



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный технический университет»

Колледж СамГТУ

Руббах Ю.Н.

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

*Методические указания к
практическим занятиям*

САМАРА

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

2024

Печатается по решению методической комиссии Колледжа СамГТУ (протокол №3 от 22 ноября 2024 г.).

Составитель: Руббах Ю.Н.

Техническая механика: методические указания по технической механике для студентов СПО / Руббах Ю.Н.-Самара: Самарский государственный технический университет, 2024.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности среднего профессионального образования

08.02.13 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции.

Методические указания включают в себя комплект методических материалов, необходимых для успешной подготовки и участия в проведении практических занятий по дисциплине Техническая механика студентам СПО.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Методические указания для проведения практических занятий.....	5
1. Практическое занятие №1.....	5
2. Практическое занятие №2.....	7
3. Практическое занятие №3.....	10
4. Практическое занятие №4.....	12
5. Практическое занятие №5.....	15
6. Практическое занятие №6.....	18
7. Практическое занятие №7.....	20
8. Практическое занятие №8.....	22
9. Практическое занятие №9.....	25
10. Практическое занятие №10.....	26
11. Практическое занятие №11.....	31
12. Практическое занятие №12.....	33
13. Практическое занятие №13.....	37
14. Практическое занятие №14.....	37
15. Практическое занятие №15.....	40
16. Практическое занятие №16.....	40
17. Практическое занятие №17.....	42
18. Практическое занятие №18.....	43
19. Практическое занятие №19.....	45
20. Практическое занятие №20.....	49
21. Практическое занятие №21.....	50
22. Практическое занятие №22.....	53
23. Практическое занятие №23.....	53
24. Практическое занятие №24.....	55
25. Практическое занятие №25.....	55
26. Практическое занятие №26.....	57
Заключение.....	59
Литература.....	60

Введение

Методические указания разработаны на основе примерной образовательной программы в соответствии с рабочей программой по специальности 08.02.13 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха вентиляции.

Настоящие методические указания предназначены для студентов очной формы обучения данной специальности.

Дисциплина «Техническая механика» является общепрофессиональной дисциплиной и при ее изучении отводится значительное место выполнению практических работ. Из 86 часов, которые составляют курс, на практические работы отводится 36 часов. Студенты, выполняя данные работы, реализуют следующие цели:

1. обобщить, систематизировать, закрепить полученные теоретические знания по конкретным темам дисциплины;
2. формировать умения применять полученные знания на практике, реализуя единство интеллектуальной и практической деятельности;
3. развивать аналитические, логические навыки и умения у будущих специалистов;
4. вырабатывать при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

В соответствии с дидактической целью содержанием практических занятий по данной дисциплине является решение различных задач, направленных на закрепление и понимание профессиональных компетенций. Для проведения практических занятий по дисциплине «Техническая механика» специального оборудования не требуется, поэтому местом проведения может являться стандартная аудитория колледжа. Продолжительность расчетно-графической работы - 2 академических часа. Предложенные задания практических работ многовариантны. Каждый студент имеет свой вариант, соответствующий номеру по списку. Преподаватель вправе варьировать практическими работами из предложенного списка.

Практическое занятие № 1

Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил

Тема: Статика. Плоская система сходящихся сил.

Цель работы: Получить практические навыки определения равнодействующей плоской системы сходящихся сил аналитическим и геометрическим способами.

Порядок выполнения:

1. Выбрать задание согласно своему варианту (Таблица 1).
2. Параметры сил и углов занести в созданную таблицу или записать в свободной форме.
3. Выбрать масштаб для построения.
4. Выполнить в масштабе эскиз системы сходящихся сил.
5. Определить в кН равнодействующую системы сил геометрическим способом.
6. Определить в кН равнодействующую системы сил аналитическим способом.
7. Сравнить полученные результаты и сделать вывод о методах определения равнодействующей.
8. Вычислить погрешность измерений для каждого усилия стержня. Для этого необходимо сравнить значения одного усилия полученные аналитическим и графическим способами. Затем (без учета знака, т.е. по модулю) от большего значения отнимаем меньшее, полученную разность делим на большее значение и умножаем на 100. Полученное значение погрешности (в %), сравниваем с допустимым – 5 %.
9. Сделать вывод о проделанной работе.

Таблица 1 - Варианты заданий

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F1, кН	12	8	20	3	6	8	20	12	8	3
F2, кН	8	12	5	6	12	12	5	8	12	6
F3, кН	6	2	10	12	15	2	10	6	2	12
F4, кН	4	10	15	15	3	10	15	4	10	15
F5, кН	10	6	10	9	18	6	10	10	6	9
α_1 , град	30	0	0	15	0	30	30	30	0	0
α_2 , град	45	45	60	45	15	45	45	45	60	60
α_3 , град	0	75	75	60	45	0	0	0	75	75
α_4 , град	60	30	15 0	12 0	15 0	60	60	60	50	15

α 5,град	30 0	27 0	21 0	27 0	30 0	30 0	30 0	300	10	20
Параметр	Вариант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
F1, кН	20	12	3	20	8	10	8	2	3	16
F2, кН	5	8	6	5	12	9	10	15	16	2
F3, кН	10	6	12	10	2	6	2	11	10	12
F4, кН	15	4	15	15	10	4	12	15	5	6
F5, кН	10	10	9	10	6	12	7	10	7	8
α 1,град	15	30	0	0	30	30	0	0	15	0
α 2,град	45	45	15	15	45	45	45	60	45	15
α 3,град	60	0	45	45	0	0	75	75	60	45
α 4,град	120	60	150	150	60	60	30	150	0	90
α 5,град	270	300	300	300	300	300	270	210	270	30
Параметр	Вариант									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
F1, кН	8	2	13	9	3	4	6	2	20	8
F2, кН	15	15	7	14	16	15	18	6	5	12
F3, кН	13	14	15	16	17	20	1	2	3	2
F4, кН	7	8	9	10	1	2	3	4	5	10
F5, кН	9	10	11	20	19	18	15	12	13	6
α 1,град	30	30	30	0	0	15	30	0	0	90
α 2,град	45	45	45	60	60	0	45	15	15	45
α 3,град	0	0	0	75	75	60	0	45	45	30
α 4,град	60	60	60	150	150	120	60	150	150	85
α 5,град	300	300	300	210	210	270	300	300	300	60

Практическое занятие № 2

Определение усилий в стержнях стержневой конструкции

Тема: Статика. Плоская система сходящихся сил.

Цель работы: Научится определять усилия в стержнях конструкции аналитическим методом.

Задание: Определить усилия в стержнях заданной конструкции аналитическим способом. Схему выбрать в соответствии с номером студента по списку журнала.

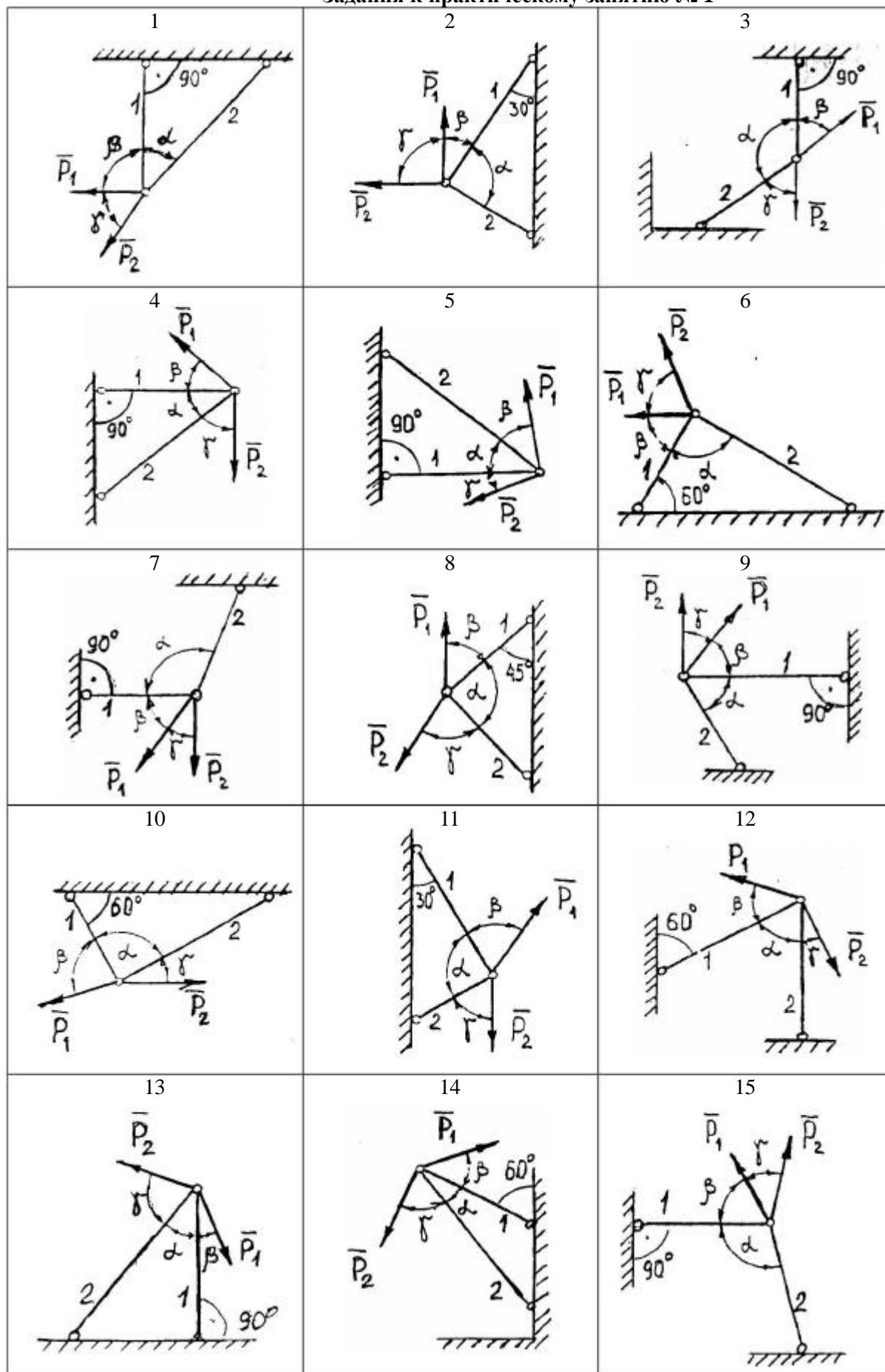
Порядок выполнения:

1. Изобразить заданную схему в соответствии с вариантом.
2. Выделить материальную точку, к которой приложена внешняя сила.
3. Определить тип связей, удерживающих точку.
4. Отбросить связи, заменить их действие силами реакции.
5. Составить расчетную схему, выделив точку, находящуюся в равновесии. Приложить к ней все действующие силы.
6. Выбрать оси координат.

$\square \square F_{kx} \square 0$
 $\square \square F_{ky} \square 0$
7. Записать уравнения равновесия:
8. Из уравнений равновесия найти величину сил реакции.
9. Записать величину усилий в стержнях.
10. Вычертить многоугольник сил, приложенных к точке.
11. Вывод.

	Вариант	Схема	P_1	P_2	α	β γ
		кН	градусы			
1, 16	1	6	8	45	90	30
2, 17	2	5	10	90	30	45
3, 18	3	3	6	120	30	60
4, 19	4	6	9	60	30	30
5, 20	5	10	6	30	30	30
6, 21	6	8	4	90	60	45
7, 22	7	12	3	120	30	90
8, 23	8	10	5	60	45	75
9, 24	9	4	8	60	45	45
10, 25	10	8	12	90	30	30
11, 26	11	10	8	90	60	30
12, 27	12	8	4	60	60	45
13, 28	13	8	10	45	45	75
14, 29	14	4	6	30	60	30
15, 30	15	5	10	120	45	45

Задания к практическому занятию № 1



Пара сил и момент силы относительно точки

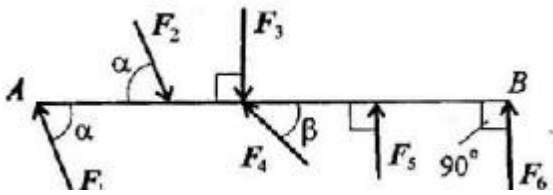
Тема: Статика. Плоская система произвольно расположенных сил.

Цель работы: Научится определять момент пары сил и момент силы относительно точки.

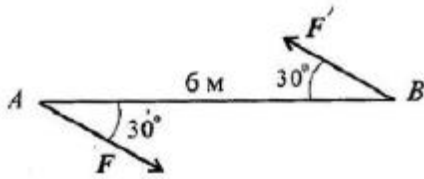
Задание: Определить момент результирующей пары сил; определить моменты пар сил и момент силы относительно точки.

Порядок выполнения:

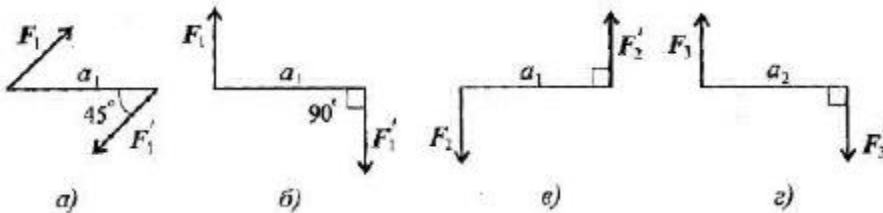
1. Какие силы из системы сил образуют пары.



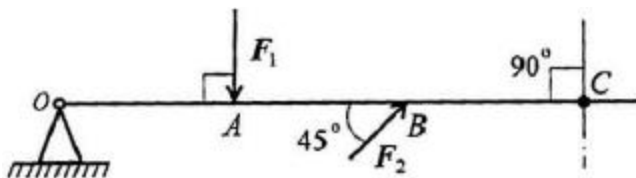
2. Определите момент пары сил $|F_1|=|F_4|=5\text{ кН}$.



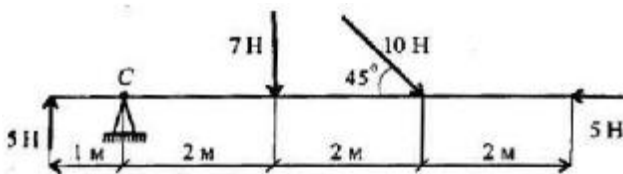
3. Какие из изображенных пар эквивалентны, если $F_1=F_2=8\text{ кН}$, $F_3=6,4\text{ кН}$, $a_1=2\text{ м}$, $a_2=2,5\text{ м}$.



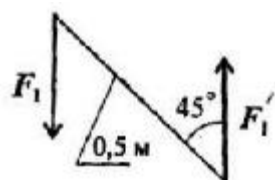
4. Какую силу необходимо приложить к точке C, чтобы алгебраическая сумма моментов относительно точки O. $OA=BC=AB=5\text{ м}$; $F_1=7,8\text{ кН}$; $F_2=3\text{ кН}$



5. Какие силы из заданной системы сил, действующих на тело, образуют пару сил.

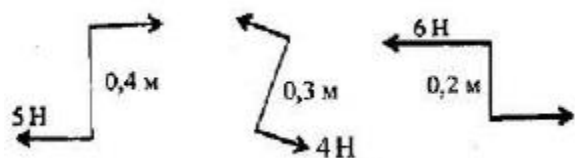


6. Определить момент заданной пары сил.

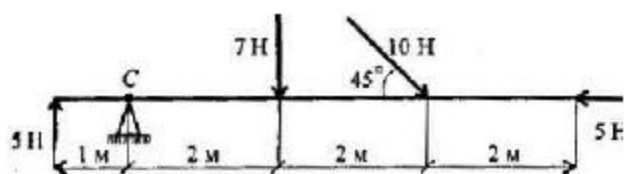


$$F_1 = F_2 = 100 \text{ Н}$$

7. Найдите момент уравновешивающей пары сил.



8. Определить сумму моментов сил относительно точки С.



Определение реакций опор балки на двух опорах

Тема: Статика. Плоская система произвольно расположенных сил.

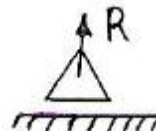
Цель работы: Научится определять реакции опор балки установленной на двух опорах.

Задание: Определить реакции опор балки на двух опорах. Схему выбрать в соответствии с номером студента по списку в журнале.

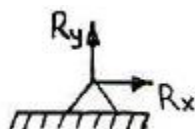
Принять: $q=2 \frac{kH}{м}$; $P=4kH$; $M=2 kH\cdot м$; $a=2 м$.

