

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор филиала СГТУ  
имени Гагарина Ю.А.  
в г. Петровске  
Е.А. Бесшапошникова  
\_\_\_\_\_ 2023 г.



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по дисциплине  
ОП.03 «Техническая механика»

специальности  
15.02.09 «Аддитивные технологии»

Методические указания рассмотрены  
на заседании предметной (цикловой) комиссии  
общеобразовательных дисциплин,  
профессиональных модулей специальностей  
технического профиля  
«14» июня 2023 года, протокол №12

Председатель ПЦК  /Т.А.Лескина/

## **Пояснительная записка.**

Методические указания по выполнению практических работ подготовлены на основе рабочей программы учебной дисциплины

«Техническая механика» разработанной на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.09 «Аддитивные технологии» и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

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

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

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

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

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

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

ПК 1.1. Применять средства бесконтактной оцифровки для целей компьютерного проектирования, входного и выходного контроля.

ПК 1.2. Создавать и корректировать средствами компьютерного проектирования цифровые трехмерные модели изделий.

ПК 2.1. Организовывать и вести технологический процесс на установках для аддитивного производства.

ПК 2.2. Контролировать правильность функционирования установки, регулировать ее элементы, корректировать программируемые параметры.

ПК 2.3. Проводить доводку и финишную обработку изделий, созданных на установках для аддитивного производства.

ПК 2.4. Подбирать параметры аддитивного технологического процесса и разрабатывать оптимальные режимы производства изделий на основе технического задания (компьютерной/цифровой модели).

ПК 3.1. Диагностировать неисправности установок для аддитивного производства.

ПК 3.2. Организовывать и осуществлять техническое обслуживание и текущий ремонт механических элементов установок для аддитивного производства.

ПК 3.3. Заменять неисправные электронные, электронно-оптические, оптические и прочие функциональные элементы установок для аддитивного производства и проводить их регулировку.

Целью освоения учебной дисциплины «Техническая механика» является:

-получение студентами знаний об общих законах движения и равновесия материальных тел, основ расчета элементов конструкции на прочность, жесткость, усталость и устойчивость, основ проектирования деталей машин, сборочных единиц и простейших механических устройств общего назначения.

При выполнении практических работ студент должен **знать:**

- виды движений и преобразующие движения механизмы;
- виды передач, их устройство, назначение, преимущества и недостатки, условные обозначения на схемах;
- кинематику механизмов, соединения деталей машин;
- виды износа и деформаций деталей и узлов;
- методику расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации;
- методику расчета на сжатие, срез и смятие;
- трение, его виды, роль трения в технике;
- назначение и классификацию подшипников;
- характер соединения основных сборочных единиц и деталей;
- основные типы смазочных устройств;
- типы, назначение, устройство редукторов;
- устройство и назначение инструментов и контрольно-измерительных приборов, используемых при техническом обслуживании и ремонте оборудования;

При выполнении практических работ студент должен **уметь:**

- читать кинематические схемы;
- определять передаточное отношение;
- определять напряжения в конструктивных элементах;
- производить расчеты элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;
- производить расчеты на сжатие, срез и смятие;
- проводить расчет и проектировать детали и сборочные единицы общего назначения;

Содержание практических занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов учебной дисциплины.

Объем 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 «Техническая механика» содержит 6 практических занятий.

**Перечень практических работ  
по дисциплине «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:** Расчетно-графическая работа «Линейные скорости и ускорения точек вращающегося тела».

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3.**

**Тема:** Расчетно-графическая работа «Структурный анализ плоских механизмов».

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4.**

**Тема:** Определение параметров движения с помощью расчетов кинематических звеньев.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5.**

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

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6.**

**Тема:** Выполнение расчёта на устойчивость сжатых стержней.

## **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.

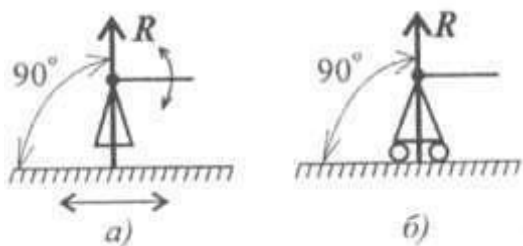
**Цель:** ознакомиться с устройством опор балок, составить расчетные схемы балок и определить реакции их опор. Научится определять координаты центра тяжести плоской фигуры сложной формы.

**Оборудование:** раздаточный материал

**Справочный материал:**

**Содержание работы:**

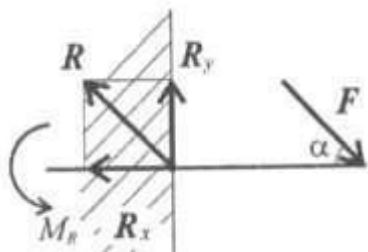
1. Балки имеют специальные опорные устройства для сопряжения их с другими элементами конструкции и передачи на них усилий. Опоры балок можно разделить на три типа. Подвижная опора допускает поворот стержня вокруг оси шарнира и линейное перемещение параллельно опорной плоскости.



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:

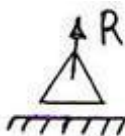
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{для жестко заземленной балки} \\ \sum M_i A = 0 \\ \sum F_{iy} = 0 \\ \sum F_{ix} = 0 \end{array} \right.$$

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

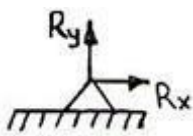
### Задание 1:

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:  $\sum M_A = 0$ ;  $\sum M_B = 0$ ;  $\sum F_x = 0$ .
8. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции опор.



9. Провести проверку правильности решения, составив уравнения  $\sum K_i = 0$ .

10. Записать ответы.

11. Вывод.

## Задание 2

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.

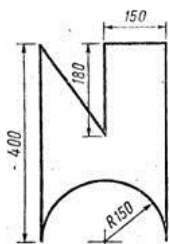
$$X_c = \frac{\sum A_i \cdot X_i}{\sum A_i} = \frac{A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + A_3 \cdot X_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} =$$

$$y_c = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} =$$

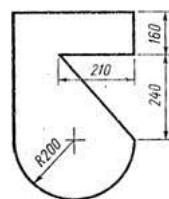
7. По найденным координатам нанести на эскизе положение центра тяжести фигуры.

