

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Иркутский государственный университет путей сообщения»  
Сибирский колледж транспорта и строительства

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

учебная дисциплина ОП.02. Техническая механика  
по специальности 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей,  
систем и агрегатов автомобилей

*базовая подготовка среднего профессионального образования*

Иркутск, 2022

«ОДОБРЕНА»

Цикловой методической комиссией

«Общепрофессиональных дисциплин»

от « 08» июня 2022 г.

Председатель ЦМК

 /Н.Б. Эмерсали /

Разработчик: Л.А. Адамова – преподаватель ФГБОУ ВО ИрГУПССКТиС

Методические указания для проведения практических занятий разработаны в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины, разработанной на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей

# **Содержание**

1. Пояснительная записка
2. Общие правила выполнения практических заданий
3. Практическое занятие №1
4. Практическое занятие №2
5. Практическое занятие №3
6. Практическое занятие №4
7. Практическое занятие №5,
8. Практическое занятие №6
9. Практическое занятие №7
10. Практическое занятие №8,
11. Практическое занятие №9
12. Практическое занятие №10
13. Практическое занятие №11
14. Практическое занятие №12
15. Практическое занятие №13
16. Практическое занятие №14,15
17. Практическое занятие №16
18. Практическое занятие №17
19. Практическое занятие №18
20. Практическое занятие №19
21. Практическое занятие №20
22. Практическое занятие №21
23. Практическое занятие №22
24. Практическое занятие №23
25. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение

## **Пояснительная записка**

### **Назначение методических указаний**

Настоящий сборник является методическим пособием для проведения практических занятий по программе учебной дисциплины Техническая механика для специальности 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей дневной формы обучения.

Сборник содержит описание заданий и порядок их выполнения.

Рабочей программой учебной дисциплины Техническая механика предусмотрено выполнение следующих практических занятий:

1. «Определение равнодействующей плоской системы сходящейся сил. Определение усилий в стержнях фермы аналитическим способом.»
2. «Решение задач на определение опорных реакций».
3. «Определение опорных реакций в балочных системах.».
4. «Определение опорных реакций в подшипниках вала.».
5. «Определение координат центра тяжести плоских сечений»
6. «Решение задач кинематики.».
7. «Решение задач динамики.».
8. «Расчет бруса на прочность при растяжении и сжатии. Определение коэффициента запаса прочности.».
9. «Практические расчеты на срез и смятие».
10. «Определение главных центральных моментов инерции составных сечений, имеющих ось симметрии».
11. «Расчет вала на прочность и жесткость при кручении. Рациональное расположение колес на валу. Выбор рационального сечения вала при кручении».
12. «Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для консольных балок и двух опорных балок».
13. «Расчет балок на прочность при изгибе, подбор сечения».
14. «Расчет на прочность при изгибе, подбор сечения. Рациональные формы поперечных сечений балок из пластичных и хрупких материалов. Понятие о касательных напряжениях при изгибе».
15. «Расчет круглого бруса на прочность при сочетании изгиба с кручением ».
16. «Расчеты на устойчивость сжатых стержней.»
17. «Определение кинематических и силовых характеристик передач»
18. «Расчет на контактную прочность и изгиб в цилиндрической прямозубой передаче».
19. «Выполнение расчета на прочность червячных передач ».
20. «Выполнение расчета вала на прочность и жесткость».
21. «Подбор подшипников качения».
22. «Выполнение расчета шпоночных соединений и шлицевых соединений.».
23. «Выполнение расчета сварных соединений».

В результате выполнения практических заданий (работ), обучающийся должен уметь:

производить расчеты на прочность при растяжении и сжатии, срезе и смятии, кручении и изгибе;

выбирать рациональные формы поперечных сечений; производить расчеты зубчатых и червячных передач, передачи «винт-гайка», шпоночных соединений на контактную прочность;

производить проектировочный и проверочный расчеты валов; производить подбор и расчет подшипников качения

знать:

основные понятия и аксиомы теоретической механики;

условия равновесия системы сходящихся сил и системы произвольно расположенных сил;

методики решения задач по теоретической механике, сопротивлению материалов;

методику проведения прочностных расчетов деталей машин;

основы конструирования деталей и сборочных единиц.

## **Общие правила выполнения практических заданий**

1. Каждый обучающийся после выполнения задания должен представить отчет о проделанной работе с анализом полученных результатов и выводом.
2. Отчет о проделанной работе следует оформить в тетради для практических занятий. Содержание отчета указано в описании выполнения практического задания.
3. Таблицы и рисунки следует выполнять с помощью чертежных инструментов.
4. В расчетах обязательно указывать буквенные обозначения величин и единицы измерения.
5. Расчет следует проводить с точностью до двух значащих цифр после запятой.
6. Если обучающийся не выполнил практическое задание. То он может выполнить его во внеурочное время, согласованное с преподавателем.
7. Оценку по практическому занятию обучающийся получает с учетом срока выполнения работы, если:
  - a) расчеты выполнены правильно и в полном объеме;
  - b) сделан вывод по результатам работы;
  - c) обучающийся может пояснить выполнение любого этапа работы;
  - d) отчет выполнен в соответствии с требованиями к выполнению практического задания.

## **Практическое занятие №1**

по теме «Плоская система сходящихся сил»

**Наименование:** " Определение усилий в стержнях фермы аналитическим способом.".

**Цель занятия:** научиться определять равнодействующую по правилу геометрического сложения и проверка аналитическим способом. Сопоставление результатов.

**Необходимые материалы и оборудование:**

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Техническая механика».
3. Линейка, цветные стержни, транспортир, микрокалькулятор.

**Порядок выполнения задания:**

4. Повторить тему «Плоская система сходящихся сил».
5. По номеру в журнале выписать из таблицы величины и направления четырёх векторов.
6. Указывают точку (или тело), равновесие которой (которого) рассматривается.
7. Прикладывают к рассматриваемой точке (телу) заданные (известные) силы. В задачах обычно заданной силой является груз, который направлен вниз (к центру тяжести земли). При наличии блока груз действует на рассматриваемую точку вдоль нити. Направление действия этой силы устанавливается из чертежа.
8. Мысленно отбрасывают связи, и, пользуясь принципом освобождаемости от связей, заменяют их действия реакциями связей, и прикладывают их к рассматриваемой точке (телу). Направление реакции стержня заранее неизвестно, поэтому предполагаем стержень растянутым, т.е. реакцию направляем от рассматриваемой точки (тела).
9. Выбирают положение прямоугольной системы координат. Начало координат совмещают с точкой, равновесие которой рассматривается. Одну из осей (любую) направляют так, чтобы она совпала с направлением одной из неизвестных реакций, а вторую перпендикулярно первой.
10. Затем определяют углы между реакциями и координатными осями, и указывают их на чертеже.
11. Составляют уравнения проекций сил, сходящихся в рассматриваемой точке, на оси x и y.  
 $\sum X = 0$   
 $\sum Y = 0$
- Решают систему двух уравнений с двумя неизвестными. Знак минус в ответе означает, что направление реакции на чертеже было выбрано неверно, т.е. если стержень предполагается растянутым, то в действительности он будет сжатым, и наоборот.
12. Сравнить результаты построения (пункт 3.г) и расчета равнодействующей силы (пункт 4.д)
13. Сформулировать вывод.

**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

1. Тема занятия;
2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;
4. Изображение плоской системы сходящихся сил в системе координат X и Y.
5. Определение равнодействующей силы графическим способом;
6. Определение равнодействующей силы аналитическим способом;
7. Сравнение результатов построения и расчетов;
8. Вывод.

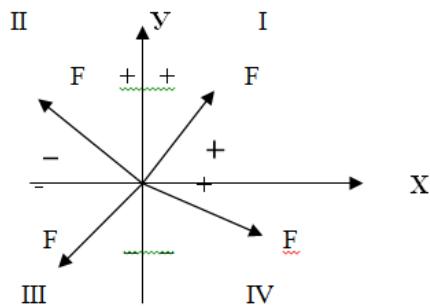


Рисунок 1

**Содержание задания:** По номеру в журнале выписать из таблицы исходные данные плоской системы сходящихся сил, определить равнодействующую силу данной системы.

№	F <sub>1</sub> (Н)	α <sub>1</sub> (град)	F <sub>2</sub> (Н)	α <sub>2</sub> (град)	F <sub>3</sub> (Н)	α <sub>3</sub> (град)	F <sub>4</sub> (Н)	α <sub>4</sub> (град)
1	40	150	40	60	60	0	20	210
2	20	90	30	30	30	135	10	-45
3	10	-90	30	210	40	-30	50	0
4	25	45	40	-10	30	60	40	0
5	20	-45	30	90	30	210	30	30
6	10	150	20	-90	20	-30	10	225
7	10	-45	10	180	50	60	40	-90
8	40	0	20	-45	40	30	20	120
9	50	0	50	135	50	45	20	180
10	60	210	40	0	30	-45	50	135
11	10	45	10	-45	20	135	30	0
12	10	150	10	-90	20	210	15	135
13	30	60	20	225	30	30	15	180
14	60	135	50	-120	40	90	50	210
15	20	-90	30	135	40	-30	10	30
16	60	135	40	60	50	45	60	0
17	20	180	40	-30	20	110	50	135
18	30	150	20	135	30	120	40	180

19	20	30	30	30	40	180	30	-90
20	20	150	40	0	30	135	10	60
21	50	210	25	60	10	90	40	135
22	40	-90	30	-30	20	-45	30	30
23	50	180	60	-150	20	120	40	45
24	40	-30	50	-60	60	135	20	180
25	30	-90	40	135	50	-30	60	30
26	20	150	25	210	40	90	20	-30
27	20	135	30	30	40	0	40	-30
28	30	210	40	120	40	-45	20	0
29	30	-30	20	90	25	-30	20	135
30	50	-90	25	-30	30	45	20	60
31	20	0	30	120	40	60	50	270

**Контрольные вопросы:**

1. Дать определение равнодействующей силы.
2. В чем заключается равновесие плоской системы сходящихся сил в графической и аналитической формах.
3. От чего зависит знак проекции вектора силы на оси X и Y?
4. Как направлена равнодействующая в силовом многоугольнике?

### Практическое занятие №3

по теме «Плоская система произвольно расположенных сил».

**Наименование:** «Решение задач на определение опорных реакций».

**Цель занятия:** Научится определять реакции опор балки с жесткой заделкой.

**Необходимые материалы и оборудование:**

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Линейка, карандаш, резинка.
3. Транспортир.
4. Калькулятор.

**Порядок выполнения задания:**

1. Изобразить схему в соответствии с вариантом.
2. Заменить распределенную нагрузку ее равнодействующей  $Q=q \cdot l$ . Приложить равнодействующую к балке в центре тяжести соответствующего прямоугольника.
3. Составить расчетную схему балки.
4. Выбрать оси координат и центры моментов.
5. Заменить жесткую заделку реакциями.

--	--	--

6. Составить уравнение равновесия:
7. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции опор.

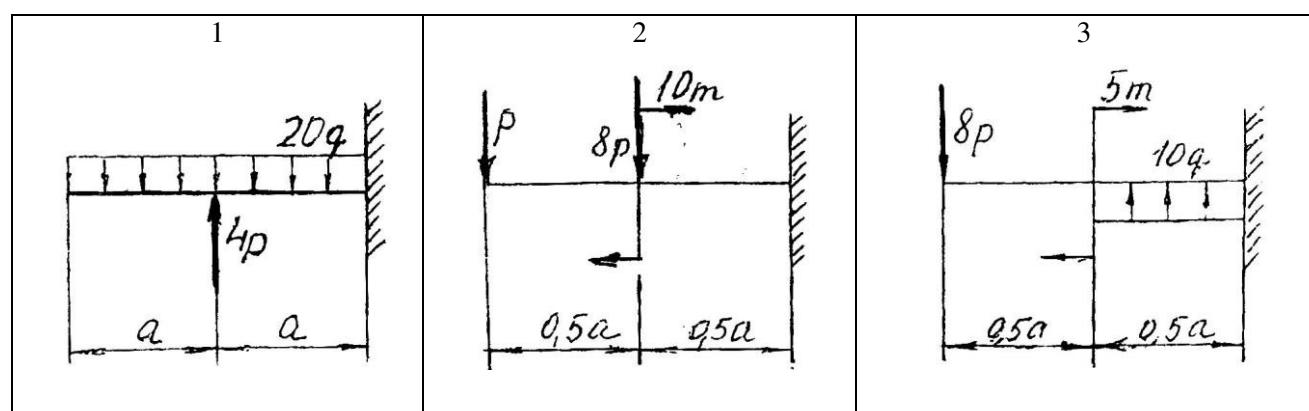
--

8. Провести проверку правильности решения, составив уравнения
9. Записать ответы.
10. Вывод.

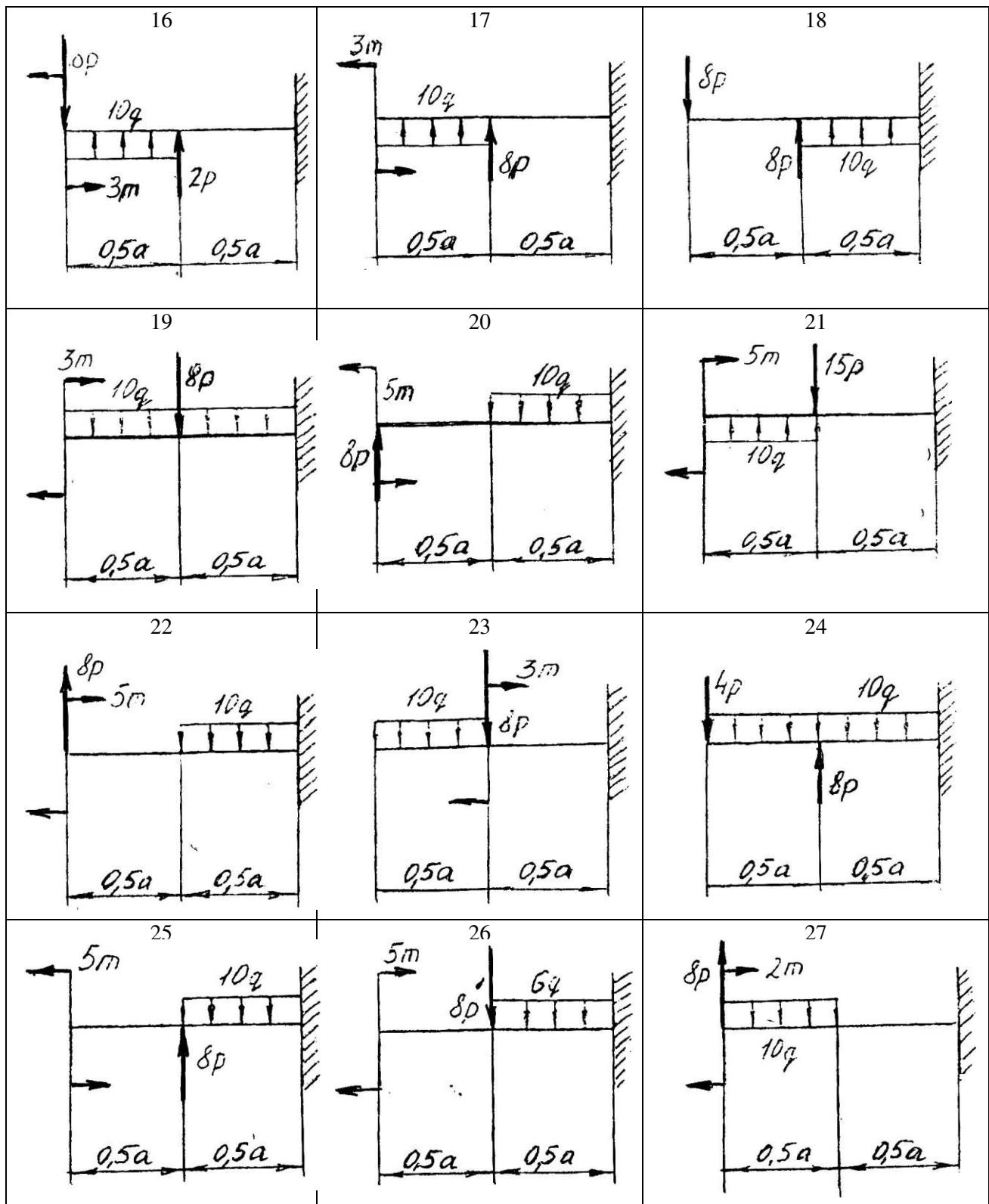
**Содержание задания:** Определить реакции опор балки с жесткой заделкой. Схему выбрать в соответствии с номером студента по списку в журнале.

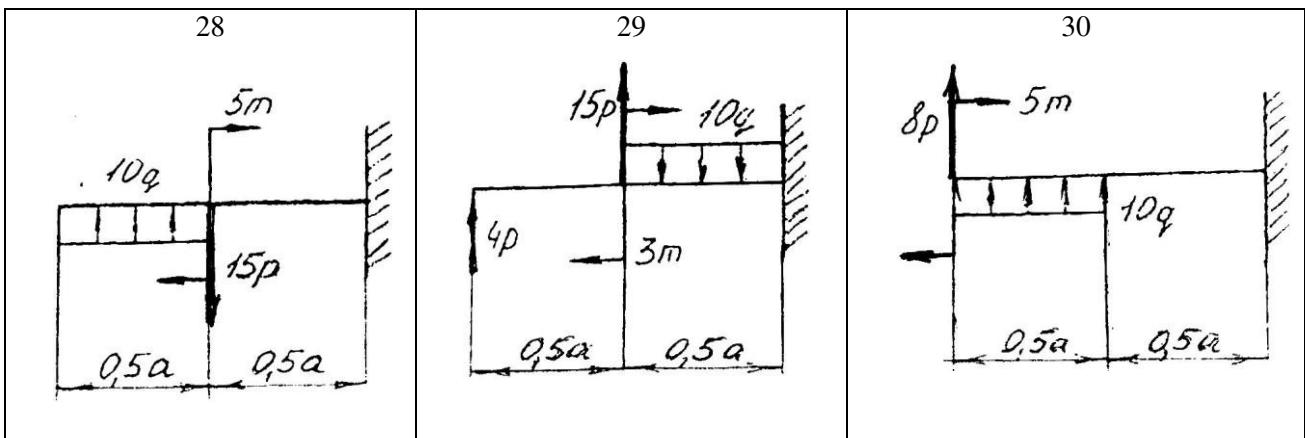
Принять:

--	--	--



4	5	6
<p>5m</p> <p>5q</p> <p>8p</p> <p>0,5a 0,5a</p>	<p>15m</p> <p>10q</p> <p>4p</p> <p>0,5a 0,5a</p>	<p>3m</p> <p>20q</p> <p>4p</p> <p>0,5a 0,5a</p>
7	8	9
<p>10q</p> <p>8p</p> <p>4p</p> <p>0,5a 0,5a</p>	<p>15p</p> <p>10q</p> <p>8p</p> <p>0,5a 0,5a</p>	<p>10m</p> <p>10q</p> <p>8p</p> <p>0,5a 0,5a</p>
10	11	12
<p>15p</p> <p>10q</p> <p>8p</p> <p>0,5a 0,5a</p>	<p>10q</p> <p>8p</p> <p>0,5a 0,5a</p>	<p>10m</p> <p>10q</p> <p>5p</p> <p>0,5a 0,5a</p>
13	14	15
<p>10q</p> <p>8p</p> <p>0,5a 0,5a</p>	<p>15p</p> <p>10q</p> <p>8p</p> <p>0,5a 0,5a</p>	<p>5q</p> <p>8p</p> <p>0,5a 0,5a</p>





#### Практическое занятие №4

по теме «Плоская система произвольно расположенных сил».

**Наименование:** «Определение опорных реакций в балочных системах».

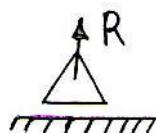
**Цель занятия:** Научится определять реакции опор балкина двух опорах.

**Необходимые материалы и оборудование:**

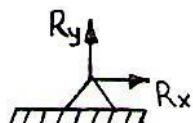
1. Тетрадь для практических занятий.
2. Линейка, карандаш, резинка.
3. Транспортир.
4. Калькулятор.

**Порядок выполнения задания:**

1. Изобразить схему в соответствии с вариантом.
2. Заменить распределенную нагрузку ее равнодействующей  $Q=q \cdot l$ . 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.



Составить расчетную схему балки.

4. Выбрать оси координат и центры моментов.

