венцов червячных колес используют бронзы, углеродистую сталь.

По форме поверхности, на которой нарезают резьбу, различают цилиндрические (рисунок 12.1,а) и глобоидные червяки (рисунок 12.1,б).

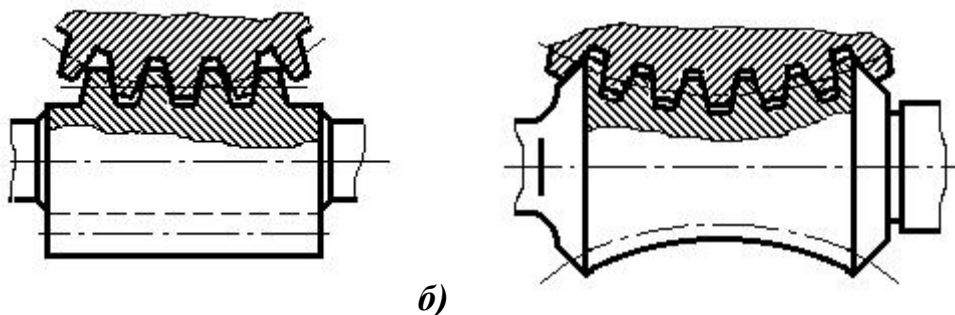


Рисунок 12.1

По форме профиля витков червяка в осевом сечении различают червяки с прямолинейным профилем (рисунок 12.2, а) и криволинейным (рисунок 12.2, б). Червяки с прямолинейным профилем называют архимедовыми червяками, так как в торцевом сечении витка получается спираль Архимеда. Червяки с криволинейным профилем называют эвольвентными, так как в торцевом сечении витка получается эвольвента.

Как и все винты, червяки могут быть одновитковыми многовитковыми (однозаходными и многозаходными). В зависимости от передаточного числа червячной передачи число витков (заходов) – z_1 может быть равно 1, 2 и 4.

Как правило, червяки изготавливают за одно целое с валом.

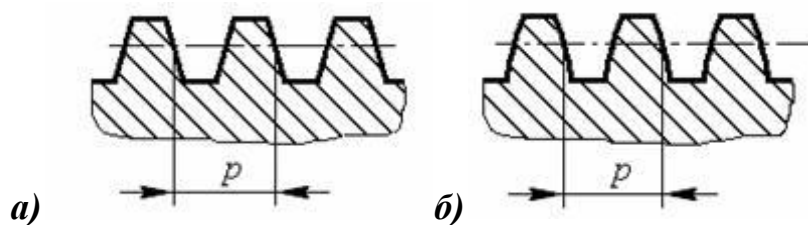


Рисунок 12.2

Конструкция червячного редуктора.

Основные кинематические схемы одноступенчатых червячных редукторов представлены на рисунке 4. На схемах быстроходный вал обозначен Б, тихоходный – Т.