8. Вывод.

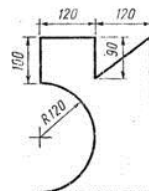
## Варианты заданий



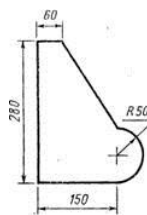
Вариант 1, 16



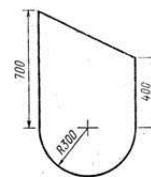
Вариант 2, 17



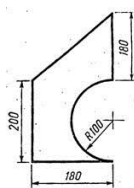
Вариант 3, 18



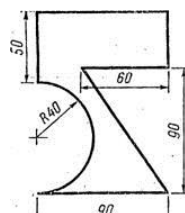
Вариант 4, 19



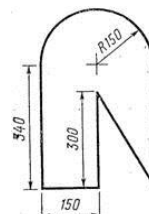
Вариант 5, 20



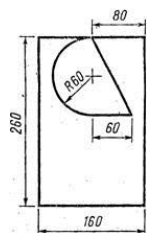
Вариант 6, 21



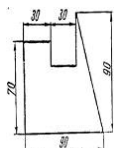
Вариант 7, 22



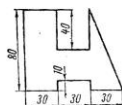
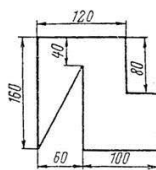
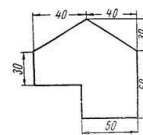
Вариант 8,



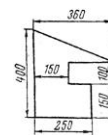
Вариант 10, 5



Вариант11,6

Вариант 12,  
27Вариант 13,  
28

Вариант 14,29



Вариант15,0

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2.

**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/с<sup>2</sup>

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.

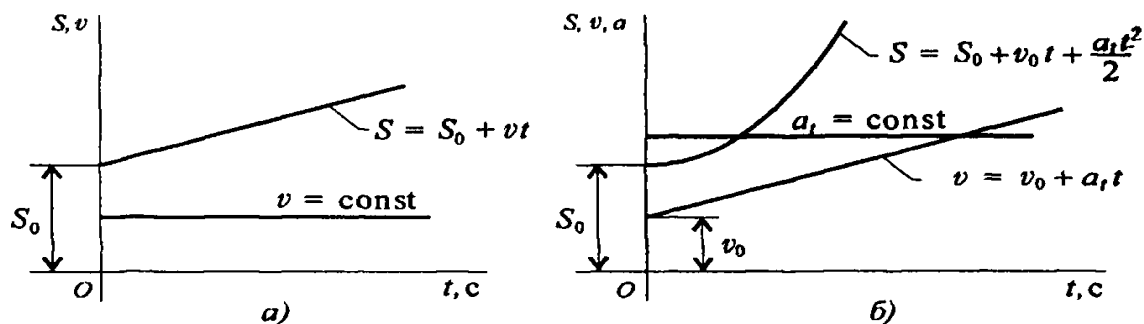


Рис. П4.1

## 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  $\varphi$  — угол поворота тела за время  $t$ , рад;

$\omega$  — угловая скорость, рад/с;

$\varphi_0$  — угол поворота, на который развернулось тело до начала отсчета;

$\omega_0$  — начальная угловая скорость;

$\varepsilon$  — угловое ускорение, рад/с<sup>2</sup>;

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

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

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

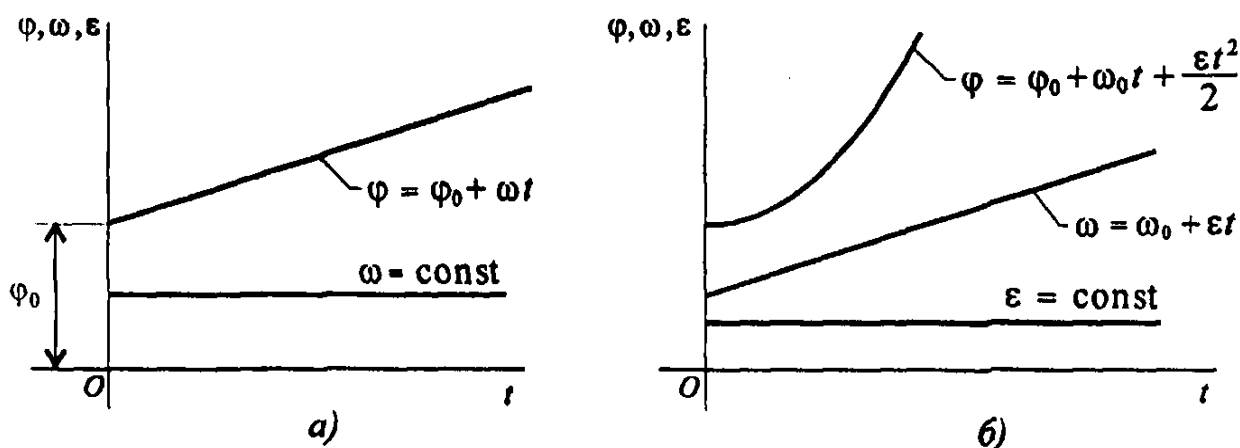


Рис. П4.2

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

Угловая частота вращения:  $n$ , об/мин.