Порядок выполнения:

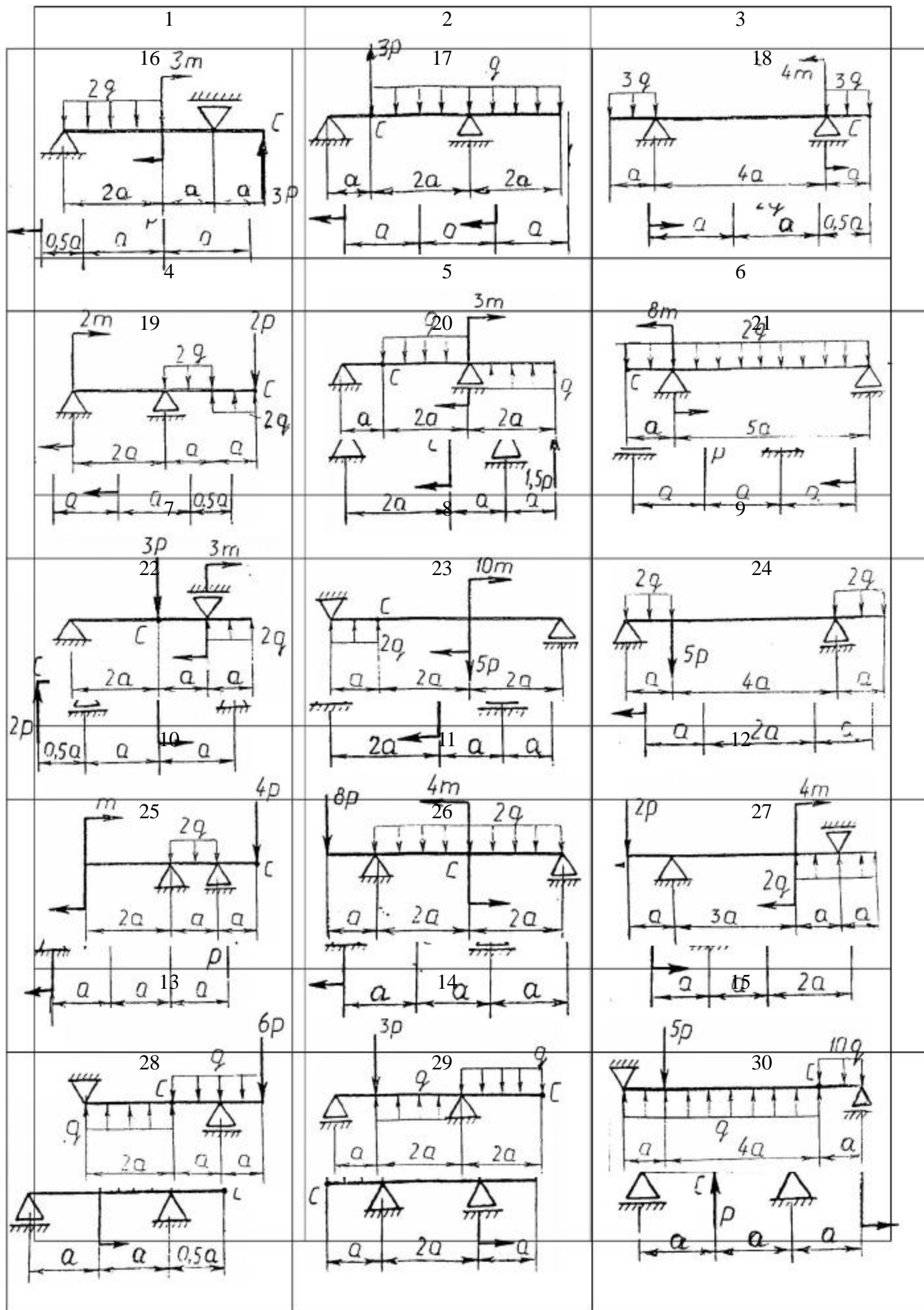
1. Изобразить схему в соответствии с вариантом.
2. Заменить распределенную нагрузку ее равнодействующей $R_q=q\cdot l$.
Приложить равнодействующую к балке в центре тяжести соответствующего прямоугольника.
3. Заменить опоры их реакциями. Реакцию шарнирно-подвижной опоры направить перпендикулярно к опорной поверхности.



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



4. Составить расчетную схему балки.
5. Выбрать оси координат и центры моментов.
6. Составить уравнение равновесия: $\sum M_A=0$; $\sum M_B=0$; $\sum F_{kx}=0$.
7. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции опор.
8. Провести проверку правильности решения, составив уравнения $\sum F_{ky}=0$.
9. Записать ответы.
10. Вывод.



Практическое занятие № 5

Определение реакций жесткой заделки балки

Тема: Статика. Плоская система произвольно расположенных сил.

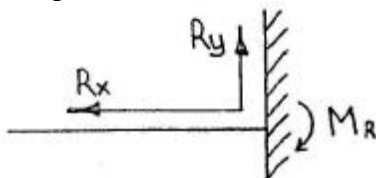
Цель работы: Научится определять реакции жесткой заделки консольной балки.

Задание: Определить реакции жесткой заделки балки. Схему выбрать в соответствии с номером студента по списку в журнале.

Принять: $q=2 \frac{kH}{м}$; $P=4kH$; $M=2 kH\cdot м$; $a=2 м$.

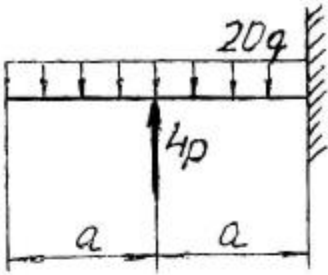
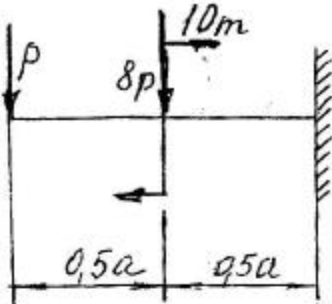
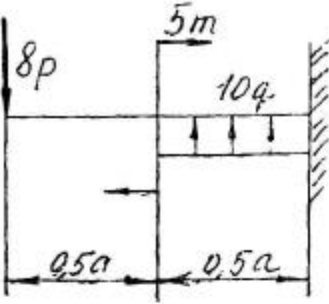
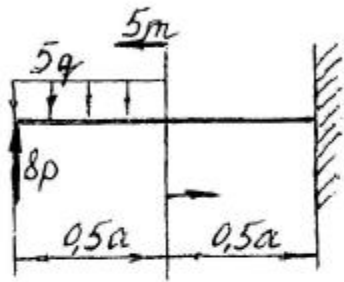
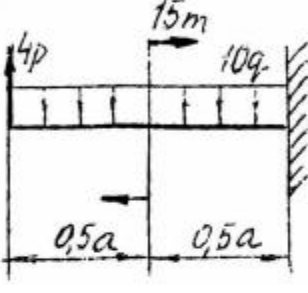
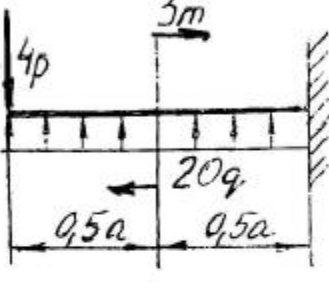
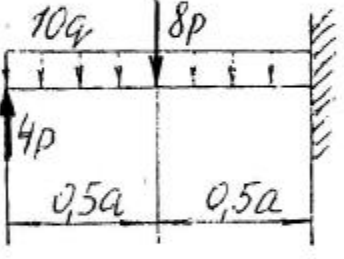
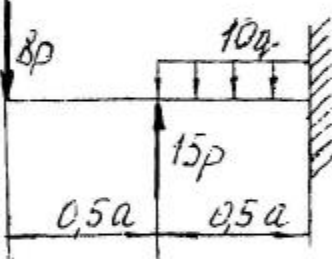
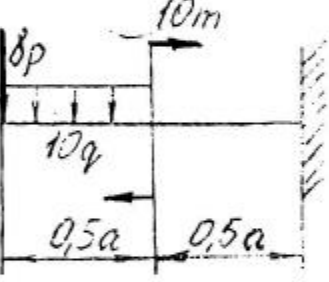
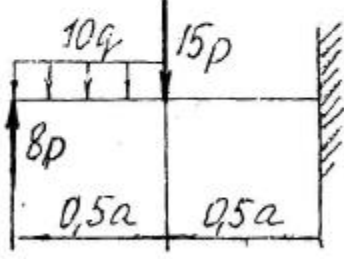
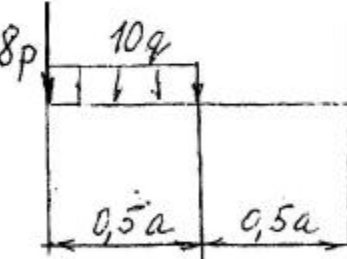
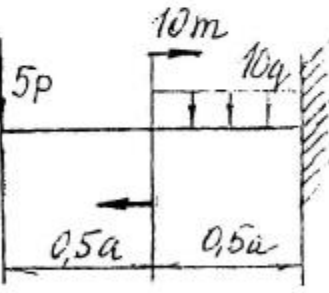
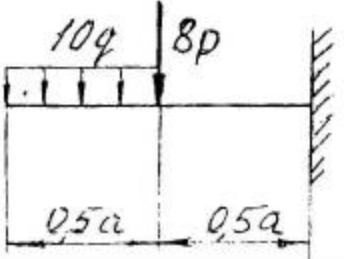
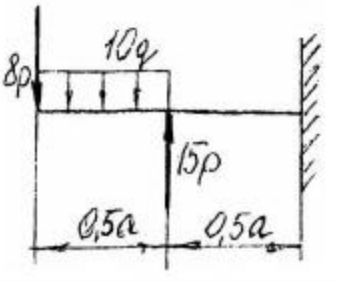
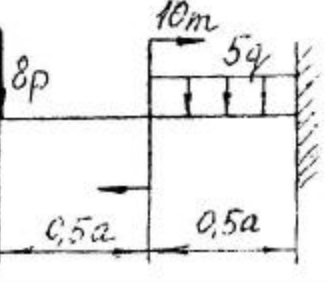
Порядок выполнения:

1. Изобразить схему в соответствии с вариантом.
2. Заменить распределенную нагрузку ее равнодействующей $R_q = q \cdot l$.
- Приложить равнодействующую к балке в центре тяжести соответствующего прямоугольника.
3. Заменить жесткую заделку ее реакциями.

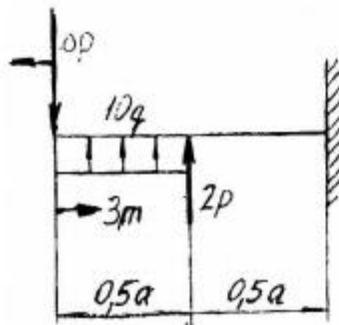


4. Составить расчетную схему балки.
5. Выбрать оси координат.
6. Составить уравнения равновесия: $\sum M_A = 0$; $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$.
7. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции.
8. Провести проверку правильности решения, составить уравнения: $\sum M_C = 0$.
9. Записать ответы.
10. Вывод.

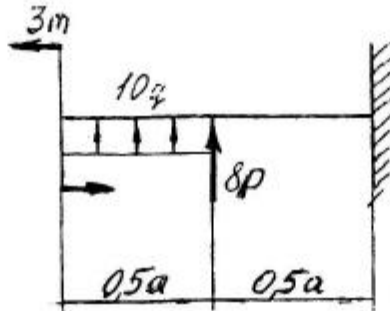
Задания к практическому занятию № 5

<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
<p>4</p> 	<p>5</p> 	<p>6</p> 
<p>7</p> 	<p>8</p> 	<p>9</p> 
<p>10</p> 	<p>11</p> 	<p>12</p> 
<p>13</p> 	<p>14</p> 	<p>15</p> 

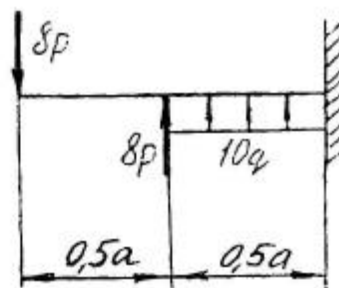
16



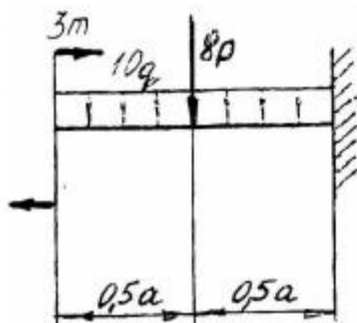
17



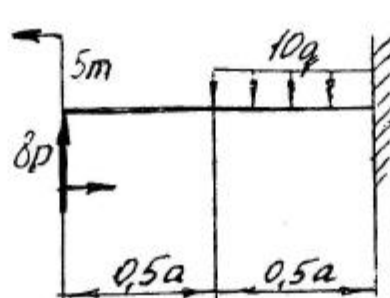
18



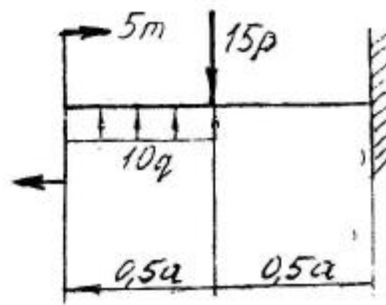
19



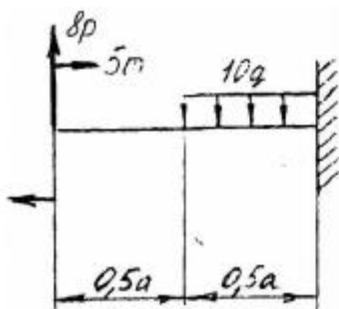
20



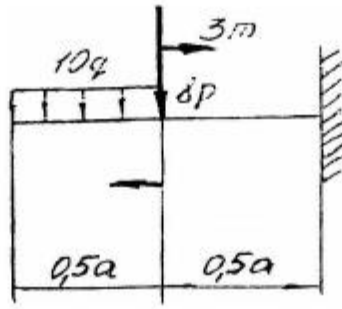
21



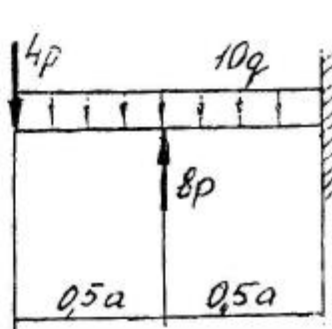
22



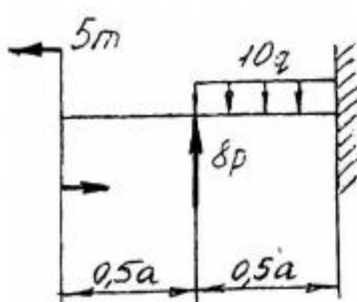
23



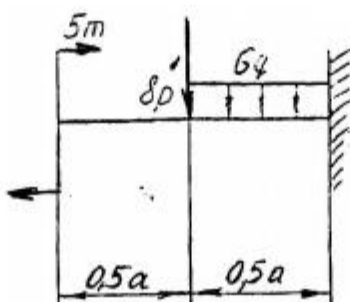
24



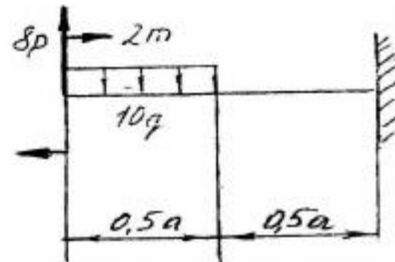
25



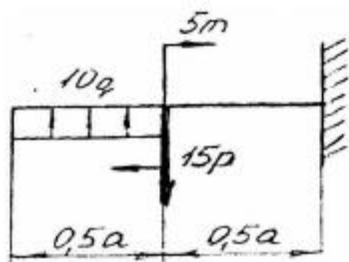
26



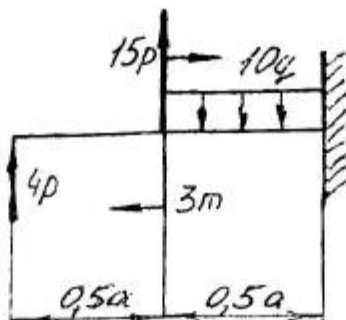
27



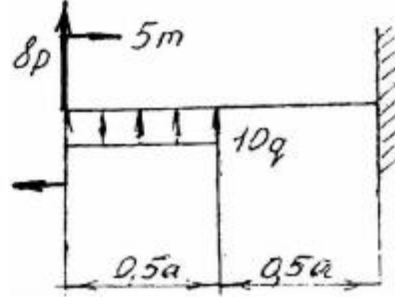
28



29



30



Практическое занятие № 6
Пространственная система сил

Тема: Статика. Пространственная система сил.

