

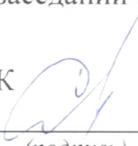
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»
Строительно-политехнический колледж

**Методические указания по выполнению практических работ
по дисциплине «Техническая механика»
для студентов очной формы обучения
по специальности**

23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и
оборудования (по отраслям)

Методические указания обсуждены на заседании методического совета СПК «19» 03 2021 года.
Протокол № 7,

Председатель методического совета СПК
Сергеева С.И.


(подпись)

Методические указания одобрены на заседании педагогического совета СПК
«26» 03 2021 года. Протокол № 7.

Председатель педагогического совета СПК
Облиенко А.В.


(подпись)

Воронеж
2021

УДК 531.8(07)
ББК 34.41я723

Составитель: Милько А.Ю., преподаватель СПК

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Техническая механика»: методические указания / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.Ю. Милько ин. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 25 с.

Методические указания по выполнению практических работ для студентов составлены в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Техническая механика», разработанной по специальности 23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям).

УДК 531.8(07)
ББК 34.41я723

Рецензент - Жулай Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

Пояснительная записка

Практические работы разработаны на основе примерной основной образовательной программы в соответствии с рабочей программой по специальности 23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям). 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 80 часов, которые составляют курс, на расчетно-графические работы отводится 18 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. выработать 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.

Предложенные задания практических работ многовариантны. Каждый студент имеет свой вариант, соответствующий номеру по списку.

Практическая работа № 1

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.

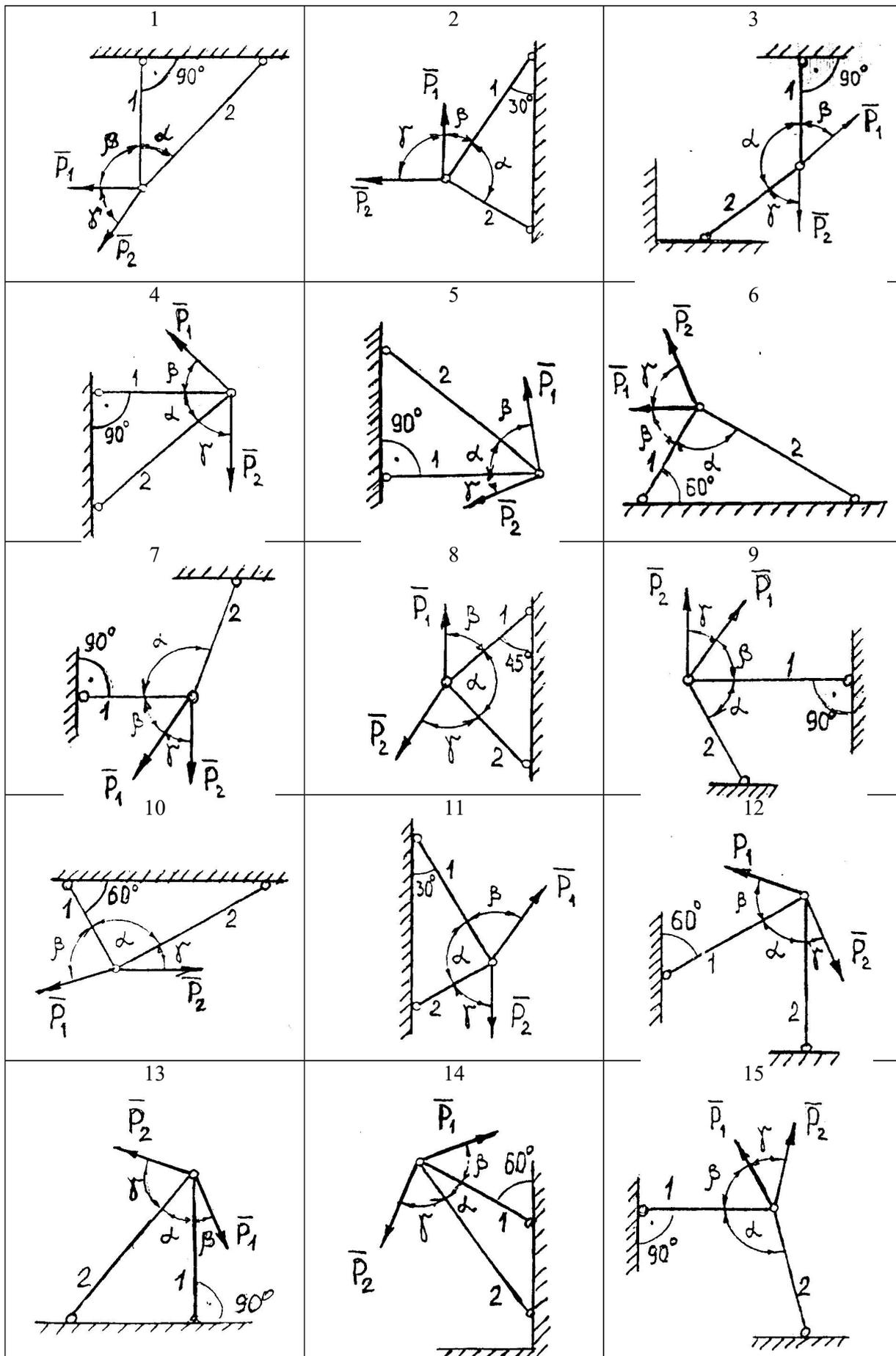
Порядок выполнения:

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

Таблица 1 – Варианты заданий

Вариант	Схема	P_1	P_2	α	β	γ
		кН		градусы		
1	1	6	8	45	90	30
2	2	5	10	90	30	45
3	3	3	6	120	30	60
4	4	7	9	60	30	30
5	5	10	6	30	30	30
6	6	8	4	90	60	45
7	7	12	3	120	30	90
8	8	9	5	60	45	75
9	9	4	7	60	45	45
10	10	8	12	90	30	30
11	11	10	8	90	60	30
12	12	8	5	60	60	45
13	13	7	10	45	45	75
14	14	4	6	30	60	30
15	15	5	8	120	45	45
16	1	10	4	30	60	30
17	2	3	7	90	60	30
18	3	8	5	150	60	30
19	4	3	12	30	60	60
20	5	7	5	60	30	45
21	6	6	4	60	30	90
22	7	5	8	90	60	60
23	8	14	6	45	75	45
24	9	12	10	120	60	30
25	10	4	7	60	30	60
26	11	8	6	90	120	30
27	12	6	9	120	30	30
28	13	10	3	30	45	60
29	14	9	4	60	120	30
30	15	3	8	90	30	60
31	1	7	5	60	30	60
32	2	12	6	90	30	90
33	3	4	10	90	45	60
34	4	8	4	45	30	45

Задания к практической работе № 1



Практическая работа № 2

Определение реакций опор балки на двух опорах

Тема: Статика. Плоская система произвольно расположенных сил.