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

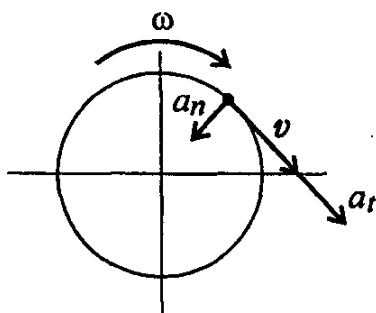


Рис П4.3

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

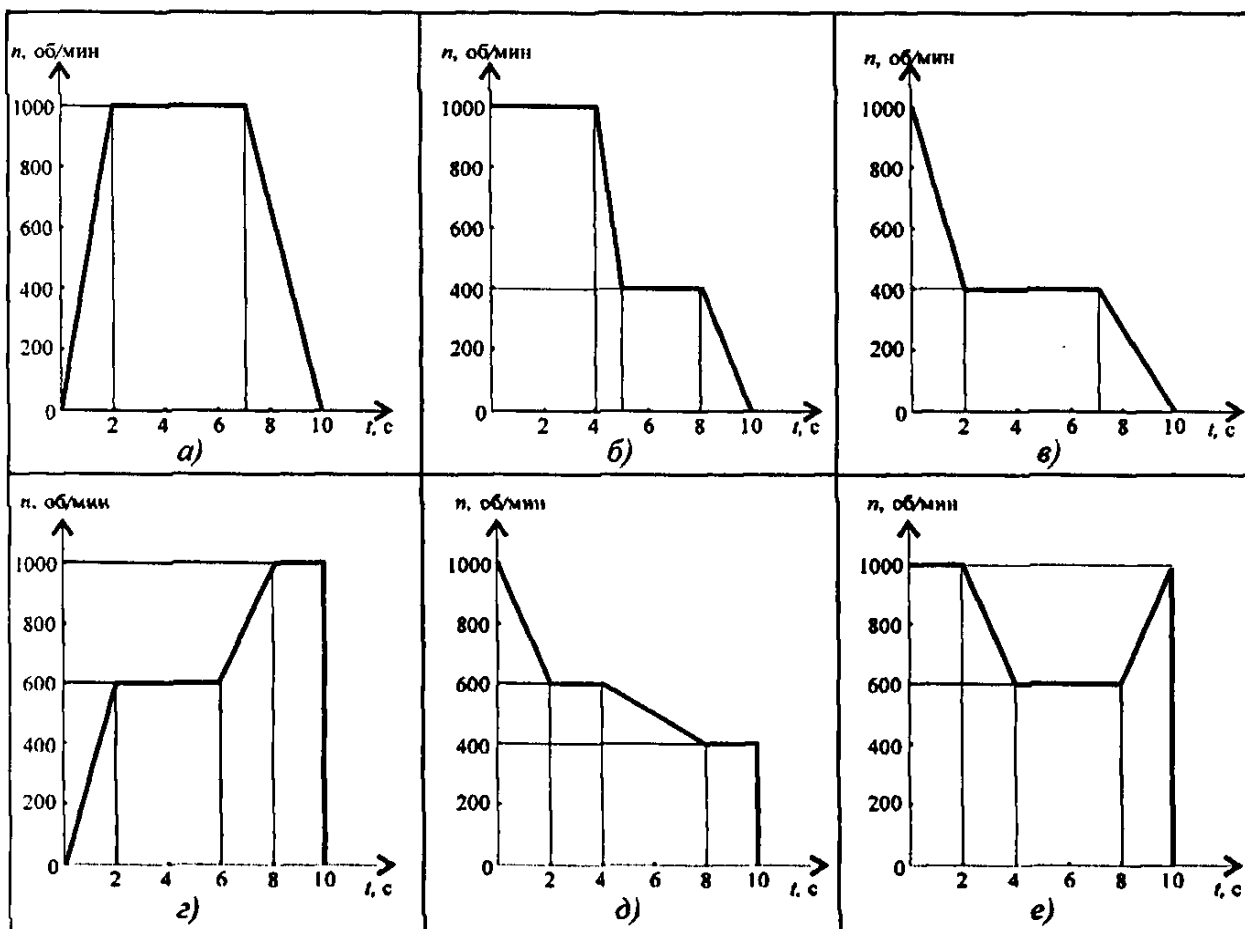
1. Подставив заданные коэффициенты в общее уравнение движения, определить вид движения.

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

**Задание 2.** 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).

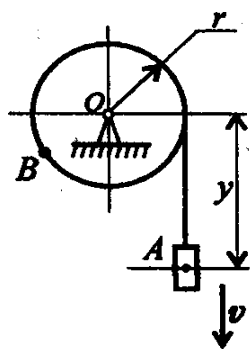


Рис. П4.4

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 №3.**

**Тема:** расчетно – графическая работа «Структурный анализ плоских механизмов».

**Цель:** Закрепление полученных теоретических знаний и практических умений. Ознакомление с кинематическими схемами и структурой плоских механизмов с низшими кинематическими парами.

**Оборудование:** : карандаш, циркуль, линейка, методические указания по выполнению практической работы , кинематическая схема

**Справочный материал:**

**Содержание работы:**

1. Выполнить структурный анализ заданного механизма в соответствии с методическими указаниями по выполнению практической работы.

2. Построить кинематическую схему механизма в восьми (не менее) положениях ведущего звена.

3. Вычертить траекторию движения заданной точки механизма.

4. Ответить на контрольные вопросы:

1 Что называется кинематической парой?

2 Что называется звеном, кинематической цепью, механизмом?

3 По каким признакам классифицируются кинематические пары?

4 Что называется группой Ассура?

5 Как образуется любой механизм (принцип образования механизмов)?

6 Как определить класс, порядок, вид групп Ассура, класс механизма?

7 Каково назначение структурного анализа механизмов?

8 Как производится замена высших пар низшими?

9 Каков порядок структурного анализа механизма с высшими парами?



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4.

**Тема:** Определение параметров движения с помощью расчетов кинематических звеньев.

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

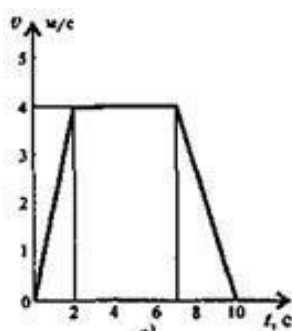
**Оборудование:** кинематический график, карандаш, линейка.

**Справочный материал:**

**Порядок выполнения:**

### 1. Задание 1.

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

### 2. Задание 2

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 №5

**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  $\sigma_{\text{предел}} = 150 \text{ МПа}$ ;  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ . 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.