Цель работы: Научиться определять реакции опор и составлять уравнения равновесия для конструкций, нагруженных пространственной системой сил

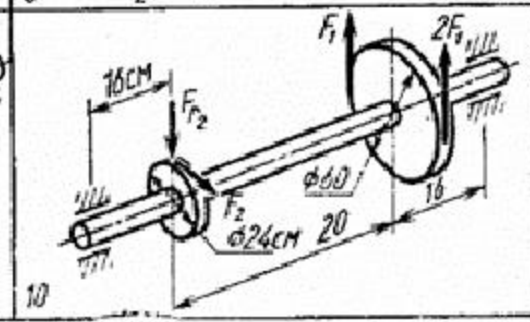
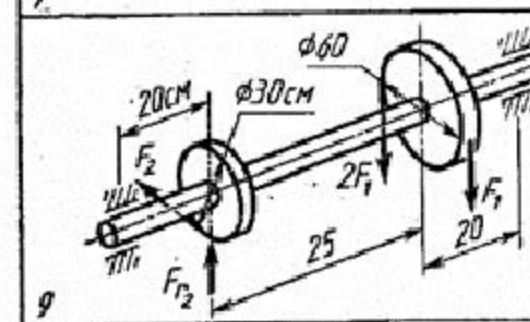
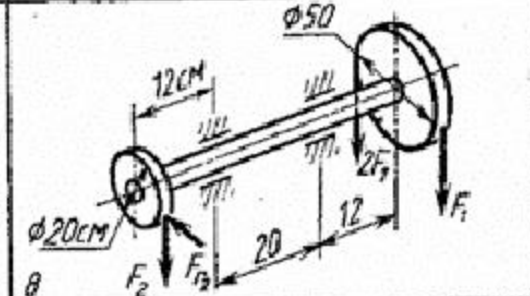
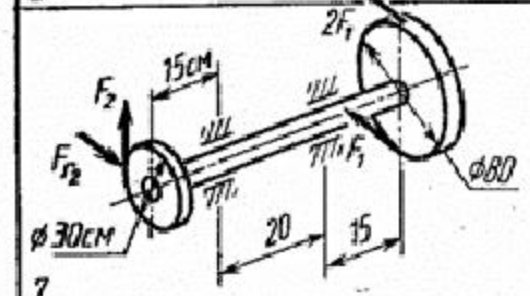
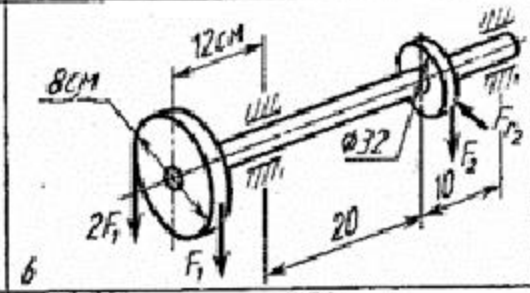
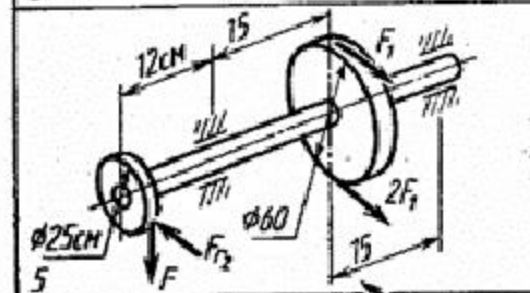
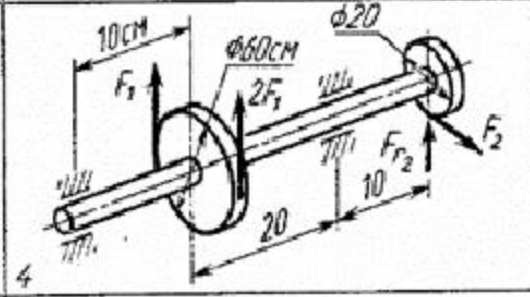
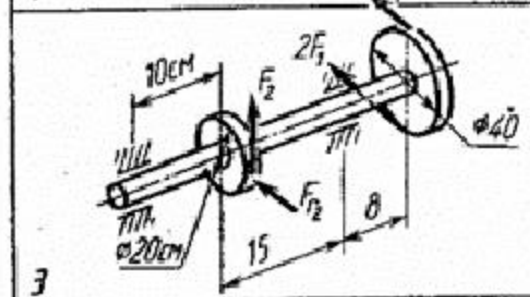
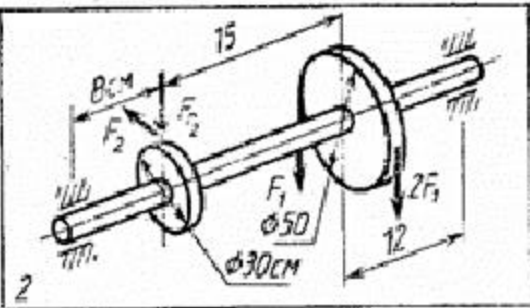
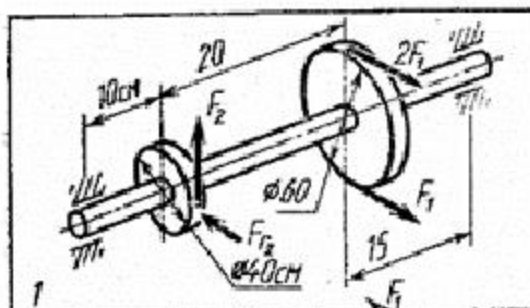
Порядок выполнения:

1. Запишите в отчет название работы и цель.
2. Прочитайте теоретическое обоснование, внимательно рассмотрите алгоритм решения задачи и приведенные примеры (в рабочей тетради).
3. Самостоятельно выполните задания по предложенному преподавателем варианту.
4. Записать ответы.
5. Вывод.

Задание: На вал жестко насажены шкив и колесо, нагруженные как показано на рисунке. Определить силы F_2 и F_{r2} , а так же реакции опор, если значение F_1 известно. Данные для своего варианта взять в таблице.

Таблица– Исходные данные

Вариант	Схема на рис.1	F_1 , Н	Вариант	Схема на рис.1	F_1 , Н
1.	1	1050	16.	6	280
2.	1	667	17.	6	595
3.	1	834	18.	6	1000
4.	2	1670	19.	7	1140
5.	2	1250	20.	7	500
6.	2	2200	21.	7	3620
7.	3	825	22.	8	400
8.	3	850	23.	8	1600
9.	3	720	24.	8	1810
10.	4	750	25.	9	1315
11.	4	1900	26.	9	2380
12.	4	1780	27.	9	3240
13.	5	3650	28.	10	590
14.	5	3400	29.	10	1000
15.	5	2320	30.	10	1200



Практическое занятие № 7

Определение координат центра тяжести плоской фигуры

Тема: Статика. Центр тяжести.

Цель работы: Научиться определять координаты центра тяжести плоской фигуры сложной формы.

Задание: Определить координаты центра тяжести сложной плоской фигуры. Схему выбрать в соответствии с номером студента по списку в журнале.

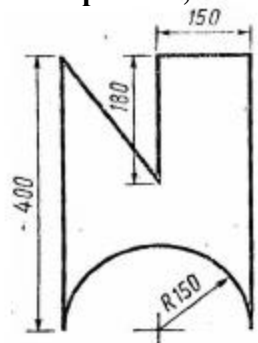
Порядок выполнения:

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.

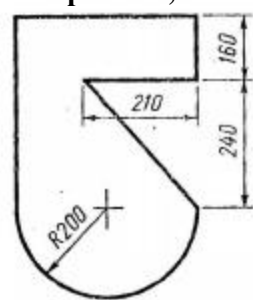
$$X_C = \frac{\sum A_k X_k}{\sum A_k} = \frac{A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$
$$Y_C = \frac{\sum A_k Y_k}{\sum A_k} = \frac{A_1 Y_1 + A_2 Y_2 + A_3 Y_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

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

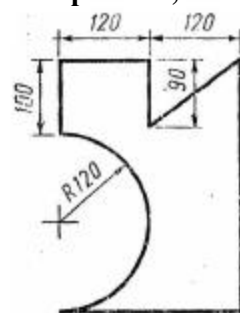
Вариант 1, 16



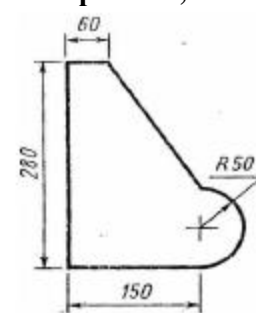
Вариант 2, 17



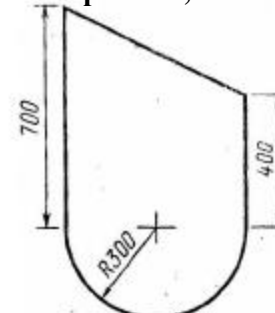
Вариант 3, 18



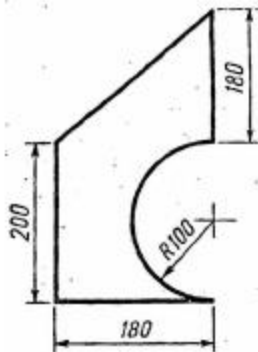
Вариант 4, 19



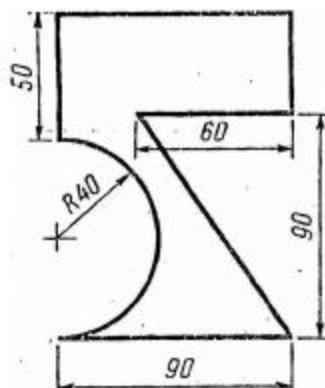
Вариант 5, 20



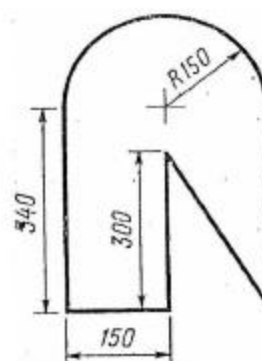
Вариант 6, 21



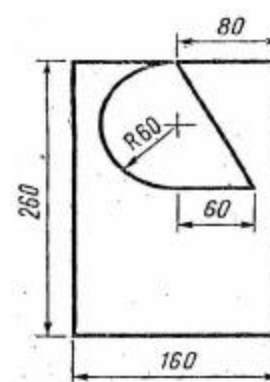
Вариант 7, 22



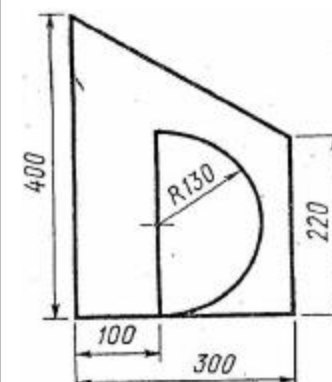
Вариант 8, 23



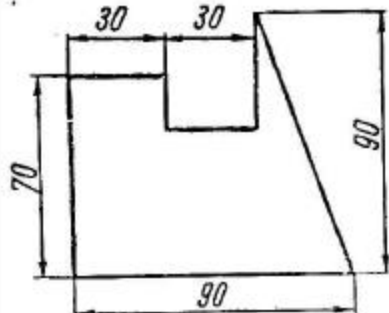
Вариант 9, 24



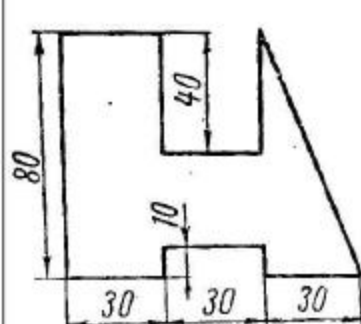
Вариант 10, 25



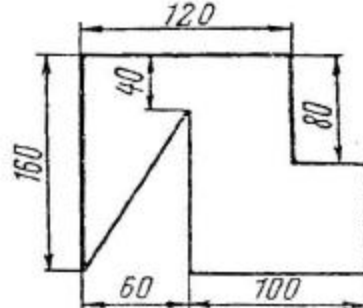
Вариант 11, 26



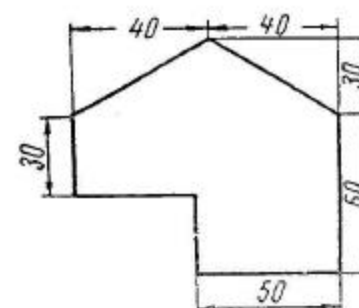
Вариант 12, 27



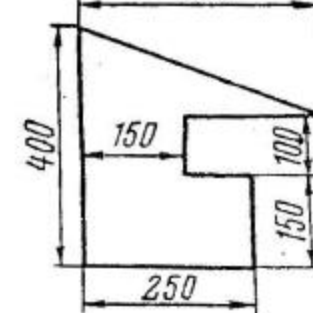
Вариант 13, 28



Вариант 14, 29



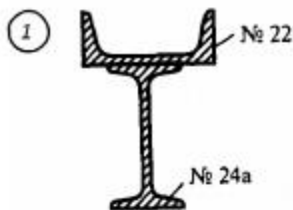
Вариант 15, 30



Задания к практическому занятию № 7

Практическое занятие № 8

Центр



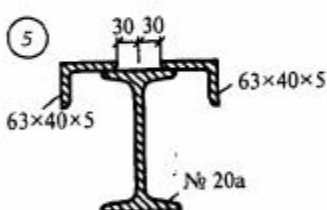
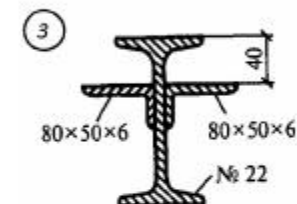
Тема:

Цель

центра

Задание:
центра

выбрать



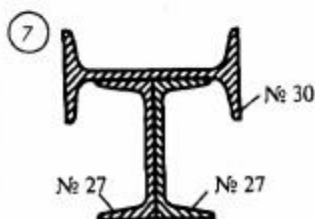
1.

проката.

2.

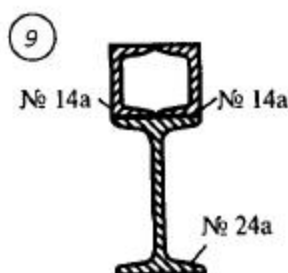
каждого

3.



с осью симметрии, а ось x направим перпендикулярно оси y и проведем через центр тяжести.

4. Выпишем формулы для определения координат центра тяжести сечения.

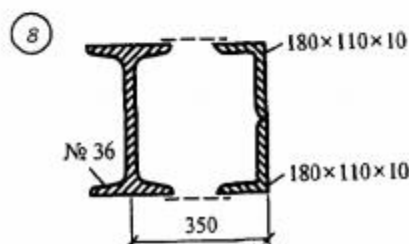
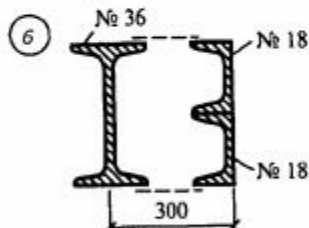
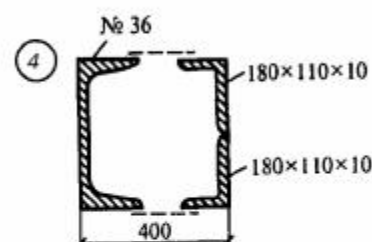
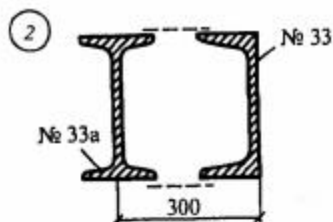
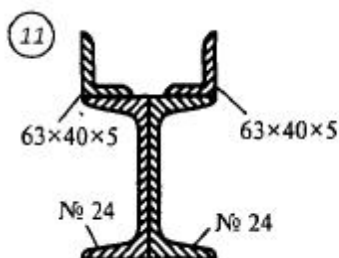


7. По

на

центра тяжести профиля.

8.



тяжести стандартных
прокатных профилей

Статика. Центр тяжести.

работы: Научится
определять координаты
тяжести стандартных
прокатных профилей

Определить координаты
тяжести сечения,
составленного из
профилей проката. Схему
в соответствии с номером
студента по списку в
журнале.

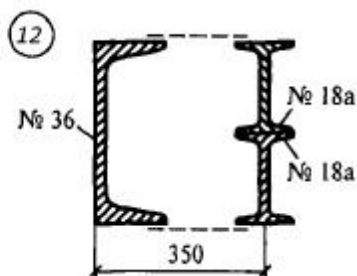
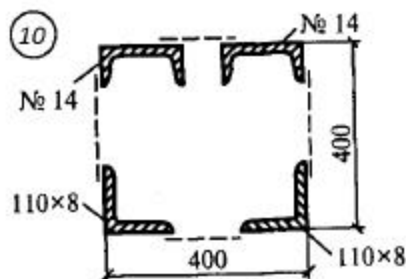
Порядок выполнения:

Разобьем сечение в
соответствии с профилями

Укажем центры тяжести
профиля.

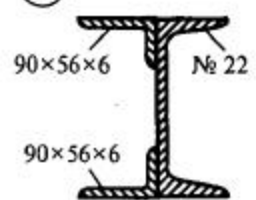
Выберем систему осей
координат. Ось y совместим

5. Определим
площади и
координаты центров
тяжести отдельных
профилей проката,
используя сечение.
найденным
координатам нанести
эскизе положение

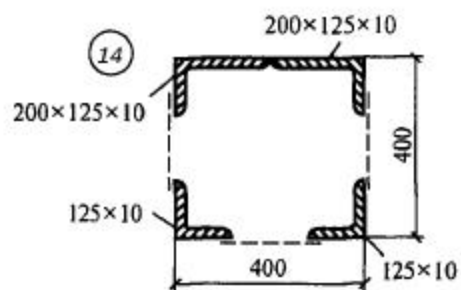


Вывод.

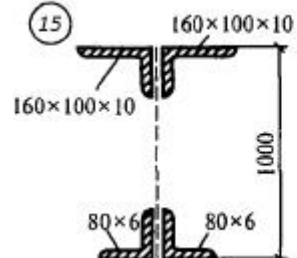
13



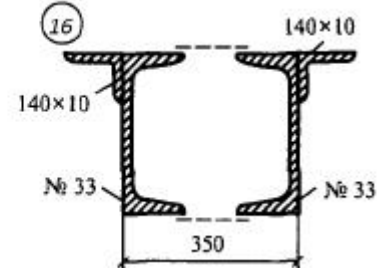
14



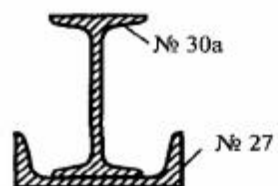
15



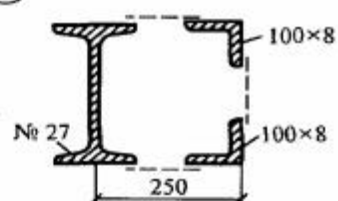
16



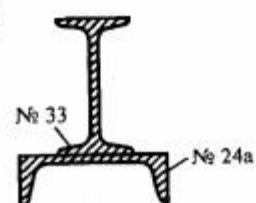
17



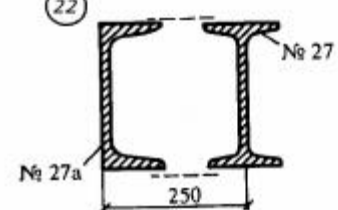
18



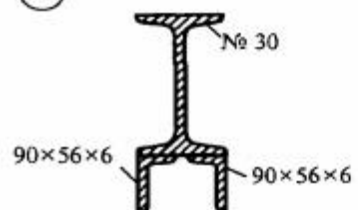
21



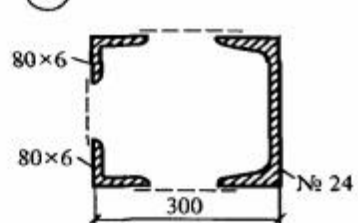
22



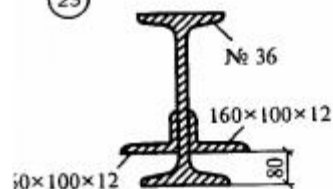
19



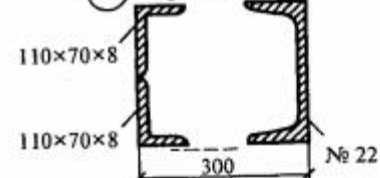
20



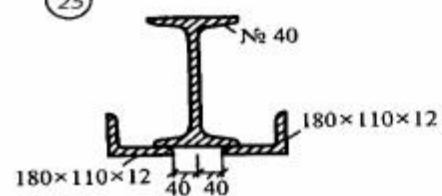
23



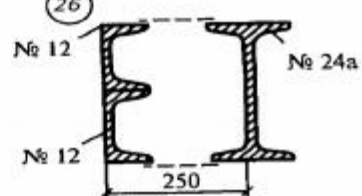
24



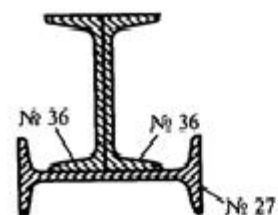
25



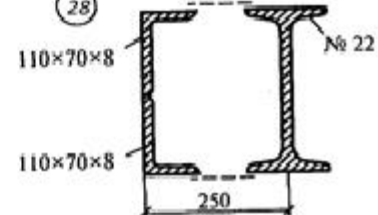
26



27



28



Практическое занятие № 9

Кинематика точки

Тема: Основы кинематики и динамики.