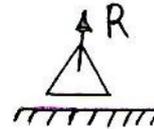
Цель работы: Научится определять реакции опор балки установленной на двух опорах.

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

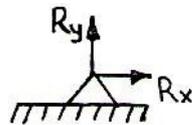
Принять: $q = 2 \frac{kH}{м}$; $P = 4kH$; $M = 2kH \cdot м$; $a = 2м$.

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.

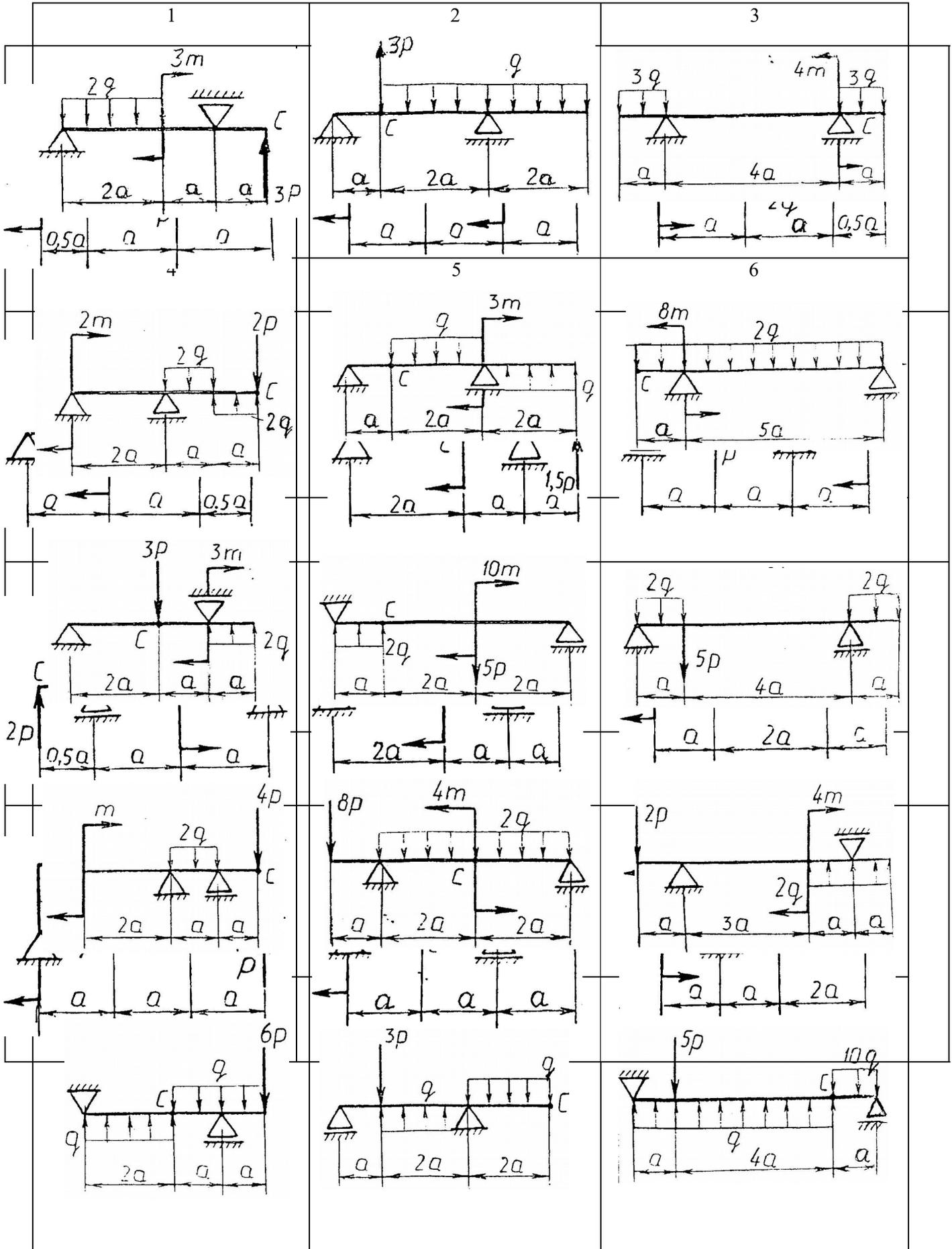


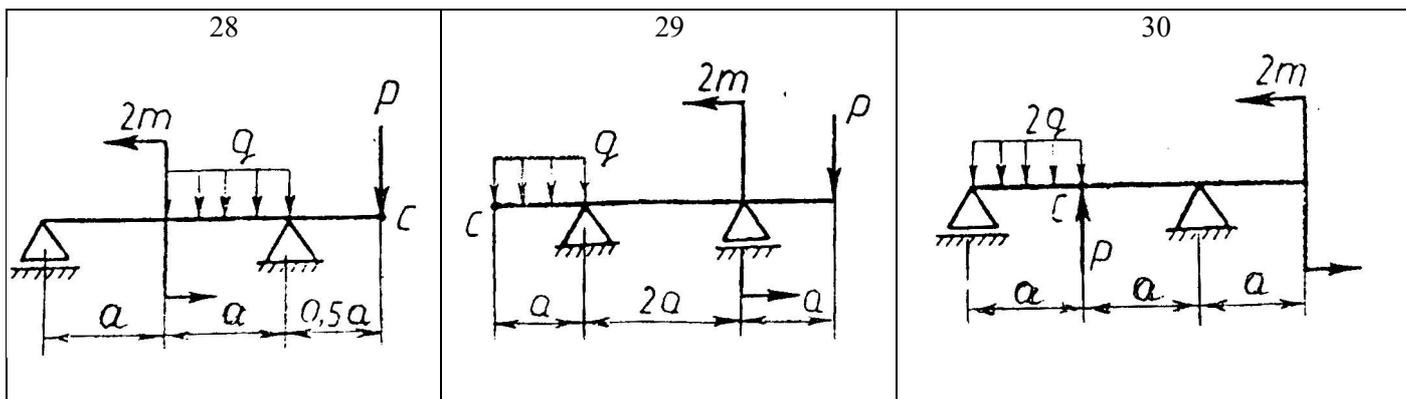
Реакцию шарнирно-подвижной опоры разложить на две составляющие, направленные по осям координат.



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

Задания к практической работе № 2





Практическая работа № 3

Определение реакций жесткой заделки балки

Тема: Статика. Плоская система произвольно расположенных сил.

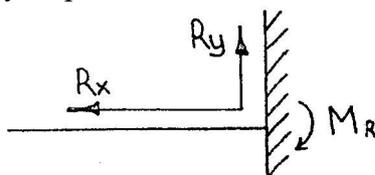
Цель работы: Научится определять реакции жесткой заделки консольной балки.