--	--	--

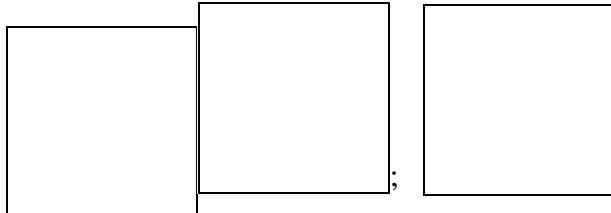
5. Составить уравнение равновесия:

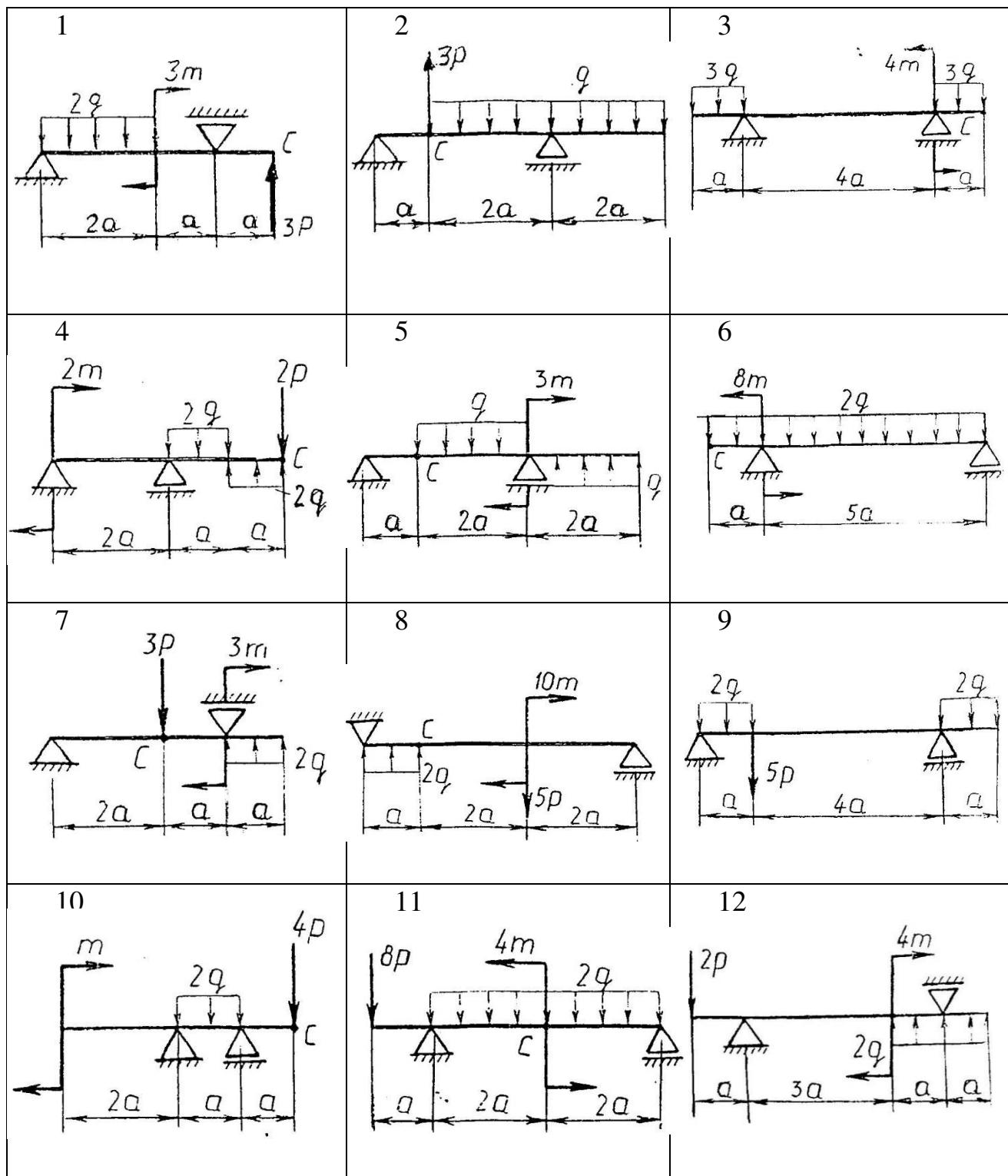
6. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции опор.

7. Провести проверку правильности решения, составив уравнения
8. Записать ответы.
9. Вывод.

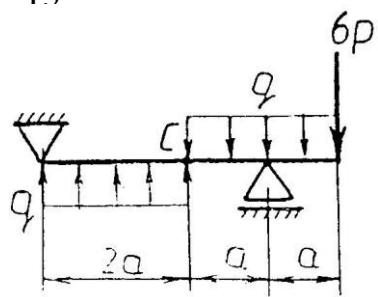
**Содержание задания:** Определить реакции опор балки на двух опорах. Схему выбрать в соответствии с номером студента по списку в журнале.

Принять:

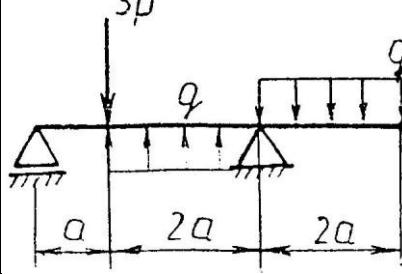




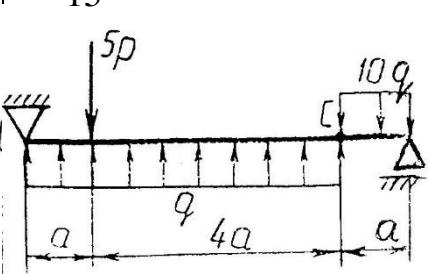
13



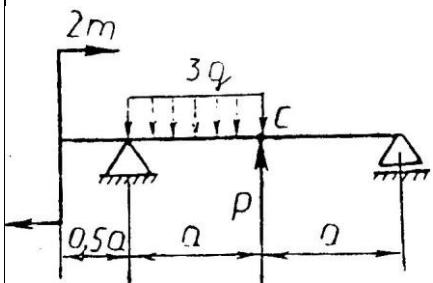
14



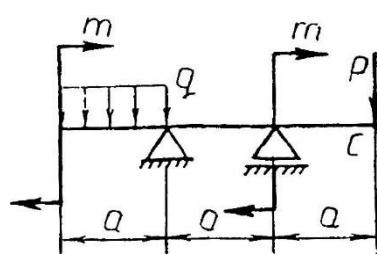
15



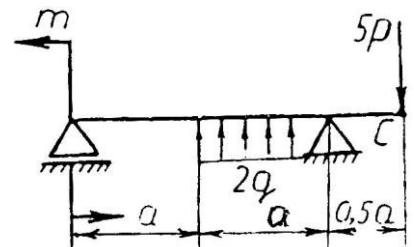
16



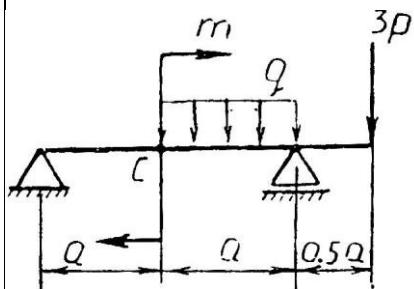
17



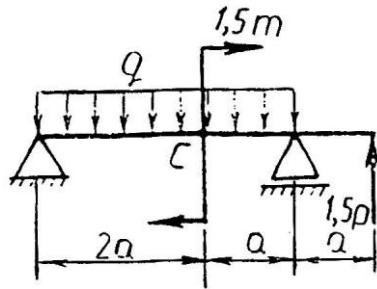
18



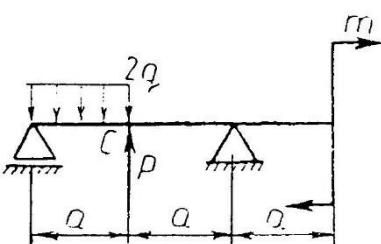
19



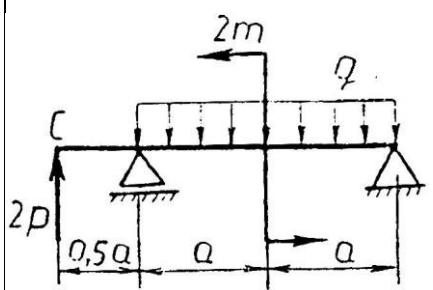
20



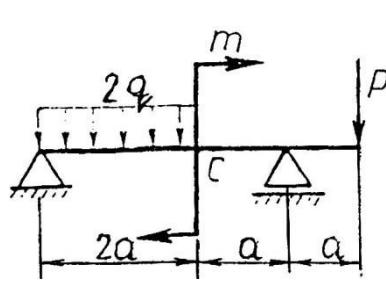
21



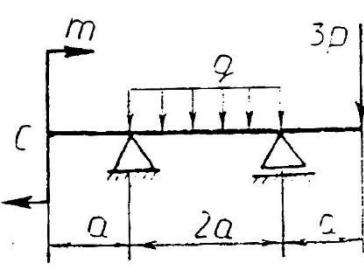
22



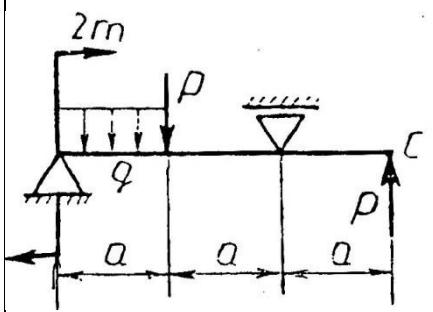
23



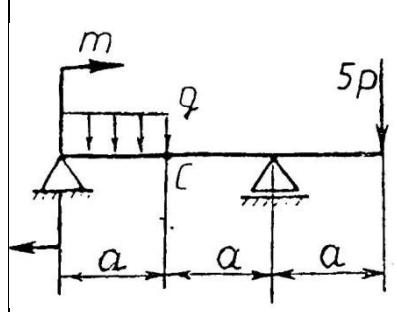
24



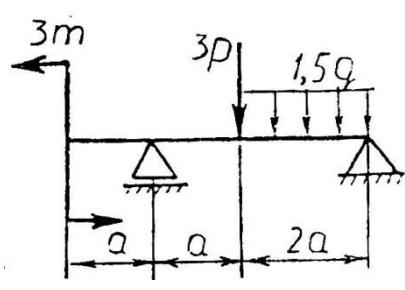
25



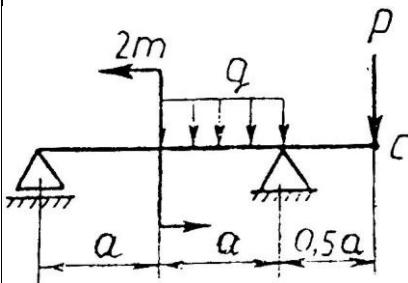
26



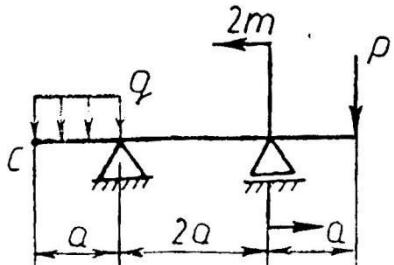
27



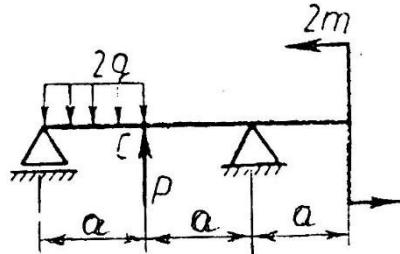
28



29



30



### Практическое занятие №5

**Наименование:** «Определение опорных реакций в подшипниках вала.»

**Цель занятия:** Научится определять реакции опор подшипников.

**Необходимые материалы и оборудование:**

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Линейка, карандаш, резинка.
3. Транспортир.
4. Калькулятор.

**Порядок выполнения задания:**

1. Изобразить схему в соответствии с вариантом.
  2. Заменить распределенную нагрузку ее равнодействующей  $Q=q \cdot l$ . Применить 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:
7. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции опор.

--

8. Провести проверку правильности решения, составив уравнения
9. Записать ответы.
10. Вывод.

**Последовательность решения задачи:**

1. Изобразить на рисунке тело, равновесие которого рассматривается, с действующими на него активными силами и реакциями опор и выбрать систему осей координат.
2. Из условия равновесия вала, имеющего неподвижную ось, определить значение силы  $F_2$ , после чего вычислить значение силы  $Fr_2$ .
3. Составить шесть уравнений равновесия.

4. Решить уравнения и определить реакции опор.

5. Проверить правильность решения задачи.

Задача 3. На вал (рис. 3, а) жестко насажены шкив 1 и колесо 2. Определить силы  $F_2$ ,  $Fr_2 = 0,4F_2$ , а также реакции опор А и В, если  $F_1 = 100 \text{ Н}$ .

Решение1. Изображаем вал со всеми действующими на него силами, а также оси координат (рис. 3,б).

Определяем  $F_2$  и  $Fr_2$ . Из условия равновесия вала, имеющего неподвижную ось:

$$\sum M_z(F_i) = 0; F_1$$

Составляем шесть уравнений равновесия:

$$\sum M_x(F_i) = 0; \sum M_x = -R_{By}AB + F_2 AD = 0; \quad (1)$$

$$\sum M_y(F_i) = 0; \sum M_y = 3F_1 AC + Fr_2 AD - R_{Bx} AB = 0; \quad (2)$$

$$\sum M_{x1}(F_i) = 0; \sum M_{x1} = R_{Ay}AB - F_2 DB = 0; \quad (3)$$

$$\sum M_{y1}(F_i) = 0; \sum M_{y1} = R_{Ax} AB - 3F_1 CB - Fr_2 DB = 0; \quad (4)$$

$$\sum X_i = 0; \sum X_i = 3F_1 + Fr_2 - R_{Ax} - R_{Bx} = 0; \quad (5)$$

$$\sum Y_i = 0; \sum Y_i = R_{Ay} - F_2 + R_{By} = 0; \quad (6)$$

Решаем уравнения (1), (2), (3), (4) и определяем реакции опор:

Из (1) $R_{By} = -240 \text{ Н}$ ;

Из (2) $R_{Bx}$ ;

Из (3)

Из (4)

Проверяем правильность найденных реакций опор. Используем уравнение (5):

$$+ Fr_2 - R_{Ax} - R_{Bx} = 300 + 120 - 264 - 156 = 0,$$

Следовательно, реакции  $R_{Ax}$  и  $R_{Bx}$  определены верно.

Используем уравнение (6):

$$\sum Y_1 = R_{Ay} - F_2 + R_{By} = 60 - 300 + 240 = 0,$$

$\sum Y_1 = 0$ , следовательно, реакции  $R_{Ay}$  и  $R_{By}$  определены верно.

**Содержание задания:**

На вал жестко насажены шкив и колесо, нагруженные, как показано на рисунке. Определить силы  $F_2, Fr_2 = 0.4 F_2$ , а также реакции опор. Схему своего варианта см. на рис., данные в таблице .

Таблица

№ варианта	№ схемы	F, Н
01	1	1050
02	2	660
03	3	830
04	4	1335
05	5	1580
06	6	1400
07	7	1250
08	8	1530
09	9	1567
10	10	1040
11	1	750
12	2	3320
13	3	1480
14	4	750
15	5	3400
16	6	600
17	7	3830
18	8	4100
19	9	3420
20	10	2880
21	1	1500
22	2	4540
23	3	2950
24	4	4180
25	5	520
26	6	595
27	7	1870
28	8	1140
29	9	8340
30	10	5820

## **Практическое занятие №6**

по теме 1.4 «Центр тяжести»

**Наименование:** «Определение координат центра тяжести плоских сечений».

**Цель занятия:** Научиться определять координаты центра тяжести сложных и составных фигур, закрепление навыков по определению статического момента простых и сложных фигур.

**Необходимые материалы и оборудование:**

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Техническая механика».
3. Линейка, карандаш, микрокалькулятор.

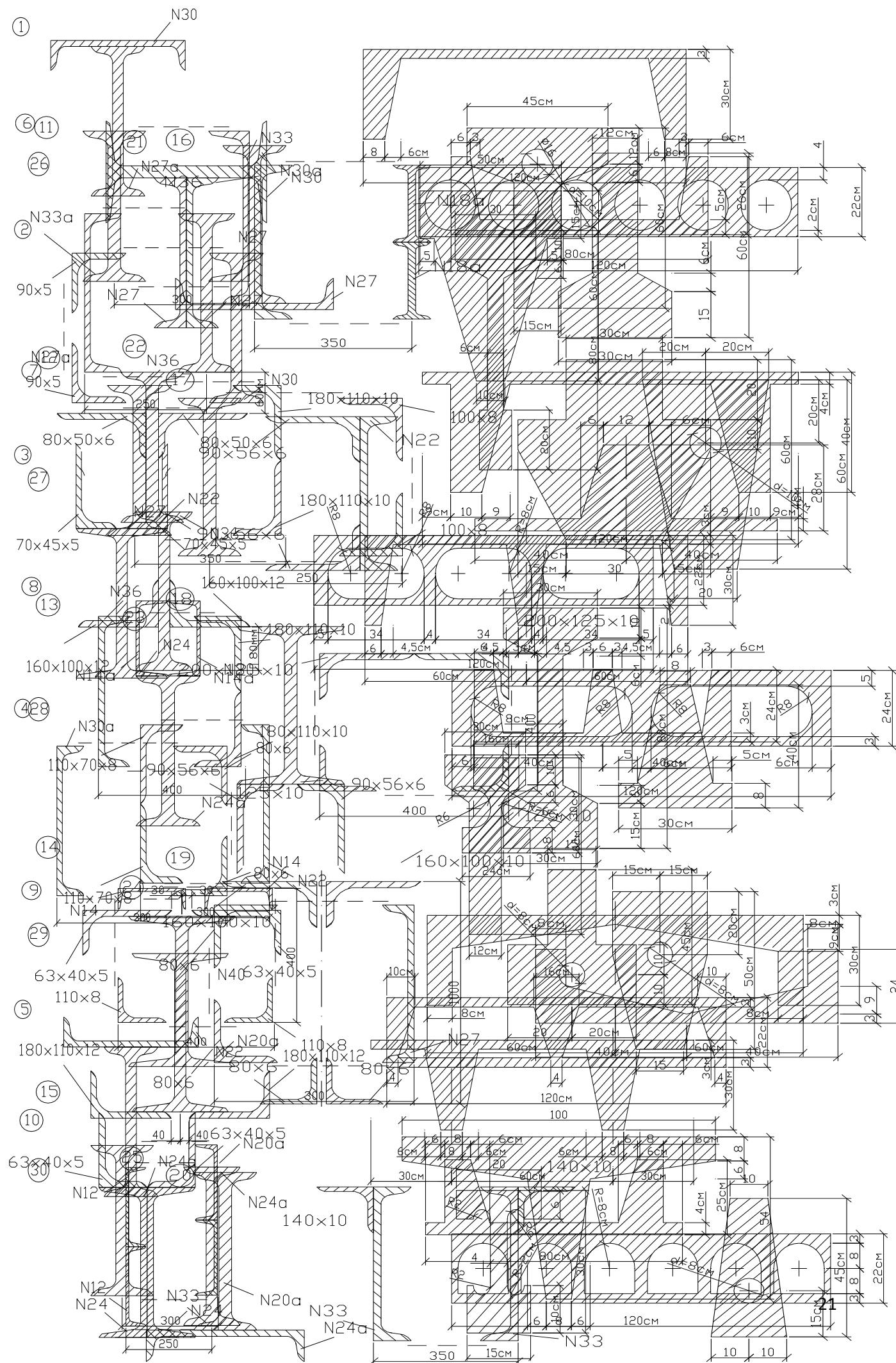
**Порядок выполнения задания:**

1. Повторить тему «Центр тяжести».
2. По номеру в журнале выбрать плоскую фигуру и исходные данные.
3. Изобразить фигуру и заключить ее в систему координат.
4. Разбить сложную фигуру на простые.
5. Определить центр тяжести каждой простой фигуры.
6. Определить площадь и координаты центра тяжести каждой простой фигуры.
7. Определить координаты центра тяжести составной фигуры.
8. Сформулировать вывод.

**Содержание задания.** Определить положение центра тяжести плоской фигуры, форма и размеры которой в миллиметрах показаны на рисунках. Данные своего варианта взять из таблицы.

**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

1. Тема работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Решение задач.
5. Вывод по задаче





## **Практическое занятие №7**

по теме «Кинематика»

**Наименование:** Решение задач кинематики

**Цель занятия:** закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов: проверка и корректировка текущих знаний

### **Необходимые материалы и оборудование:**

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Линейка, карандаш, резинка.
3. Микрокалькулятор.

### **Порядок выполнения задания:**

Для выполнения работы необходимо знать:

Кинематика – раздел механики, изучающий параметры движения тела без учета действующих на него сил.

Параметры движения точки:

1. Закон движения – это зависимость расстояния от времени

(1)

2. Скорость точки – это векторная величина, характеризующая быстроту перемещения точки (тела). Скорость всегда направлена по касательной к траектории движения и определяется:

(2)

3. Ускорение точки – это векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости точки (тела). Ускорение раскладывается на две перпендикулярных величины: касательное (тангенциальное) и нормальное (центробежное) ускорения.

Касательное ускорение направлено по касательной к траектории движения, характеризует изменение величины скорости и определяется:

(3)

Нормальное ускорение направлено по радиусу к центру траектории движения, характеризует изменение направления скорости и определяется:

(4)

4. Траектория движения – это геометрическое место положений тела в каждый момент времени.

### Пример решения задач:

**Пример 1:**

Автомобиль движется по круглому арочному мосту радиуса  $r=50$  м согласно уравнению  $S=0,2t^3-t^2+0,6t$  ( $S$ —[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 2 секунды.

Дано:

Закон движения автомобиля  $S=0,2t^3-t^2+0,6t$ ;  $t=5$  мин.

Найти:  $v_0$ ,  $a_{t0}$ ;  $t$  при  $v=0$ ,  $a_t=0$ ;  $a$  при  $t=2$  с.