Цель работы: Определение параметров движения точки по заданному закону движения и построение кинематических графиков движения.

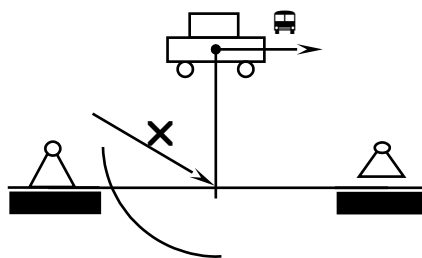
Задание: Индивидуальные задания для выполнения практической работы №9 приведены на рисунке и в таблице Работа состоит из 1-ой задачи.

Автомобиль движется по круглому арочному мосту радиуса r согласно уравнению $S = At^3 + Bt^2 + Ct + D$ (S – [м], t – [с]).

Построить графики перемещения, скорости и касательного ускорения для первых пяти секунд движения. На основании анализа построенных графиков указать: участки ускоренного и замедленного движения. Определить полное ускорение автомобиля в момент времени две секунды.

Данные своего варианта взять из таблицы.

Рисунок – Расчетная схема



Таблица– Данные к задаче

A		0,2	0,5	0,3	0,1	0,4	B	D
C		3	-1	2	-4	5		
r	м	30	20	60	40	10		
№вариантазадачи		01	02	03	04	05	-4	10
		06	07	08	09	10	2	12
		11	12	13	14	15	-8	14
		16	17	23	24	20	-6	16
		21	22	18	19	25	2	-5
		26	27	28	29	30	3	-1
		31	32	33	34	35	-1	8

Практическое занятие № 10

Простейшие движения твердого тела

Тема: Основы кинематики и динамики.

Цель работы: Определение параметров движения тела вокруг неподвижной оси.

Порядок выполнения работы:

Для всех вариантов применяется понятие средней скорости, которая (независимо от вида движения) определяется как результат деления пути, пройденного точкой (или телом) по всей траектории движения, на все затраченное время. Решая задачу, рекомендуется разбить весь пройденный путь при движении точки (или тела) на участки равномерного, равноускоренного или равнозамедленного движения в зависимости от условия данной задачи.

При вращательном движении тела необходимо уметь переходить от числа оборотов к радианному измерению угла поворота и наоборот:

$$\varphi = 2\pi \cdot \varphi_{об}; \quad (10.1)$$

$$\varphi_{об} = \frac{\varphi}{2\pi}. \quad (10.2)$$

где

φ – угол поворота тела;

$\varphi_{об}$ – число оборотов.

Переход от одних единиц угловой скорости к другим:

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{\pi \cdot n}{30} \text{ рад/с}; \\ n &= \frac{30 \cdot \omega}{\pi} \text{ об/мин.} \end{aligned} \quad (10.3)$$

При вращательном движении тела все его точки движутся по окружностям, центры которых расположены на оси вращения тела (см. рис. 5.1).

$$\begin{aligned} S &= r \cdot \varphi; \\ v &= r \cdot \omega; \\ a_t &= r \cdot \varepsilon; \\ a_n &= \omega^2 \cdot r, \end{aligned} \quad (10.4)$$

где

s – расстояние, пройденное точкой по дуге окружности ($\curvearrowright A_1 A_2 = s$ см. рис.2);

φ – угол поворота тела, рад;

r – расстояние точки до оси вращения тела;

ω – угловая скорость;

ε – угловое ускорение;

v – окружная скорость точки в данный момент времени;

a_t – касательное ускорение точки;

a_n – нормальное ускорение точки.

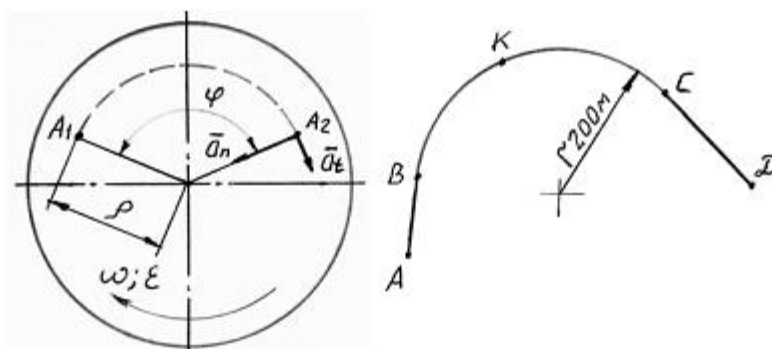


Рисунок 10.1 – Угловые характеристики движения

При равнопеременном вращении тела ($\varepsilon > 0$ – равноускоренное вращение; $\varepsilon < 0$ – равнозамедленное вращение):

$$\begin{aligned}\varphi &= \varphi_0 + \omega_0 \cdot t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}; \\ \omega &= \omega_0 + \varepsilon \cdot t\end{aligned}\quad (10.5)$$

Для удобства решения задач из уравнений (5.6) получаем

$$\begin{aligned}\varphi &= \varphi_0 + \frac{\omega + \omega_0}{2} \cdot t; \\ \varphi &= \varphi_0 + \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}.\end{aligned}\quad (10.6)$$

Для случая равнопеременного вращения, начавшегося из состояния покоя (при $\varphi_0 = 0$ и $\omega_0 = 0$), формулы (5.7) имеют вид

$$\begin{aligned}\varphi &= \frac{\varepsilon t^2}{2}; \\ \varphi &= \frac{\omega^2}{2\varepsilon}.\end{aligned}\quad (10.7)$$

Индивидуальные задания для выполнения практического занятия №10 приведены в таблице. Работа состоит из 2-х задач.

Таблица

Вариант	Задача
1, 18	1, 9
2, 19	2, 10
3, 20	3, 11
4, 21	4, 12
5, 22	5, 13
6, 23	6, 14
7, 24	7, 15
8, 26	8, 16
9, 27	9, 17
10	10, 1
11	11, 2
12	12, 3
13	13, 4
14	14, 5
15	15, 6
16	16, 7
17	17, 8

Задачи

1 Шкив диаметром $d=400$ мм в течение 10 с вращался с постоянной угловой скоростью $\omega=8$ рад/с. Затем стал вращаться равноускоренно и через 12 с равноускоренного вращения его угловая скорость достигла $\omega_1=14$ рад/с. Определить: 1) число оборотов и среднюю угловую скорость за всё время вращения; 2) окружную скорость точек, расположенных на ободе шкива, через 6 с после начала равноускоренного движения.

2 Вал диаметром $d=500$ мм в течение 5с вращался с постоянной угловой скоростью $\omega_0=20$ рад/с, после чего стал замедлять своё вращение с постоянным угловым ускорением. Через 10 с после начала равнозамедленного вращения угловая скорость вала стала $\omega_1=10$ рад/с. Определить: 1) число оборотов и среднюю угловую скорость вала за всё время вращения; 2) окружную скорость точек, расположенных на поверхности вала, через 4 с после начала равнозамедленного вращения.

3 Тело, замедляя вращение с постоянным угловым ускорением $\varepsilon=2\text{ рад/с}^2$ через 14 с снизило свою угловую скорость до величины $\omega=12\text{ рад/с}$, после чего вращалось равномерно с этой угловой скоростью в течение 10 с. Определить: 1) число оборотов и среднюю угловую скорость за всё время вращения; 2) окружную скорость точек тела, расположенных на расстоянии $r=1\text{ м}$ от его оси вращения за 4с до начала равномерного вращения.

4 Ротор диаметром $d=200\text{ мм}$ начал вращение из состояния покоя с постоянным угловым ускорением $\varepsilon=4\text{ рад/с}^2$ и через некоторое время достиг угловой скорости $\omega=40\text{ рад/с}$, после чего с этой угловой скоростью сделал 510 оборотов. Определить: 1) число оборотов и среднюю угловую скорость за всё время вращения; 2) окружную скорость точек, расположенных на поверхности ротора, через 8 с после начала вращения.

5 Двигатель, ротор которого вращался с частотой 430 об/мин, был отключён от источника питания и через 40 с снова подключён к источнику тока. За время при равнозамедленном вращении ротора его угловая скорость снизилась до 5 рад/с. После подачи электроэнергии ротор двигателя, вращаясь равноускоренно, через 10 с снова приобрёл частоту вращения 430 об/мин. Определить: 1) число оборотов и среднюю угловую скорость за всё время равнозамедленного и равноускоренного вращения ротора двигателя; 2) окружную скорость точек, расположенных на поверхности ротора, через 30 с после отключения источника тока, если диаметр ротора $d=200\text{ мм}$.

6 Рукоять для вращения барабана длиной $\ell=0,5\text{ м}$, оказавшись свободной начинает вращаться под действием груза с постоянным угловым ускорением $\varepsilon=12\text{ рад/с}^2$ и через определённое время приобретает частоту вращения $n=600\text{ об/мин}$. За это время груз проходит расстояние $S=5\text{ м}$. Определить время вращения барабана, его диаметр и нормальное ускорение конца рукоятки.

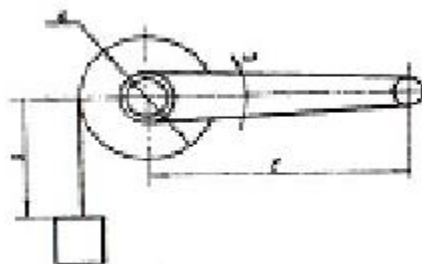


Рисунок 10.2 – расчетная схема для задачи 6.

7 Дисковая пила имеет диаметр $d_3=0,45\text{ м}$. на вал пилы насажен шкив 2 диаметром $d_2=0,36\text{ м}$, приводимый в движение бесконечным ремнём от электродвигателя со шкивом 1, частота вращения которого $n_1=1500\text{ об/мин}$, линейная скорость зубьев пилы $v=30\text{ м/с}$. Определить нормальное ускорение a_n на зубьях пилы и диаметр шкива 1.

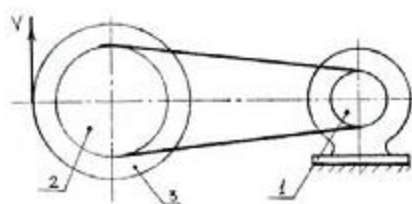


Рисунок 10.3 – расчетная схема для задачи 7.

8 Дисковая пила имеет диаметр $d_3=0,4\text{ м}$. на вал пилы насажен шкив 2 диаметром $d_2=0,3\text{ м}$, приводимый в движение бесконечным ремнём от электродвигателя со шкивом 1, частота вращения которого $n_1=3000\text{ об/мин}$, линейная скорость зубьев пилы $v=38\text{ м/с}$. Определить нормальное ускорение a_n на зубьях пилы и диаметр шкива 1.

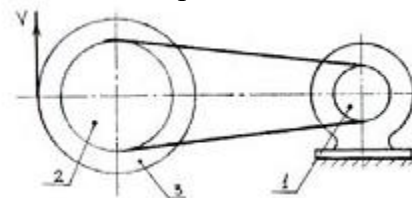


Рисунок 10.4 – расчетная схема для задачи 8.

9 Грузы А и В связаны нерастяжимым тросом, намотанным на ступенчатый барабан. Груз А поднимается с постоянным ускорением $a_A=2$ м/с². Определить угловую скорость и ускорение барабана в момент, когда груз В имеет скорость $v_B=6$ м/с. Определить так же путь, пройденный грузом В из состояния покоя до достижения этой скорости, если $d_B=0,3$ м, $d_A=0,5$ м.

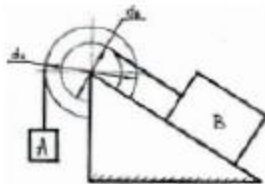


Рисунок 10.5 – расчетная схема для задачи 9.

10 Рукоять для вращения барабана диаметром $d=0,2$ м, оказавшись свободной начинает вращаться с постоянным угловым ускорением под действием груза, который проходит расстояние $S=16$ м за время $t=4$ с. Нормальное ускорение конца рукоятки $a_n=120$ м/с². Определить длину рукоятки ℓ , и её угловое ускорение ϵ и частоту вращения n .

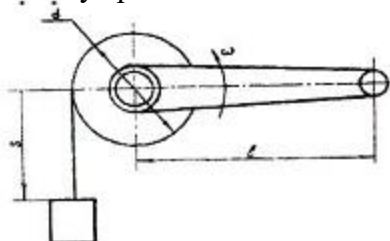


Рисунок 10.6 – расчетная схема для задачи 10.

11 Рукоять для вращения барабана длиной $\ell=0,6$ м, а диаметр барабана $d=0,36$ м. Барабан под действием груза начинает вращаться с постоянным угловым ускорением $\epsilon=12$ рад/с² и через время $t=6$ с приобретает частоту вращения n . Определить частоту вращения барабана и нормальное ускорение конца рукоятки, а также путь, пройденный грузом за это время.

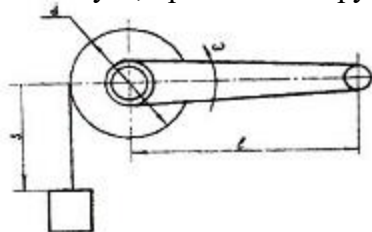


Рисунок 10.7 – расчетная схема для задачи 11.

12 Дисковая пила имеет диаметр $d_3=400$ мм. На вал пилы насажен шкив 2 диаметром $d_2=300$ мм, приводимый в движение бесконечным ремнём от электродвигателя со шкивом 1, диаметром $d_1=120$ мм. Шкив 1 делает $n_1=3000$ об/мин. Определить линейную скорость зубьев пилы и их нормальное ускорение. Скольжением ремня пренебречь.

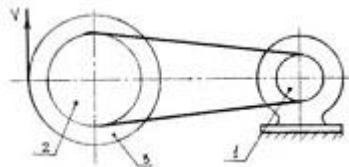


Рисунок 10.8 – расчетная схема для задачи 12.

13 Колесо автомобиля вращается на стенде равноускоренно в течение времени $t=5$ с. Окружная скорость при этом составила $v=100$ км/ч. Определить касательное ускорение во время разгона и нормальное ускорение в конце разгона балансировочного грузика А, укрепленного на диске, если $d_k=550$ мм, $d_d=400$ мм.

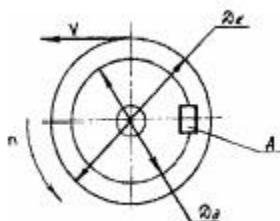


Рисунок 10.9 – расчетная схема для задачи 13.

14 Маховик диаметром $d=1,3$ м, начав равноускоренное вращение из состояния покоя, за время $\Delta t=6$ сек. Приобрёл частоту вращения $n=380$ об/мин. Определить окружную скорость, касательное и нормальное ускорение точек на ободе маховика в конце разгона.

15 На обод колеса диаметром $d=0,7$ м намотана нить, на которой подвешен груз. В некоторый момент груз начинает падать с постоянным ускорением $a_t=0,6$ м/с². Угловая скорость колеса при этом достигает $\omega=9$ рад/с. Определить путь S , пройденный грузом, и время t , в течении которого перемещался груз, его конечную скорость v и нормальное ускорение a_n точки на ободе колеса.

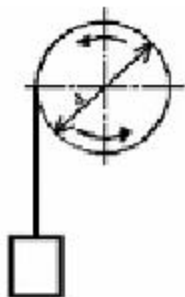


Рисунок 10.10 – расчетная схема для задачи 15.

16 Дисковая пила имеет диаметр $d_3=0,4$ м. На вал пилы насажен шкив 2 диаметром $d_2=0,56$ м, приводимый в движение ремнём от электродвигателя со шкивом 1, частота вращения которого $n_1=1900$ об/мин, линейная скорость зубьев пилы $v=35$ м/с. Определить нормальное ускорение a_n на зубьях пилы и диаметр шкива 1.

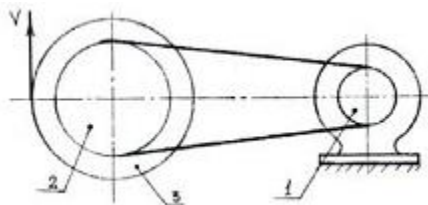


Рисунок 10.11 – расчетная схема для задачи 16.