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

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

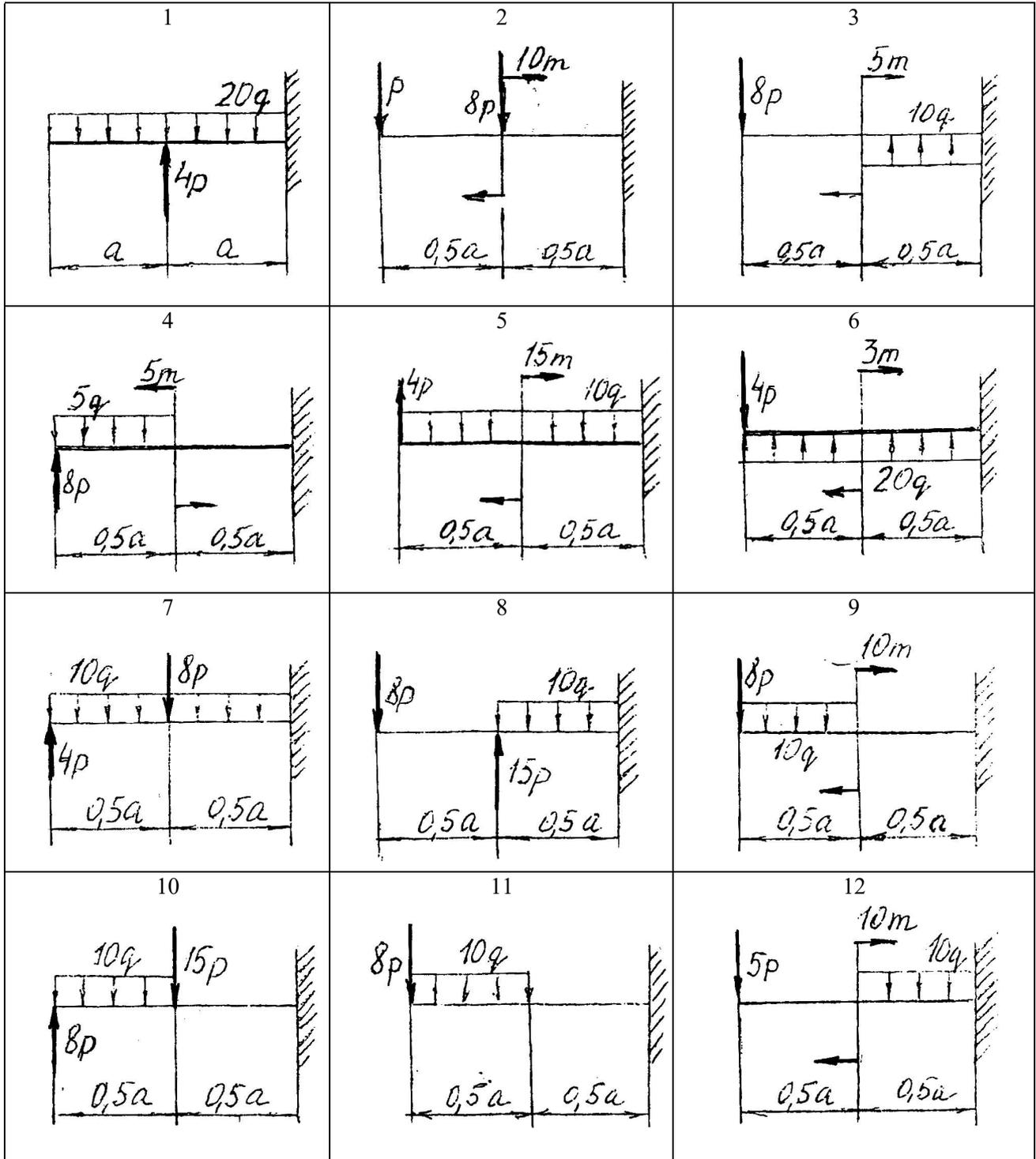
Порядок выполнения:

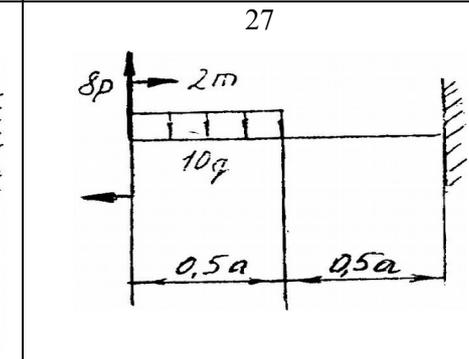
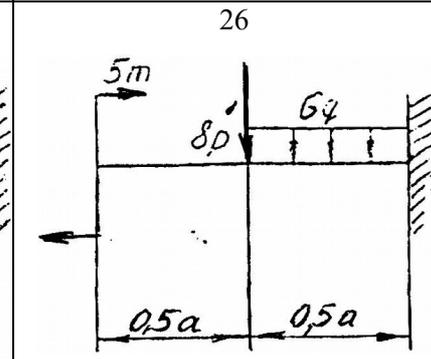
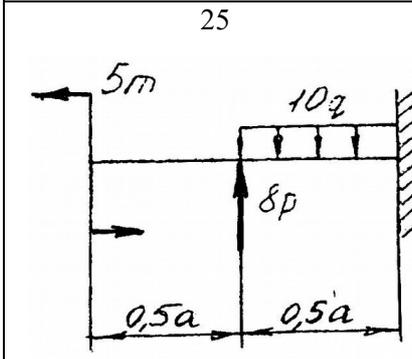
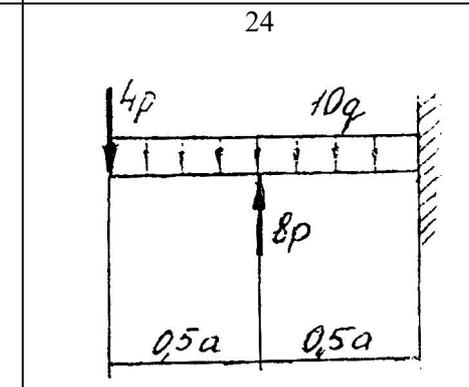
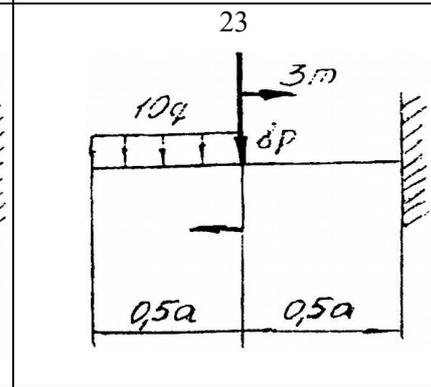
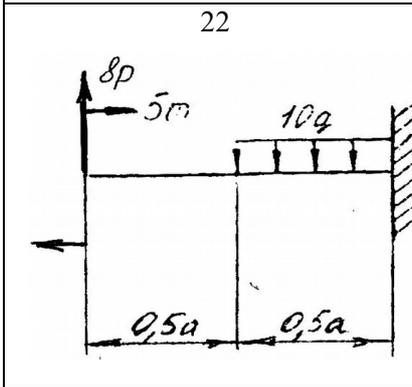
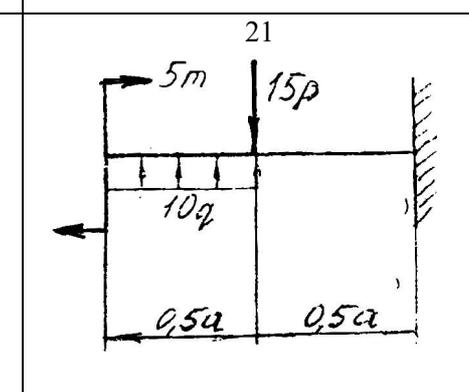
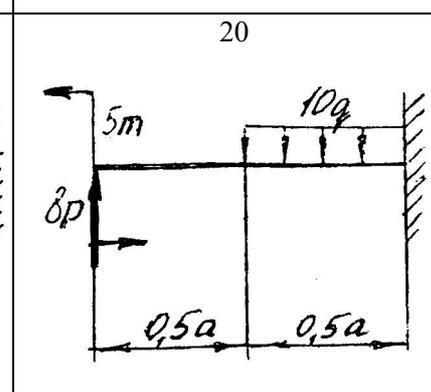
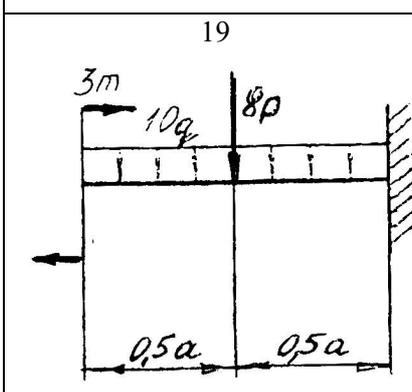
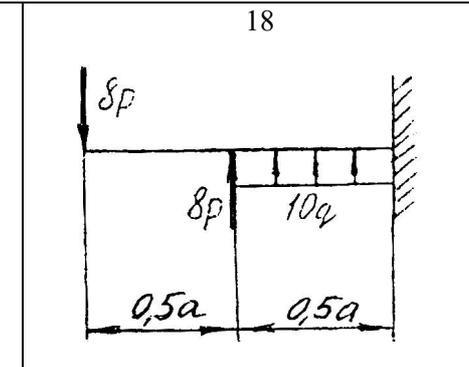
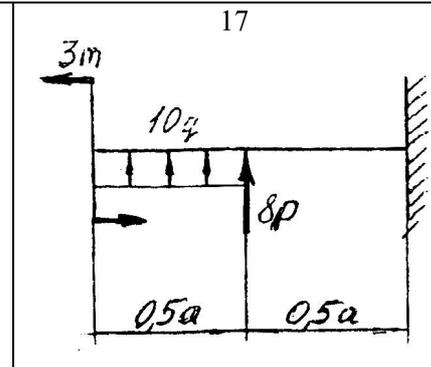
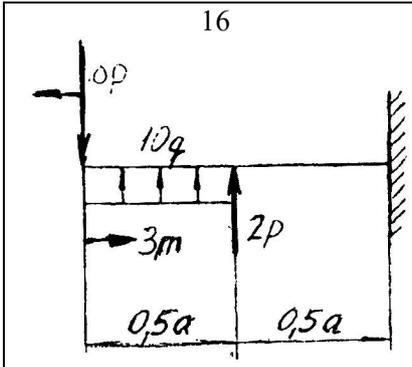
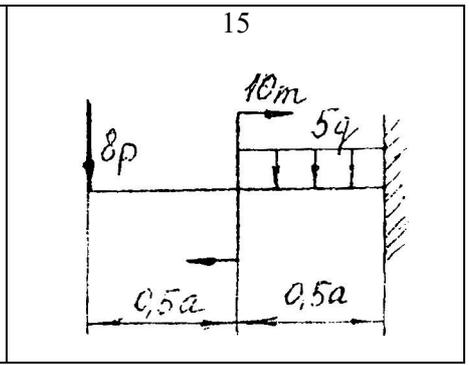
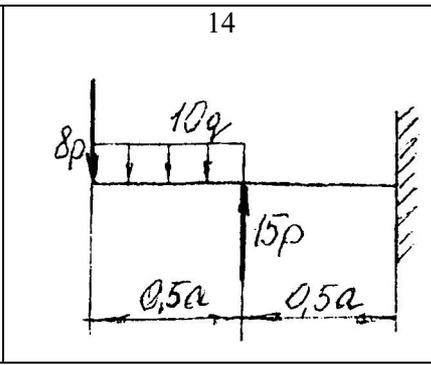
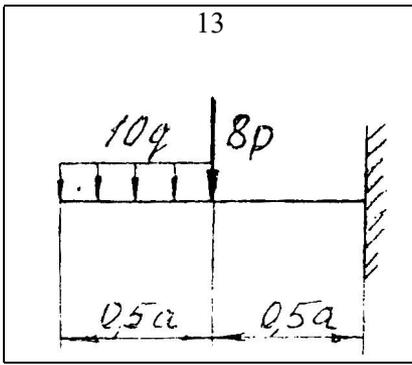
1. Изобразить схему в соответствии с вариантом.
2. Заменить распределенную нагрузку ее равнодействующей $R_q = q \cdot l$.
Приложить равнодействующую к балке в центре тяжести соответствующего прямоугольника.
3. Заменить жесткую заделку ее реакциями.

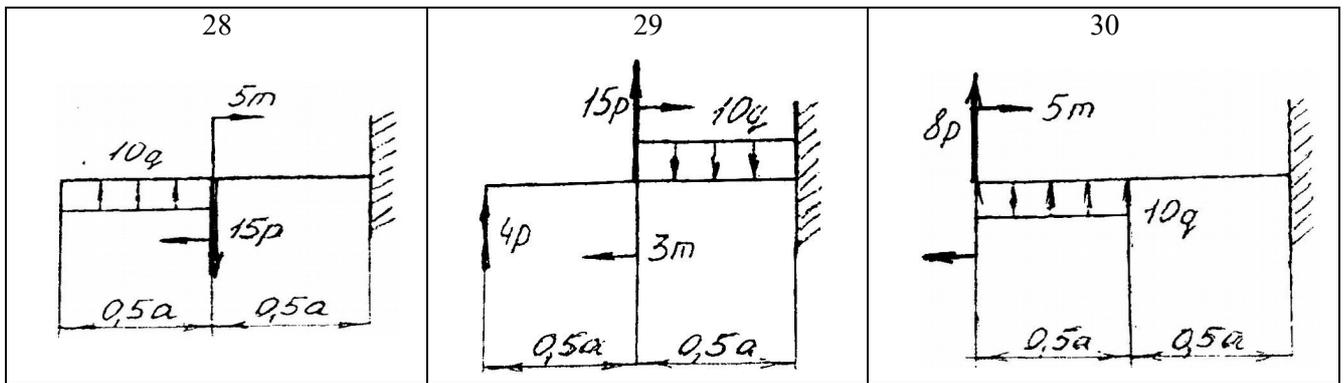


4. Составить расчетную схему балки.
5. Выбрать оси координат.
6. Составить уравнения равновесия: $\sum M_A = 0$; $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$.
7. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции.
8. Провести проверку правильности решения, составить уравнения: $\sum M_C = 0$.
9. Записать ответы.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

Задания к практической работе № 3







Практическая работа № 4

Определение координат центра тяжести плоской фигуры

Тема: Статика. Центр тяжести.