Решение:

1) Найти уравнения скорости:

$$v = dS/dt = (0,2t^3 - t^2 + 0,6t)' = 0,6t^2 - 2t + 0,6$$

при  $t=0$  мин  $v_0=0,6$  м\с;

при  $v=0$   $0,6t^2 - 2t + 0,6 = 0$  отсюда

$$t_1=3 \text{ с}; t_2=0,3 \text{ с}.$$

2) Найти уравнение ускорения

$$a_t = dv/dt = (0,6t^2 - 2t + 0,6)' = 1,2t - 2$$

а) при  $t=0$  мин  $a_t = -2$  м\с<sup>2</sup>;

б) при  $a_t=0$   $1,2t - 2 = 0$  отсюда  $t=1,7$  с.

3) Для построения графиков составить сводную таблицу численных значений параметров движения автомобиля (таб.)

Таблица – Расчетные данные

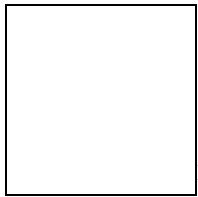
Значения $t$ ; с	0	1	2	3	4	5
$S=0,2t^3-t^2+0,6t$ ; м	0	-0,2	-1,2	-1,8	-0,8	3
$v=0,6t^2-2t+0,6$ ; м\с	0,6	-0,8	-1	0	2,2	5,6
$a_t=1,2t-2$ ; м\с <sup>2</sup>	-2	-0,8	0,4	1,6	2,8	4

4) Определить полное ускорение автомобиля в момент времени 2 секунды

(5)

$$a_{t2}=0,4 \text{ м\с}^2; a_{n2}=(v_2)^2/R=(-1)^2/50=0,02 \text{ м\с}^2;$$

отсюда



$\text{м} \cdot \text{с}^2$ .

Ответ:  $v_0=0,6 \text{ м/с}$ ;  $v=0$ ,  $t_1=3 \text{ с}$ ,  $t_2=0,3 \text{ с}$ ;  $a_t=0$ ,  $t=1,7 \text{ с}$ ;  $a_2=0,4 \text{ м/с}^2$

5) По результатам расчета из сводной таблицы строятся графики:

Рисунок – 1 график зависимости  $S-t$

Рисунок – 2 график зависимости  $v-t$

]

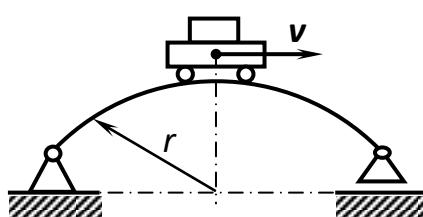
**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

1. Тема работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Решение задач.
5. Вывод по задаче.

#### Варианты заданий

**Задание:** 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 уско-ренного 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	m	30	20	60	40	10		
№ варианта и задачи	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	

#### Контрольные вопросы:

- 1 Объяснить выражение “задать движение точки”?
- 2 Какие способы задания движения точки используются при описании движения и при решении задач?
- 3 Как определяются векторы скорости и ускорения точки при векторном способе задания ее движения?
- 4 Как по величине и по направлению определяются векторы скорости и ускорения точки при координатном способе задания движения?
- 5 Что задается при естественном способе задания движения точки?
- 6 Как определяется по величине, что характеризует и как направлено касательное ускорение точки?
- 7 Как определяется по величине, что характеризует и как направлено нормальное ускорение точки?
- 8 Как определяется по величине и направлению полное ускорение точки?
- 9 Как перейти от координатного способа задания движения к естественному?

#### Практическое занятие №8

по теме: «Динамика»

**Наименование:** Решение задач динамики

**Цель занятия:** Отработать навыки и умения в решении задач.

**Необходимые материалы и оборудование:**

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Линейка, карандаш, резинка.
3. Микрокалькулятор.

4.

### Порядок выполнения задания:

1. Получить вариант у преподавателя.
2. 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.

$$F_{\Sigma} = m \cdot a_{\Sigma}, \quad (1)$$

где

- равнодействующая сила, равная сумме квадратов проекций равнодействующей на две перпендикулярных оси;

$m$  – масса тела;

$a_{\Sigma}$  – 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

$$\sum_i F_i + F_{in} = 0 \quad (2)$$

где

$\sum_i$  – геометрическая сумма внешних сил.

$\sum_i$  – геометрическая сумма реакций связей (опор)

$F_{in}$  – сила инерции, которая определяется:

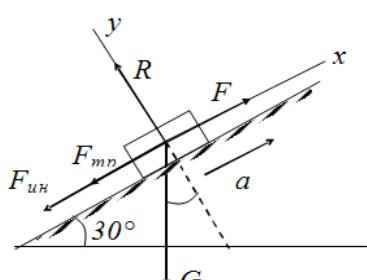
### Пример решения задач.

#### Пример 1.

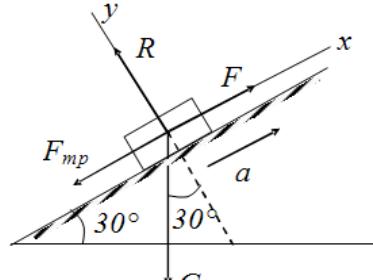
Тело массой  $m=60$  кг перемещается по наклонной поверхности с ускорением  $a=4\text{м}/\text{с}^2$  с помощью силы  $F$ . Определить силу тяги  $F$ , если коэффициент трения  $f_{tp}=0,2$ .

Дано:  $m=60\text{кг}$ ,  $a=4\text{м}/\text{с}^2$ ,  $f=0,2$

Определить:  $F$



a)



б)

Рисунок – Расчетная схема

Решение:

- 1) С применением основного закона динамики (рис.а).

$$F_{\Sigma} = m \cdot a,$$

где

$$F_{\Sigma y} = R - G \cdot \cos 30^0 = 0, \text{ т.к. } a_y = 0 \text{ (тело движется по оси x);}$$

$$R = G \cdot \cos 30^0 = mg \cdot \cos 30^0 = 60 \cdot 9,81 \cdot 0,866 = 510(H);$$

$$F_{\Sigma x} = F - F_{mp} - G \cdot \cos 60^0 = m \cdot a_{\Sigma};$$

где

$$F = f \cdot R = 0,2 \cdot 510 = 102(H);$$

$$a_{\Sigma} = a_x = a;$$

$$F = F_{mp} + G \cdot \cos 60^0 + m \cdot a;$$

$$F = 102 + 294,3 + 240 = 636,3 \text{ (H)}$$

Ответ:  $F = 636,3 \text{ H}$

2) С применением принципа Даламбера (рис. 6.1 б).

$$a_y = 0, \text{ следовательно } F_{inh} = 0;$$

$$\sum F_i = 0$$

$$F - F_{tp} - F_{inh} - G \cos 60^0 = 0;$$

$$F - F_{tp} - ma_x - mg \cos 60^0 = 0;$$

$$F = F_{mp} + m \cdot a + mg \cos 60^0;$$

$$a = a_x = 4 \text{ м/с}^2,$$

$$F = 102 + 240 + 294,3 = 636,3 \text{ (H).}$$

Ответ:  $F = 636,3 \text{ H}$

## Пример 2.

Дано:  $V = 7,5 \text{ м/с}$ ,  $m = 200 \text{ кг}$ ,  $l = 4 \text{ м}$

Определить реакцию опоры.

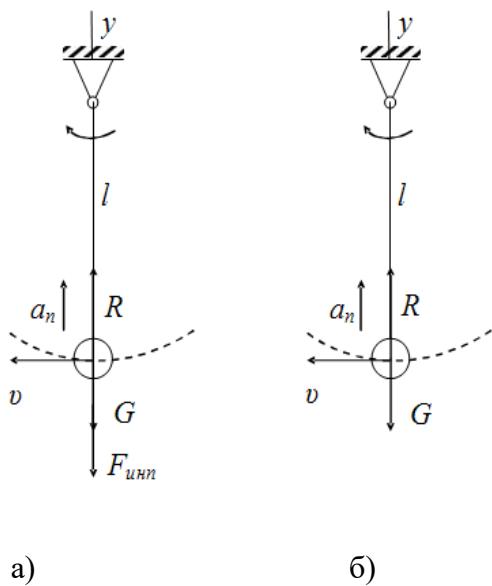


Рисунок – Расчетная схема

Решение:

1) С применением основного закона динамики (рис а).

$$F_{\Sigma} = m \cdot a, \text{ где}$$

$$F_{\Sigma} = F_{\Sigma y} = R - G; R = F_{\Sigma y} + G;$$

$$a_{\Sigma} = a_n = V^2/r, \text{ где } r = l;$$

$$a_{\Sigma} = 7,5^2/4 = 14,06(m/c^2);$$

$$R = m a_{\Sigma} + mg = m(a_{\Sigma} + g) = 20(14,06 + 9,81) = 477,4 \text{ (Н).}$$

2) С применением принципа Даламбера (рис. б).

$$R - G - F_{unn} = 0;$$

$$R = G + F_{unn} = mg + ma_n = m(g + V^2/l);$$

$$R = 20(9,81 + 7,5^2/4) = 477,4 \text{ (Н).}$$

Ответ: R = 477,4 Н.

**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

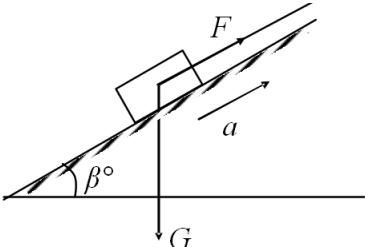
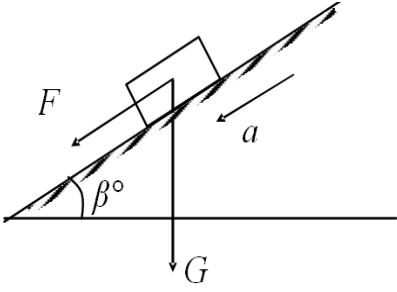
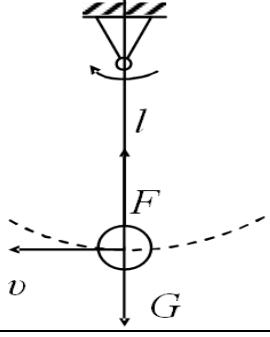
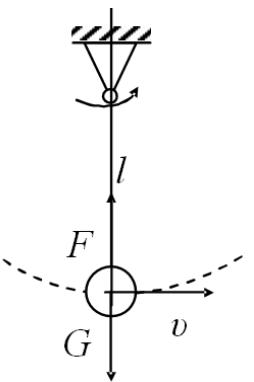
1. Тема работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Решение задач.
5. Вывод по задаче.

### **Варианты заданий**

**Задание:** Индивидуальные задания для выполнения практической работы №9. 10 приведены в таблице. Работа состоит из 2-х задач.

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

Таблица 6.1 – Расчетные данные

№ вар.	Схема	$\beta^\circ$	m, кг	F, Н	a, $\text{м}\text{с}^2$	$f_{\text{тр}}$	V, м/с	I, 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	?	-	-	-
10		35	90	500		-	-	-
11		45	100	700		-	-	-
12		60	50	820		-	-	-
13		35	40	920		-	-	-
14		40	45	750		-	-	-
15		25	55	630		-	-	-
16		55	65	970		-	-	-
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 №9**

по теме «Растяжение и сжатие».

**Наименование:** «Расчет бруса на прочность при растяжении и сжатии. Определение коэффициента запаса прочности.».

**Цель занятия:** научиться определять напряжения в поперечных сечениях элементов конструкций, работающих на растяжение и сжатие. Определять величину абсолютной продольной деформации ступенчатого бруса.

**Необходимые материалы и оборудование:**

- 1 Тетрадь для практических занятий.
- 2 Линейка, карандаш, резинка.
- 3 Микрокалькулятор.

**Порядок выполнения задания:**

- 1 По номеру в журнале получить задание.
- 2 Изобразить ступенчатый брус внешней нагрузкой.
- 3 Разбить брус на участки, нумерация – со свободного конца бруса.
- 4 Определить с помощью метода сечений величину внутренней продольной силы на каждом участке. По полученным величинам построить эпюру внутренних нормальных сил.
- 5 Определить на каждом участке нормальное напряжение. Построить эпюру напряжений.
- 6 По формуле Гука определить перемещение каждого участка бруса и суммарное перемещение.

**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

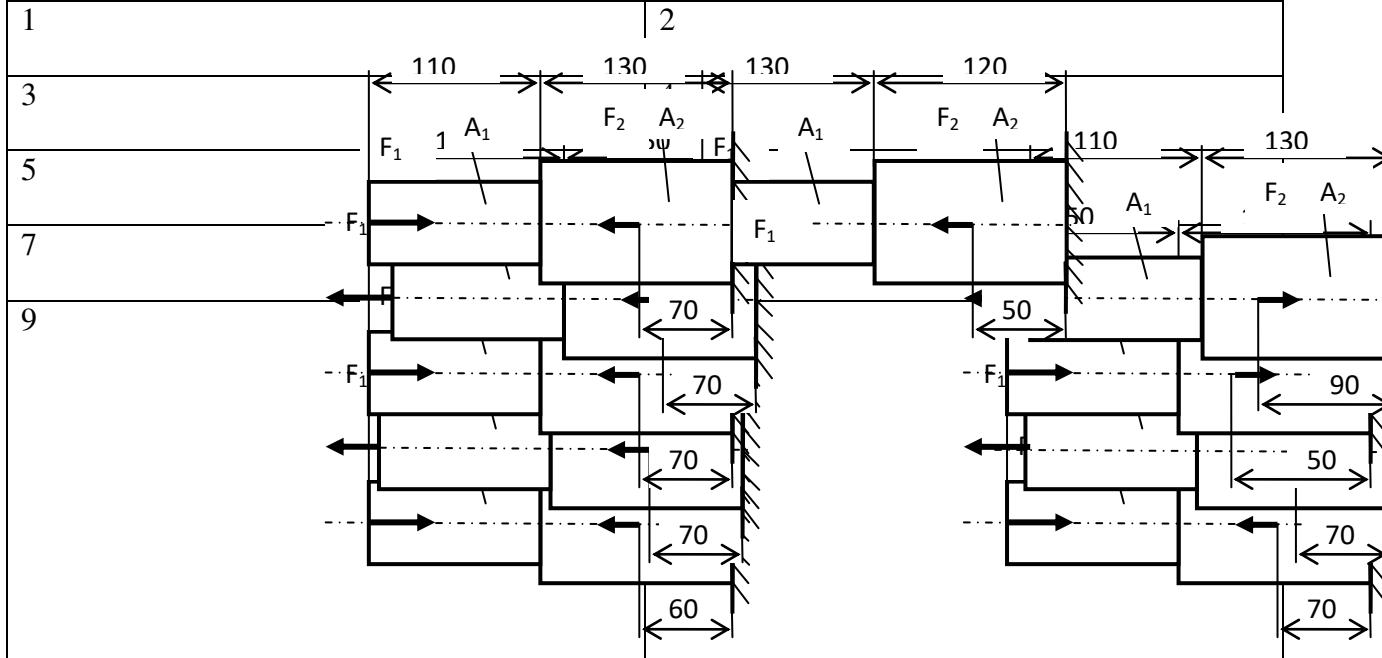
- 1 Тема работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Задание.
- 4 Решение задач.
- 5 Вывод по задаче.

### **Варианты заданий**

**Задание:** Двухступенчатый стальной брус, длины ступеней которого указаны на схемах, нагружен силами  $F_1$  и  $F_2$ . Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить удлинение (укорочение) бруса, приняв  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа. Номер схемы, числовые значения сил и площадей для своего варианта выбрать по таблице.

№ варианта	№ схемы	$F_1$ кН	$F_2$ кН	$A_1$ $\text{см}^2$	$A_2$ $\text{см}^2$
1	3	10	20	1,0	1,6
2	4	12	18	0,8	2,1
3	5	12	18	1,3	0,6
4	6	15	20	1,4	2,0
5	7	14	22	1,0	1,8
6	8	13	21	1,6	1,6
7	9	16	18	1,5	2,4
8	10	14	19	2,0	2,1
9	1	15	20	2,0	2,0
10	2	18	21	1,6	2,1
11	3	20	22	1,5	2,2
12	4	12	23	1,2	1,9

13	5	10	24	1,5	1,9
14	1	14	20	1,6	2,0
15	2	15	22	1,8	2,4
16	3	13	21	2,0	2,5
17	4	16	10	0,9	2,1
18	5	14	16	1,1	2,0
19	6	14	20	1,6	2,1
20	7	16	24	1,5	2,0
21	8	15	20	1,4	1,8
22	9	12	25	1,8	2,0
23	10	16	21	1,6	2,2
24	1	12	23	1,5	2,1
25	2	14	22	1,8	2,2
26	4	15	19	2,0	2,6
27	3	12	18	1,5	2,4
28	6	14	23	1,7	2,1
29	5	20	25	1,8	2,2
30	7	12	21	1,9	2,7



### Контрольные вопросы:

1. Дать определение деформации растяжения.
2. Какой внутренний силовой фактор возникает при растяжении.
3. Дать определение нормального напряжения.
4. Дать определение допускаемого напряжения.
5. Сформулируйте условие прочности для деформации растяжения (сжатия).

## **Практическое занятие №10**

по теме «Практические расчеты на срез и смятие».

**Наименование:** Практические расчеты на срез и смятие

**Цель занятия:** Отработать и закрепить навыки и умения.

**Необходимые материалы и оборудование:**

- 2 Тетрадь для практических занятий.
- 3 Линейка, карандаш, резинка.
- 4 Микрокалькулятор.

**Порядок выполнения задания:**

1. По номеру в журнале получить задание.
2. Выполнить расчет.

**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

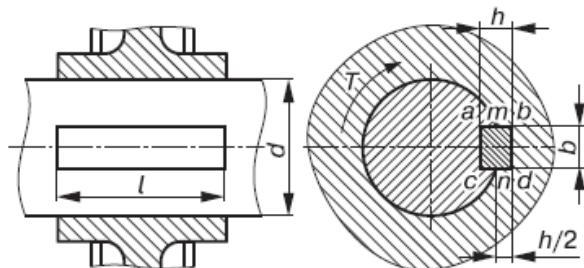
- 5 Тема работы.
- 6 Цель работы.
- 7 Задание.
- 8 Решение задач.
- 9 Вывод по задаче.

**Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение деформациям среза и смятия.
2. Что такое расчетное сопротивление на срез и смятие?
3. Каковы условия прочности при расчете на срез и смятие?
4. Проверить прочность заклепочного соединения на срез и смятие, если  $F = 60 \text{ кН}$ ;  $[\tau_c] = 100 \text{ МПа}$ ;  $\sigma = 240 \text{ МПа}$ ;  $d = 20 \text{ мм}$ ;  $z = 3 \text{ см}$

### Вариант 1

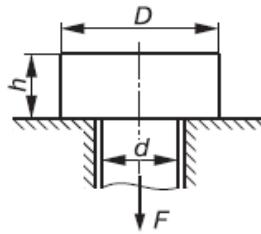
Шпонка, соединяющая шкив с валом, наполовину входит в паз вала и наполовину – в паз ступицы.



Вопросы	Ответы
1. По какому сечению происходит срез шпонки?	1. ac. 2. bd. 3. mn. 4. dc.
2. По какому сечению происходит смятие?	1. bd. 2. mb; cn. 3. am; nd. 4. ac.
Вопросы	Ответы
3. Чему равна площадь среза?	1. $0,5bl$ . 2. $bl$ . 3. $0,5l$ . 4. $hl$ .
4. Найти усилие, передаваемое шпонкой, если $T_e = 250$ Н·м, $l = 56$ мм, $d = 36$ мм, $h = 10$ мм, $b = 8$ мм.	1. 1,389 кН. 2. 138,9 кН. 3. 13,89 кН. 4. 23,89 кН.
5. Найти напряжение смятия.	1. 62,6 МПа. 2. 620 МПа. 3. 162 МПа. 4. 49,6 МПа.

## Вариант 2

Болт растягивается силой  $F = 112,76$  кН.

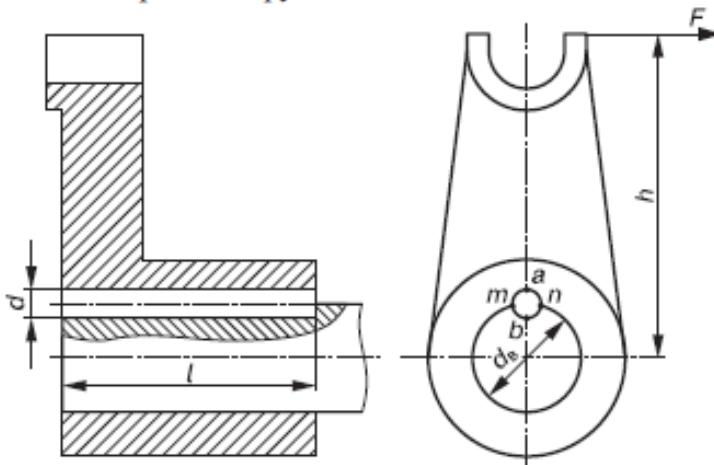


Вопросы	Ответы
1. Указать, где происходит срез.	1. По опорному кольцу головки. 2. По высоте головки. 3. По цилиндрической поверхности головки. 4. По площади сечения образца.
2. Указать, где происходит смятие.	1. По цилиндрической поверхности головки. 2. По площади поперечного сечения образца. 3. По опорному кольцу головки. 4. По высоте головки.
3. Чему равна площадь среза головки?	1. $\pi D^2/4$ . 2. $\pi dh$ . 3. $\pi d^2/4$ . 4. $(\pi D^2 - \pi d^2)/4$ .
4. Чему равна площадь смятия?	1. $(\pi D^2 - \pi d^2)/4$ . 2. $\pi d^2/4$ . 3. $\pi D^2/4$ .