17 Рукоять для вращения барабана длиной $\ell=0,5$ м, оказавшись свободной, начинает вращаться с постоянным угловым ускорением $\varepsilon=12$ рад/с² и через определённое время приобретает частоту вращения $n=600$ об/мин. За это же время груз проходит расстояние $S=4$ м. Определить время вращения барабана, его диаметр и нормальное ускорение конца рукоятки.

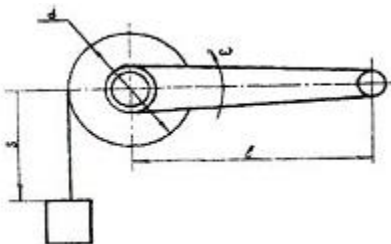


Рисунок 10.12 – расчетная схема для задачи 17.

Практическое занятие № 11

Элементы динамики точки

Тема: Основы кинематики и динамики.

Цель работы: Определение параметров движения тела с помощью основного закона динамики и методом кинетостатики.

Порядок выполнения работы:

Для выполнения работы необходимо знать:

Основной закон динамики:

Ускорение, приобретенное телом под действием некоторой силы, пропорционально величине этой силы и направлено в ту же сторону.

$$\vec{F}_{\text{рез}} = m \cdot \vec{a}_{\text{рез}} \quad (11.1)$$

где

$F_{\text{рез}} = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2}$ - равнодействующая сила, равная сумме квадратов проекций равнодействующей на две перпендикулярных оси;

m – масса тела;

$a_{\text{рез}} = \sum_{i=1}^n a_i$ - ускорение, приобретенное телом под действием нескольких сил (аксиома о независимости действия сил).

Принцип Даламбера:

Активные силы, реакции связей (опор) и сила инерции образуют уравновешенную систему сил, т.е. если к силам, действующим на тело, движущееся с ускорением, добавить силу инерции, то их можно представить в равновесии

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i + \sum_{i=1}^n \vec{R}_i + \vec{F}_{\text{ин}} = 0 \quad (11.2)$$

где

$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i$ - геометрическая сумма внешних сил.

$\sum_{i=1}^n \vec{R}_i$ - геометрическая сумма реакций связей (опор)

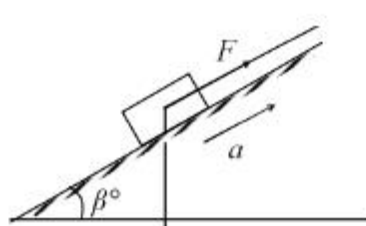
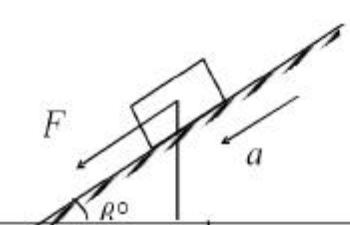
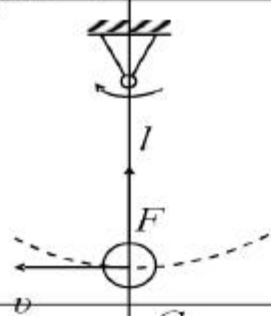
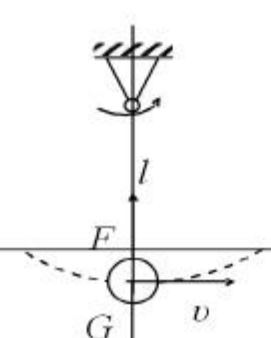
$F_{\text{ин}}$ - сила инерции.

Индивидуальные задания для выполнения практического занятия №11 приведены в таблице 11.1. Работа состоит из 1-ой задачи.

Задача

Определить параметры движения тела с применением основного закона динамики и принципа Даламбера.

Таблица 11.1 – Расчетные данные

№ вар.	Схема	β°	m, кг	F, Н	$a, \frac{m}{c^2}$	$f_{тр}$	V, м/с	l, м
1		20	20	800	?	0,2	-	-
2		25	30	90		0,18	-	-
3		40	70	1000		0,16	-	-
4		45	80	1200		0,2	-	-
5		50	90	1400		0,2	-	-
6		60	100	850		0,18	-	-
7		15	60	950		0,16	-	-
8		65	70	1100		0,2	-	-
9		15	80	600	1	?	-	-
10		35	90	500	3		-	-
11		45	100	700	4		-	-
12		60	50	820	2		-	-
13		35	40	920	6		-	-
14		40	45	750	3		-	-
15		25	55	630	5		-	-
16		55	65	970	7		-	-
17		-	20	800	-	-	?	1,8
18		-	30	900	-	-		1,6
19		-	70	1000	-	-		1,5
20		-	80	1200	-	-		2
21		-	90	1400	-	-		2,5
22		-	100	850	-	-		3
23		-	60	950	-	-		3,5
24		-	70	1100	-	-		4
25		-	80	900	-	-	1,7	?
26		-	90	1100	-	-	1,5	
27		-	100	1400	-	-	1,6	
28		-	50	820	-	-	1,8	
29		-	40	920	-	-	2	
30		-	45	750	-	-	2,2	
31		-	55	630	-	-	2,6	
32		-	65	970	-	-	3,2	

Практическое занятие № 12

Работа и мощность

Тема: Основы кинематики и динамики.

Цель работы: Определение параметров движения тела с помощью общих теорем динамики.

Порядок выполнения работы:

Для выполнения работы необходимо знать:

Работа постоянной силы F на прямолинейном участке пути S определяется по формуле $W = F \cdot S$ (направление силы совпадает с направлением перемещения);

Мощность – это работа, совершённая в единицу времени

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot S}{t}, \quad (12.1)$$

откуда часто применяемая для расчёта формула определения мощности

$$P = F \cdot V. \quad (12.2)$$

КПД – это отношение полезной мощности ко всей затраченной

$$\eta = \frac{P_{\text{полз}}}{P_{\text{затр}}} \quad (12.3)$$

При решении некоторых задач учитываются силы трения скольжения, при определении которых следует знать, что

$$F_{\text{тр}} = f \cdot R_n, \quad (12.4)$$

где R_n – сила нормального давления; f – коэффициент трения (приведенный коэффициент сопротивления движению).

Основными элементами динамики при решении 3-й задачи являются: теорема об изменении количества движения, теорема об изменении кинетической

энергии при поступательном движении тела и теорема об изменении кинетической энергии при вращательном движении твёрдого тела.

Если точка массой m , находясь под действием постоянной силы F в течении t , движется прямолинейно, то теорема об изменении количества движения выражается формулой

$$mV - mV_0 = Ft, \quad (12.5)$$

где $mV - mV_0$ – величина изменения проекции количества движения на ось, совпадающую с направлением движения;

Ft – проекция импульса силы на ту же ось.

Если, рассматривая действие силы F на материальную точку массой m , учитывать непродолжительность её действия, а протяжённость, то есть то расстояние, на котором действует сила, то получим теорему об изменении кинетической энергии точки

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = W, \quad (12.6)$$

где

W – работа всех сил, приложенных к точке;

$\frac{mV_0^2}{2}$ и $\frac{mV^2}{2}$ – кинетическая энергия точки в начале и конце действия сил.

Изменение кинетической энергии при вращательном движении тела также равно работе, но при вращении. Здесь работа производится не силой, а моментом силы при повороте твёрдого тела на некоторый угол ϕ , т.е. $W = M_{\text{вр}} \cdot \phi$ и тогда закон изменения кинетической энергии твёрдого тела при вращении

$$M_{\text{вр}} \cdot \phi = \frac{I_z \cdot \omega^2}{2} - \frac{I_z \cdot \omega_0^2}{2}, \quad (12.7)$$

где

I_z — момент инерции твёрдого тела относительно оси Z ;

ω_0, ω — угловые скорости соответственно в начале и конце вращения.

При решении задач рекомендуется такая последовательность:

- 1 Выделить точку, движение которой рассматривается в данной задаче.
- 2 Выяснить, какие активные силы действуют на точку, и изобразить их на рисунке.
- 3 Освободить точку от связей, заменив их реакциями.
- 4 Выбрать расположение осей координат и, применив необходимый закон или теорему, решить задачу.

Индивидуальные задания для выполнения практического занятия №12 приведены в таблице 12.1. Работа состоит из 2-х задач.

Таблица 7.1 – Расчетные данные

№ варианта	Задача	
1	1	10
2	2	11
3	3	12
4	4	13
5	5	14
6	6	15
7	7	16
8	8	17
9	9	18
10	10	19
11	11	20
12	12	21
13	13	22
14	14	23
15	15	1
16	16	2
17	17	3
18	18	4
19	19	5
20	20	6
21	21	7
22	22	8
23	23	9
24	1	16
25	2	17
26	3	18

Задачи

1. Для подъёма 5000 м³ воды на высоту 3 м поставлен насос с двигателем мощностью 2 кВт. Сколько времени потребуется для перекачки воды, если КПД насоса равен 0,8?
2. Транспортёр поднимает груз массой 200 кг за время, равное одной секунде. Длина ленты транспортёра 3 м, а угол наклона $\alpha=30^\circ$. КПД транспортёра составляет 85%. Определить мощность, развиваемую электродвигателем транспортёра.

3. Точильный камень диаметром $d = 0,5$ м делает 120 об/мин. Обрабатываемая деталь прижимается к камню с силой $F=10$ Н. Какая мощность затрачивается на шлифовку, если коэффициент трения камня о деталь $f = 0,2$.

4. Определить работу силы трения скольжения при торможении вращающегося диска диаметром $d= 200$ мм, сделавшего до остановки два оборота, если тормозная колодка прижимается к диску с силой $F=400$ Н. Коэффициент трения скольжения тормозной колодки по диску $f = 0,35$.

5. Скорость самолёта при отрыве от взлётной полосы должна быть 360 км/ч. Определить минимальную длину взлётной полосы, необходимую для того, чтобы лётчик при разгоне испытывал перегрузку, не превышающую его утроенный вес. Движение считать равноускоренным.

6. Вертолёт, масса которого с грузом 6 т, за 2,5 мин. набрал высоту 2250 м. Определить мощность двигателя вертолёта.

7. Транспортёр поднимает груз массой 200 кг за время, равное одной секунде. Длина ленты транспортёра 3 м, а угол наклона $\alpha=30^\circ$. КПД транспортёра составляет 85%. Определить мощность, развиваемую электродвигателем транспортёра.

8. Поезд идет со скоростью 36 км/ч. Мощность тепловоза 300 кВт. Сила трения составляет 0,005 веса поезда. Определить вес всего состава.

9. Для подъёма 5000 м³ воды на высоту 3 м поставлен насос с двигателем мощностью 2 кВт. Сколько времени потребуется для перекачки воды, если КПД насоса равен 0,8?

10. Динамометр, установленный между теплоходом и баржей, показывает силу тяги 30 кН, скорость буксировки 18 км/ч, мощность двигателя 550 кВт. Определить силу сопротивления воды корпусу буксира, если КПД силовой установки и винта равен 0,4.

11. Транспортёр поднимает груз массой 200 кг на автомашину за время $t=1$ с. Длина ленты транспортёра 3 м, а угол наклона $\alpha=30^\circ$. Коэффициент полезного действия транспортёра $\eta=85\%$. Определить мощность, развиваемую его электродвигателем.

12. Транспортёр поднимает груз массой 200 кг на автомашину за время $t=1$ с. Длина ленты транспортёра 3 м, а угол наклона $\alpha=30^\circ$. Коэффициент полезного действия транспортёра $\eta=85\%$. Определить мощность, развиваемую его электродвигателем.

13. Точильный камень диаметром $d = 0,5$ м делает 120 об/мин. Обрабатываемая деталь прижимается к камню с силой $F=10$ Н. Какая мощность затрачивается на шлифовку, если коэффициент трения камня о деталь $f = 0,2$.

14. Определить работу силы трения скольжения при торможении вращающегося диска диаметром $d= 200$ мм, сделавшего до остановки два оборота, если тормозная колодка прижимается к диску с силой $F= 400$ Н. Коэффициент трения скольжения тормозной колодки по диску $f = 0,35$.

15. Колесо зубчатой передачи, передающей мощность $P=12$ кВт, вращается с угловой скоростью $\omega=20$ рад/с. Определить окружную силу, действующую на зуб колеса, если диаметр колеса $d=360$ мм.

16. Маховик вращается вместе с горизонтальным валом, цапфы (участки, опирающиеся на подшипники) которого имеют диаметр $d=100$ мм. Нагрузка на каждый из двух подшипников $F=4$ кН. Приведенный коэффициент трения скольжения в подшипниках $f=0,05$. Определить работу, затрачиваемую на преодоление трения за два оборота маховика.

17. Начав двигаться из состояния покоя, автомобиль развил скорость 40 км/ч за время 7 с. Определить величину силы тяги, считая её постоянной, если сила сопротивления движению составляет 0,1 от веса автомобиля, а масса автомобиля 1200 кг.

18. Автомобиль двигался вниз по уклону с углом $\alpha=15^\circ$, осуществил экстренное торможение, и пройдя путь 55 м остановился. Сила сопротивления движению составляет 0,5 от веса автомобиля. Определить, с какой скоростью двигался автомобиль в начале торможения.

19. Автомобиль двигался вниз по уклону с углом $\alpha=15^\circ$, осуществил экстренное торможение, и пройдя путь 90 м остановился. Сила сопротивления движению составляет 0,5 от веса автомобиля. Определить, с какой скоростью двигался автомобиль в начале торможения.

20. При резком торможении колёса автомобиля заклинились и он через 6 с остановился. С какой скоростью двигался автомобиль в начале торможения, если коэффициент трения между поверхностью дороги и колёсами автомобиля $f=0,6$? Поверхность горизонтальная.

21. Тягач развивал мощность 120 кВт, тянет сани вверх по уклону, угол которого 10° со скоростью $v=10$ км/ч, масса саней с грузом $m=16$ т. Определить коэффициент трения между санями и полотном дороги. Какую работу совершает тягач на одном километре пути?

22. Автомобиль двигался вниз по уклону, угол которого $\alpha=10^\circ$, со скоростью 75 км/ч. Водитель начинает экстренно тормозить, отключив двигатель. Определить время движения автомобиля до полной остановки и его тормозной путь, если коэффициент трения заторможенных колес о дорогу 0,3.

Практическое занятие № 13, 14

Построение эпюр продольных и нормальных напряжений при растяжении и сжатии

Тема: Соппротивление материалов. Растяжение.

Цель работы: Научиться строить эпюры продольных сил и нормальных напряжений.

Задание: Для заданного статически определимого стального бруса требуется построить эпюры продольных сил N и нормальных напряжений σ , записав в общем виде для каждого участка выражения N и σ и указав на эпюрах их значения в характерных сечениях.

Порядок выполнения:

1. Разбиваем брус на участки, ограниченные точками приложения сил (нумерацию участков ведем от незакрепленного конца);
2. Используя метод сечений, определяем величину продольных сил в сечении каждого участка: $N = \sum F_i$;
3. Выбираем масштаб и строим эпюру продольных сил, т.е. под изображением бруса (или рядом) проводим прямую, параллельную его оси, и от этой прямой проводим перпендикулярные отрезки, соответствующие в выбранном масштабе продольным силам (положительное значение откладываем вверх (или вправо), отрицательное – вниз (или влево)).
4. Определяем общее перемещение бруса и строим эпюру перемещений δ поперечных сечений.
5. Сделать вывод.

Задача №1

Построить эпюры продольных сил, нормальных напряжений. Данные для своего варианта взять из таблицы.

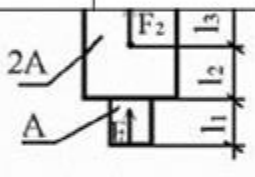
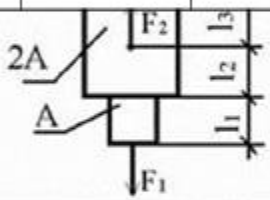
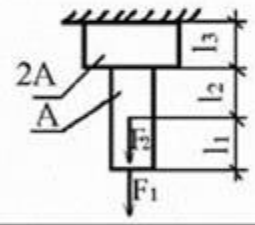
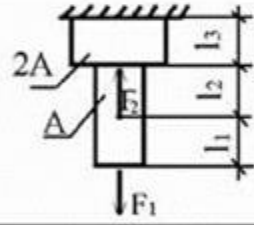
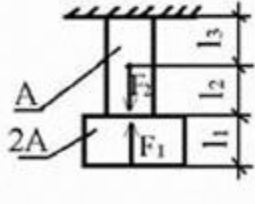
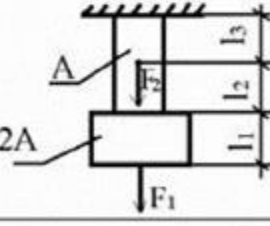
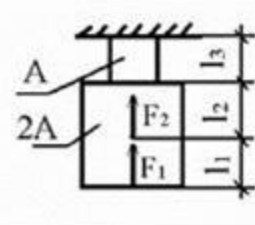
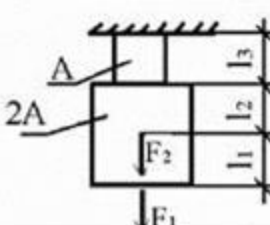
Номер варианта	Номер схемы	F_1 , кН	F_2 , кН	F_3 , кН	A_1 , см ²	A_2 , см ²
1	1	10	16	12	5	8
2	2	6	14	8	1,2	3,5
3	3	5	10	14	4	9
4	4	12	14	8	12	7
5	5	14	17	9	10	5
6	6	25	12,5	15	13	15
7	7	36	8	22	5	7
8	8	15	6	26	2	8
9	9	2	8	5	4	6
11	1	9	13	17	9	4

1	12	2	7,5	10	6,8	10	5
	13	3	6,8	11	12	13	7
	14	4	2,4	5	7	15	18
2	15	5	3	9	4	17	12
	16	6	12	3	5	1,9	2,8
	17	7	13	17	22	4,5	5,5
3	18	8	18	21	30	15	11
	19	9	19	14	23	7	10
	20	10	20	26	32	12,5	8,5
4	21	1	6	32	15	10	6
	22	2	7	40	20	8	12
	23	3	22	10	17	16	9
5	24	4	28	5	16	3	8
	25	5	32	8	24	15	10

Задача №2 Построить эпюры продольных сил, нормальных напряжений. Данные для своего варианта взять из таблицы.