Цель работы: Научится 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.

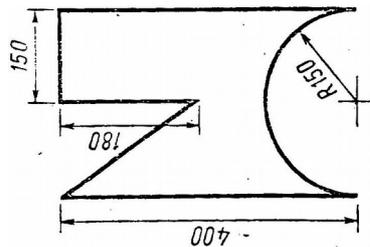
$$X = \frac{\sum A_k \cdot X_k}{\sum A_k} = \frac{A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + A_3 \cdot X_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

$$Y = \frac{\sum A_k \cdot Y_k}{\sum A_k} = \frac{A_1 \cdot Y_1 + A_2 \cdot Y_2 + A_3 \cdot Y_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

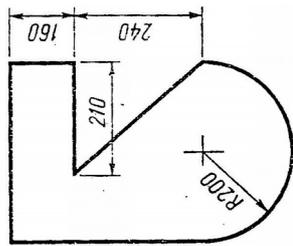
7. По найденным координатам нанести на эскизе положение центра тяжести фигуры.
8. Вывод.

Задания к практической работе № 4

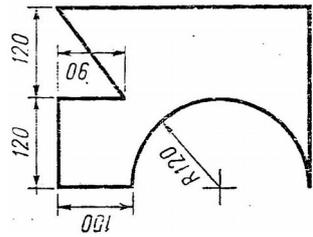
Вариант 1, 16



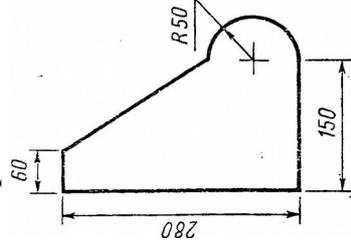
Вариант 2, 17



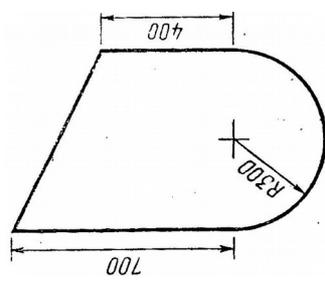
Вариант 3, 18



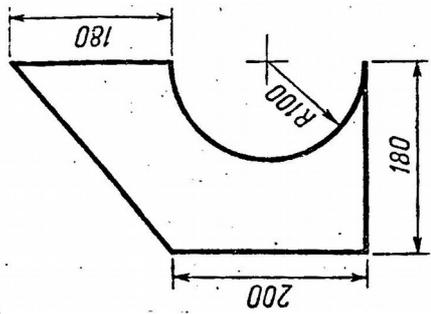
Вариант 4, 19



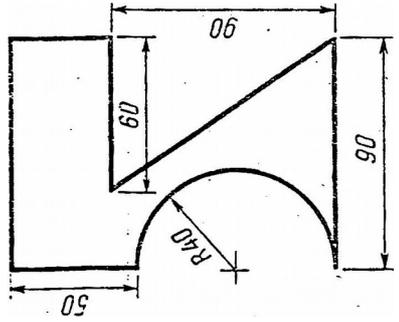
Вариант 5, 20



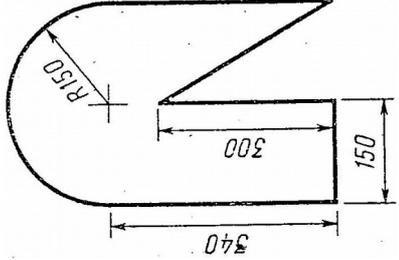
Вариант 6, 21



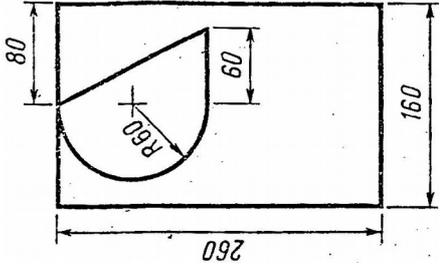
Вариант 7, 22



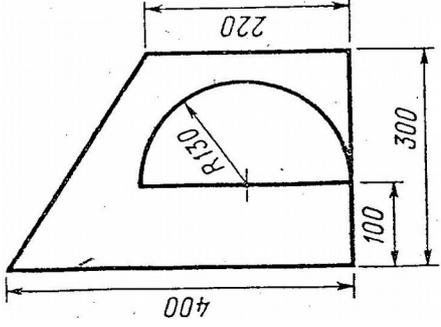
Вариант 8, 23



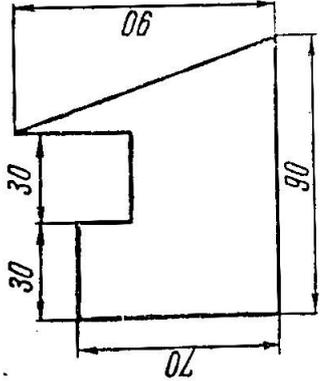
Вариант 9, 24



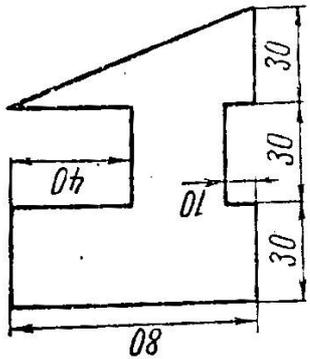
Вариант 10, 25



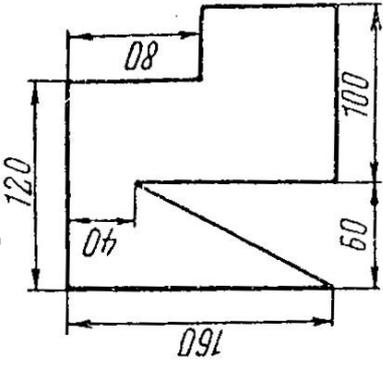
Вариант 11, 26



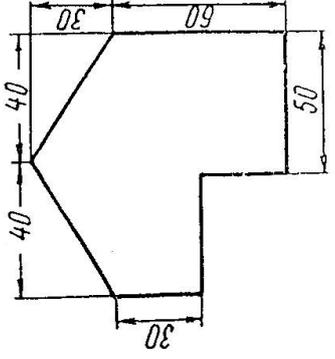
Вариант 12, 27



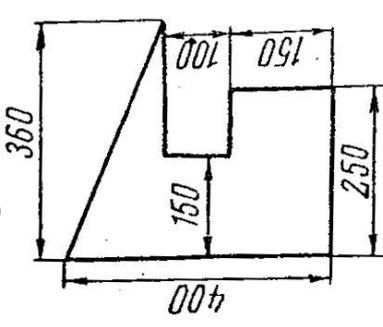
Вариант 13, 28



Вариант 14, 29



Вариант 15, 30



Практическая работа № 5

Определение угловых и линейных скоростей и ускоренных точек вращающегося тела

Тема: Кинематика. Вращательное движение твердого тела.