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

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.

$$\Delta l_i = (\text{мм})$$

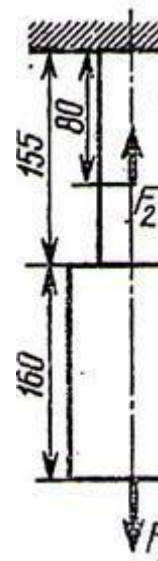
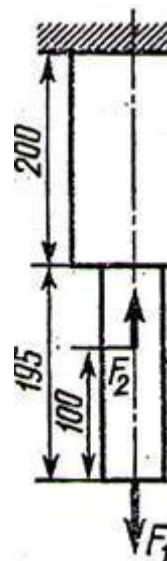
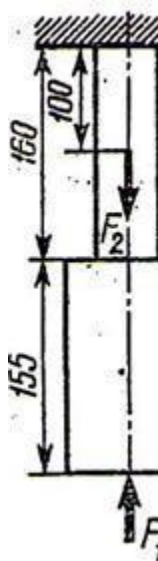
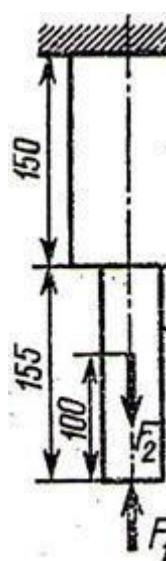
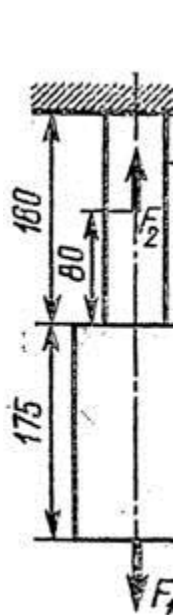
11. Определить перемещение свободного конца бруса.

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

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

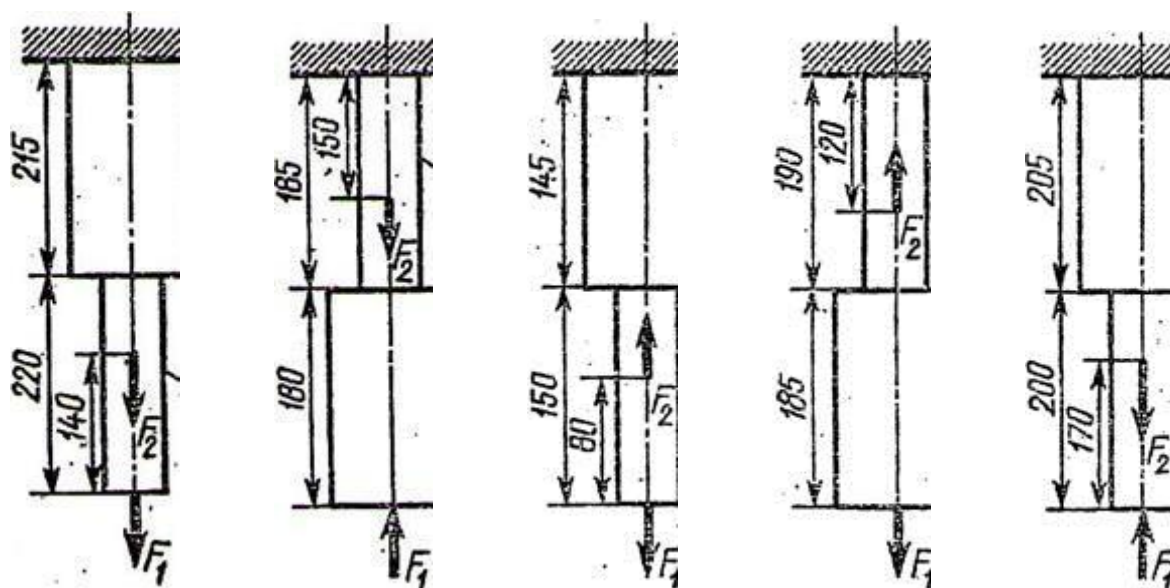
6, 16, 26

7, 17, 27

8, 18, 28

9, 19, 29 30

10, 20,



**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),  $\omega$  – 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:

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

Округлить полученное значение до стандартных.

9. Определить полярные моменты инерции сечений для каждого участка:

$$J_p = 0,1d^4(\text{мм})$$

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

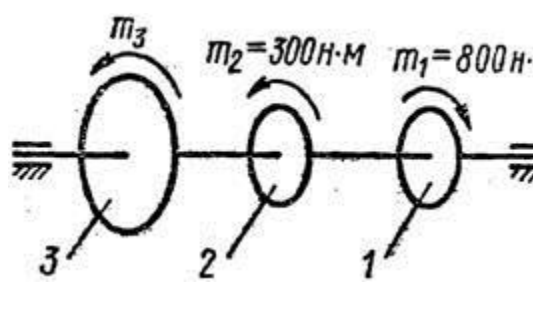
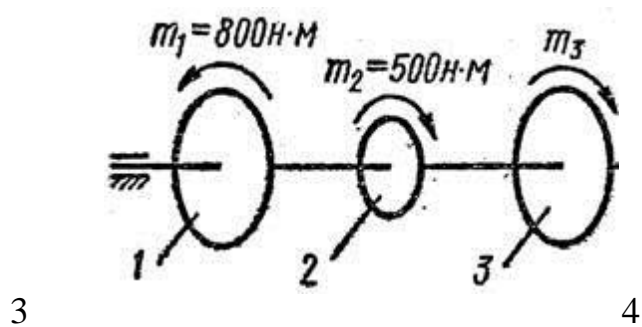
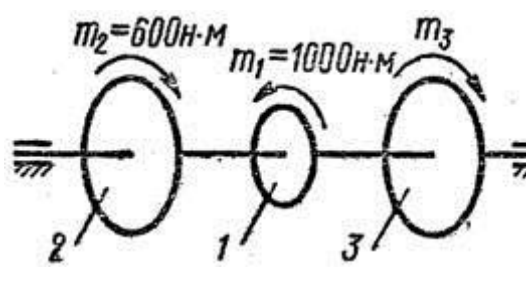
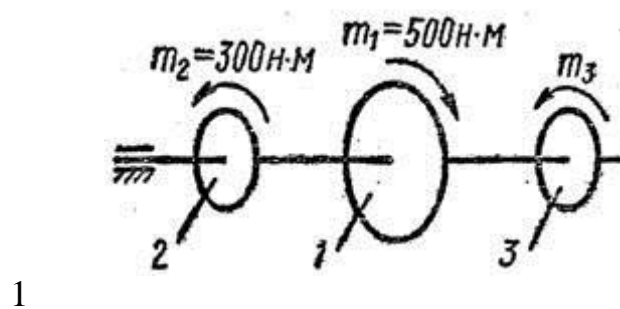
11. Вывод.