Вопросы	Ответы
5. Найти напряжения среза, если $F = 112,6$ кН, $h = 11$ мм, $D = 42$ мм, $d_0 = 34$ мм, $d = 32$ мм.	1. 17,89 МПа. 2. 47,79 МПа. 3. 87,89 МПа. 4. 28,39 МПа.

### Вариант 3

Вильчатый кривошип укреплен на валу с помощью цилиндрического штифта и нагружен силой  $F$ .



Вопросы	Ответы
1. По какому сечению происходит срез штифта?	1. $ab$ . 2. $mn$ . 3. $ma$ и $nb$ . 4. $na$ и $mb$ .
2. По какому сечению штифт сминается?	1. $mn$ . 2. $ab$ . 3. $an$ и $bn$ . 4. $am$ и $bm$ .
3. Найти усилие, передаваемое штифтом, если $F = 2,8 \text{ кН}$ , $d = 12 \text{ мм}$ , $l = 50 \text{ мм}$ , $d_b = 40 \text{ мм}$ , $h = 180 \text{ мм}$ .	1. $35 \text{ кН}$ . 2. $25,2 \text{ кН}$ . 3. $45,2 \text{ кН}$ . 4. $20 \text{ кН}$ .
4. Чему равны напряжения смятия?	1. $102 \text{ МПа}$ . 2. $52,4 \text{ МПа}$ . 3. $84 \text{ МПа}$ . 4. $150,4 \text{ МПа}$ .
5. Чему равны напряжения среза?	1. $43,2 \text{ МПа}$ . 2. $26,4 \text{ МПа}$ . 3. $14,28 \text{ МПа}$ . 4. $42 \text{ МПа}$ .

#### Контрольные вопросы:

1. Какие механические напряжения возникают при срезе?
2. Какие механические напряжения возникают при смятии?
3. Условие прочности при срезе.
4. Условие прочности при смятии.
5. При каком условии возникает деформация среза?
6. Что такое деформация смятия?

## **Практическое занятие №11**

**по теме «Геометрические характеристики».**

**Наименование:** «Определение главных центральных моментов инерции составных сечений»

**Цель занятия:** Научиться пользоваться таблицами, определять главные центральные осевые моменты инерции.

**Необходимые материалы и оборудование:**

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Линейка, карандаш, резинка.
3. Микрокалькулятор.

**Порядок выполнения задания:**

1. Выписать из таблиц сортамента в соответствии с ГОСТом геометрические характеристики прокатных профилей.
2. Выбрать систему вспомогательных осей.
3. Определить координаты центра тяжести простых сечений.
4. Определить координаты центра тяжести составного сечения и положение центральных осей.
5. Вычислить моменты инерции простых сечений относительно центральных осей.
6. Вычислить момент инерции составного сечения.
7. Вычислить центробежный момент инерции сечения относительно центральных осей.
8. Определить угол наклона главных центральных осей к центральным осям.
9. Вычислить главные центральные моменты инерции сечения. Для проверки правильности определения использовать равенство .
10. Вычерпить сечение в масштабе 1:2 с указанием всех размеров и всех осей.

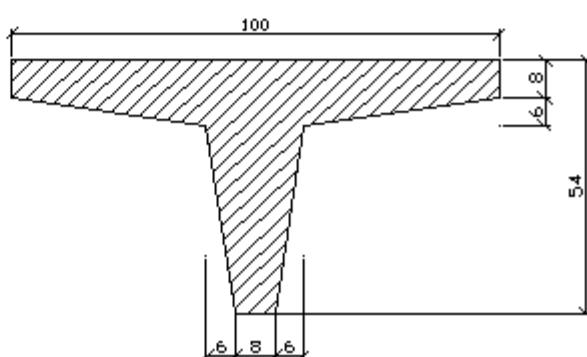
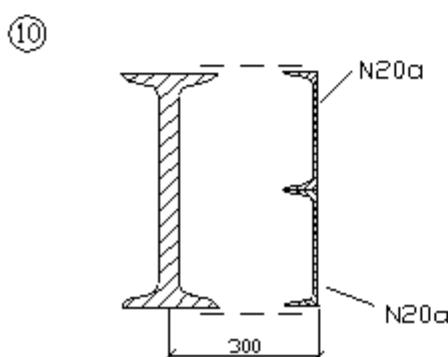
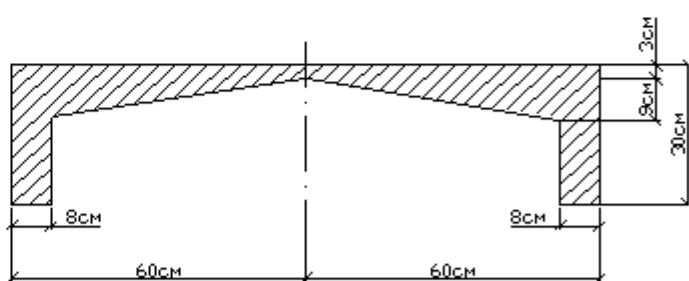
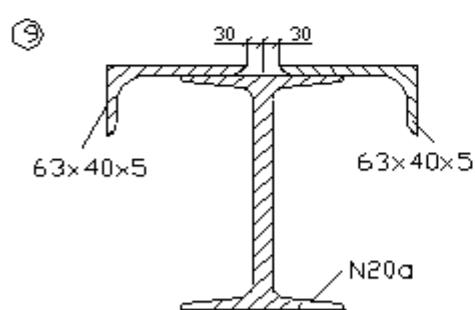
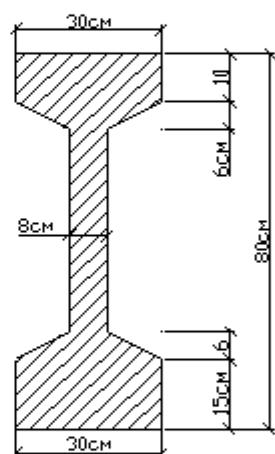
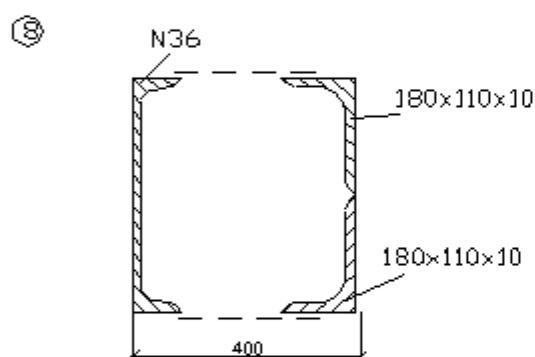
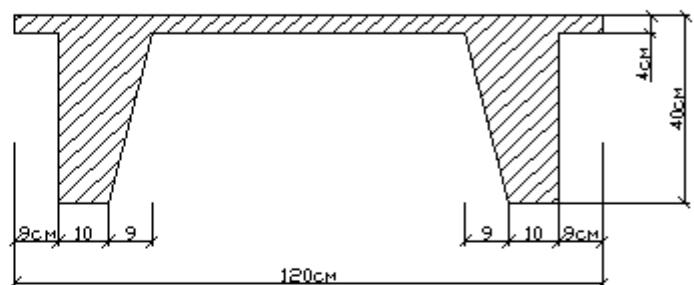
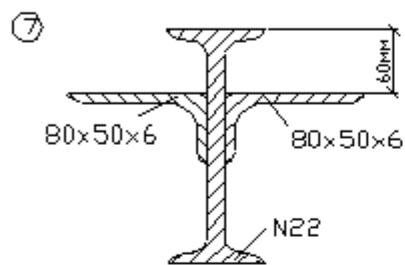
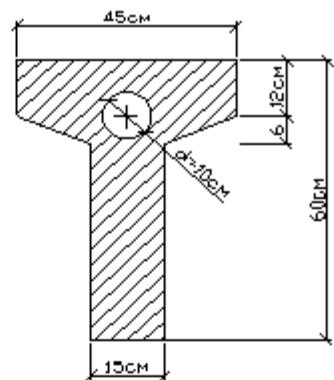
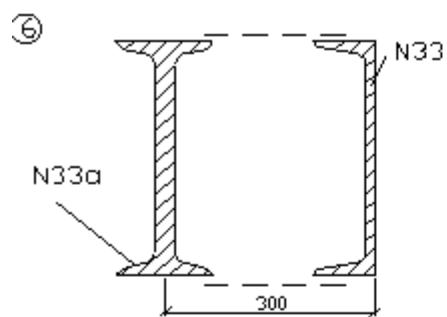
**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

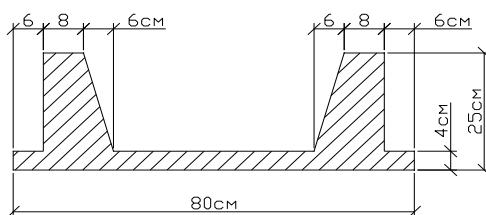
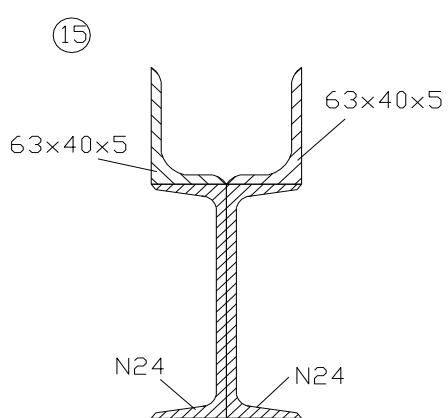
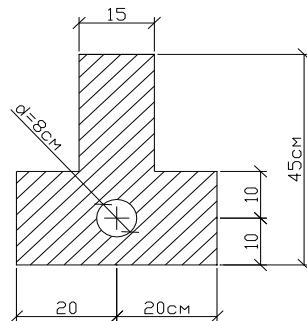
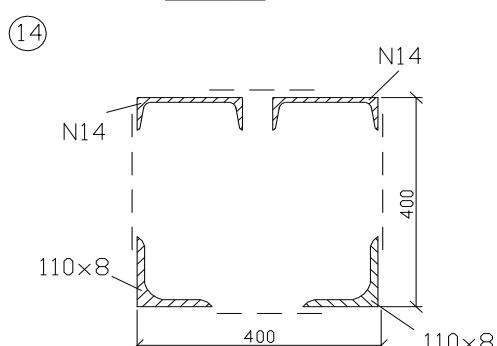
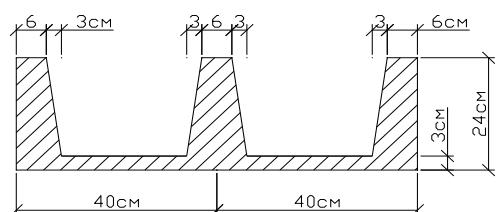
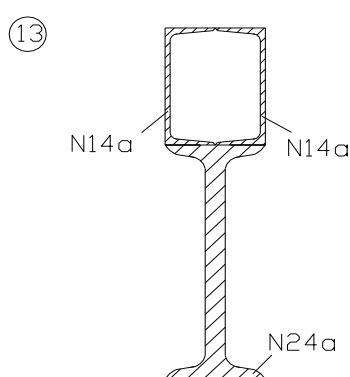
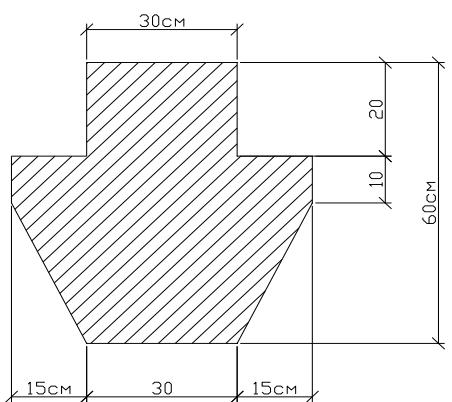
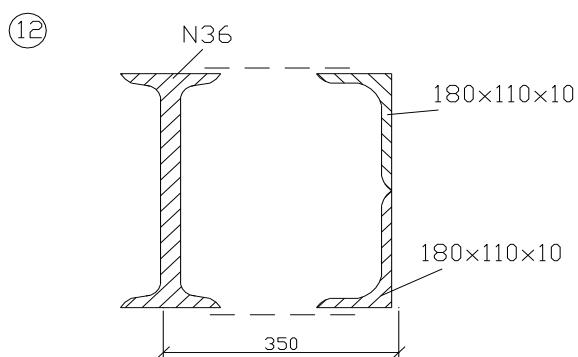
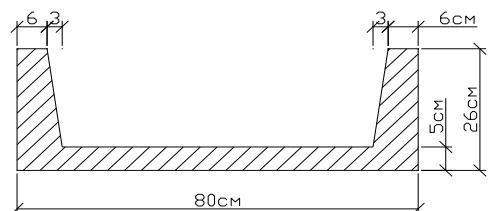
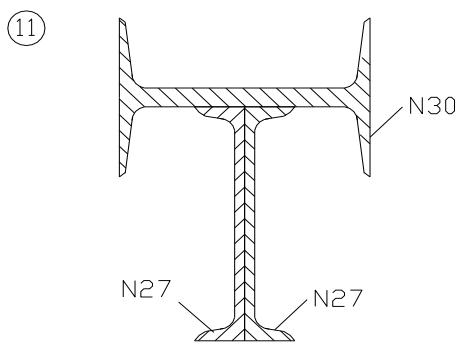
1. Тема занятия;
2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;
4. Расчеты.
8. Вывод.

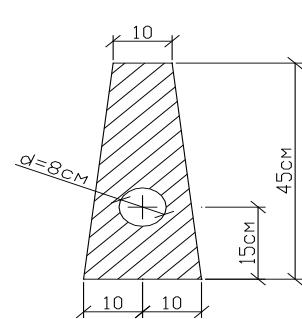
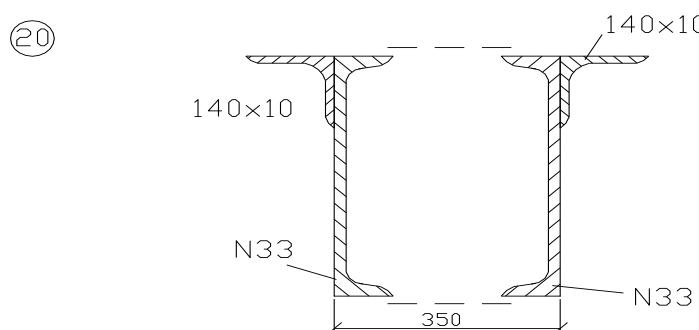
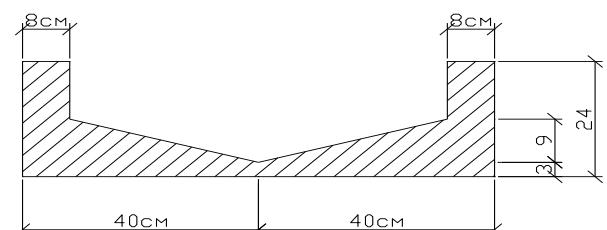
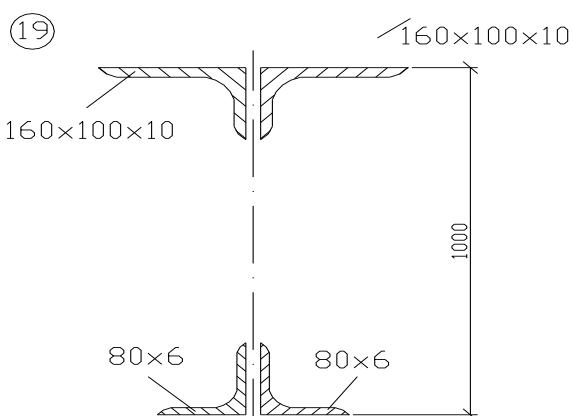
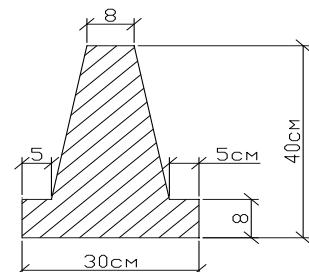
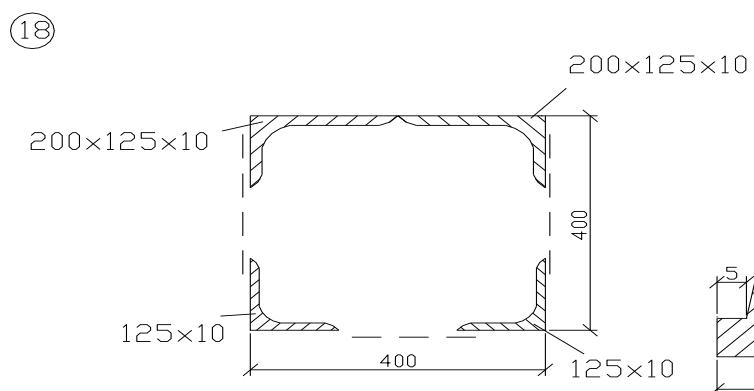
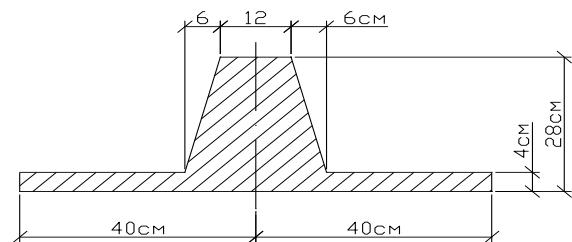
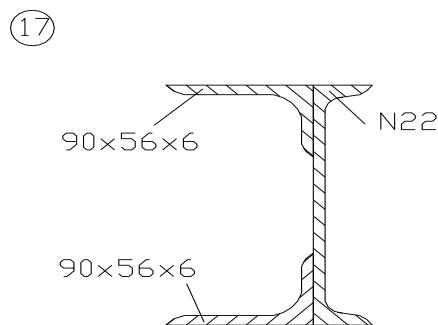
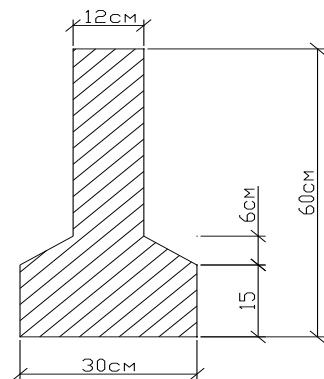
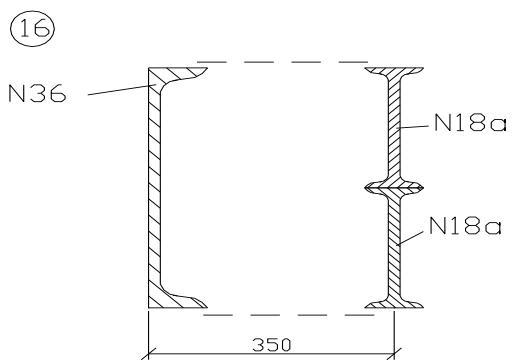
**Содержание задания:** Определить главные центральные осевые моменты инерции для составного сечения.

**Контрольные вопросы и упражнения:**

1. В каких расчётах используются осевые моменты инерции?
2. Как рассчитать координаты центра тяжести?
3. Чему равны моменты инерции простейших сечений прямоугольника, круга, кольца?
4. Как рассчитать момент инерции относительно оси, параллельной данной?
5. Какие оси называют главными?
6. Для каких сечений можно без вычислений установить положение главных центральных осей?







## **Практическое занятие №12**

по теме «Кручение».

**Наименование:** «Расчет вала на прочность и жесткость при кручении. Рациональное расположение колес на валу. Выбор рационального сечения вала при кручении.».

**Цель занятия:** Научиться строить эпюры крутящих моментов. Определять диаметр вала из условия прочности при кручении и определять угол закручивания.

### **Необходимые материалы и оборудование:**

5. Тетрадь для практических занятий.
6. Линейка, карандаш, резинка.
7. Микрокалькулятор.

### **Порядок выполнения задания:**

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

4. Определить врачающие моменты на колесах:  $M_{вр} = \boxed{\phantom{000}}$  Нм,  
где  $P$  – мощность на колесе ( $B_m$ ),  $\omega$  – угловая скорость (рад/с)
5. Определить крутящие моменты на каждом участке –  $M_k$ .
6. Построить эпюру крутящих моментов –  $M_k$ .
7. Из условия прочности при кручении:

определить требуемый поперечный момент сопротивления для каждого участка:

--	--

8. Определить диаметр вала для каждого участка:

Округлить полученное значение до стандартных.

9. Определить полярные моменты инерции сечений для каждого участка:

$$J_p = 0,1d^4(\text{мм})$$

10. Определить углы закручивания каждого участка, приняв длины участков одинако-

выми и равными  $\boxed{\phantom{000}} = 300\text{мм}$

11. Вывод.

**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

- 10 Тема работы.
- 11 Цель работы.
- 12 Задание.
- 13 Решение задач.
- 14 Вывод по задаче.