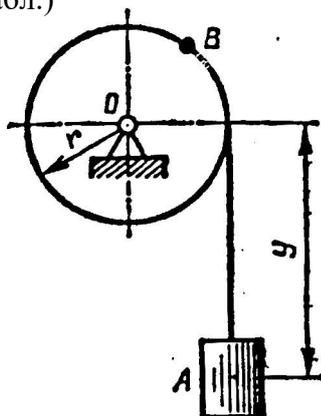
Цель работы: Научиться определять угловые скорости и ускорения точек вращающегося тела, а также их линейные скорости, касательное, нормальное и полное ускорение.

Задание: Движение груза задано уравнением $y=f(t)$. Определить скорость и ускорение груза в момент времени t_1 , а также скорость и ускорение точки B на ободе шкива. Данные для своего варианта принять по таблице 1.

Порядок выполнения:

1. Изобразить в произвольном масштабе схему.
2. Для груза A изобразить вектор скорости \vec{V}_A и ускорения \vec{a}_A .
3. Из уравнения движения $y=f(t)$ найти для груза скорость движения: $V_A = \frac{dy}{dt} = f'(t)$
и ускорение движения: $a_A = \frac{dv_A}{dt} = V_A'$.
4. Подставить в полученные выражения значения времени t , и найти численное значение скорости и ускорения.
5. Из условия совместности движения троса с грузом и точек обода шкива при отсутствии проскальзывания определяем $V_B = V_A$; $a_B^T = a_A$.
Откладываем на эскизе вектор \vec{V}_B и a_B^T .
6. Определяем угловую скорость шкива: $V_B = r \cdot \omega$;
7. Определение углового ускорения шкива: $a_B^T = r \cdot \epsilon$
8. Определение нормального ускорения точки B : $a_B^n = r \cdot \omega^2$
9. Определение полного ускорения точки B : $a_B = \sqrt{(a_B^T)^2 + (a_B^n)^2}$.
10. Нанести векторы скорости ускорения точки B на эскиз.
11. Ответ.
12. Вывод.

Движение груза A , опускающегося при помощи лебедки, задано уравнением $y=at^2+bt+c$, где y — в м, t — в с. Определить скорость и ускорение груза в момент времени t_1 , а также скорость и ускорение точки B на ободе шкива (табл.)



Вариант задания	1 11 21	2 12 22	3 13 23	4 14 24	5 15 25	6 16 26	7 17 27	8 18 28	9 19 29	10 20 30
$a, м/с^2$	2	0	3	0	3	3	2	0	4	0
$b, м/с$	0	3	4	2	0	4	0	3	4	2
$c, м$	3	4	0	5	2	0	4	2	0	3
$r, м$	0,5	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5	0,4	0,6	0,8	0,5
$t_1, с$	1,5	1	1,5	2	1,5	1	1,5	1	1,5	1

Решение задач динамики методом кинематики

Тема: Динамика. Сила инерции. Принцип Даламбера.

Цель работы: Научится **определять** силу инерции для различных случаев движения и применять принцип Даламбера.

Задание: Решить задачу № 6 в соответствии со своим вариантом.

Порядок выполнения:

1. Выделить материальную точку, движение которой рассматривается и изобразить ее на рисунке.
2. Выявить все активные силы и изобразить их приложенными к точке.
3. Освободить точку от связей, заменить связи их реакциями.
4. Определить скорость и ускорения нити и изобразить их приложенными к точке.
5. Определить силу инерции $F_{ин} = m \cdot a$.
6. Приложить силу инерции к движущейся точке.
7. Применить метод кинестатики и рассмотреть равновесие полученной системы сил. Составить уравнения равновесия $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$;
8. Из уравнений равновесия найти требуемую величину.
9. Записать ответ.
10. Вывод.

Вариант 1, 11, 21.

К потолку вагона на тонкой нити подвешен груз. При прямолинейном движении вагона с постоянным ускорением $a=5\text{м/сек}^2$ нить отклоняется от вертикали на некоторый угол α . Найти этот угол и натяжение нити, если масса груза 1кг . Массой нити пренебречь.

Вариант 2, 12, 22.

К потолку вагона на тонкой нити подвешен шарик, масса которого 2кг . При равноускоренном прямолинейном движении вагона нить отклонилась на угол $\alpha=18^\circ$. Определить ускорение вагона и натяжение нити.

Вариант 3,13, 23.

Груз в 5т , будучи подвешенным на тросе, длина которого 4м совершает колебательные движения около положения равновесия. При переходе через положение равновесия груз имеет скорость $1,6\text{м/сек}$. Определить в этот момент натяжение троса.

Вариант 4, 14, 24.

Груз в 12т , подвешенный на тросе, опускается вертикально вниз с постоянным ускорением $4,4\text{м/сек}^2$. Определить натяжение троса.

Вариант 5, 15, 25.

Гирю в 2кг взвешивают на пружинных весах, находясь в лифте, который поднимается вверх с ускорением 6м/сек^2 . Определить показание пружинных весов.

Вариант 6, 16, 26.

Шарик, масса которого $0,5\text{кг}$, привязан к нити и вращается вместе с ней в вертикальной плоскости с угловой скоростью 150об/мин . Длина нити 50см . Определить наибольшее натяжение нити.

Вариант 7, 17, 27.

Шарик, масса которого $1,2\text{кг}$, привязали к нити длиной 40см . Шарик с нитью вращается в вертикальной плоскости с угловой скоростью 300рад/сек . Определить наименьшее натяжение нити.

Вариант 8, 18, 28.

Шарик массой $0,8\text{кг}$ привязан к нити, которая может выдержать максимальное натяжение 5кн . При какой угловой скорости вращения в вертикальной плоскости возникает опасность разрыва нити, если ее длина 80см ?

Вариант 9,19, 29.

С какой скоростью должен проехать мотоциклист по арочному мостику радиусом 25м , чтобы в самой верхней точке мостика давление мотоцикла на мостик стало в два раза меньше его общего веса.

Вариант 10, 20, 30.

Масса мотоциклиста вместе с мотоциклом 280кг . Когда мотоциклист проезжает по легкому мостику со скоростью 108км/час , то мостик прогибается, образуя дугу радиусом 60м . Определить максимальное давление, производимое мотоциклом на мостик.