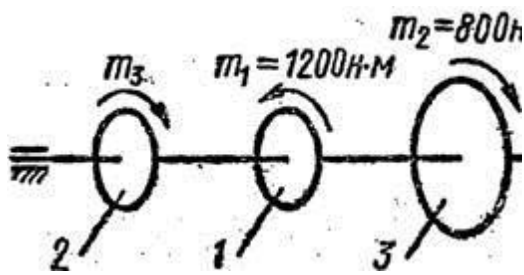
**Таблица – Варианты заданий**

Вариант	P1кВт	ωрад/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

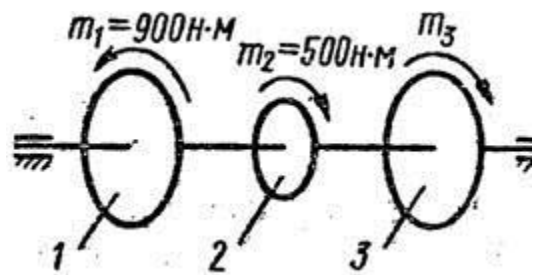
8, 18, 28.	24	15	8
9, 19, 29.	50	100	9
10, 20, 30.	11	24	10

### Задания:

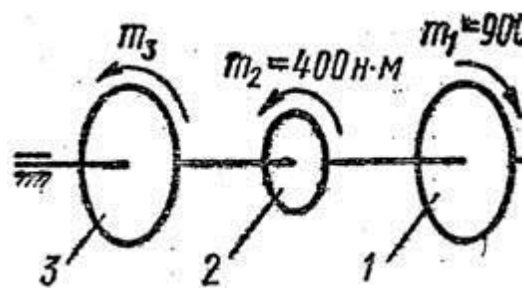




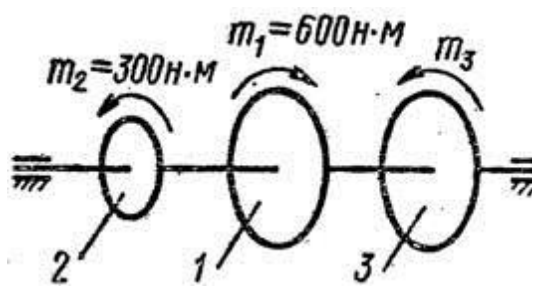
5



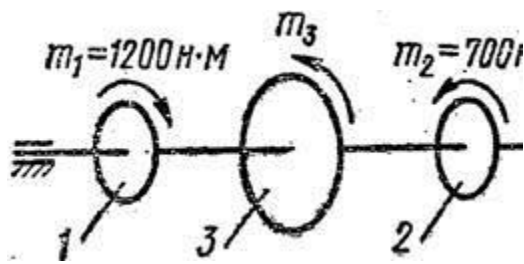
6



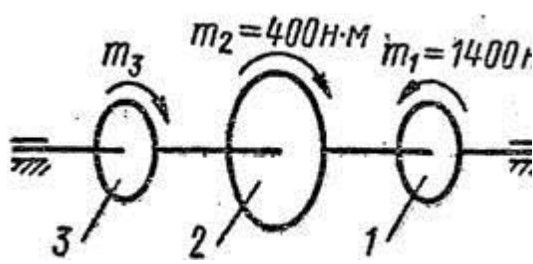
7



8



9



10

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6.

**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  $\varphi$  в следующем порядке:

а) вначале определяют расчетную (эффективную) длину стержня

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

где  $\mu$  – 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 1.** Определить значение допускаемой силы для центрально-сжатой стойки, показанной на рис. 1, а. Материал стойки – алюминий марки АД31Т.