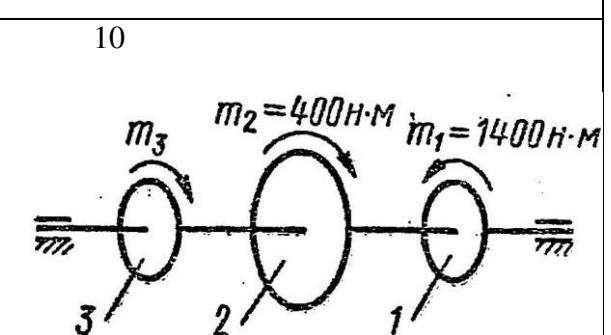
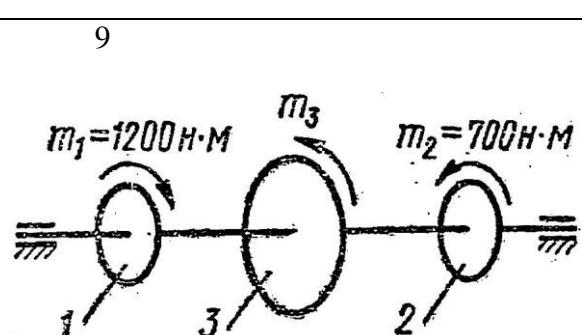
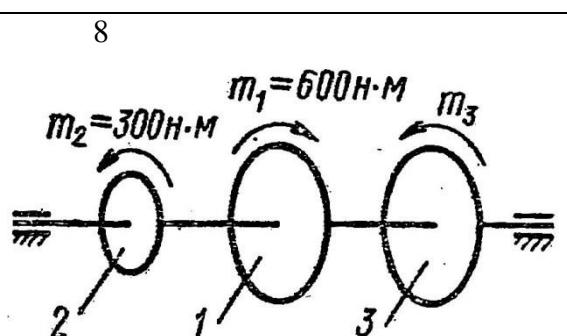
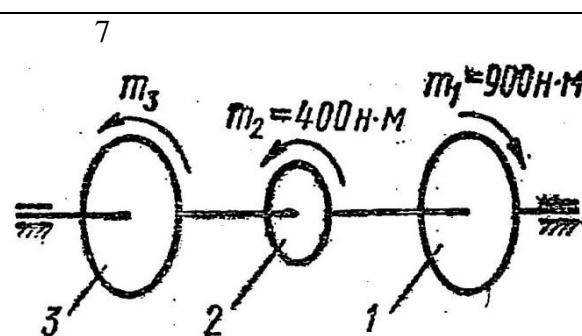
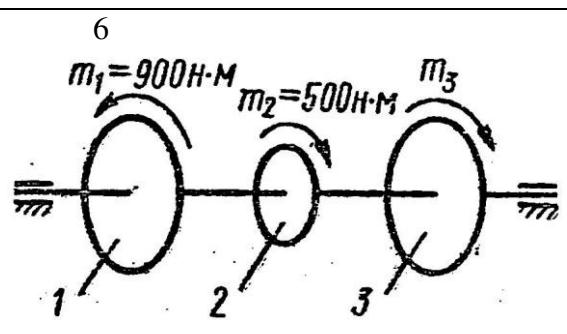
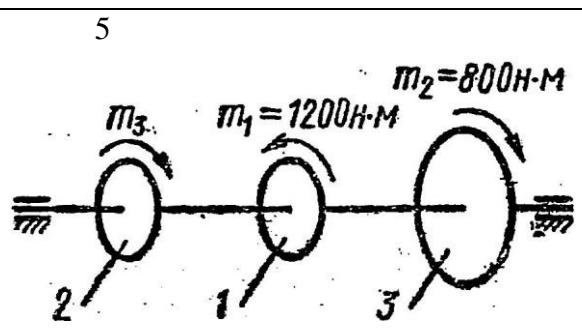
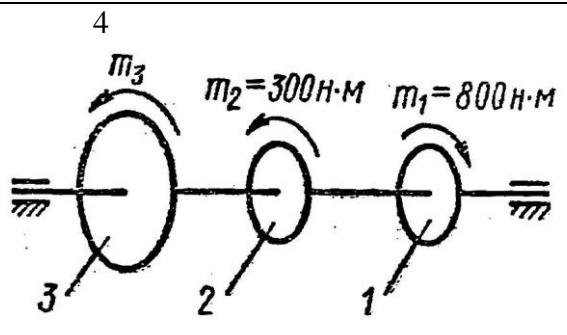
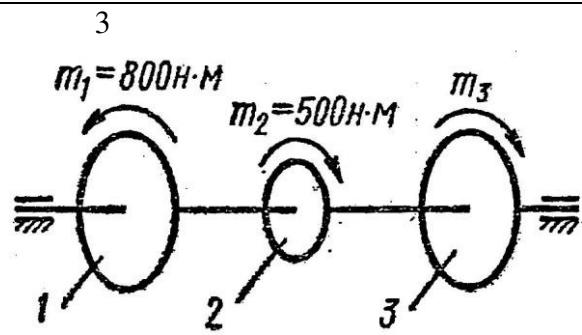
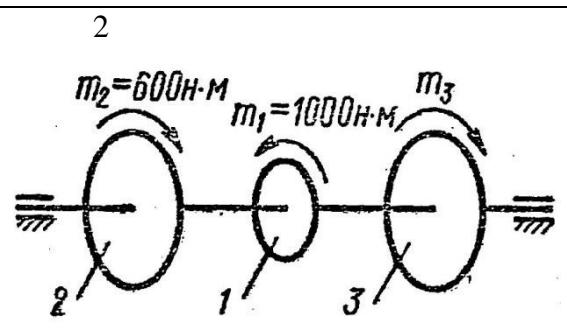
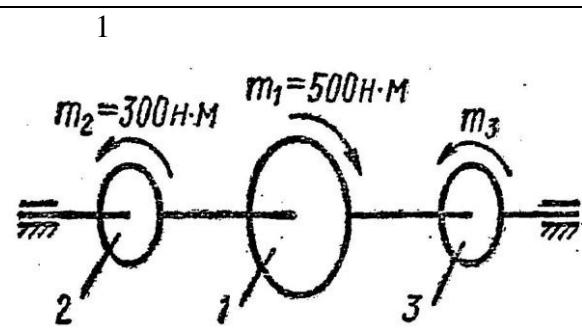
**Варианты заданий**

**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:

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

Схему и исходные данные выбрать в соответствии с номером студента по списку в журнале. Для всех вариантов принимать:  $=25\text{МПа}$ ;  $G=8 \cdot 10^4\text{МПа}$

Вариант	$P_1 \text{ кВт}$	$\omega^{\text{рад}}/\text{с}$	№ 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



## **Практическое занятие №13**

по теме «Изгиб»

**Наименование:** «Построение эпюор поперечных сил и изгибающих моментов для консольных балок ».

**Цель занятия:** Научиться строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов для консольных балок и двух опорных балок

**Необходимые материалы:**

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Техническая механика».
3. Микрокалькулятор и канцелярские принадлежности.

**Порядок выполнения задания:**

1. Повторить тему «Изгиб».
2. По номеру в журнале выписать из таблицы величины и схему балки.
3. Определить опорные реакции из уравнений равновесия статики.
4. Построить эпюры поперечных сил  $Q_y$  и изгибающих моментов  $M_x$ .
5. Из условия прочности определить величину осевого момента сопротивления для опасного сечения, приняв  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ .
6. Подобрать по таблице двутавровое сечение балки.
7. Подобрать прямоугольное сечение балки с соотношением сторон:  $h = 2b$ .
8. Сформулировать вывод.

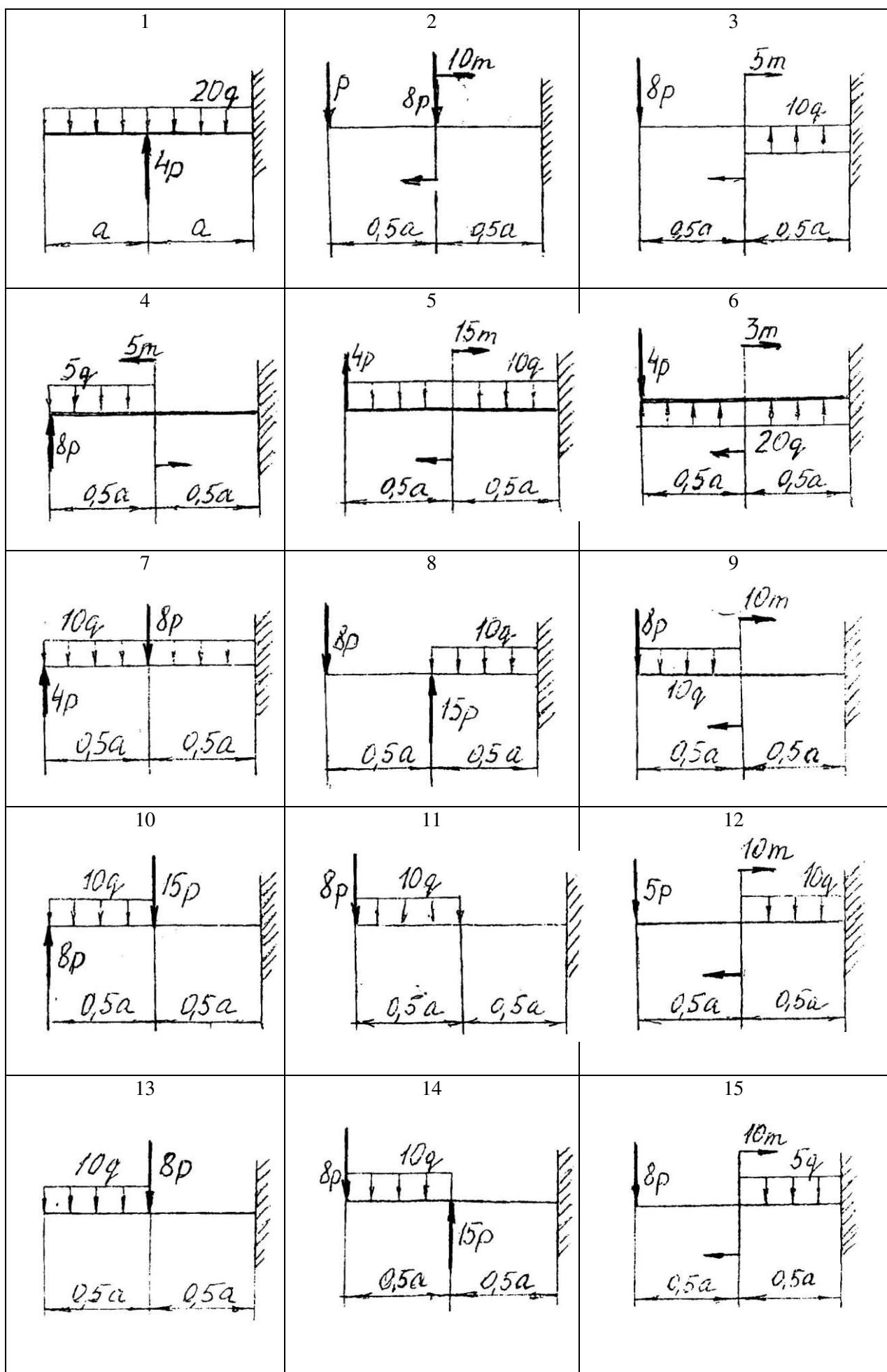
**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

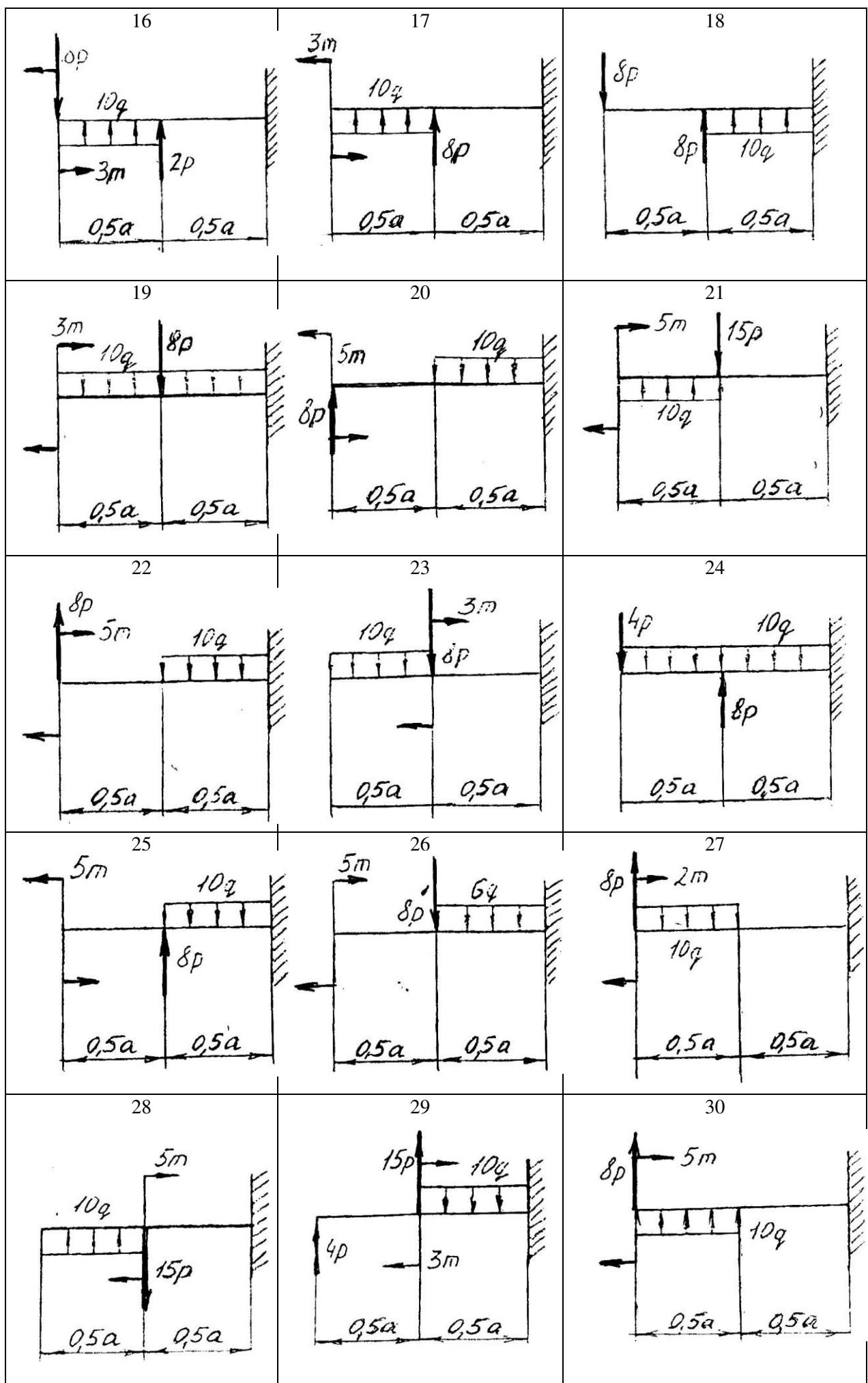
1. Тема занятия;
2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;
4. Изображение балки и силой схемы;
5. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;
6. Определение осевого момента сопротивления для опасного сечения;
7. Подбор поперечных сечений;
8. Вывод.

**Содержание задания:** для заданной балки подобрать из условия прочности на изгиб размеры поперечного двутаврового и прямоугольного сечения, приняв соотношение сторон  $h=2b$ . Считать  $[\sigma]=160 \text{ МПа}$ . Данные для своего варианта выбрать из таблицы.

Принять:

--	--	--	--





## **Практическое занятие №14,15**

по теме «Изгиб»

**Наименование:** «Расчет балки на прочность при изгибе, подбор сечения».

**Цель занятия:** Научиться построению эпюор изгибающих моментов и поперечных сил и производить расчеты на прочность при изгибе.

**Необходимые материалы:**

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Техническая механика».
3. Микрокалькулятор и канцелярские принадлежности.

**Порядок выполнения задания:**

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:

--	--

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  $M_i = \max$ .
11. Записать уравнение условия прочности при изгибе:

--

12. Найти требуемую величину осевого сопротивления сечения:

--

--

; из выражения;

13. Определить диаметр наиболее нагруженного поперечного сечения оси:

--

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

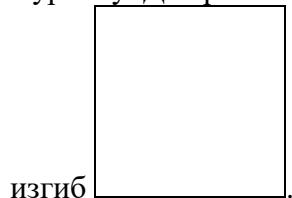
15. Вывод

**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

1. Тема занятия;

2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;
4. Изображение балки и силой схемы;
5. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;
6. Определение осевого момента сопротивления для опасного сечения;
7. Подбор поперечных сечений;
8. Вывод.

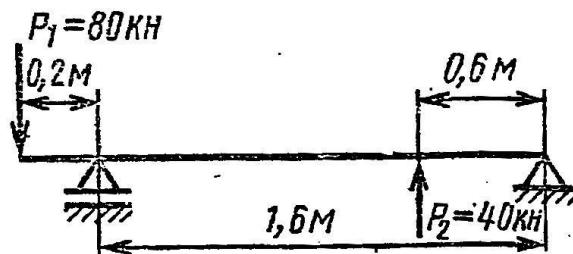
**Содержание задания:** Для заданной расчетной схемы оси определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, подобрать диаметр оси из условия прочности при изгибе. Номер варианта принять согласно номеру студента в списке по журналу. Для расчетов принять: материал оси — сталь 40, допускаемое напряжение на



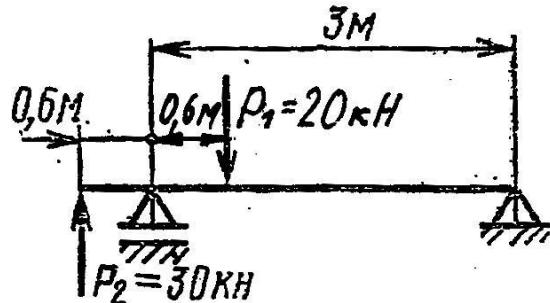
изгиб

<b>1</b> 	<b>2</b> 
<b>3</b> 	<b>4</b> 
<b>5</b> 	<b>6</b> 

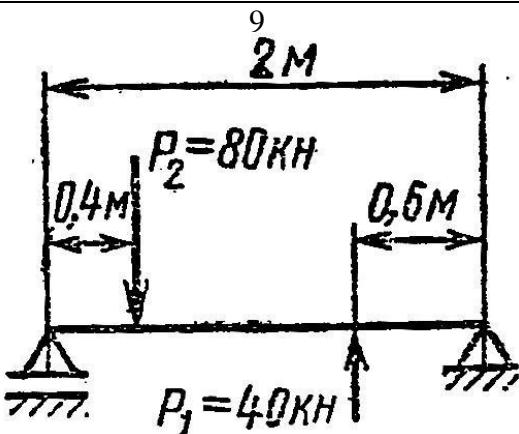
7



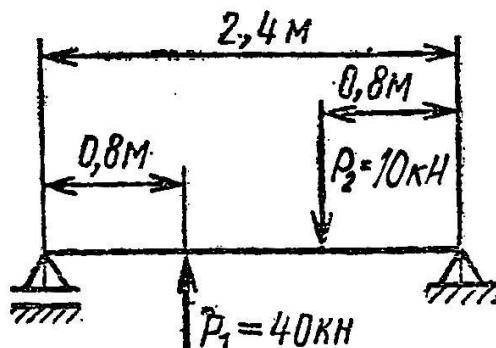
8



9



10



### Контрольные вопросы

1. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечных сечениях бруса при его прямом поперечном изгибе?
2. Как следует нагрузить брус, чтобы получить: а) чистый изгиб; б) поперечный прямой изгиб?
3. Что называется поперечной силой в поперечном сечении бруса и чему она численно равна?
4. Что такое эпюра поперечных си как она строится?
5. Что называется изгибающим моментом в поперечном сечении бруса и чему он равен?
6. Сформулируйте правило знаков для поперечных сил и изгибающих моментов.
7. Какими дифференциальными зависимостями связаны между собой изгибающий момент, поперечная сила, интенсивность равномерно распределенной нагрузки?
8. Какие виды расчетов можно производить из условия прочности при изгибе?
9. Какие формы поперечных сечений рациональны для балок из пластичных материалов?

### Практическое занятие №16

**Наименование:** Расчет круглого бруса на прочность при сочетании изгиба с кручением.

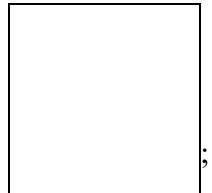
**Цель занятия:** Научиться построению эпюор крутящих и изгибающих моментов и производить расчеты на прочность при изгибе с кручением.

**Необходимые материалы:**

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Техническая механика».
3. Микрокалькулятор и канцелярские принадлежности.

**Порядок выполнения задания:**

1. Изобразить расчетную схему.
2. Выписать исходные данные из таблицы.
3. Заменить действие опор подшипников силами реакций.
4. Определить вращающий момент.