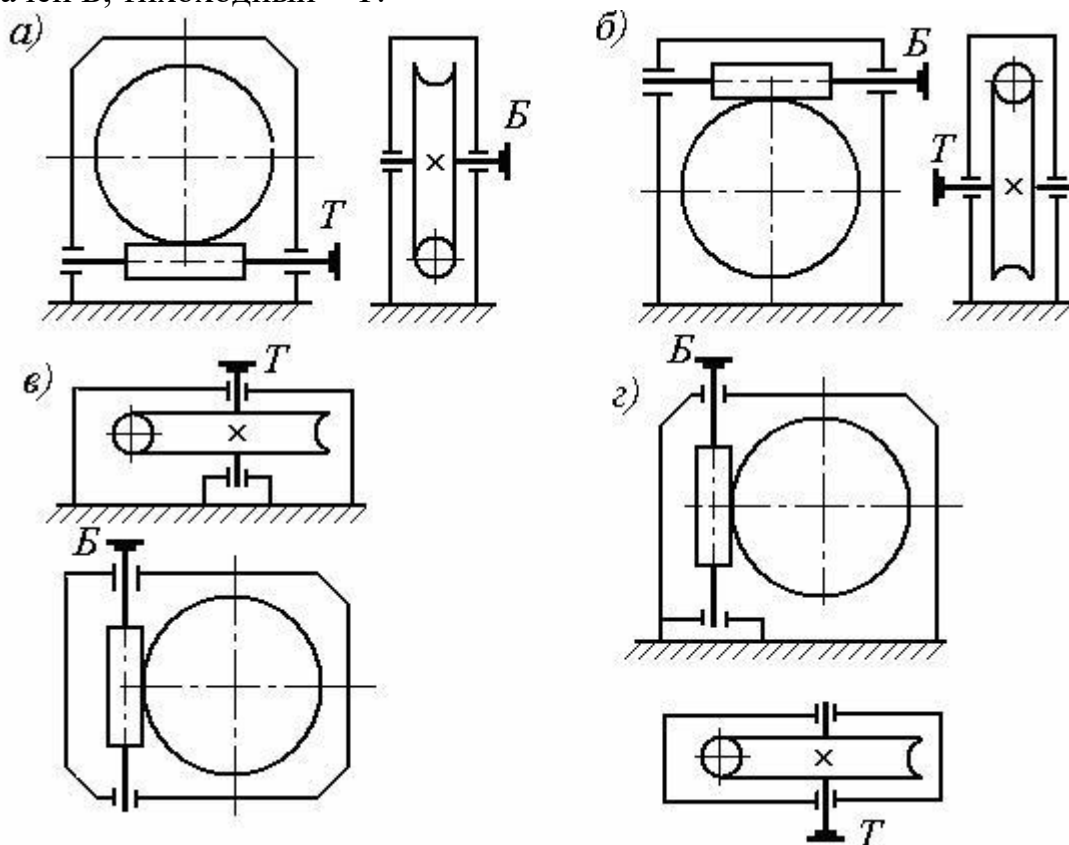


Рисунок 12.3

При окружных скоростях червяка до 4... 5 м/с применяют редукторы с нижним расположением червяка (рисунок 12.3, а). Смазывание червячной передачи проводится погружением червяка в масло.

При верхнем или вертикальном расположении червяка (рисунок 12.3, б) смазывание зацепления обеспечивается погружением червячного колеса.

При окружных скоростях червяка более 5 м/с наблюдаются большие потери на перемешивание смазки, поэтому червяк располагают над колесом (рисунок 12.3, в).

Передачи с вертикальным расположением вала червячного колеса (рисунок 12.3, в) или червяка (рисунок 12.3, г) используют редко вследствие трудности смазывания подшипников вертикальных валов.

Червячные редукторы предназначены для уменьшения угловой (окружной) скорости и увеличения вращающего момента на ведомом валу.

Характеризуются редукторы передаточным числом, вращающим моментом, частотой вращения ведущего или ведомого валов.

Конструкция червячного редуктора приведена на рисунке 12.4. Редуктор состоит из корпуса 1 и крышки 2, которые соединены болтами 3. Корпус и крышку выполняют литыми из чугуна (или алюминиевых сплавов). Вращательное движение от быстроходного вала-червяка 4 к тихоходному валу 5 осуществляется червячным колесом 6, которое установлено на валу при помощи шлицев. Червяк выполнен заодно с валом. Валы установлены в корпусе редуктора на конических роликоподшипниках 7 и 8.