Номер варианта	Номер схемы	A, см ²	F ₁ , кН	F ₂ , кН	L ₁ , м	L ₂ , м	L ₃ , м
1	1	10	10	18	1	1,2	2,2
2	2	12	15	10	0,8	0,5	1,3
3	3	14	20	36	1,4	2	1
4	4	18	36	42	0,4	0,6	0,8
5	5	12	25	36	1,4	0,5	0,1
6	6	5	9	12	0,8	0,6	0,3
7	7	4	2	8	1,2	1,5	0,8
8	8	2,5	8	5	3	2,5	1,5
9	9	3	5	2	0,8	0,2	1,2
10	10	7	5	12	1	1	1,5
11	1	4	6	10	0,2	0,7	1
12	2	10	40	27	1,8	2,4	3
13	3	1,5	8	16	0,5	0,5	0,5
14	4	4,6	4	6	0,2	0,4	0,4
15	5	2	10	14	1,2	1,9	2
16	6	7	6	13	1,2	0,8	1
17	7	9	12	7	1,5	1,2	1,3
18	8	10	25	17	2,2	1,8	2
19	9	2,8	9	15	1	1	1
20	10	3,2	10	16	0,4	0,7	1,3
21	1	4	14	10	0,6	1	0,8

22	2	5,5	13	5	1,2	0,6	1
23	3	2	8	4	1	0,5	0,5
24	4	12	29	19	2,2	2,1	2
25	5	8,5	23	28	1,4	0,8	1
26	6	5	8	14	0,3	0,2	0,1
27	7	6	12	8	0,5	0,8	1
28	8	3,7	10	4	0,1	0,5	0,7
29	9	12	36	25	1	1,2	0,6
30	10	2,8	12	7	0,4	0,6	1,4

			
3		8	
4		9	
5		10	

Практическое занятие № 15, 16

Расчеты стержней испытывающих деформацию растяжения (сжатия)

Тема: Соппротивление материалов. Растяжение.

Цель работы: Научиться выполнять расчеты элементов конструкций, испытывающих деформацию растяжения (сжатия).

Задание: 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 $[\sigma] = 150 \text{ МПа}$; $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Исходные данные выбрать из таблицы. Номер варианта взять в соответствии с номером студента в списках по журналу.

Порядок выполнения:

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.

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

Определить диаметр каждого из сечений:

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

Округлить диаметр до стандартного из ряда чисел $R40$.

$$A'_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} \quad A'_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$$

Уточнить площади поперечных сечений:

8. Определить напряжения на каждом из участков.

$$\sigma_{\text{ист}} = \frac{N_z}{A_i} \quad (\text{МПа})$$

9. Построить эпюру нормальных напряжений по длине бруса.

10. Определить деформацию каждого участка.

$$\Delta l_i = \frac{N_{zi} l_i}{A_i E} \quad (\text{мм})$$

11. Определить перемещение свободного конца бруса.

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

12. Вывод.

Задания к практическому занятию № 15, 16

Пара метр	Вариант																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
F_1 , кН	10	15	20	25	30	35	40	45	42	10	15	22	24	26	28	10	11	12	13	14	15	16	18	19	20
F_2 , кН	40	12	14	15	22	24	26	45	42	10	15	20	25	30	12	14	15	22	24	26	28	10	14	15	15
A_1 , см ²	7	8	10	11	12	13	14	18	16	14	12	13	14	12	8	10	11	12	13	14	12	14	15	16	17
A_2 , см ²	7	8	10	11	12	13	14	18	16	14	12	13	14	12	8	10	11	12	13	14	12	14	15	16	17

Вариант 1, 11, 21	Вариант 2, 12, 22	Вариант 3, 13, 23	Вариант 4, 14, 24	Вариант 5, 15, 25
Вариант 6, 16, 26	Вариант 7, 17, 27	Вариант 8, 18, 28	Вариант 9, 19, 29	Вариант 10, 20, 30

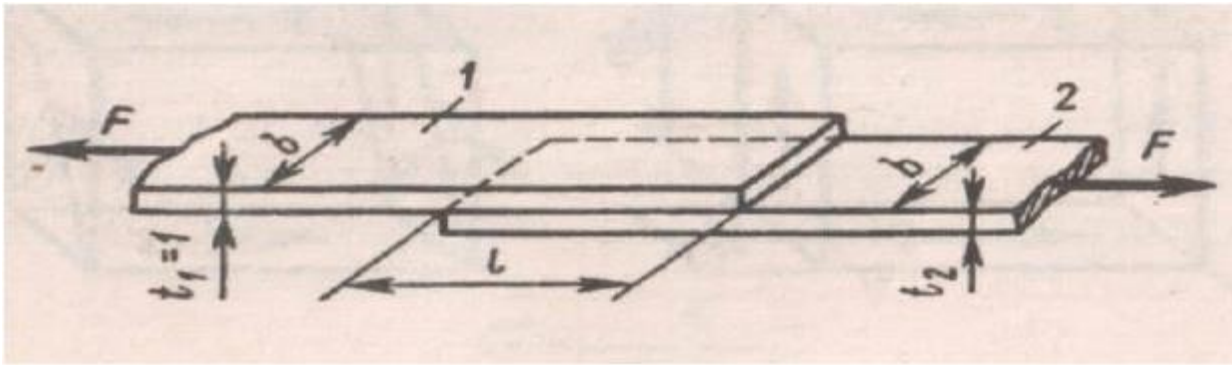
Практическое занятие № 17

Расчеты на сдвиг и смятие

Тема: Сопротивление материалов. Срез и смятие.

Цель работы: Научиться решать практические задачи на тему срез и смятие.

Задание: Дюралюминиевая пластина 1 толщиной t_1 мм склеена карбинольным клеем со стеклопластиковой пластиной 2. Определить толщину t_2 пластины 2, ширину b обеих пластин и длину клеевого шва, если F Н, допускаемое напряжение для дюралюминия $[\sigma_p] = 100$ н/мм², для стеклопластика $[\sigma_p]_с = 75$ н/мм², для клеевого шва $[\tau_{ср}]_{кл} = 5$ н/мм².



Порядок выполнения:

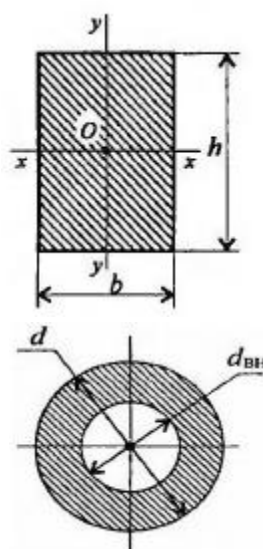
1. Выпишите данные для вашего варианта (согласно нумерации в журнале).

№ варианта	F , Н	t_1 , мм	№ варианта	F , Н	t_1 , мм	№ варианта	F , Н	t_1 , мм
1	550	1,1	11	650	1,3	21	550	1,1
2	600	1,2	12	700	1,4	22	600	1,2
3	650	1,3	13	550	1,1	23	650	1,3
4	700	1,4	14	600	1,2	24	700	1,4
5	550	1,1	15	650	1,3	25	550	1,1
6	600	1,2	16	700	1,4	26	600	1,2
7	650	1,3	17	550	1,1,	27	650	1,3
8	700	1,4	18	600	1,2	28	700	1,4

9	550	1,1	19	650	1,3	29	550	1,1
10	600	1,2	20	700	1,4	30	600	1,2

2. Решите свой вариант.

3. Сделайте вывод.



Практическое занятие № 18

Определение моментов инерции простых

фигур

Расчеты на сдвиг и смятие

Тема: Сопротивление материалов. Геометрические характеристики плоских сечений.

Цель работы: Освоение практических навыков, необходимых для определения геометрических характеристик поперечных сечений стержней.

Задание: 1. Вычислить главные центральные моменты инерции сечений, представленных на схемах. При расчётах воспользоваться данными таблицы, выбрав необходимые значения.

Моменты инерции простейших сечений

Прямоугольник и квадрат

Осевые:

$$J_x = \frac{bh^3}{12} \quad J_x = \frac{bh^3}{12}$$

J_x -относительно оси xx

$$J_y = \frac{hb^3}{12} \quad J_y = \frac{hb^3}{12}$$

J_y -относительно оси yy

Полярный: $J_p = J_x + J_y$

Круг и кольцо

$$J_y = J_x = \frac{\pi d^4}{64} \quad J_y = J_x = \frac{\pi d^4}{64}$$

Осевые: - круг;

$$J_y = J_x = \frac{\pi d^4}{64} (1 - c^4) \quad J_y = J_x = \frac{\pi d^4}{64} (1 - c^4)$$

-кольцо

$$J_p = \frac{\pi d^4}{64} \quad J_p = \frac{\pi d^4}{64}$$

Полярные - круг;

$$J_p = \frac{\pi d^4}{64} (1 - c^4) J_p = \frac{\pi d^4}{64} (1 - c^4)$$

- кольцо.

Моменты инерции относительно параллельных прямых

$$J_x = J_{x_0} + a^2 A J_x = J_{x_0} + a^2 A$$

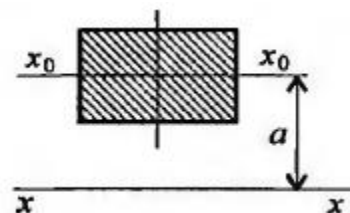
где J_x - момент инерции относительно оси xx ;

J_{x_0} - момент инерции относительно оси x_0x_0 ;

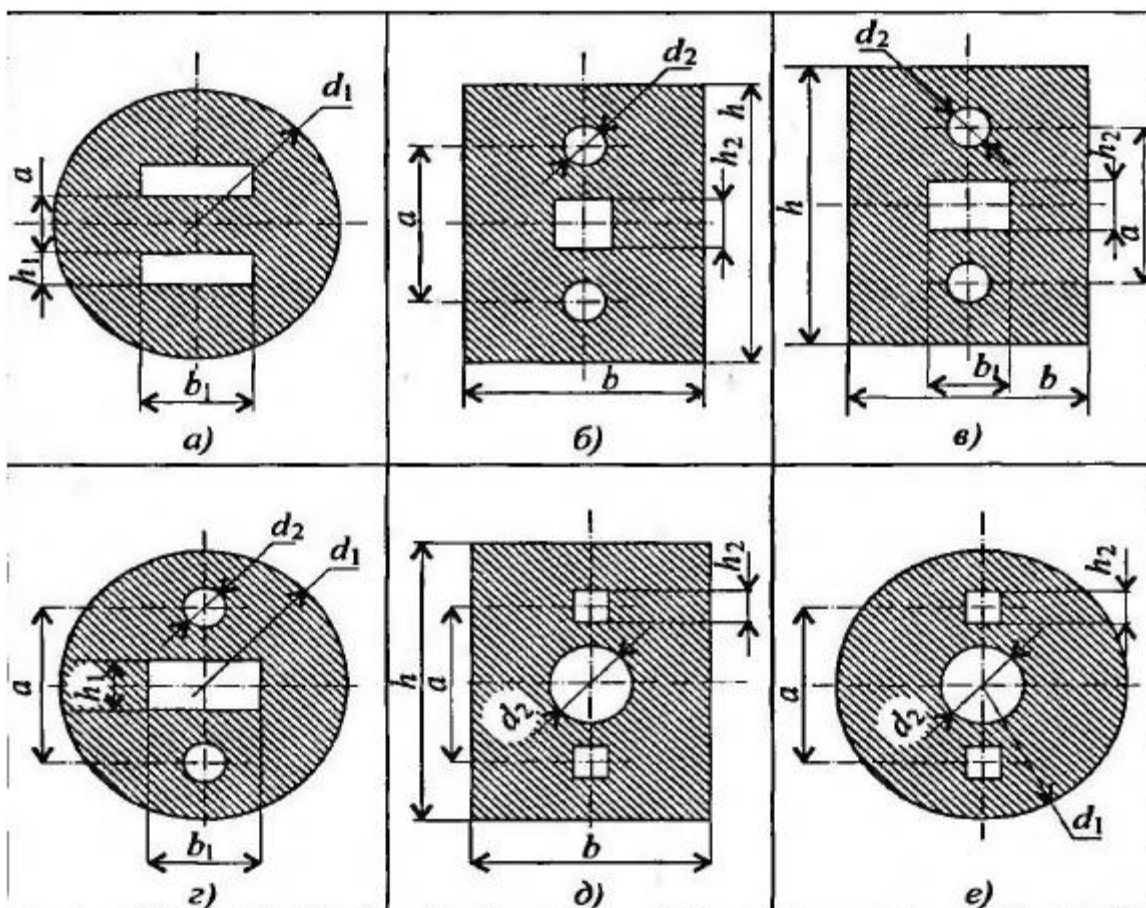
A - площадь сечения; a - расстояние между осями.

Таблица данных

Задания к практическому занятию № 18



Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_1 , мм	72	80	88	96	98	72	76	88	96	104
d_2 , мм	12	14	16	18	10	12	14	16	18	20
h , мм	72	80	88	96	98	72	76	88	96	104
b , мм	36	42	48	54	60	36	42	48	4	60
a , мм	48	52	56	60	58	48	48	56	60	64
h_1 , мм	16	18	20	22	24	16	18	20	22	24
b_1 , мм	32	36	40	44	48	32	36	40	44	48
h_2 , мм	6	8	10	6	8	10	6	8	10	6



2. Решите свой

вариант.

3. Сделайте вывод.

Номер варианта	Схема сечения по рис.19	Швеллер №	Равнобокий уголок №	Двутавр №
01	1	14	8(8)	12
02	2	16	8(6)	14
03	3	18	9(8)	16
04	4	20	9(7)	18
05	5	22	9(6)	20a
06	6	24	10(8)	20
07	7	27	10(10)	22a
08	8	30	10(12)	22
09	9	33	12,5(10)	24a
10	10	36	12,5(12)	24
11	11	14	8(8)	12
12	12	16	8(6)	14
13	13	18	9(8)	16
14	14	20	9(7)	18
15	15	22	9(6)	20a
16	16	24	10(8)	20
17	17	27	10(10)	22a
18	18	30	10(12)	22
19	19	33	12,5(10)	24a

Практическое занятие № 19

Определение моментов инерции составного сечения

Расчеты на сдвиг и смятие

Тема: Сопротивление материалов.
Геометрические характеристики
плоских сечений.

Цель работы: Освоение практических
навыков, необходимых для
определения геометрических
характеристик поперечных сечений
стержней.

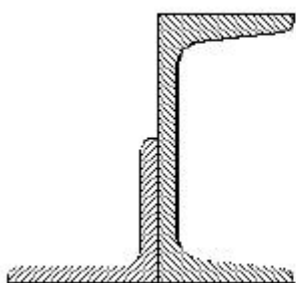
Задание: 1. Для составного
поперечного сечения (рис.19),
состоящего из двутавра, швеллера,
уголка, заданных в таблице, требуется
вычислить главные центральные
моменты инерции; определить
положение главных центральных осей.

Варианты заданий: схемы фигур
изображены на рисунке, а исходные
данные представлены в таблице.

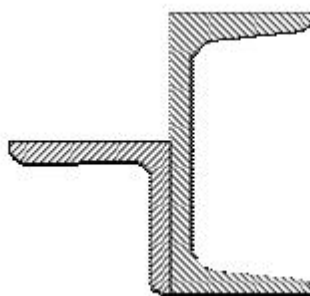
2. Решите свой вариант.
3. Сделайте вывод.