; где

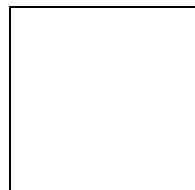
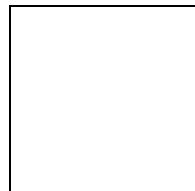
$M_{bp}$  - вращающий момент, Н•м

$P$  – мощность, Вт

– угловая скорость, рад/с

5. Вычислить нагрузки, приложенные к валу:

- окружные силы



- радиальные силы  $F_{r1}=F_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha$ .  $\alpha$ - стандартный угол зацепления  $\alpha=20^0$ ,  $\operatorname{tg} 20^0=0,364$ .

$$F_{r1}=0,364 \cdot F_1$$

$$F_{r2}=0,364 \cdot F_2$$

6. Определить реакции опор от радиального усилия
7. Определить реакции опор от окружного усилия
8. Определить в характерных сечениях значения изгибающих моментов  $M_x$  и  $M_y$ .
9. Вычислить полный изгибающий момент и определить в какой точке сечение является опасным.
10. Определить эквивалентный момент

**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

1. Тема занятия;
2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;

4. Изображение вала и силой схемы;
5. Эпюры крутящих и изгибающих моментов;

**Содержание задания:**

Для стального вала постоянного поперечного сечения с двумя зубчатыми колесами, передающего мощность  $P$ , кВт, при угловой скорости  $\omega$ , рад/с. Определить вертикальные и горизонтальные составляющие реакции подшипников, построить эпюру крутящих моментов, построить эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях,. Схему своего варианта см. на рис. и в таблице.

№ варианта	№ схемы (рис.12)	$P$ , кВт	$\omega$ , рад / с
01	1	10	40
02	2	15	35
03	3	10	30
04	4	12	24
06	6	20	45
07	7	25	30
08	8	28	42
09	9	12	38
10	10	40	70
11	1	20	50
12	2	10	50
13	3	15	45
14	4	20	36
15	5	6	24
16	6	19	38
17	7	22	28
18	8	27	35
19	9	23	18
20	10	25	42
21	1	12	48
22	2	20	60
23	3	25	40
24	4	7	21
25	5	3	15
26	6	18	26

27	7	30	24
28	8	24	28
29	9	16	20
30	10	35	40

### Практическое занятие №17

по теме «Устойчивость сжатых стержней»

**Наименование:** «Расчеты на устойчивость сжатых стержней.»

**Цель занятия:** научиться проводить расчеты на устойчивость сжатых стержней

**Необходимые материалы и оборудование:**

- 1 Тетрадь для практических занятий.
2. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Техническая механика».
- Линейка, цветные стержни, транспортир, микрокалькулятор.

#### Порядок выполнения задания:

Задаются величиной коэффициента продольного изгиба  $\varphi$ . В первом приближении его можно принять равным  $\varphi=0,6\dots0,8$ .

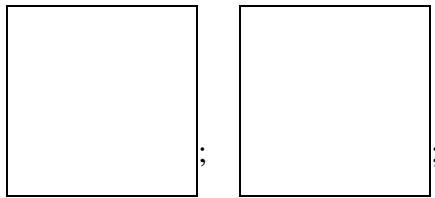
1. Определяют требуемую площадь поперечного сечения стойки

где  $F$  – центрально сжимающая сила;  $R$ - расчетное сопротивление материала сжатию, МПа (см. приложение).

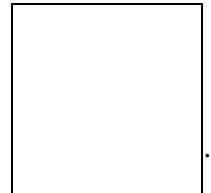
По найденной площади определяют номер профиля по сортаменту. Если сечение состоит из нескольких профилей, то при решении задач данной работы профили проката следует принимать одинаковыми по площади. При решении практических задач рекомендации могут быть другими.

.2. Проверяют устойчивость принятого сечения в следующем порядке:

- а) определяют расчетную длину стержня  $l_0=\mu l$ , где  $l$  – геометрическая длина стержня,  $\mu$  – коэффициент приведения длины (коэффициент заделки), который зависит от способа закрепления концов стержня;
- б) определяют моменты инерции сечения  $J_x$  и  $J_y$  относительно главных центральных осей  $x$  и  $y$ , которые совпадают с осями симметрии сечения. Моменты инерции профилей проката относительно собственных осей определяются по таблицам ГОСТов;
- в) находят радиусы инерции сечения относительно осей  $x$  и  $y$ :



- г) определяют гибкость стержня:  $\lambda_x = l_0 / i_x$ ;  $\lambda_y = l_0 / i_y$ ;
- д) по наибольшему значению  $\lambda$  в зависимости от материала стойки определяют коэффициент продольного изгиба  $\varphi$  (см. приложение);

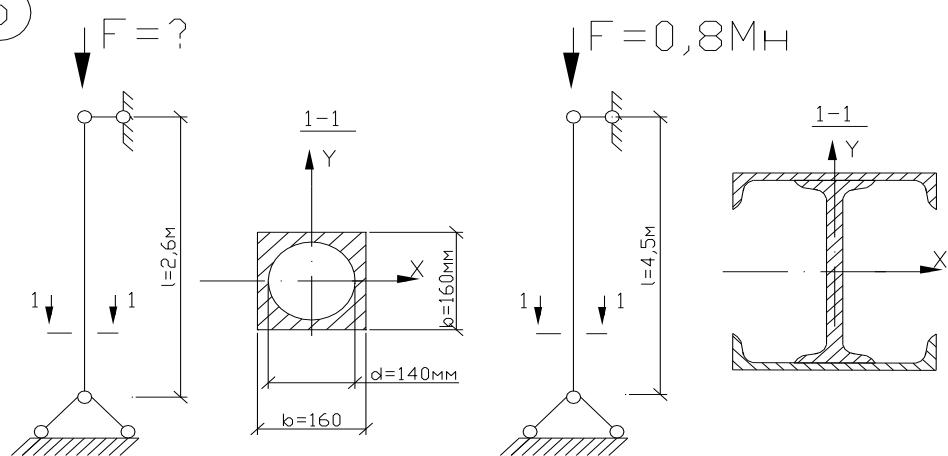


- е) подставляют полученные значения в формулу

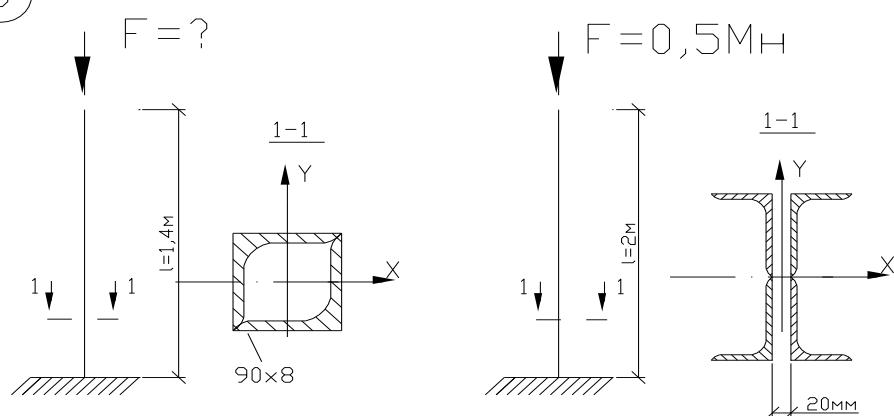
Если это условие выполняется, то устойчивость стержня обеспечена, и наоборот. Если несущая способность стержня не обеспечена, то необходимо увеличить площадь сечения, приняв больший профиль, и выполнить проверку устойчивости стержня. Если недонапряжение составляет более 5%, то необходимо уменьшить площадь сечения, приняв меньший Профиль, добиваясь, чтобы недонапряжение не превышало 5%.

**Содержание задания:** Подобрать сечение центрально сжатой стойки по данным своего варианта. Материал стойки – сталь класса С 38/23

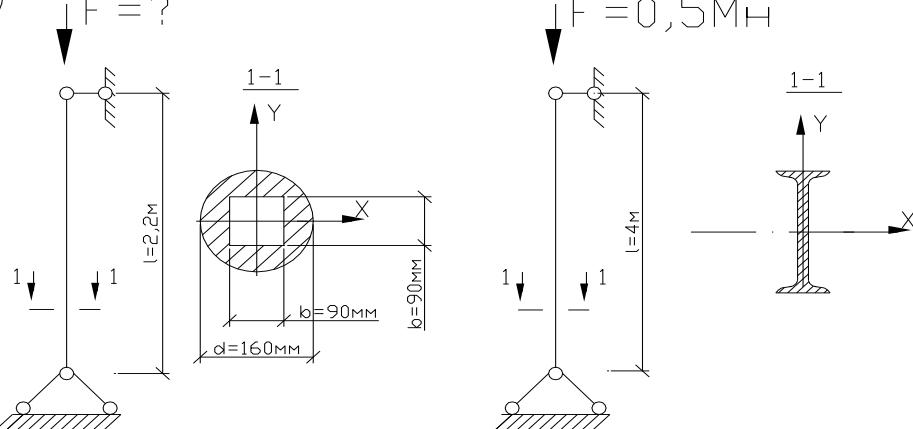
(5)



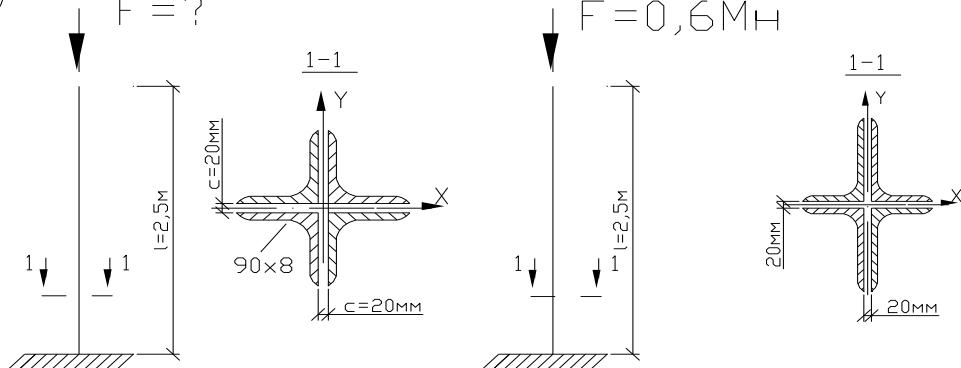
(6)

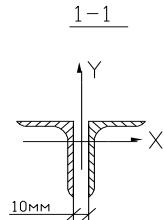
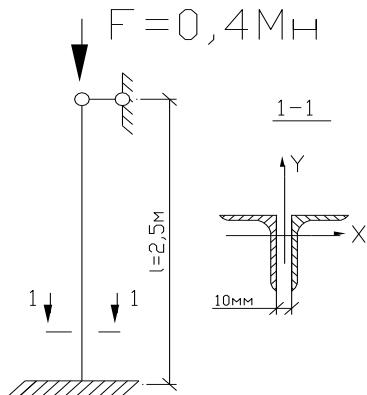
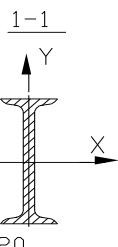
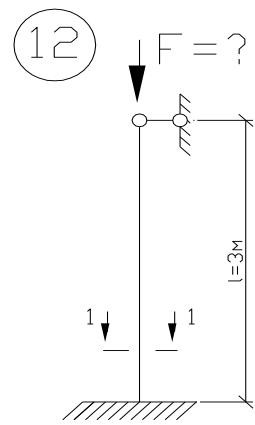
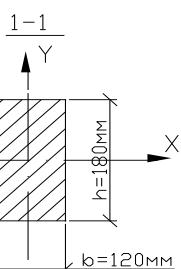
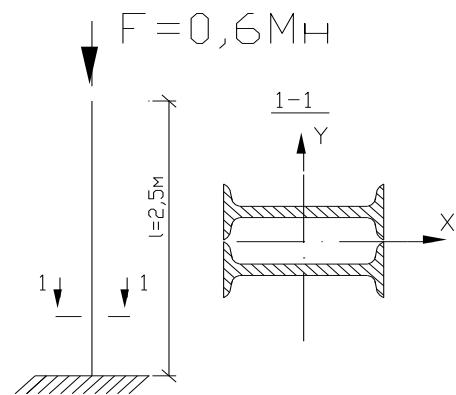
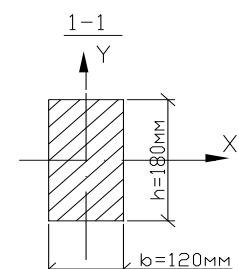
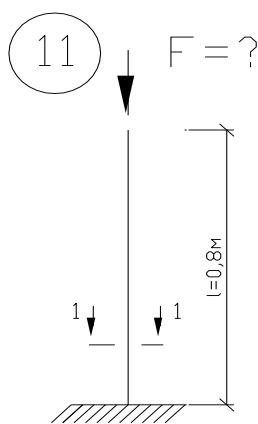
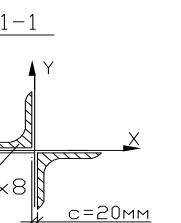
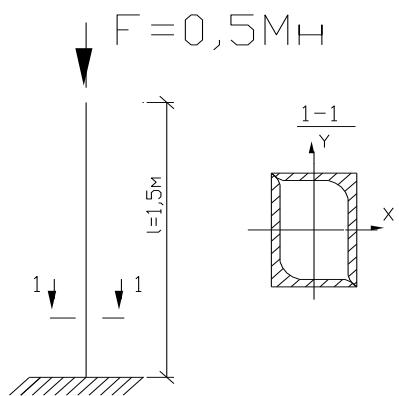
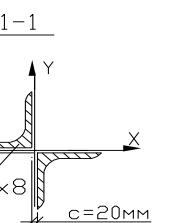
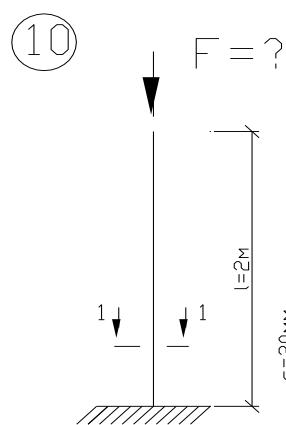
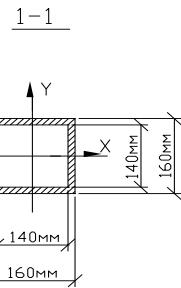
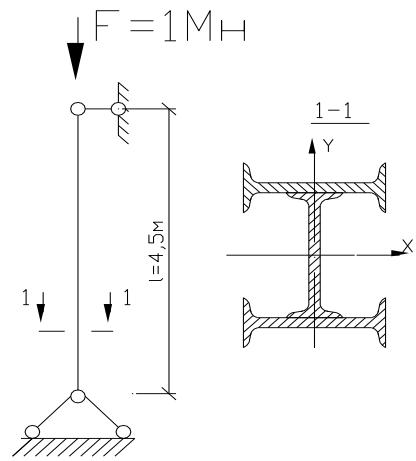
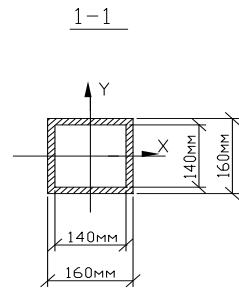
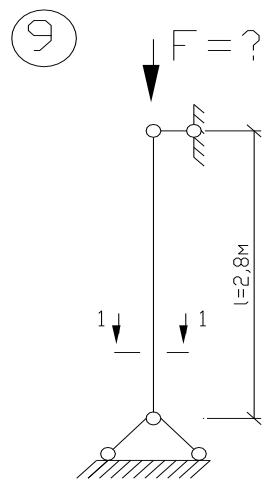


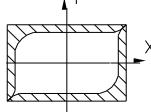
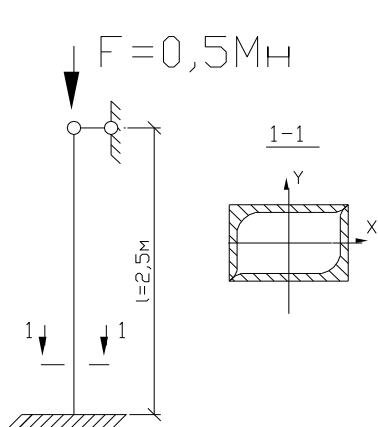
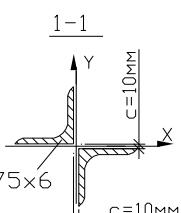
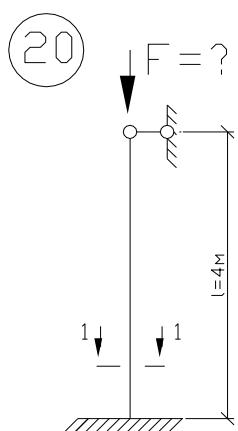
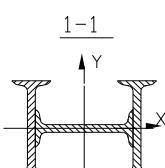
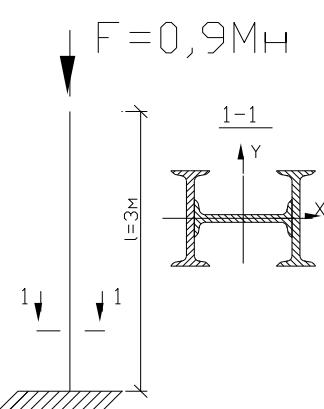
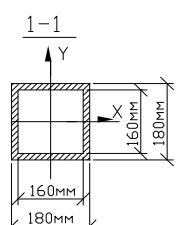
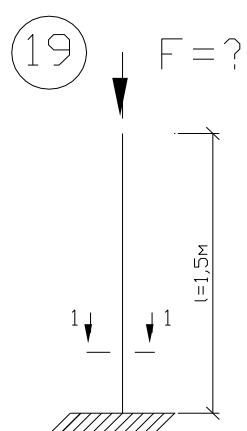
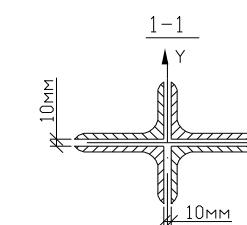
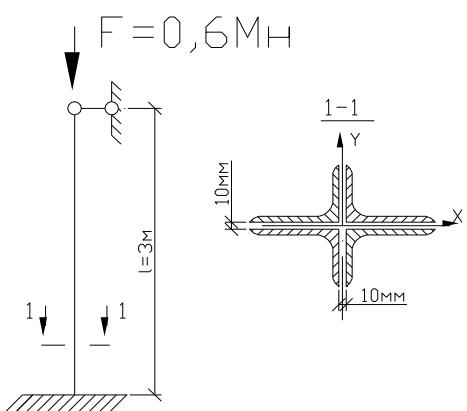
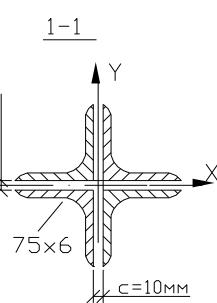
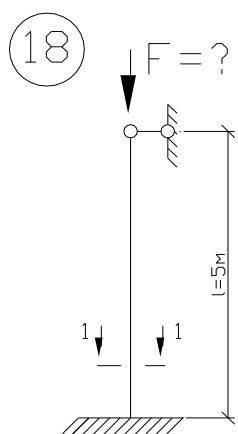
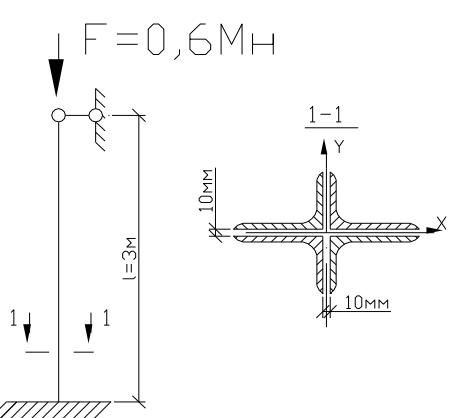
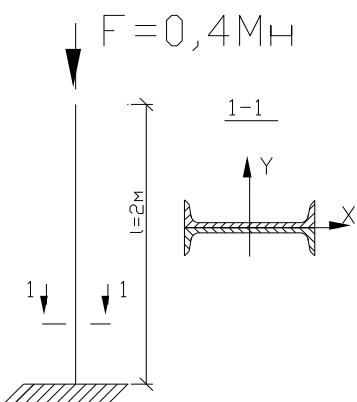
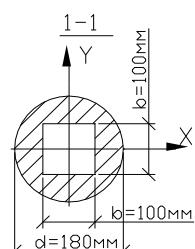
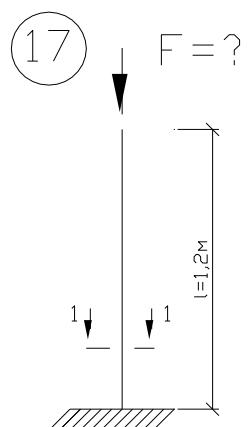
(7)



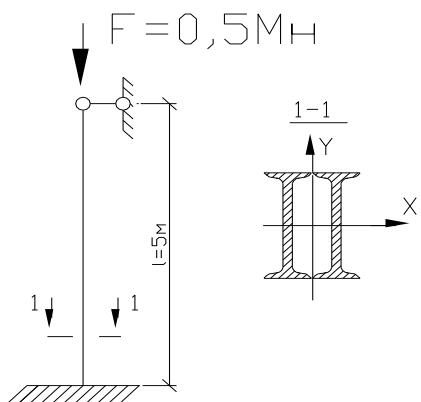
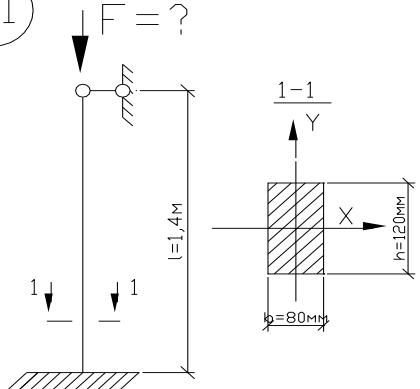
(8)