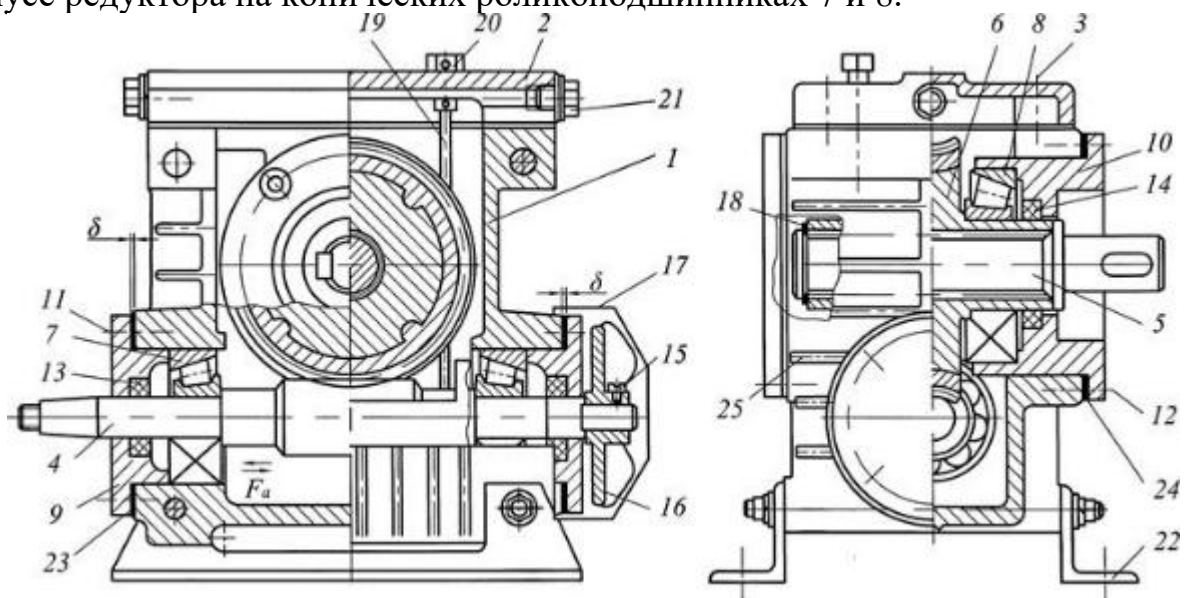


Рисунок 12.4

Накладные крышки 9 и стаканы 10 крепятся к корпусу с помощью болтов 11 и 12. В крышках и стаканах установлены манжеты 13 и 14. К валу червяка 4 винтом 15 крепится крыльчатка 16, которая служит для охлаждения редуктора. К корпусу редуктора крепится кожух крыльчатки 17. Кольцо пружинное 18 фиксирует червячное колесо от осевого смещения. Смазка редуктора картерная. Уровень масла контролируется маслоуказателем 19 с отдушиной 20. Отверстие под маслоуказатель используется для заливки масла. Слив масла производится через сливное отверстие, закрываемое пробкой 21. К корпусу редуктора 1 крепятся съемные лапы 22. Набор прокладок 23 и 24.

Охлаждение редуктора с помощью крыльчатки. Улучшению теплоотвода способствуют ребра 25, отлитые заодно с корпусом.

Основной способ смазки червячного зацепления - окунание червяка или колеса в масляную ванну картера редуктора. Масляная ванна должна иметь достаточную ёмкость во избежание быстрого старения масла и перемещения продуктов износа и осадков в зацепление и опоры валов. При нижнем расположении червяка уровень масла обычно назначают из условия полного погружения витков червяка. Уровень масла при верхнем расположении червяка назначают из условия полного погружения зуба червячного колеса.

В быстроходных червячных редукторах большой мощности применяют циркуляционную смазку. Для контроля уровня масла применяют маслоуказатели. Для заливки масла и контроля пятна контакта используют смотровой лючок или верхнюю крышку редуктора. В нижней части корпуса редуктора устанавливают пробку для слива масла. Через отдушину на крышке смотрового лючка в редукторах типа РЧН или РЧП выравнивают давление воздуха внутри корпуса редуктора по отношению к наружному. В редукторах типа РЧУ для этой цели предусматривается отверстие в щупе маслоуказателя.

Для устранения утечек масла и попадания внутрь редуктора пыли и грязи в сквозных крышках опор редуктора устанавливают уплотнения. Наиболее часто применяют уплотнения манжетного типа.

Конструкция опор валов червяка и колеса.

Опорами валов червяка и колеса служат подшипники качения. В червячном зацеплении возникают как радиальные, так и осевые усилия, поэтому в опорных узлах используют радиально-упорные подшипники. Способ установки подшипников зависит от длины вала и температурных режимов.

Корпуса червячных редукторов.