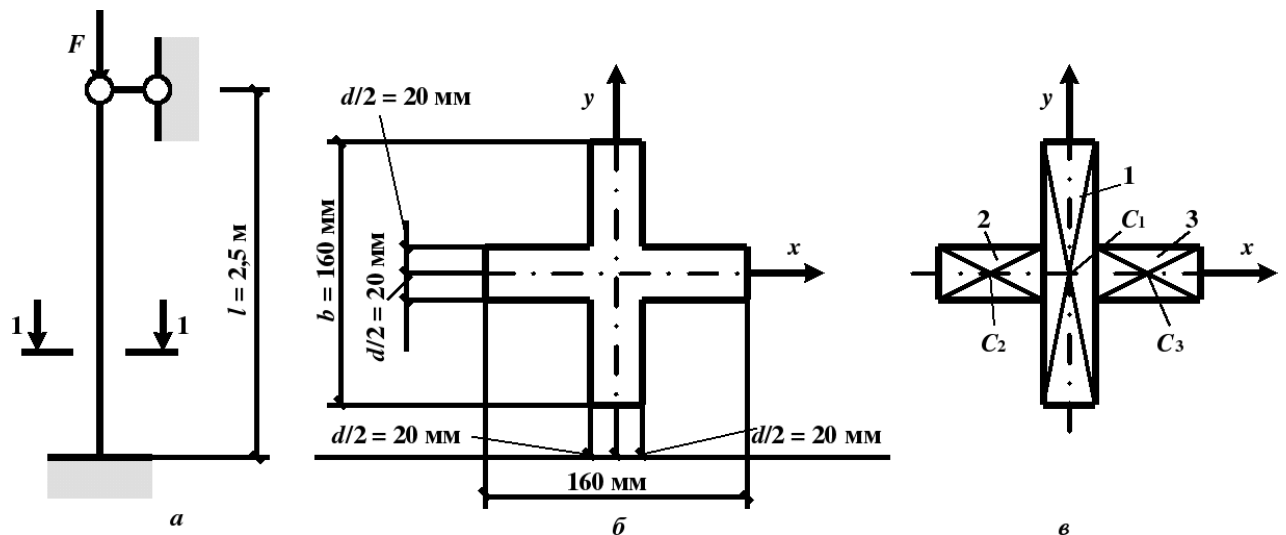


Рис. 1

**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  $\varphi$ :

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

$$= \frac{l_{ef}}{i_{\min}} = \frac{175}{3,57} = 46,7;$$

$$\varphi = 0,88 - \frac{0,88 - 0,835}{10}(46,7 - 40) = 0,85.$$

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:  $N = 514,1 \text{ кН}$ .

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

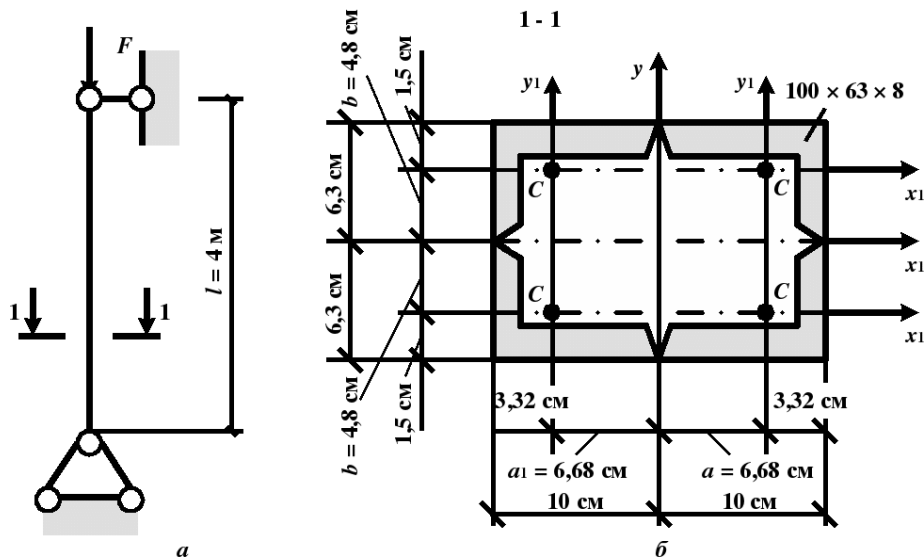


Рис. 2

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  $\varphi$ :

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  $y$

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

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

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

где  $J_{x1}^1 = 39,2 \text{ см}^4$ , 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

$$= \frac{l_{ef}}{i_{\min}} = \frac{400}{51} = 78,4;$$

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

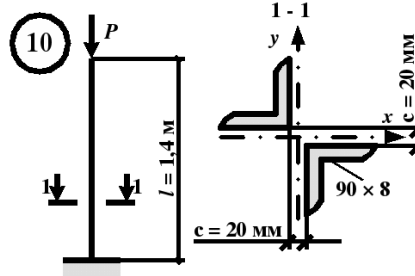
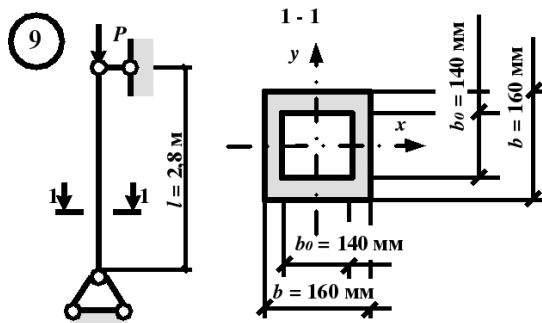
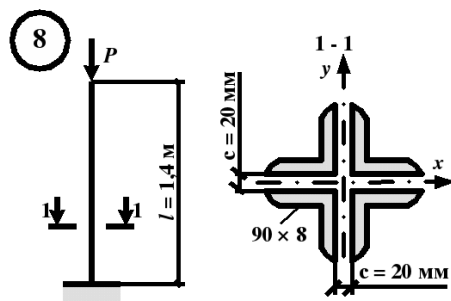
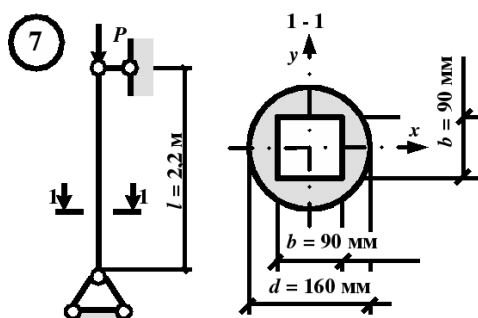
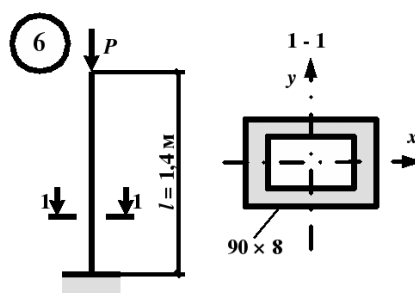
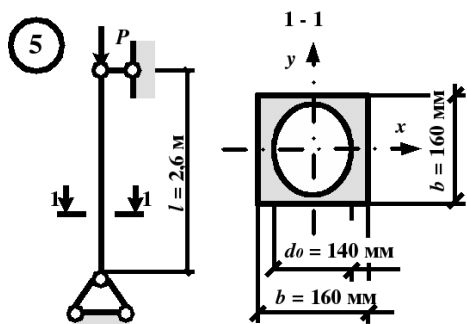
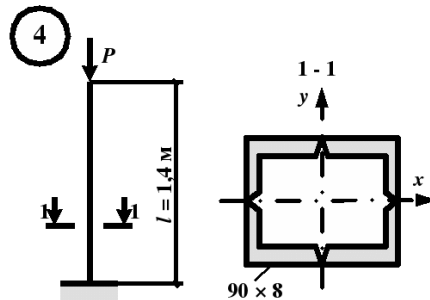
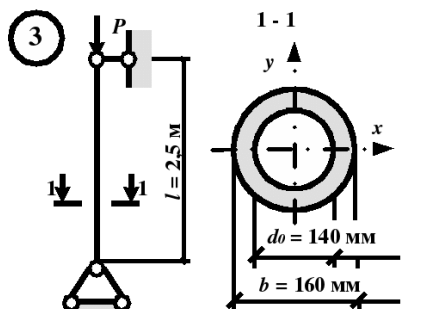
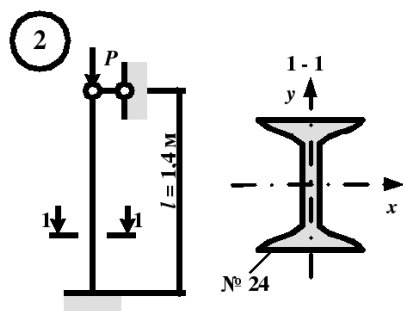
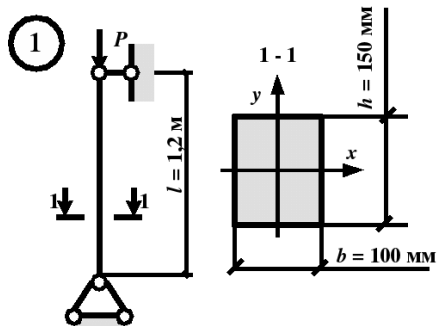
4. Допустимая сжимающая сила