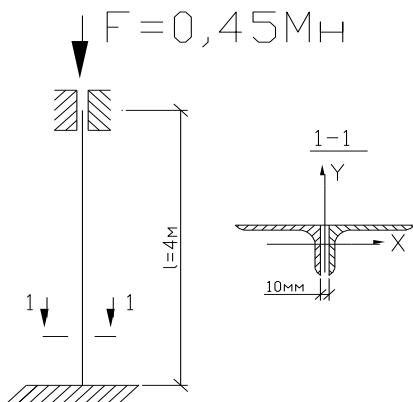
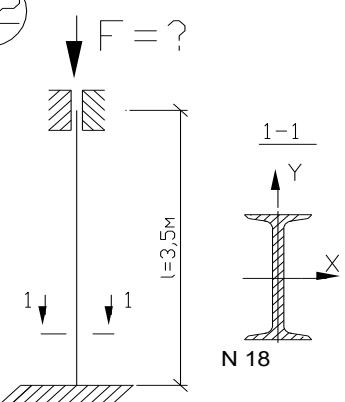




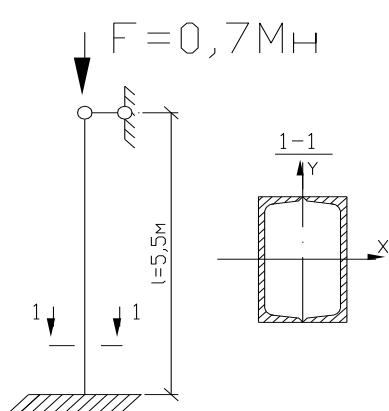
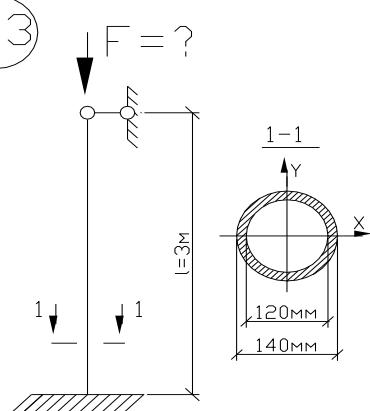
(21)



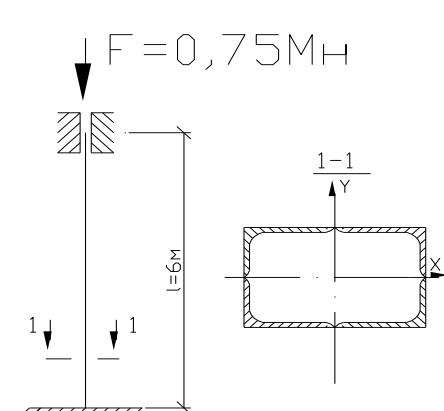
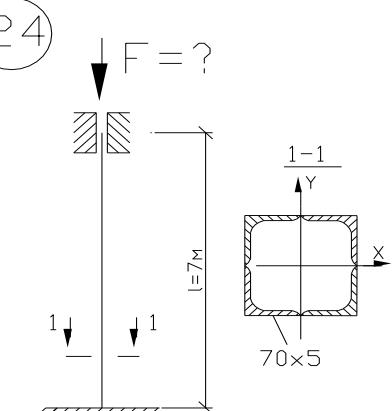
(22)



(23)



(24)



## Практическое занятие №18

Детали машин. Передачи.

**Наименование:** Определение кинематических и силовых характеристик передач

**Цель занятия:** Научиться определять кинематические и силовые характеристики приводов, состоящих из ряда последовательно соединенных передач.

**Необходимые материалы:**

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Техническая механика».
3. Микрокалькулятор и канцелярские принадлежности.

**Порядок выполнения задания:**

1. Начертить схему привода в соответствии с вариантом.
2. Пронумеровать валы.
3. Определить передаточное отношение каждой ступени.

4. Определить передаточного число привода.

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot (i_3)$$

5. Определить частоту вращения валов.

$$n_1 = n_{\text{вх}}; \quad n_2 = \boxed{\phantom{0000000000000000}}; \quad n_3 = \boxed{\phantom{0000000000000000}}; \quad n_4 = \boxed{\phantom{0000000000000000}},$$

6. Определить частоту вращения валов.

7. Определить мощности на валов.

$$P_1 = P_{\text{вх}} \text{ или } P_1 = P_{\text{вх}} \cdot \eta_{\text{подши}}; \quad P_2 = \boxed{\phantom{0000000000000000}} \cdot \eta_1; \quad P_3 = \boxed{\phantom{0000000000000000}} \cdot \eta_2;$$

$$P_4 = \boxed{\phantom{0000000000000000}} \cdot \eta_3$$

8. Определить К.П.Д. привода

$$\eta = \eta \cdot \eta_{nep} \cdot \eta_{nep} \cdots$$

где  $k$  – число пар подшипников.

Уточнить мощность

$$P_4 = \boxed{\quad} \cdot \eta$$

9. Определить вращающие моменты на валах

$$T = \boxed{\quad} (Nm); \text{ где } P-Bm; \quad \omega-\text{рад/с.}$$

10. Вывод.

**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

1. Тема занятия;
2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;
4. Расчеты.
8. Вывод.

**Содержание задания:** Для привода машины, состоящего из механических передач определить угловые скорости и частоты вращения на валах, мощности и вращающие моменты на валах с учетом к.п.д., передаточные числа всех ступеней и привода, к.п.д. привода.

Принять:  $\eta_{поди} = 0,99$  – для пары подшипников;

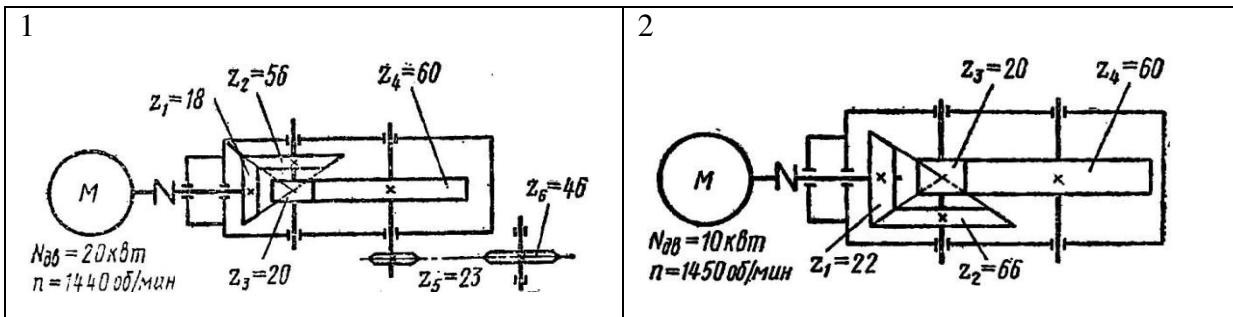
$\eta_{цеп} = 0,95$  – для цепной передачи;

$\eta_{рп} l = 0,96$  – для ременной передачи;

$\eta_{зуб} = 0,97$  – для зубчатой передачи;

$\eta_{чп} = 0,77-0,85$  – для червячной передачи.

Схему выбрать в соответствии с номером студента по списку в журнале.



<b>3</b> <p><math>D_1 = 200</math></p> <p><math>D_2 = 450</math></p> <p><math>Z_1 = 25</math></p> <p><math>Z_2 = 75</math></p> <p><math>N_{00} = 10 \text{ кбт}</math></p> <p><math>n = 2890 \text{ об/мин}</math></p>	<b>4</b> <p><math>D_1 = 180</math></p> <p><math>D_2 = 360</math></p> <p><math>Z_1 = 21</math></p> <p><math>Z_2 = 63</math></p> <p><math>N_{00} = 7 \text{ кбт}</math></p> <p><math>n = 1440 \text{ об/мин}</math></p>
<b>5</b> <p><math>D_1 = 160</math></p> <p><math>D_2 = 360</math></p> <p><math>Z_1 = 18</math></p> <p><math>Z_2 = 63</math></p> <p><math>N_{00} = 14 \text{ кбт}</math></p> <p><math>n = 950 \text{ об/мин}</math></p>	<b>6</b> <p><math>D_1 = 200</math></p> <p><math>D_2 = 400</math></p> <p><math>Z_1 = 19</math></p> <p><math>Z_2 = 80</math></p> <p><math>N_{00} = 2.8 \text{ кбт}</math></p> <p><math>n = 970 \text{ об/мин}</math></p>
<b>7</b> <p><math>D_1 = 160</math></p> <p><math>D_2 = 360</math></p> <p><math>Z_1 = 18</math></p> <p><math>Z_2 = 40</math></p> <p><math>Z_3 = 20</math></p> <p><math>Z_4 = 60</math></p> <p><math>Z_5 = 60</math></p> <p><math>Z_6 = 19</math></p> <p><math>N_{00} = 10 \text{ кбт}</math></p> <p><math>n = 970 \text{ об/мин}</math></p>	<b>8</b> <p><math>D_1 = 200</math></p> <p><math>D_2 = 400</math></p> <p><math>Z_1 = 20</math></p> <p><math>Z_2 = 60</math></p> <p><math>Z_3 = 22</math></p> <p><math>Z_4 = 65</math></p> <p><math>Z_5 = 52</math></p> <p><math>Z_6 = 26</math></p> <p><math>N_{00} = 20 \text{ кбт}</math></p> <p><math>n = 1450 \text{ об/мин}</math></p>
<b>9</b> <p><math>D_1 = 200</math></p> <p><math>D_2 = 500</math></p> <p><math>Z_1 = 26</math></p> <p><math>Z_2 = 52</math></p> <p><math>Z_3 = 18</math></p> <p><math>Z_4 = 60</math></p> <p><math>N_{00} = 4.5 \text{ кбт}</math></p> <p><math>n = 2920 \text{ об/мин}</math></p>	<b>10</b> <p><math>D_1 = 200</math></p> <p><math>D_2 = 400</math></p> <p><math>Z_1 = 18</math></p> <p><math>Z_2 = 42</math></p> <p><math>Z_3 = 20</math></p> <p><math>Z_4 = 60</math></p> <p><math>Z_5 = 72</math></p> <p><math>Z_6 = 18</math></p> <p><math>N_{00} = 10 \text{ кбт}</math></p> <p><math>n = 930 \text{ об/мин}</math></p>

### Контрольные вопросы

1. Передаточное число.
2. Как определяется передаточное число и КПД для многоступенчатой передачи?
3. Какова связь между вращающими моментами на ведущем и ведомом валах передачи?

### Практическое занятие №19

**Наименование:** Расчет на контактную прочность и изгиб цилиндрической прямозубой передачи.

**Цель занятия:** Научиться определять кинематические и силовые характеристики цилиндрической прямозубой передачи, проводить выбор материалов для передачи.

**Необходимые материалы:**

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Техническая механика».
3. Микрокалькулятор и канцелярские принадлежности.

**Порядок выполнения задания:**

1. Определяем передаточное число , округляем до стандартного.

Номинальные передаточные числа цилиндрических редукторов общего назначения согласно СТ СЭВ 221-83, причем первый ряд предпочтительнее второго.

1-й ряд	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3
2-й ряд	1,4	1,8	2,24	2,8	3,55	4,5	5,6	-	-

2. Выбираем материал.

Для изготовления шестерни и колеса первой группы, это колеса с твердостью  $H \leq 350 \text{ НВ}$ , зубья которых хорошо прирабатываются, рекомендуется изготавливать из средне или высоко углеродистых конструкционных сталей подверженных улучшению.

3. Определяем предел выносливости по контактным напряжениям:

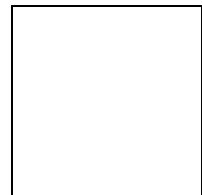
$\text{HB}_1$  –твердость по Бринеллю шестерни.

4. Определяем допускаемое контактное напряжение

$S_H=1,1$  –требуемый запас прочности.

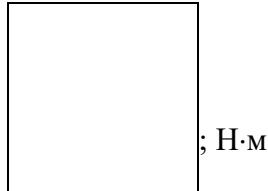
5. Определяем предел выносливости на изгиб

6. Определяем допускаемое напряжение изгиба

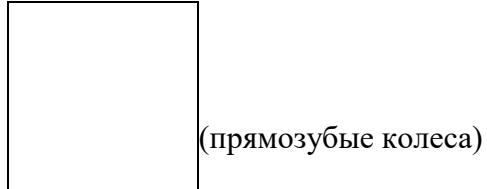


$S_F=2$  – требуемый запас прочности на изгиб.

7. Определяем крутящий момент на быстроходном валу



8. Определяем требуемое межосевое расстояние из условия контактной прочности



u- передаточное отношение

$T_1$ -крутящий момент на быстроходном валу, Н·м

$k_{HB}$  – коэффициент неравномерности нагрузки  $k_{HB}=1,02$

$\psi_{ba}$  коэффициент длины зуба (для прямозубых колес  $\psi_{ba}=0,3$ ; для косозубых колес  $\psi_{ba}=0,4$ )

$[\sigma_H]$ - допускаемое контактное напряжение.

Округляем  $a_{\omega}$  до стандартного значения по СТ СЭВ 229-75

	Межосевое расстояние $a_{\omega}$ , мм										
1ряд	40	50	63	80	100	125	-	160	-	200	
2ряд	-	-	-	-	-	-	140	-	180	-	
1ряд	-	250	-	315	-	400	-	500	-	630	
2ряд	225	-	280	-	355	-	450	-	560	-	

Следует 1-й ряд предпочитать 2-му.

9. Определяем требуемый модуль зацепления:

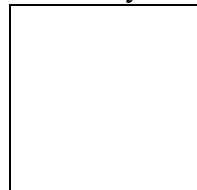
$$m = (0,01 \div 0,02) \cdot a_o$$

Округляем до стандартного значения по СТ СЭВ 310-76

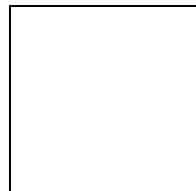
Модули, мм			
1 ряд	2 ряд	1 ряд	2 ряд
1	1,125	4	4,5
1,25	1,375	5	5,5
1,5	1,75	6	7
2	2,25	8	9
2,5	2,75	10	11
3	3,5	12	14

При назначении модулей 1-й ряд следует предпочитать 2-му.

10. Определяем суммарное число зубьев.



(прямозубые колеса)



(косозубые колеса)

11. Определяем число зубьев в шестерне:



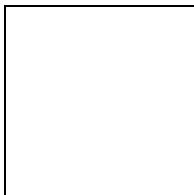
12. определяем число зубьев колеса:

$$Z_2 = Z_{\Sigma} - Z_1$$

13. Определяем размеры колес:

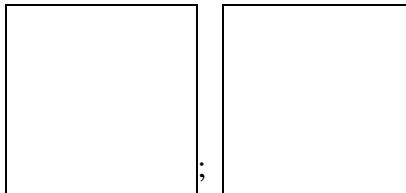
- диаметр начальной окружности шестерни

$$d_1 = m Z_1 \text{ (прямозубые колеса)}$$



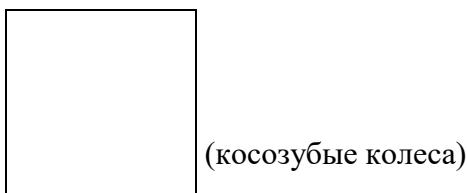
(косозубые колеса)

-диаметры окружностей выступов и впадин шестерни



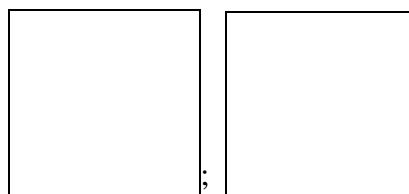
- диаметры начальной окружности колеса

$$d_2=mZ_2 \text{ (прямозубые колеса)}$$

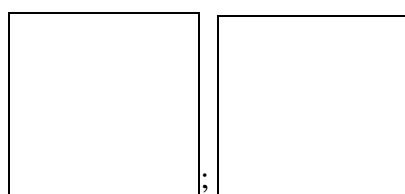


(косозубые колеса)

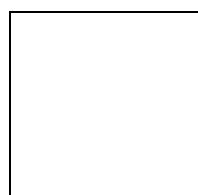
- диаметры окружностей выступов и впадин колеса



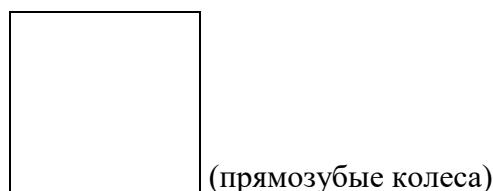
- высота головки и ножки зуба



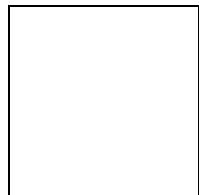
- полная высота зуба



- ширина колеса



(прямозубые колеса)



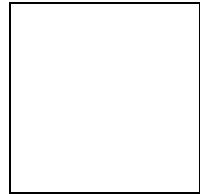
(косозубые колеса)

$\psi_{ba}$ - коэффициент длины зуба.

Для компенсации неточностей монтажа длины зуба шестерни принимаются несколько больше длины зуба колеса

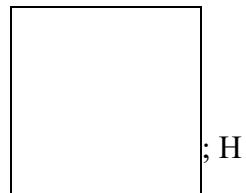
$$b_1=b_2+5$$

14. Уточняем межосевое расстояние



15. Определяем силы в зацеплении

- определяем окружную силу

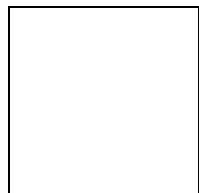


- определяем радиальную силу



(прямозубые колеса)

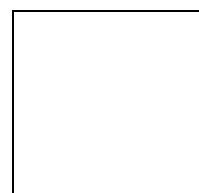
$\alpha$ - угол зацепления  $\alpha=20^0$ ;  $\operatorname{tg}20^0=0,364$



(косозубые колеса)

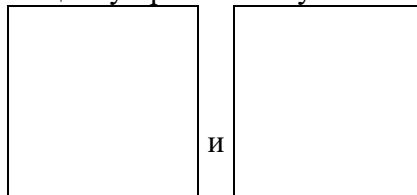
$\beta$ - угол наклона зуба ( $8^0-20^0$ )

Определяем осевую силу



(косозубые колеса)

16. Проводим сравнительную оценку прочности зубьев шестерни и колеса на изгиб

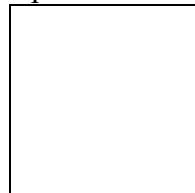


где  $\gamma_{F1}$  и  $\gamma_{F2}$  - коэффициенты формы зуба в зависимости от количества зубьев

Z	17	20	25	30	40	50	60	и более
$\gamma_F$	4,26	4,09	3,9	3,8	3,7	3,66	3,62	3,6

Так как меньшее отношение получилось у шестерни, то и проверку необходимо вести для шестерни.

17. Напряжение изгиба в зубьях шестерни



$\gamma_{F1}$  - коэффициент формы зуба

$F_{t1}$  - окружная сила, Н

$k_{Fv}=1,4$  – коэффициент динамичности

$k_{F\beta}=1,4$  – коэффициент неравномерности нагрузки

m – модуль зацепления

$b_2$  – ширина колеса, мм

$[\sigma_F]$  - допускаемое напряжение изгиба.

Если  $\sigma_F < [\sigma_F]$  то зубья шестерни условию прочности на изгиб удовлетворяют. Межосевое расстояние определяется из условия контактной прочности и округляется в большую сторону, поэтому проверка на контактную прочность нецелесообразна.

**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

1. Тема занятия;
2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;
4. Расчеты.
8. Вывод.

**Содержание задания:**

Рассчитать прямозубую передачу одноступенчатого цилиндрического редуктора привода конвейера, выполнить прочностной расчет передачи по контактным напряжениям и определить параметры элементов зацепления. Исходные данные необходимые для решения своего варианта задачи, выбрать из таблицы:

№ варианта	Цилиндрический зубчатый редуктор		
	Мощность на ведущем валу, $P_1$ , кВт	Частота вращения ведущего вала, $n_1$ , мин <sup>-1</sup>	Частота вращения ведомого вала, $n_2$ , мин <sup>-1=</sup>
1	0,8	930	310
2	0,8	930	232
3	1,0	950	380
4	1,0	930	465
5	1,1	930	330
6	1,5	1420	284
7	1,5	950	238
8	1,5	930	600
9	1,7	1420	226
10	1,7	930	640
11	2,2	720	228
12	2,2	950	235
13	2,2	1420	290
14	2,8	930	330
15	2,8	950	258
16	2,8	1420	226
17	3,0	720	28
18	3,0	960	480
19	3,0	1420	286
20	4,0	730	330
21	4,0	960	342
22	4,0	1450	460
23	4,5	950	526
24	5,5	725	580
25	5,5	730	456

26	5,	950	676
27	5,5	1450	580
28	7,0	980	544
29	7,0	1440	515
30	7,5	970	606
31	7,5	1460	462
32	10	980	398
33	10	1460	580

### Практическое занятие №21

**Наименование:** «Выполнение расчета вала на прочность и жесткость.».

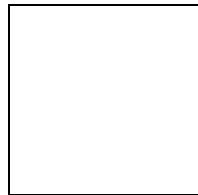
**Цель занятия:** Научиться построению эпюр крутящих и изгибающих моментов и производить проектный расчет вала.