В серийном производстве корпуса червячных редукторов изготавливают литыми из серого чугуна, иногда из стали или алюминия. Корпуса выполняются двух типов: разъемные и неразъемные. Разъемные корпуса (рисунок 12.5) состоят из собственно корпуса 1 и крышки 2, соединенных с помощью стяжных болтов 3.

Для исключения сдвига крышки относительно корпуса устанавливают два штифта 4. Плоскость разъема располагается горизонтально и проходит по оси вала колеса.

При сборке редуктора плоскость разъема смазывается пастой «герметик» или лаком, для устранения утечек масла, залитого в корпус. Использование прокладок в плоскости разъема не допускается. Сборка червячного колеса в корпусе осуществляется при снятой крышке.

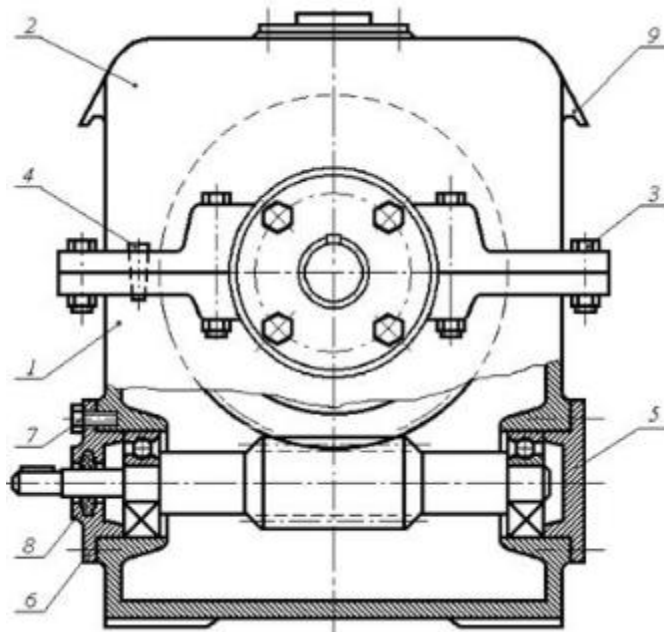


Рисунок 12.5

Отверстия под подшипники червяка и вала колеса закрываются торцевыми подшипниковыми крышками. Торцевые крышки бывают глухие 5 и сквозные 6 и крепятся к корпусу болтами 7. В сквозной крышке имеется отверстие для прохода наружу выходного конца вала. Между отверстием в крышке и выходным концом вала всегда есть зазор. Чтобы через этот зазор не вытекало масло, и не проникали внутрь извне пыль и грязь, крышки снабжаются уплотнительными устройствами 8. Чаще всего применяют манжетные, сальниковые или лабиринтные уплотнения.

Для подъема и перемещения редуктора служат специальные приливы 9, расположенные на крышке корпуса.

В неразъемных корпусах размеры посадочных диаметров торцевых крышек подшипников вала колеса делаются больше наружного диаметра колеса. Это позволяет вставлять (или извлекать) червячные колеса внутрь корпуса через отверстия, выполненные для торцевых крышек.

Порядок выполнения работы.

Ответить на контрольные вопросы:

1. Каково назначение червячной передачи?
2. Перечислите достоинства и недостатки червячной передачи.
3. Назовите материалы для изготовления червяка и червячного колеса.
4. Как осуществляется смазка редуктора с нижним расположением червяка; с верхним расположением червяка?
5. Перечислите детали и узлы из которых состоит червячный редуктор.
6. Как определяется модуль червячной передачи?
7. Почему венцы червячных колес изготавливаются из бронз?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12

Тема: «Расчет многоступенчатого привода».

Цель: Ознакомиться с классификацией, кинематическими схемами, конструкцией, узлами и деталями червячного редуктора.

Справочный материал:

Содержание работы:

Порядок выполнения работы.

1. Разобрать и собрать редуктор (рисунок 12.4).

Рукой или ключом гаечным выверните отдушину 20 маслом указателем 19 и выньте их из корпуса редуктора.

При помощи отвертки открутите винты и снимите кожух 17 крыльчатки 16.