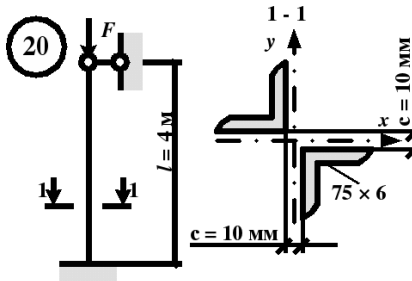
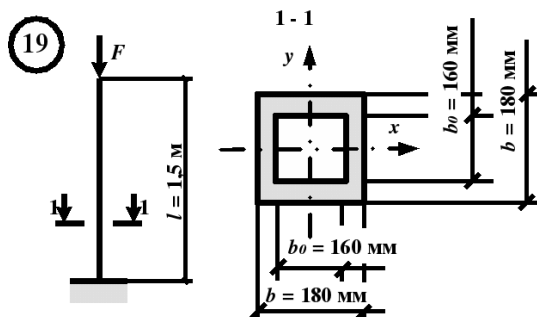
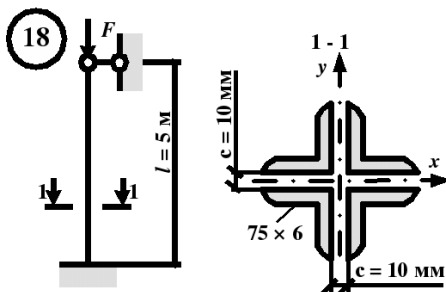
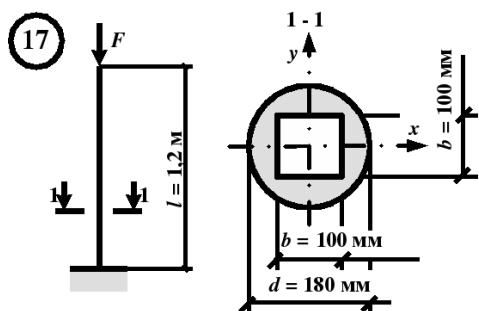
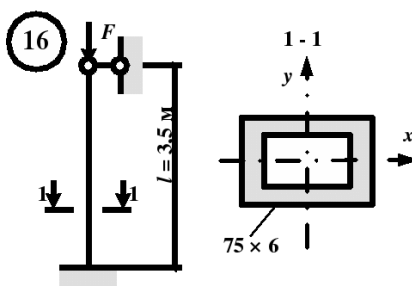
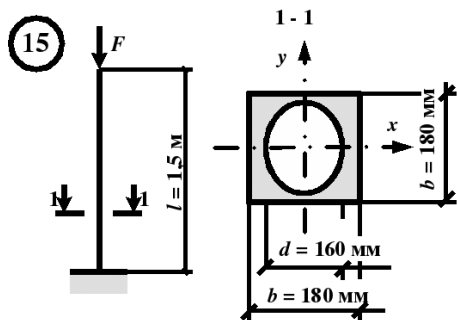
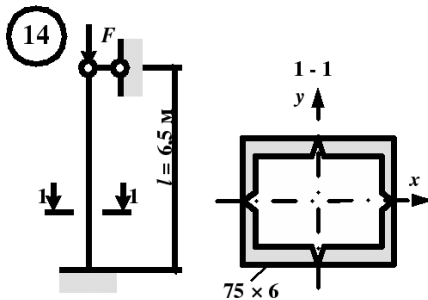
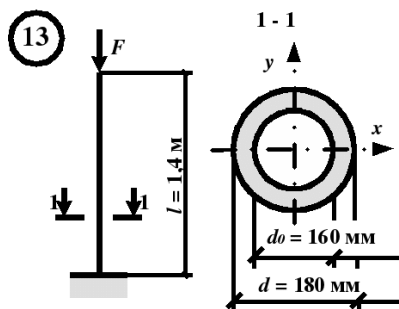
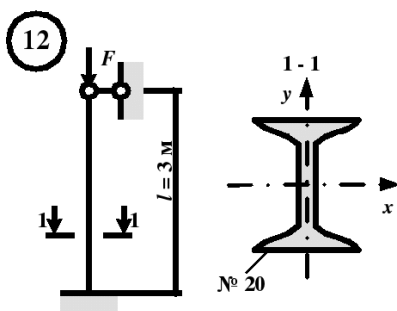
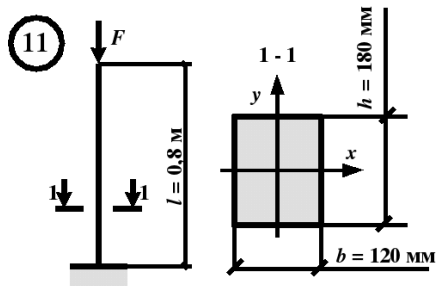
$$= 0,754 - \frac{0,754 - 0,686}{10} (78,4 - 70) = 0,697.$$