Расчеты стержней испытывающих деформацию растяжения (сжатия)

Тема: «Сопромат. 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 $[\sigma] = 50 \text{ МПа}$; $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. 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 $R40$.

Уточнить площади поперечных сечений:

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

8. Определить напряжения на каждом из участков.

$$\sigma_{исп} = \frac{N_z}{A'} \quad (\text{МПа})$$

9. Построить эпюру нормальных напряжений по длине бруса.

10. Определить деформацию каждого участка.

$$\Delta l_i = \frac{N_{zi} l_i}{A_i \cdot E} = \frac{l_i}{E}$$

11. Определить перемещение свободного конца бруса.

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

12. Вывод.

Задания к практической работе № 7

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

Практическая работа № 8

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:
 - $M_A = 0$; ▪ $M_B = 0$.
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 $M_u = \max$.
11. Записать уравнение условия прочности при изгибе:

$$\sigma_{u \max} = \frac{M_{u \max}}{W_x} \cdot [\sigma_u]$$

12. Найти требуемую величину осевого сопротивления сечения:

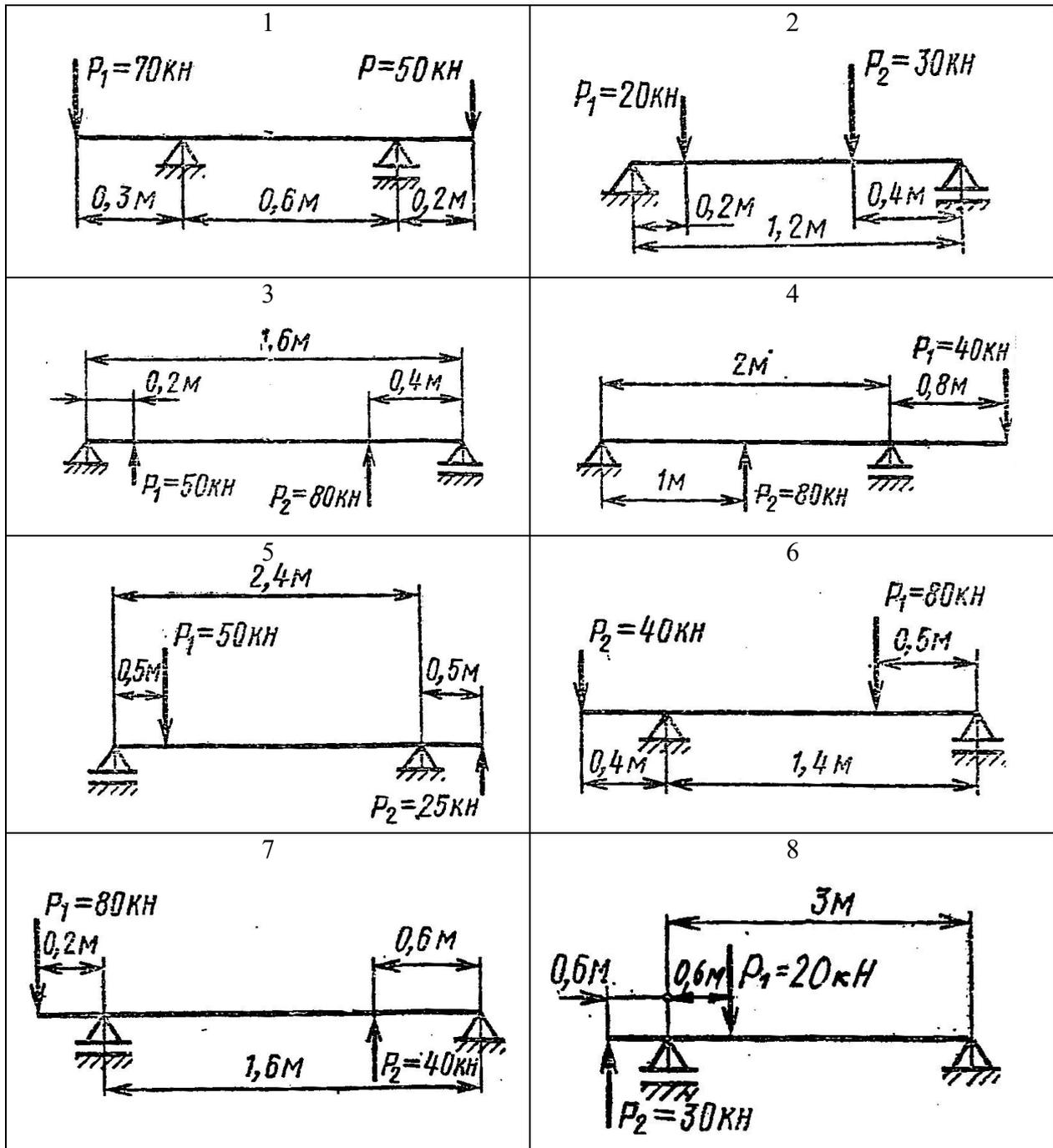
$$W_x \cdot \frac{M_{u \max}}{[\sigma_u]}; \text{ из выражения; } W_x = \frac{d^3}{32} \cdot 0,1 d^3$$

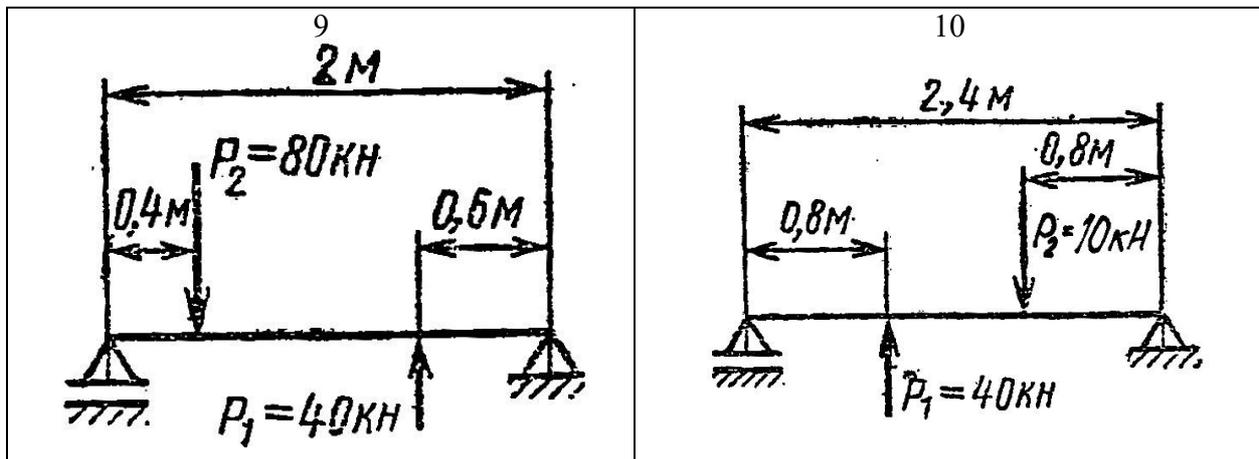
13. Определить диаметр наиболее нагруженного поперечного сечения оси:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 W_x}{0,1}} = \sqrt[3]{10 W_x}$$

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

Задания к практической работе № 8





Практическая работа № 9

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: $M_{вр} = \frac{P}{\omega} \text{ Нм}$,

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:

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

определить требуемый поперечный момент сопротивления для каждого участка:

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

8. Определить диаметр вала для каждого участка:

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

Округлить полученное значение до стандартных.