Задания к практическому занятию № 19

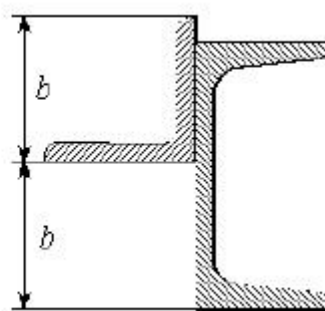
1 схема



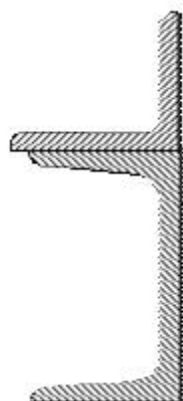
2 схема



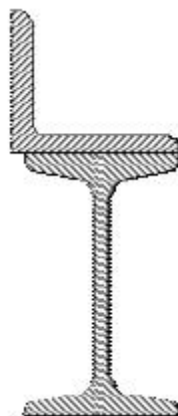
3 схема



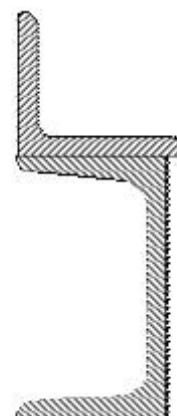
4 схема



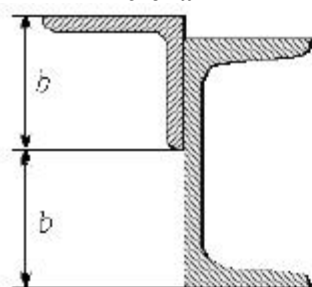
5 схема



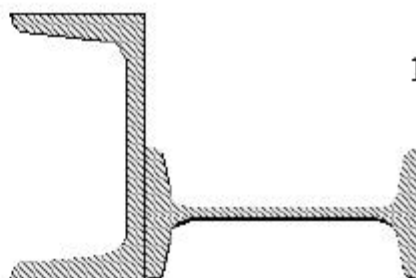
6 схема



7 схема

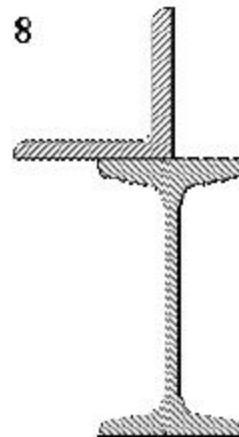
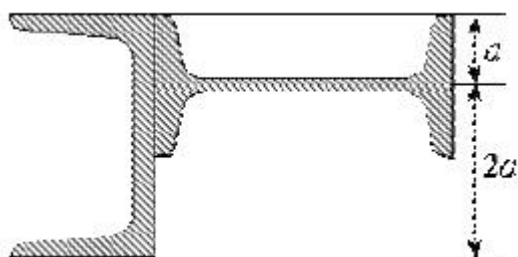


8 схема

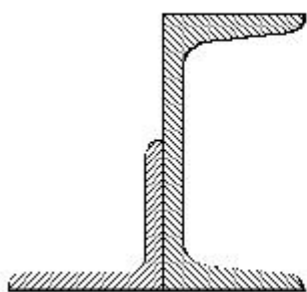


9 схема

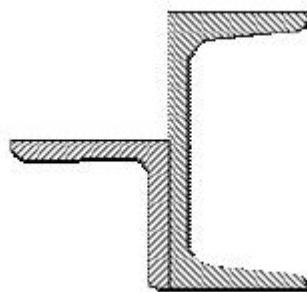
10 схема



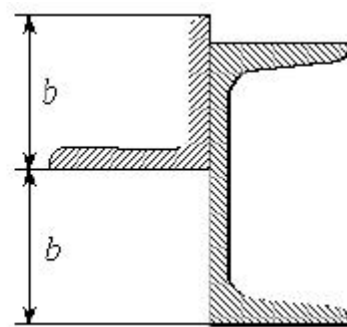
11 схема



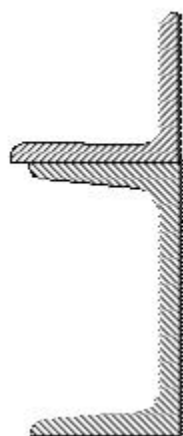
12 схема



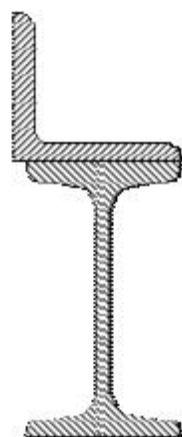
13 схема



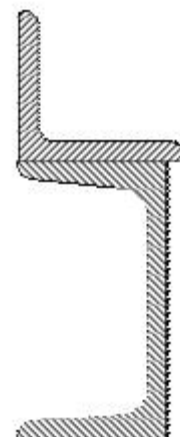
14 схема



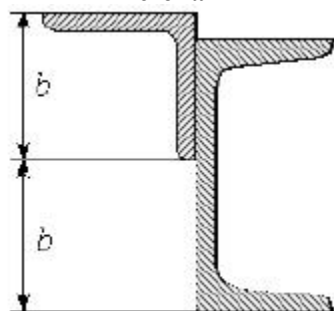
15 схема



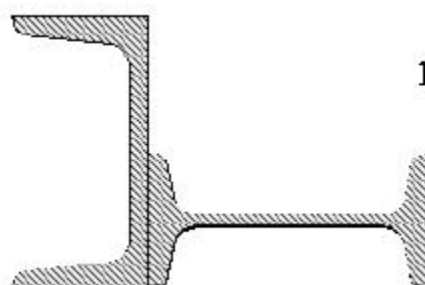
16 схема



17 схема



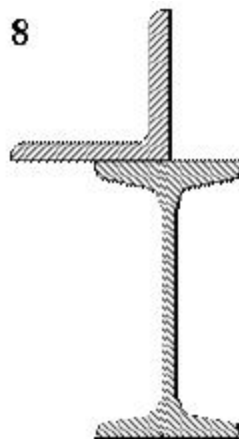
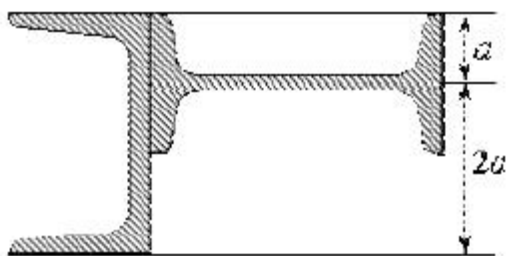
18 схема



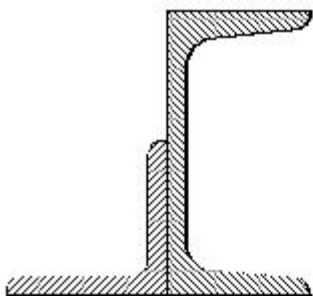
19 схема

20 схема

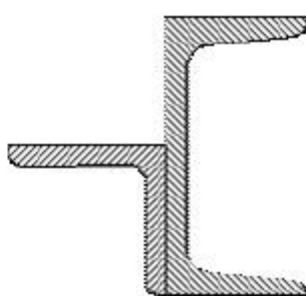
8



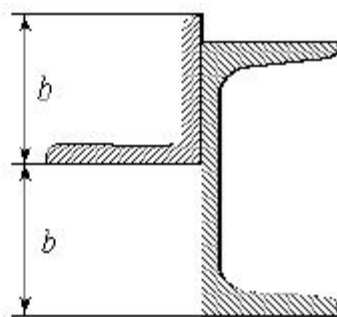
21 схема



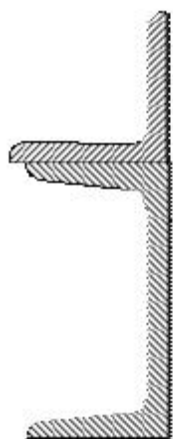
22 схема



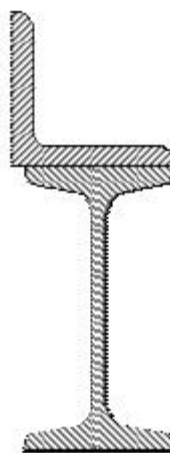
23 схема



24 схема



25 схема



Практическое занятие № 20

Построение эпюр крутящих моментов

Тема: Сопротивление материалов. Кручение.

Цель работы: Научиться определять величину крутящих моментов, строить эпюры крутящих моментов.

Задание: Для стального вала (рисунок) построить эпюру крутящих моментов. Данные для различных вариантов указаны в таблице.

Мощность на зубчатых колесах принять $P_2=0,5P_1$; $P_3=0,3P_1$; $P_4=0,2P_1$.

Порядок выполнения:

1. Определить вращающие моменты на шкивах;
2. Построить эпюры крутящих моментов;
3. Выполнить работу;
4. Сделать вывод.

Задания к практическому занятию № 20

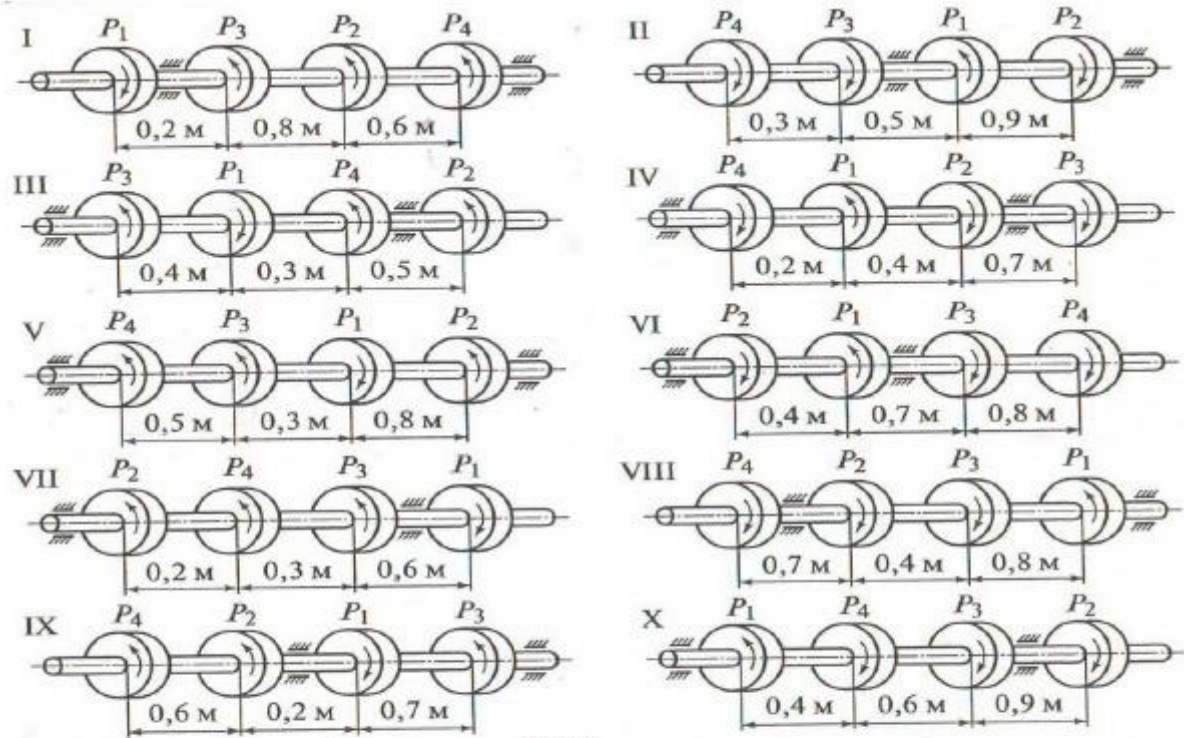


Рис. 1

Таблица 1

Варианты	Схема на рис. 1	ω , рад/с	P_1 , кВт	Варианты	Схема на рис. 1	ω , рад/с	P_1 , кВт
1, 11, 21	I	24	12	6, 16, 26	VI	60	30
2, 12, 22	II	48	18	7, 17, 27	VII	36	22
3, 13, 23	III	30	20	8, 18, 28	VIII	50	26
4, 14, 24	IV	40	14	9, 19, 29	IX	28	10
5, 15, 25	V	25	60	10, 20, 30	X	62	16

Практическое занятие № 21

Расчеты при кручении

Тема: Сопротивление материалов. Деформация кручения.

Цель работы: Научиться определять величину крутящих моментов, определять диаметр вала из условия прочности при кручении и определять угол закручивания.

Задание: 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:

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

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

Порядок выполнения:

1. Изобразить расчетную схему.
2. Разбить вал на участки и пронумеровать их.
3. Определить мощность на колесах.

4. Определить вращающие моменты на колесах: $M_{вр} = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi n} \text{ Нм}$,

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:

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

определить требуемый поперечный момент сопротивления для каждого участка:

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

8. Определить диаметр вала для каждого участка:

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

Округлить полученное значение до стандартных.

9. Определить полярные моменты инерции сечений для каждого участка:

$$J_p = 0,1 d^4 (\text{мм}^4)$$

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

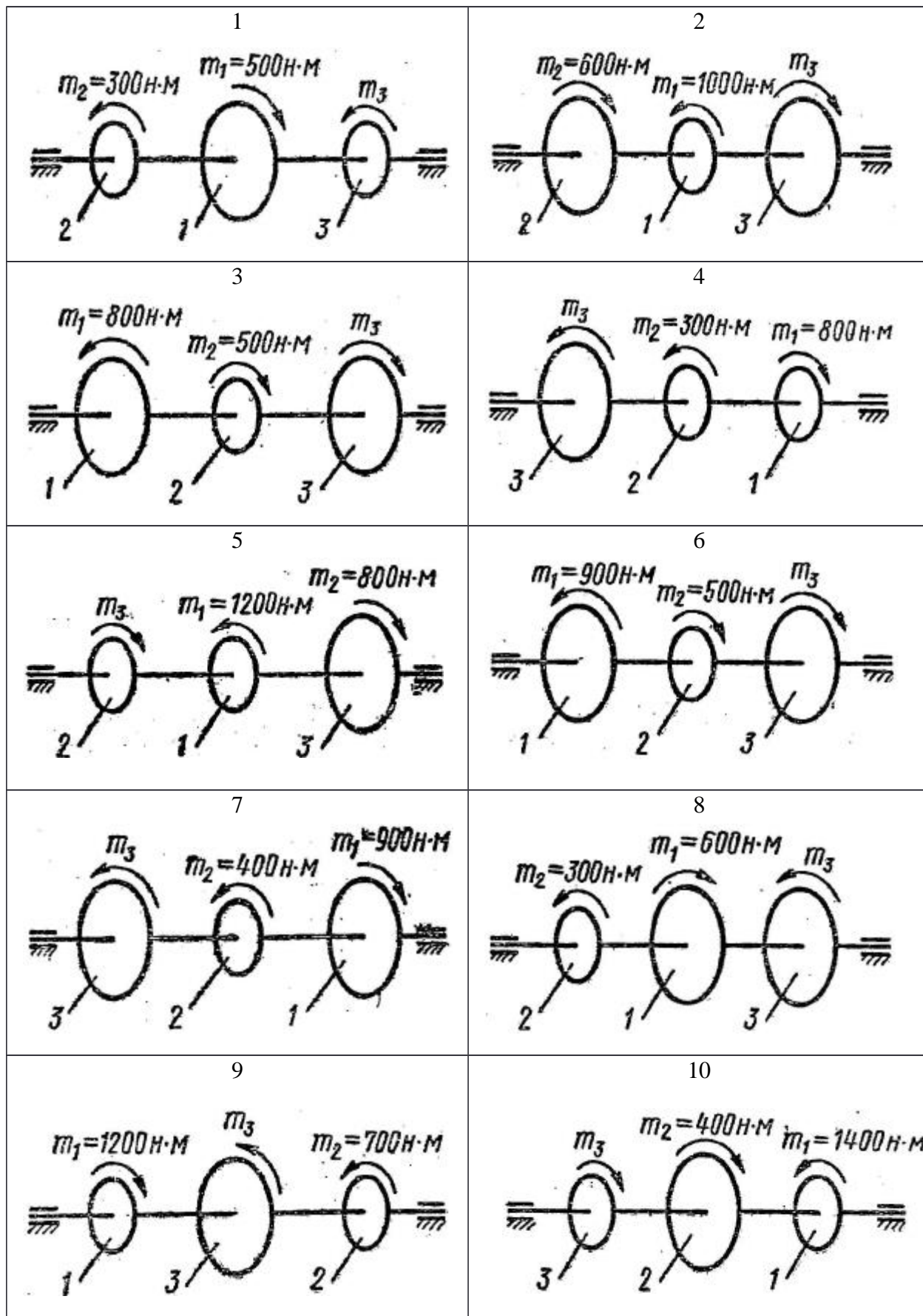
$$\phi = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{M_k \cdot l}{G J_p} = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{M_k \cdot l}{G \cdot 0,1 d^4}$$

11. Вывод.

Таблица – Варианты заданий

Вариант	Р кВт	$\omega \text{ рад/с}$	№ 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



Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов

Тема: Соппротивление материалов. Изгиб.

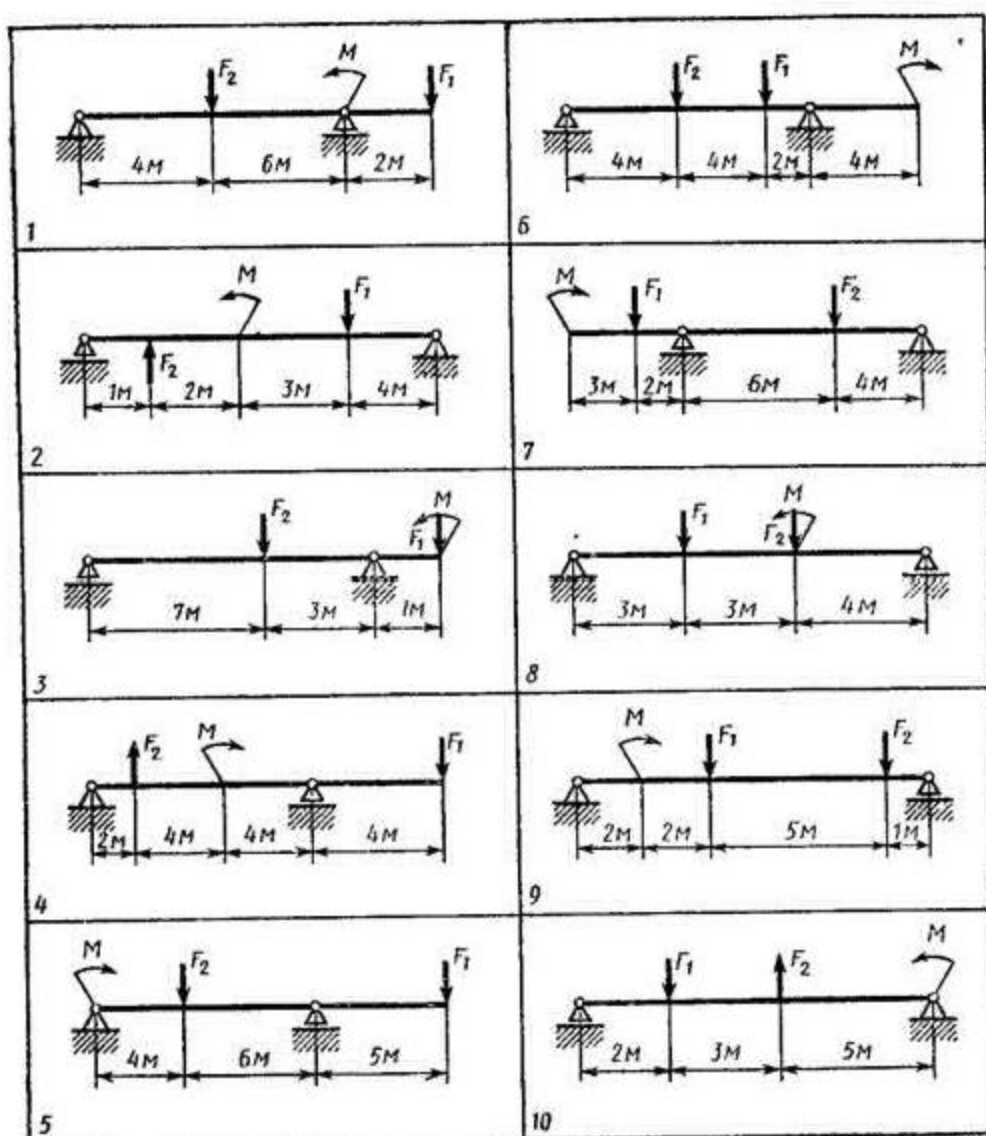
Цель работы: Получить практические навыки в построении эпюр поперечных сил и изгибающих моментов в балке.