Отверткой ослабьте винт 15 (3... 5 оборотов), крепящий на червяке крыльчатку 16, и снимите ее вместе с винтом.

Ключом торцовым изогнутым отверните болты 3, крепящие крышку корпуса 2, и снимите ее. Если крышка находится внизу и является дном корпуса редуктора, то редуктор поверните на 180^0 . Один из студентов должен крепко удерживать его в перевернутом положении, а другой – отвернуть болты и снять крышку. После этого редуктор снова поставьте на лапы 22.

Специальным съемником снимите с вала 5 пружинное кольцо 18 и выньте вал из ступицы червячного колеса 6.

Ключом торцовым изогнутым отверните болты 12, крепящие стаканы 10. С помощью отвертки, вставляя ее в зазоры между фланцами стаканов и корпусом редуктора, выньте стаканы из корпуса редуктора. Внутренние кольца подшипников 8 остаются на ступице червячного колеса.

Через проем в корпусе редуктора выньте червячное колесо. Если проем находится внизу, то осторожно поднимайте редуктор вверх, при этом червячное колесо выпадет из корпуса редуктора на стол. Соблюдайте осторожность при выполнении этой операции. Поставьте редуктор лапами на стол.

Ключом торцовым изогнутым отверните болты 11, крепящие крышки подшипников 9, выньте их и вал-червяк 4 с подшипниками 7 из корпуса редуктора. Подшипники с червяка не снимайте.

Редуктор разобран, лапы остались присоединенными к корпусу редуктора. Детали разложены в порядке отсоединения их. Это облегчит сборку редуктора.

Сборка редуктора выполняется в обратной последовательности.

2. Произвести измерения и заполнить таблицу 12.1.

- определить число заходов червяка z_1 . Отметив мелом один зуб на червячном колесе, вращая его, посчитать число зубьев z_2 ;
- измерить шаг червяка p , мм (рисунок 12.6);
- измерить диаметр вершин червяка d_{a1} , мм (рисунок 12.6);

- измерить длину нарезанной части червяка b_1 ширину венца колеса b_2 , мм.

3. Произвести расчеты по формулам и заполнить таблицу 12.2.

- определить передаточное число редуктора

$$u = \frac{z_2}{z_1}$$

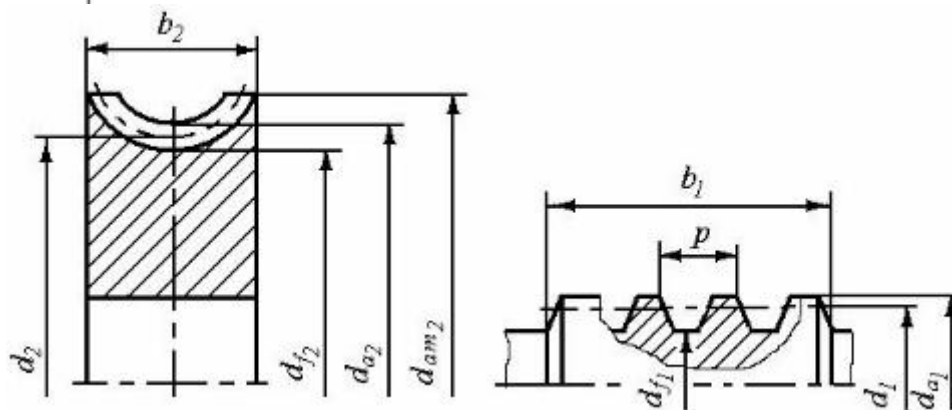


Рисунок 12.6

- рассчитать модуль m , мм

$$m = \frac{p}{\pi}$$

полученную величину m согласовывают с ближайшим стандартным значением: $m = 2; 2,5; 3,15; 4; 6,3; 8; 10; 12,5$ мм;

- определить коэффициент диаметра червяка q из формулы:

$$d_{a1} = d_1 + 2m = qm + 2m$$

Где d_1 – делительный диаметр червяка, мм,

отсюда коэффициент диаметра червяка q :

$$q = \frac{d_{a1} - 2m}{m}$$

полученную величину q согласовывают с ближайшим стандартным значением: $q = 8; 10; 12,5; 16; 20$;