9. Определить полярные моменты инерции сечений для каждого участка:

$$J_p = 0,1d^4 (\text{мм}^4)$$

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

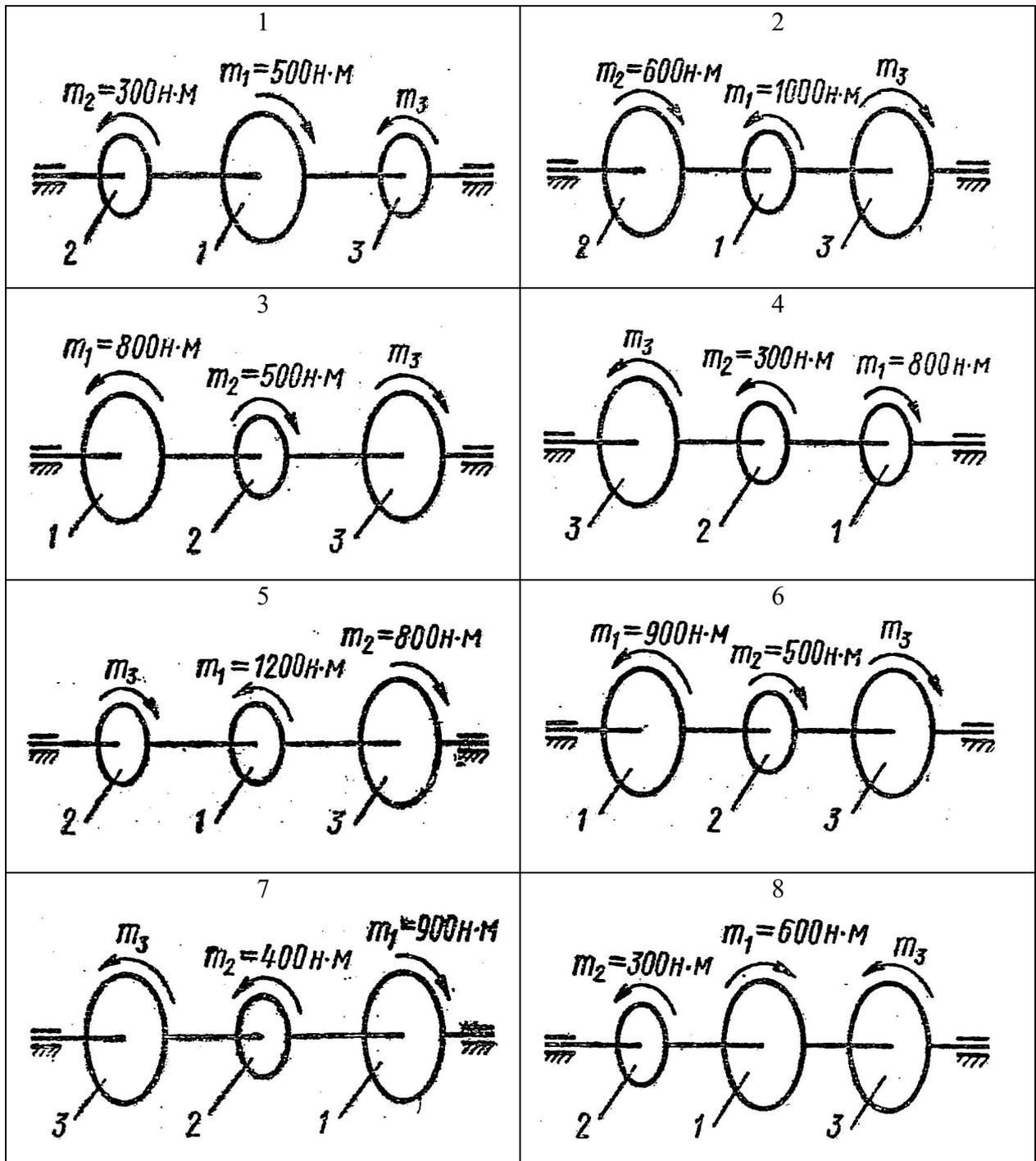
$$\varphi_k = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{M_k \cdot l}{G \cdot J_p}$$

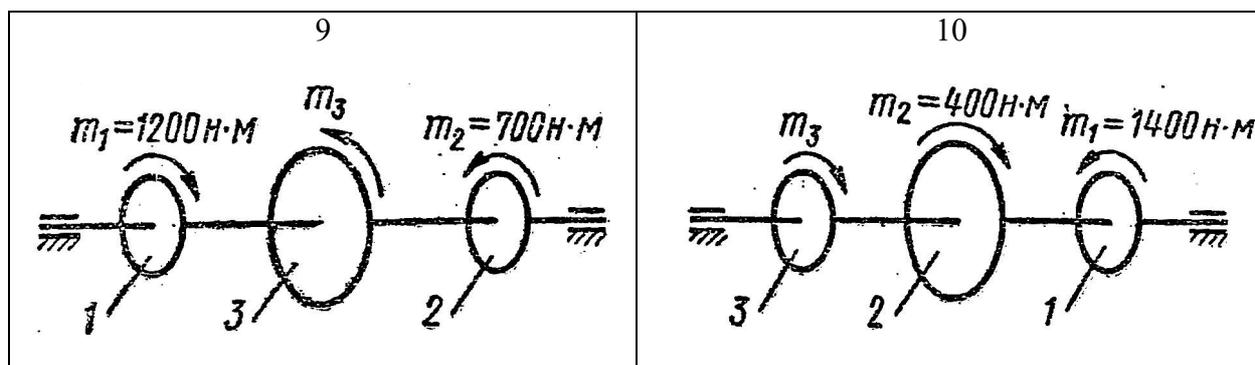
11. Вывод.

Таблица – Варианты заданий

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

Задания к практической работе № 9





ЛИТЕРАТУРА

1. Верина Л.И., Краснов М.М. Теоретическая механика. - М.: Издательский центр «Академия», 2016.
2. 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.
3. 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.
4. Миролубов И.Н, Алмаметов Ф.З., Курицын Н.А., Сопротивление материалов: Пособие по решению задач.-СПб.: Издательство «Лань», 2014.
5. Мовин М.С, Израелит А.Б, Рубашкин А.Г., Основы технической механики.-СПб.: Политехника, 2015.
6. Михайлов А.М. Сопротивление материалов. - М.: Издательский центр «Академия», 2019.
7. 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.