Задание: Для заданной двухопорной балки (рисунок) определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил, изгибающих моментов и определить размеры поперечного сечения в форме прямоугольника или круга, приняв для прямоугольника $h/b=1,5$. Считая, что $[\sigma]=160$ МПа, $F_1=22$ кН, $F_2=17$ кН, $M=7$ кН/м.

Порядок выполнения:

1. Вычертить схему и выписать исходные данные для своего варианта.
2. Вычертить расчетную схему (связи заменить на реакции опор).
3. Задать оси координат (за начало координат принять крайнюю левую опору).
4. Записать условие равновесия плоской системы произвольно расположенных сил (форма № 2).
5. Составить уравнения и определить реакции опор балки.
6. Выполнить проверку. Для этого составить уравнение равновесия, которое не учувствовало в решении задачи $\sum F_{iy} = 0$. Подставить в него все известные значения. Затем все положительные значения сложить и оставить в левой части уравнения, а отрицательные значения сложить и перенести в правую часть уравнения, при этом поменять знак на +.
7. Проанализировать равенство. Если обе части равны, то погрешность вычислений равна нулю. Если же знак равенства не соблюдается – необходимо определить погрешность вычислений δ . Для этого необходимо (без учета знака, т.е. по модулю) от большего значения отнять меньшее, полученную разность делим на большее значение и умножаем на 100. Полученное значение погрешности (в %), сравниваем с допустимым – 5 %.
8. Записать полученный ответ.
9. По условию равновесия на изгиб рассчитать в характерных точках балки значения поперечных сил и изгибающих моментов.
10. По полученным в расчёте числам построить две эпюры Q_y и M_x .
11. Сделать вывод о проделанной работе.

Задания к практическому занятию № 22, 23



Расчеты при изгибе

Тема: Сопротивление материалов. Деформация изгиба.

Цель работы: Научиться построению эпюр изгибающих моментов и поперечных сил и производить расчеты на прочность при изгибе.

Задание: Для заданной расчетной схемы оси определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, подобрать диаметр оси из условия прочности при изгибе. Номер варианта принять согласно номеру студента в списке по журналу. Для расчетов принять: материал оси — сталь 40, допускаемое напряжение на изгиб $[\sigma_u] = 100 \text{ МПа}$.

Порядок выполнения:

1. Изобразить расчетную схему.
2. Выписать исходные данные из таблицы.
3. Заменить действие опор на балку силами реакций.
4. Составить уравнение равновесия для плоской системы параллельных сил:

$$\sum M_A = 0; \quad \sum M_B = 0.$$
5. Найти из уравнений равновесия неизвестные силы реакций.
6. Определить поперечную силу в каждом из характерных сечений, как сумму внешних сил, приложенных по одну сторону от сечения.
7. Построить эпюру поперечных сил.
8. Определить величину изгибающего момента для каждого характерного сечения, как сумму моментов внешних сил, приложенных по одну сторону от сечения, относительно центра тяжести этого сечения.
9. Построить эпюру изгибающих моментов.
10. Выбрать наиболее нагруженное сечение, где $M_{\text{из}} = \max$.
11. Записать уравнение условия прочности при изгибе:

$$[\sigma_u] \frac{M_{\text{из}}}{W_x} \leq [\sigma_u].$$

12. Найти требуемую величину осевого сопротивления сечения:

$$W_x \geq \frac{M_{\text{из}}}{[\sigma_u]}; \quad \text{из выражения;} \quad W_x \geq \frac{32}{\pi} \frac{0,1}{d^3}.$$

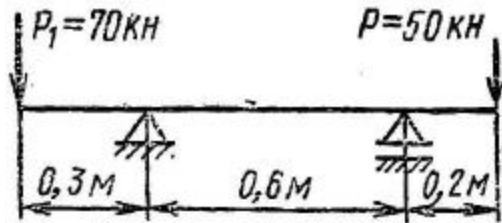
13. Определить диаметр наиболее нагруженного поперечного сечения оси:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 W_x}{\pi}} \geq \sqrt[3]{10 W_x}.$$

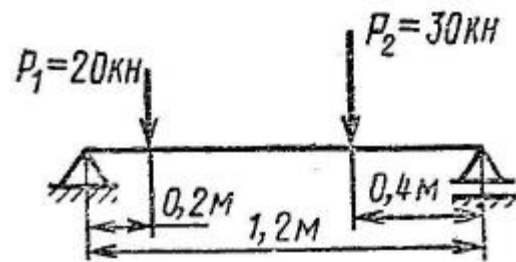
14. Округлить диаметр до ближайшего стандартного значения из ряда R40 по таблицы 2
15. Вывод

Задания к практическому занятию № 24, 25

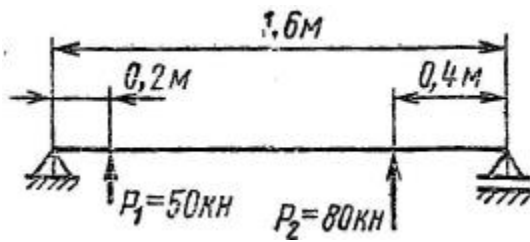
1



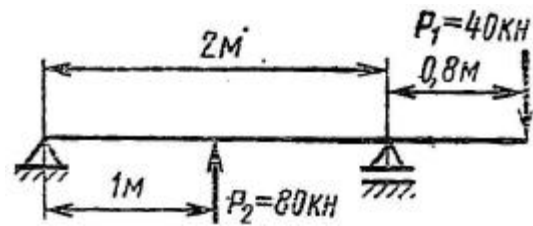
2



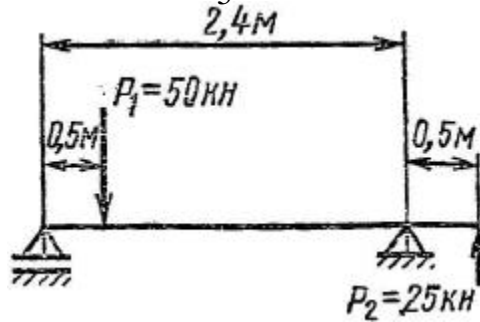
3



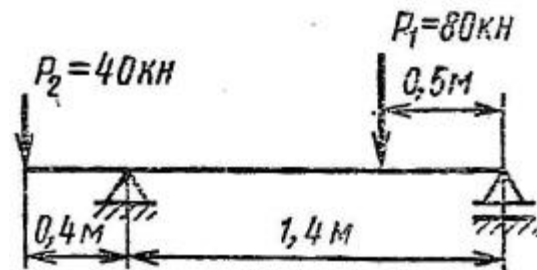
4



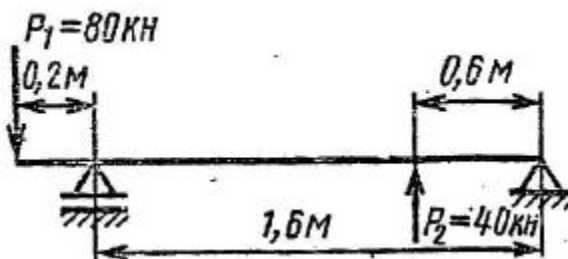
5



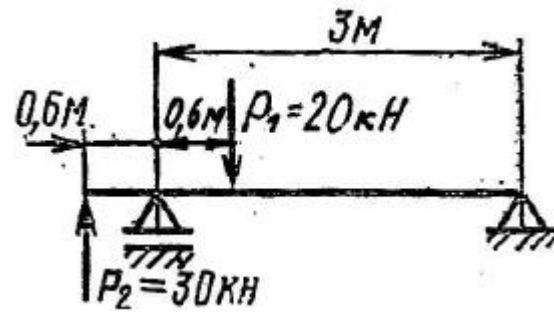
6



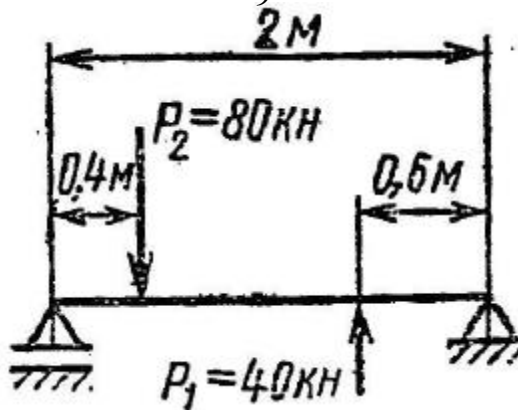
7



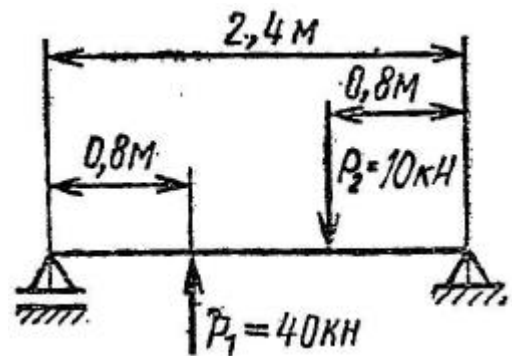
8



9



10



Практическое занятие № 26

Расчет на устойчивость сжатых стержней. Определение критической силы и критического напряжения

Тема: Сопротивление материалов. Устойчивость центрально-сжатых стержней.

Цель работы: Получить практические навыки по определению критической нагрузки и коэффициента запаса устойчивости при расчете сжатых стержней.

Задание: Для равноустойчивой центрально сжатой колонны из двух швеллеров или двутавров вычислить величину критической силы и коэффициент запаса устойчивости. Модуль упругости стали $E=2,1 \cdot 10^5$ МПа. Данные для задачи своего варианта взять из таблицы 1 и рис. 1

Порядок выполнения:

1. Вычертить схему и выписать исходные данные для своего варианта.
2. Определить коэффициент приведения длины μ (Схемы представлены в конспектах).
3. Вычислить момент инерции для данного сечения стержня.
4. Определить площадь поперечного сечения стержня.
5. Найти радиус инерции сечения.
6. Определить гибкость стержня. По величине λ сделать вывод – по какой формуле ведется дальнейший расчет и почему.
7. Определить критическую силу $F_{кр}$.
8. Определить коэффициент запаса устойчивости, при нагрузке равной допускаемой.
9. Сделать вывод о проделанной работе.

Задания к практическому занятию № 26

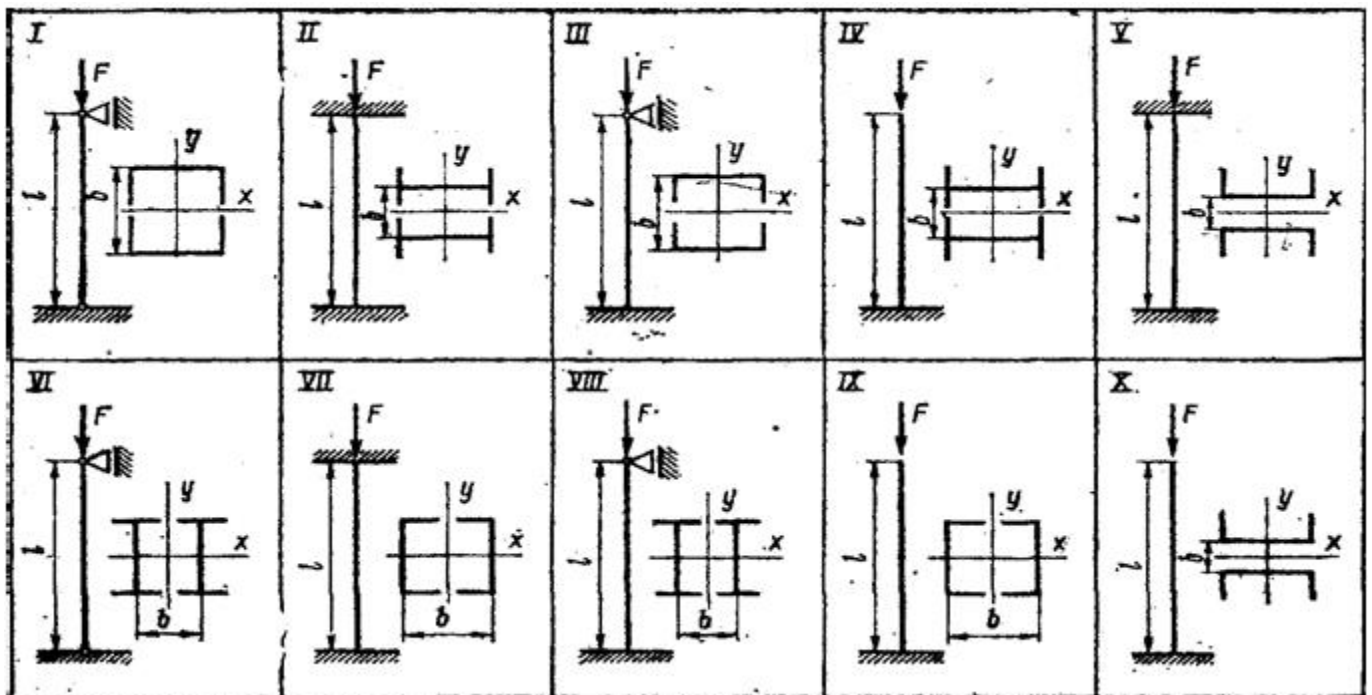


Рис 1

Таблица 1

Вариант	Схема	№ двугавра	l м	Вариант	Схема	№ двугавра	l м
1	I	10	5	19	VI	24	7
2	I	12	5	20	VI	27	7
3	I	14	5	21	VII	24 _a	7
4	I	16	5	22	VII	27 _a	7
5	II	18	5	22	VII	30	7
6	II	20	6	23	VII	33	6
7	II	22	6	24	VIII	36	6
8	II	16	6	25	VIII	40	6
9	III	18	6	26	VIII	30 _a	6
10	III	22	6	27	VIII	24	6
11	III	18 _a	7	28	IX	22	6
12	IV	22 _a	7	29	IX	18	5
13	IV	24 _a	7	30	IX	20	5
14	IV	27	7	31	IX	27	5
15	V	30	7	32	X	30	5
16	V	33	5	33	X	33	5
17	V	24	5	34	X	36	6
18	VI	27	5	35	X	22	6
				36	X	20	6

Заключение

Практические занятия предназначены для закрепления и углубления знаний и умений, полученных во время теоретических занятий. Выполнение практических заданий должно способствовать более глубокому пониманию, усвоению и закреплению материала предмета, развитию логического мышления, аккуратности, умению делать выводы и правильно выполнять расчеты.

При подготовке к практическим занятиям следует использовать основную и дополнительную литературу из представленного списка, а также руководствоваться приведенными указаниями и рекомендациями.

В результате проделанных практических занятий можно сделать выводы, что выполнение данных заданий способствует:

- более глубокому пониманию, усвоению и закреплению материала общепрофессиональной дисциплины;
- развитию логического мышления, аккуратности;
- правильному выполнению расчетов;
- нестандартным подходам к составлению таблиц, схем, графиков;
- правильному построению диаграмм, графиков, эпюр;
- умению анализировать, находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, использовать полезный дополнительный материал при подготовке по тематике практических занятий;
- умению делать выводы по практическим работам

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Олофинская, Валентина Петровна Техническая механика : курс лекций с вариантами практ. и тестовых заданий: учеб. пособие для студентов учреждений сред. проф. образования, обучающихся по специальностям техн. профиля [Текст] .- 3-е изд., испр..- Москва, Форум , 2010.- 349 с.: ил.
2. Пашков, Н. Н. Техническая механика для строителей : учеб. для ПТУ [Текст] .- 2-е изд., перераб. и доп..- Москва, Высш. шк., 1972.- 224 с.
3. Вери́на Л.И., Красно́в М.М. Теоретическая механика. - М.: Издательский центр «Академия», 2016.
4. Олофинская В.П., Детали машин. Краткий курс и тестовые задания: Учебное пособие для среднего профессионального образования. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Форум, 2017.
5. Олофинская В.П., Техническая механика: Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: Учебное пособие. 2-е изд.-М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2017.
6. Миролюбов И.Н, Алмаметов Ф.З., Курицын Н.А.,Соппротивление материалов: Пособие по решению задач.-СПб.: Издательство «Лань», 2014.
7. Мовин М.С, Израелит А.Б, Рубашкин А.Г.,Основы технической механики.-СПб.: Политехника, 2015.
8. Михайлов А.М. Соппротивление материалов. - М.: Издательский центр «Академия», 2019.
9. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов [Текст]: учеб. для средних проф. учеб. заведений / А.И. Аркуша. - 6-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2015.