- межосевое расстояние a , мм:

$$a = 0,5 \cdot (z_2 + q) \cdot m$$

- рассчитать угол подъема винтовой линии червяка, град:

$$\gamma = \arctg \frac{z_1}{q}$$

- рассчитать геометрические параметры червяка и червячного колеса (рис.5), мм:

делительные диаметры:

$$d_1 = q \cdot m; \quad d_2 = m \cdot z_2$$

диаметры окружностей вершин:

$$d_{a1} = d_1 + 2m; \quad d_{a2} = d_2 + 2m$$

диаметры окружностей впадин:

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m; \quad d_{f2} = d_2 - 2,4m$$

- рассчитать наибольший диаметр колеса, мм:

$$d_{am2} = d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2}$$

Таблица 12.1

Параметры	Единица	Обозначение	Значение
-----------	---------	-------------	----------

	измерения		
Число заходов червяка	<i>шт.</i>	z_1	
Число зубьев червячного колеса	<i>шт.</i>	z_2	
Шаг червяка	<i>мм</i>	p	
Диаметр окружности вершин червяка	<i>мм</i>	d_{a1}	
Длина нарезанной части червяка	<i>мм</i>	b_1	
Ширина венца колеса	<i>мм</i>	b_2	

Таблица 12.2

Параметры	Единица измерения	Обозначение	Значение
Передаточное число редуктора		u	
Модуль	<i>мм</i>	m	
Коэффициент диаметра червяка		q	
Межосевое расстояние	<i>мм</i>	a	
Угол подъема винтовой линии червяка	<i>град</i>	γ	
Диаметры делительные	<i>мм</i>	d_1 d_2	
Диаметры вершин	<i>мм</i>	d_{a1} d_{a2}	
Диаметры впадин	<i>мм</i>	d_{f1} d_{f2}	
Наибольший диаметр колеса	<i>мм</i>	d_{am2}	

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13

Тема: «Расчет многоступенчатого привода».

Цель: Ознакомиться с классификацией, кинематическими схемами, конструкцией, узлами и деталями червячного редуктора.

Справочный материал:

Содержание работы:

1. Изучить теоретический материал по теме «Общие сведения о редукторах»;
2. Составить таблицу «Классификация редукторов».

ВИДЫ РЕДУКТОРОВ	ХАРАКТЕРИСТИКА
-----------------	----------------

Информационное обеспечение обучения

Печатные издания

Основная учебные издания:

1. Сербин, Е.П. Техническая механика : учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2025. — 399 с. — (СПО). — ISBN 978-5-406-07209-7. — URL: <https://book.ru/book/931903> — Текст : электронный.
2. Бабичева, И.В. Техническая механика : учебное пособие / Бабичева И.В.— Москва : Русайнс, 2025. — 101 с. — ISBN 978-5-4365-5348-1. — URL: <https://book.ru/book/937045> — Текст : электронный.

Дополнительные учебные издания:

3. Черноброва, О.Г. Техническая механика : учебник / Черноброва О.Г. — Москва : КноРус, 2025. — 217 с. — ISBN 978-5-406-06249-4. — URL: <https://book.ru/book/939564> — Текст : электронный.
4. Котов, А. А. Основы технической механики : учебно-методическое пособие / А. А. Котов. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 184 с. — ISBN 978-5-9729-0995-7. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/124123>.
5. Титенок, А. В. Техническая механика : учебное пособие / А. В. Титенок. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. - 252 с. - ISBN 978-5-9729-1348-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2100428>

Интернет ресурсы

6. <http://www.isopromat.ru/> - Техническая механика
7. <http://www.ostemex.ru/> - Техническая механика
8. http://cherch.ru/ponyatie_o_tekhnicheskoy_mechanike/obschie_svedeniya.html - теоретические основы по технической механике

Электронно-библиотечная система:

9. ЭБС «PROФобразование»
10. ЭБС «Book.ru»
11. ЭБС «Znanium»