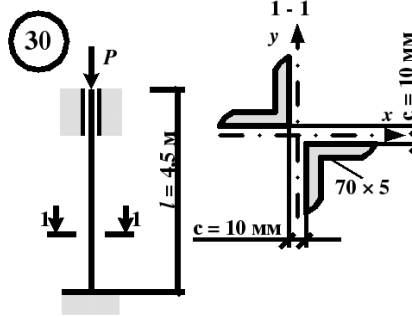
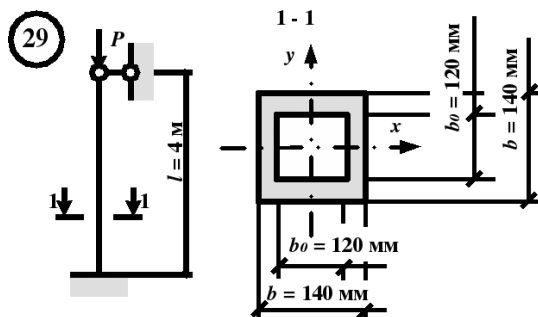
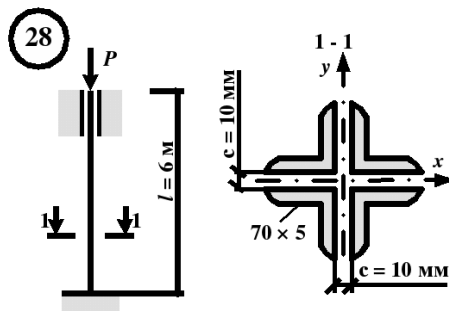
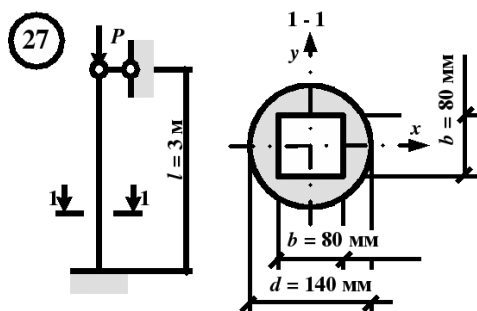
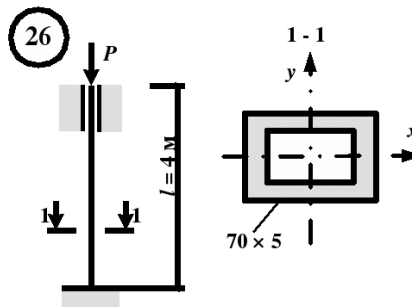
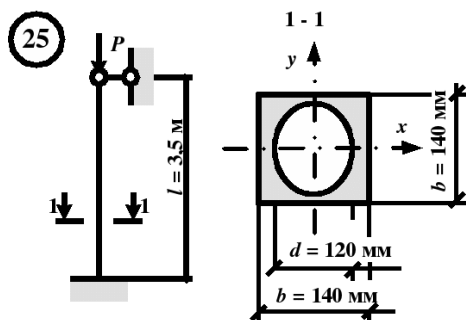
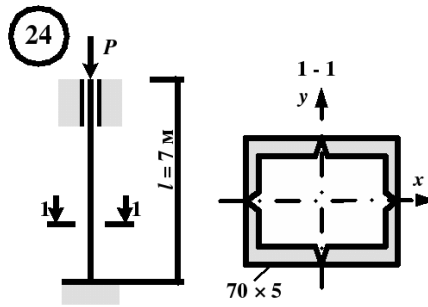
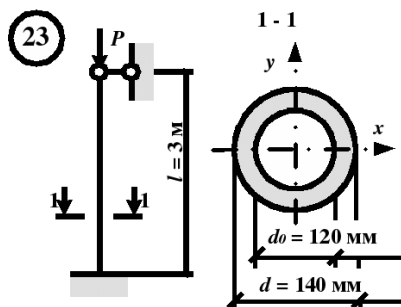
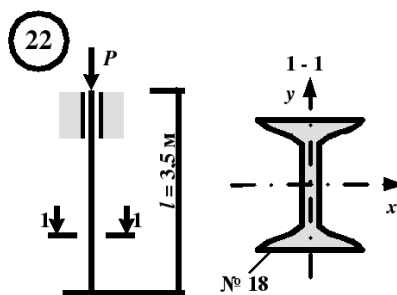
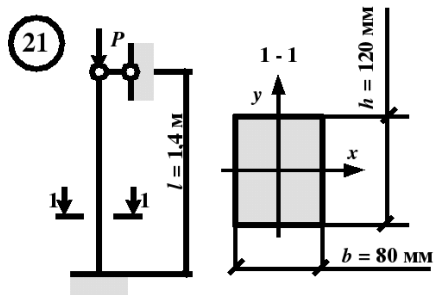
$$N = R_A = 240 \times 0,697 \times 50,4 \times 10^{-4} = 8431 \times 10^{-4} \text{ МН} = 843,1 \text{ кН}.$$

**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.







## **Информационное обеспечение обучения**

### **Печатные издания**

#### **Основные учебные издания:**

1. Сербин, Е.П. Техническая механика : учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2019. — 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, 2021. — 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, 2021. — 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, 2022. — 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, 2023. - 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](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»