**Необходимые материалы:**

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Техническая механика».
3. Микрокалькулятор и канцелярские принадлежности.

**Порядок выполнения задания:**

1. Изобразить расчетную схему.
2. Выписать исходные данные из таблицы.
3. Заменить действие опор подшипников силами реакций.
4. Определить врачающий момент.



; где

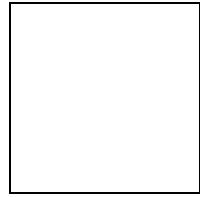
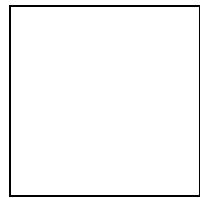
$M_{вр}$  - врачающий момент, Н•м

$P$  – мощность, Вт

– угловая скорость, рад/с

5. Вычислить нагрузки, приложенные к валу:

- окружные силы

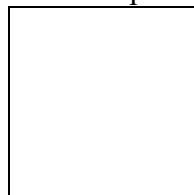


-радиальные силы  $F_{r1}=F_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha$ .  $\alpha$ - стандартный угол зацепления  $\alpha=20^0$ ,  $\operatorname{tg} 20^0=0,364$ .

$$F_{r1}=0,364 \cdot F_1$$

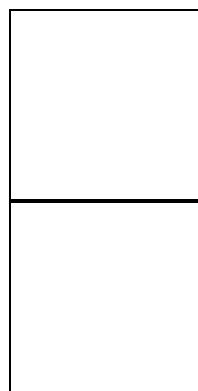
$$F_{r2}=0,364 \cdot F_2$$

1. Определить реакции опор от радиального усилия
  2. Определить реакции опор от окружного усилия
  3. Определить в характерных сечениях значения изгибающих моментов  $M_x$  и  $M_y$ .
  4. Вычислить полный изгибающий момент и определить в какой точке сечение является опасным.
  5. Определить эквивалентный момент
  6. Эпюры крутящих и изгибающих моментов;
7. Определение эквивалентного момента для опасного сечения;
8. Определить требуемый осевой момент сопротивления:



5. Подбор поперечного сечения вала; Определить диаметр вала.

Для сплошного круглого сечения



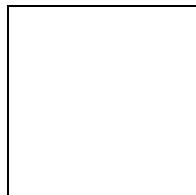
6. Вывод. Полученное значение диаметра вала округлить до ближайшего четного (или оканчивающегося на пять) числа.

**Отчет о проделанной работе должен содержать:**

1. Тема занятия;
2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;
4. Изображение вала и силой схемы;
5. Построение эпюор крутящего момента и изгибающих моментов.
6. Проектный расчет вала.
7. Вывод

**Содержание задания:**

Для стального вала постоянного поперечного сечения с двумя зубчатыми колесами, передающего мощность  $P$ , кВт, при угловой скорости  $\omega$ , рад/с. Определить вертикальные и горизонтальные составляющие реакции подшипников, построить эпюру крутящих моментов, построить эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях, Выполнить подбор сечения вала. Вал выполнен из стали с



=160МПа Схему своего варианта см. на рис. и в таблице.

№ варианта	№ схемы (рис.12)	$P$ , кВт	$\omega$ , рад / с
01	1	15	38
02	2	25	45
03	3	20	30
04	4	32	54
06	6	40	65
07	7	35	70
08	8	38	52
09	9	22	38
10	10	60	80
11	1	46	84
12	2	48	70
13	3	46	75
14	4	34	76
15	5	26	54
16	6	59	98
17	7	28	56
18	8	47	65
19	9	53	78
20	10	25	52
21	1	62	98

22	2	30	60
23	3	27	40
24	4	17	41
25	5	23	75
26	6	18	36
27	7	40	84
28	8	24	58
29	9	36	80
30	10	26	46

## Практическое занятие №23

**Наименование:** «Выполнение расчета шпоночных соединений и шлицевых соединений.».

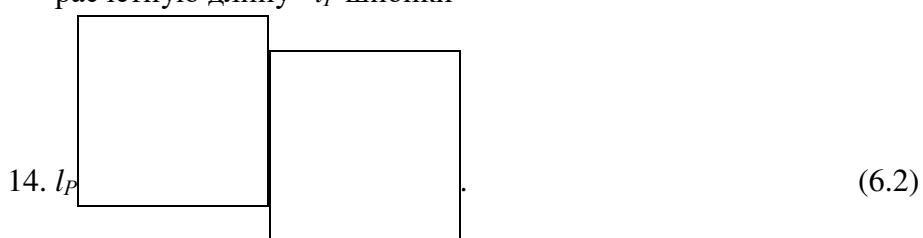
**Цель занятия:** Научиться выполнять расчеты шпоночных и шлицевых соединений.

**Необходимые материалы:**

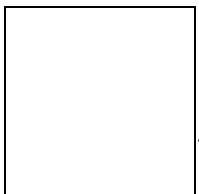
1. Тетрадь для практических занятий.
2. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Техническая механика».
3. Микрокалькулятор и канцелярские принадлежности.

**Порядок выполнения задания:**

1. Изобразить расчетную схему.
2. Выписать исходные данные из таблицы.
3. По диаметру вала  $d$  определить размеры поперечного сечения шпонок или размеры и число зубьев шлицевого соединения.
4. Допускаемое напряжение смятия  $[\sigma_{CM}]$  определяется пределом текучести  $\sigma_T$  и зависит от вида приложенной нагрузки и характеристик материалов контактирующих деталей.  
Значение  $[\sigma_{CM}]$  выбирается в расчете на **наименее прочный материал** из тех, что находятся в контакте.
5. Тогда
6.  $[\sigma_{CM}] = \sigma_T / [s],$  (6.1)
- 7.
8. где  $\sigma_T$ - предел текучести, МПа;  $[s]$ - коэффициент запаса.
9. При нереверсивной нагрузке, мало изменяющейся по величине, принимают коэффициент запаса  $[s] = 1,9 \dots 2,3$ , а при частых пусках и остановках -  $[s] = 2,9 \dots 3,5$ ; при реверсивной нагрузке коэффициент запаса повышают на 30 %.
10. Допускаемые напряжения на срез для шпонок обычно принимают  $[\tau_{CP}] = 60 \dots 100$  МПа (меньшее значение принимают при динамических нагрузках).
11. Для шлицевых соединений фактические напряжения сильно зависят от координаты рассматриваемой точки на шлице и поэтому они оказываются значительно больше средних. Это обстоятельство можно учесть, если уменьшать допускаемые напряжения, увеличивая при этом коэффициенты запаса. При статической нагрузке допускаемые напряжения смятия можно принимать  $[\sigma_{CM}] = 80 \dots 120$  МПа при твердости поверхности шлицев  $HB \leq 350$  и  $[\sigma_{CM}] = 120 \dots 200$  МПа при твердости поверхности шлицев  $HB > 350$ . В случае подвижного соединения допускаемые напряжения уменьшают в два раза.
12. Проверить прочность элементов соединения в соответствии с видами разрушения.
13. Призматические шпонки имеют прямоугольное сечение. Стандарт предусматривает для каждого диаметра вала определенные размеры поперечного сечения шпонки. Поэтому при проектных расчетах размеры  $b$  и  $h$  принимают из таблицы Б4 и определяют расчетную длину  $l_P$  шпонки



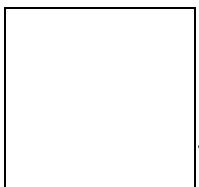
15. Длину шпонки  $l = l_P + b$  выбирают из стандартного ряда (таблица Б4). Длину ступицы  $l_{CT}$  назначают на 8...10 мм больше длины шпонки. Если по результатам расчета шпоночного соединения получают длину ступицы  $l_{CT} \geq 1,5d$ , то вместо шпоночного целесообразнее применить шлицевое соединение или соединение с натягом.
16. Причиной разрушения шпоночного соединения, помимо нормальных пластических деформаций, может быть пластический сдвиг (срез), вызванный наибольшими касательными напряжениями.
17. И тогда шпонки проверяют на срез



18. Однако если размеры поперечного сечения шпонки в зависимости от диаметра вала выбираются из нормального ряда, то выполнять такой расчет нет необходимости, так как условие прочности на срез выполняется автоматически.

Сегментные шпонки. Размеры сегментных шпонок рекомендуется выбирать в соответствии с данными таблицы Б5 . Расчет сегментных шпонок проводится в форме проверочного и выполняется по той же методике и по тем же формулам, что и расчет на сопротивление смятию для призматических шпоночных соединений.

Тогда



(6.4)

19. Проверка соединения на срез осуществляется по формуле (6.3), принимая при этом  $l_P = l$ .

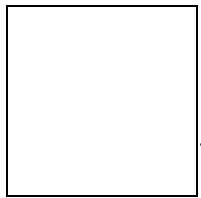
## 20. Штифтовые соединения.

Диаметр  $d_{Ш}$  и расчетную длину штифта (цилиндрической шпонки)  $l_P$  в первом приближении принимают по соотношениям в зависимости от диаметра вала  $d$  :

$$d_{Ш} \approx (0,13 \dots 0,16) d; \quad l_P \approx (3 \dots 4) d_{Ш} \quad (6.5)$$

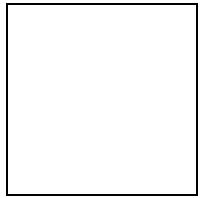
и уточняют по ГОСТ (таблица Б8).

21. - штифт расположен параллельно оси вращения(рисунок 6.8) соединение при этом обеспечивает передачу момента вращения  $T$ .
22. При нагружении внешним моментом в продольном сечении штифта появляются касательные напряжения, которые не могут превышать предела текучести при сдвиге.
23. Условие прочности на сопротивление срезу для осевого штифтового соединения можно записать как



(6.6)

24. Условие отсутствия на поверхности контакта пластических деформаций (смятия), вызванных нормальными напряжениями, записывается в виде (см. формулу (4.29))

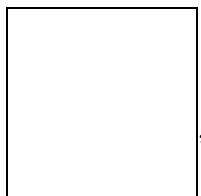


(6.7)

25. По указанным формулам можно определить длину шпонки, задавшись ее диаметром, или задавшись ее длиной, найти диаметр шпонки.

- штифт установлен в радиальном направлении (рисунок 6.2).

26. Здесь каждая поверхность среза представляет собой круг. Как уже было сказано выше, в момент среза на этих поверхностях действуют касательные напряжения, равные пределу текучести при сдвиге. Тогда условие прочности на сопротивление срезу имеет вид



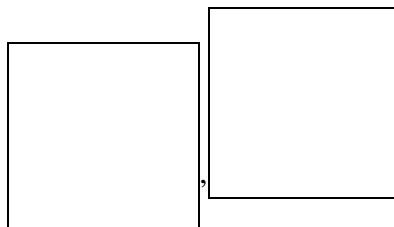
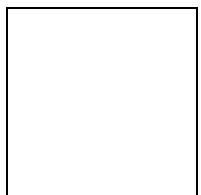
, (6.8)

где  $i$  - число поверхностей среза.

27. Шлицевые соединения.

Смятие и износ рабочих поверхностей зубьев связаны с одним и тем же параметром – напряжением смятия  $\sigma_{CM}$ . Это позволяет рассматривать  $\sigma_{CM}$  как обобщенный критерий расчета и на смятие и на износ, принимая при этом  $[\sigma_{CM}]$  на основе опыта эксплуатации подобных конструкций. Такой расчет будет называться упрощенным расчетом по обобщенному критерию.

При проектировочном расчете шлицевых соединений после выбора размеров сечения зубьев по стандарту (таблицы Б6 и Б7) определяют длину зубьев  $l$  из условия прочности по напряжениям смятия (см. формулу 4.30 [1, с.140])

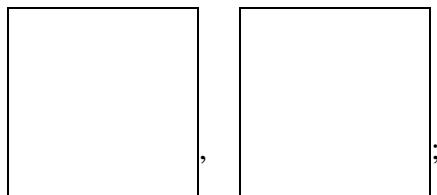


, (6.9)

где  $K_3$  – коэффициент неравномерности распределения нагрузки между зубьями (зависит от точности изготовления и условий работы),  $K_3 = 1,1 \dots 1,5$ .

28. Геометрические размеры шлица вычисляют в зависимости от шлицевого соединения.

Так для прямобочных шлицев



(6.10)

для эвольвентных

$$d_m = m \cdot z, \quad h = m. \quad (6.11)$$

29. Если получается, что  $l > 1,5 \cdot d$ , то изменяют размеры, термообработку или принимают другой вид соединения.

Длину ступицы принимают  $l_{CT} = l + 4 \dots 6$  мм и более в зависимости от конструкции соединения.

#### Содержание задания:

**Задача 1.** Зубчатое колесо, рассчитанное для передачи окружного усилия  $F_t$ , соединено с валом диаметром  $d$  при помощи призматической шпонки (рисунок 6.1). Определить необходимую длину шпонки, если диаметр делительной окружности  $D_1$ , материал шестерни и вала - Сталь 40Х, материал шпонки - сталь Ст 6 (таблица 6.1).

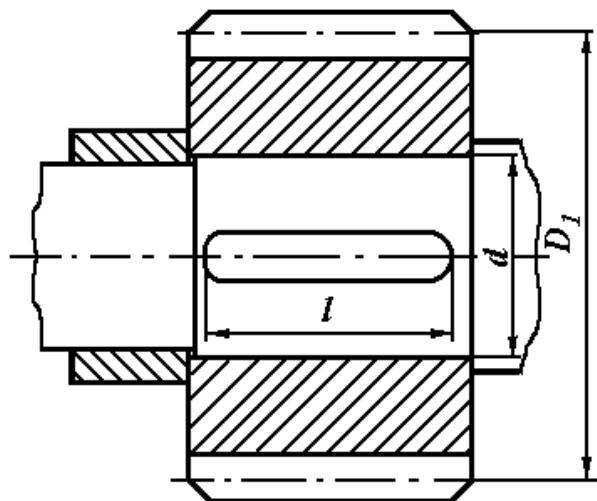


Рисунок 6.1

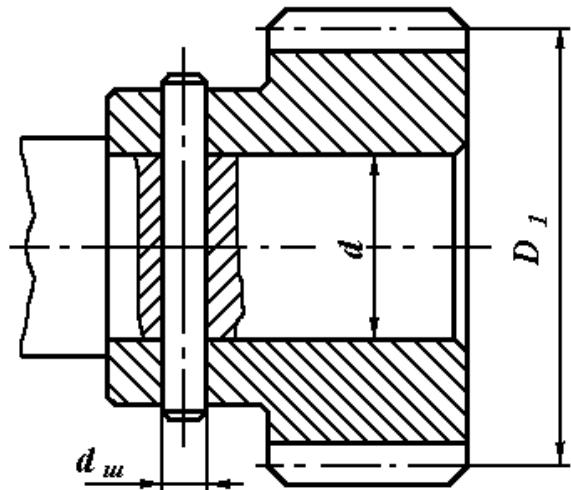


Рисунок 6.2

Таблица 6.1

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_t$ , кН	4	6	8	10	4,5	5,5	6,0	8,0	10,0	12,0
$d$ , мм	30	40	30	40	50	60	40	50	50	60
$D_1$ ,мм	150	160	175	190	200	220	210	250	280	300

**Задача 2.** Цилиндрическая шестерня закреплена на валу при помощи цилиндрического штифта (рисунок 6.2). Проверить штифт на срез, если момент, передаваемый шестерней  $T$  (таблица 6.2). Материал штифта - сталь Ст 6.

Таблица 6.2

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T$ , Н·м	60	65	80	90	100	85	80	70	75	95
$d$ , мм	18	22	24	26	28	30	32	34	36	38

**Задача 3.** Подобрать по ГОСТу неподвижное шлицевое соединение шестерни с валом (рисунок 6.3) и проверить ее на прочность. Диаметр вала  $d$  и момент  $T$ , передаваемый валом, приведены в таблице 6.3.

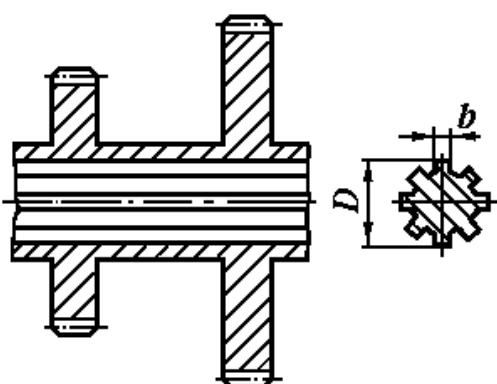
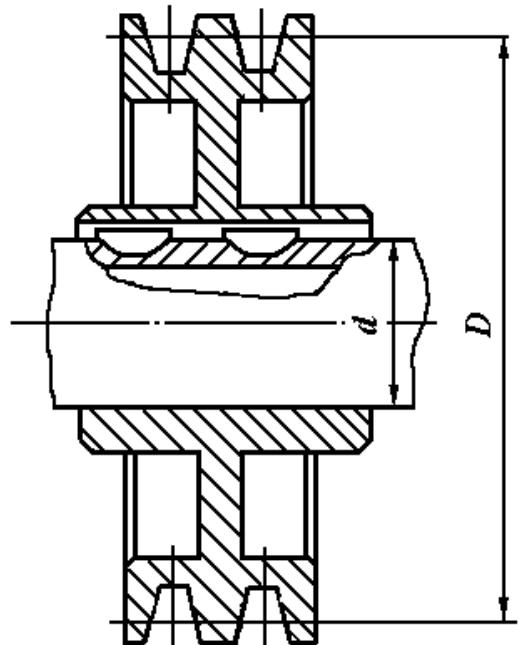


Рисунок 6.3



*Рисунок 6.4*

Таблица 6.3

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T, \text{Н}\cdot\text{м}$	200	220	250	230	260	240	320	300	360	400
$d, \text{мм}$	32	36	34	38	40	45	56	48	52	60

Задача 4. Подобрать и проверить сегментные шпонки, с помощью которых передается окружное усилие  $F_t$  на шкиве диаметром  $D$ , если наружный диаметр вала  $d$ (рисунок 6.4, таблица 6.4).

Таблица 6.4

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d, \text{мм}$	32	38	30	25	20	28	30	30	25	38
$F_t, \text{кН}$	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,2
$D, \text{мм}$	450	400	300	200	100	150	200	250	150	200

**Задача 5.** Втулочная муфта, соединяющая два вала диаметрами  $d$ , передает крутящий момент  $T$  (таблица 6.5) с помощью призматических шпонок (рисунок 6.5). Из условия равнопрочности вала и шпонки определить размеры последней. Вал изготавливается из стали Ст 5

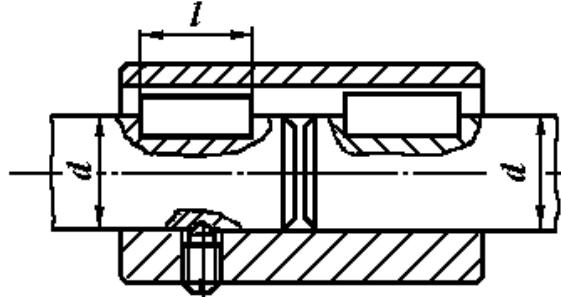


Рисунок 6.5

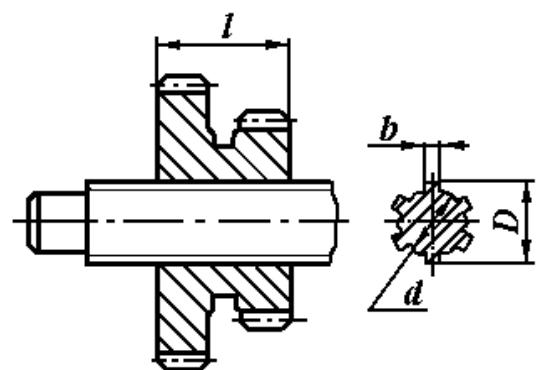
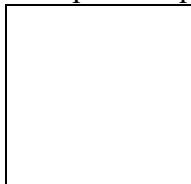


Рисунок 6.6

Таблица 6.5

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T, \text{Н}\cdot\text{м}$	200	300	350	400	480	520	600	700	800	900
$d, \text{мм}$	30	36	38	42	45	50	52	58	50	60

Задача 6. Блок шестерен коробки передач посажен на шлицевой вал с



номинальными размерами [ ] (рисунок 6.6). Материал рабочих поверхностей - Сталь 45, передаваемый крутящий момент  $T$  (таблица 6.6). Выполнить проверочный расчет для шлицевого соединения.

Таблица 6.6

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T, \text{Нм}$	480	520	560	600	640	680	720	760	800	840

$z \times d \times D$	6 × 28 × 34	8 × 32 × 38	8 × 36 × 42	8 × 42 × 48	8 × 46 × 54	8 × 56 × 65	8 × 62 × 72	10 × 72 × 82	10 × 82 × 92	10 × 92 × 102
-----------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------	---------------

Задача 7. Подобрать по ГОСТ сегментные шпонки (рисунок 6.7) для гильзовой муфты и проверить ее на прочность. Диаметр вала  $d$  и момент, передаваемый валом  $T$ , приведены в таблице 6.7. Материал шпонки - Сталь 45, ступицы колеса – чугун СЧ 18.

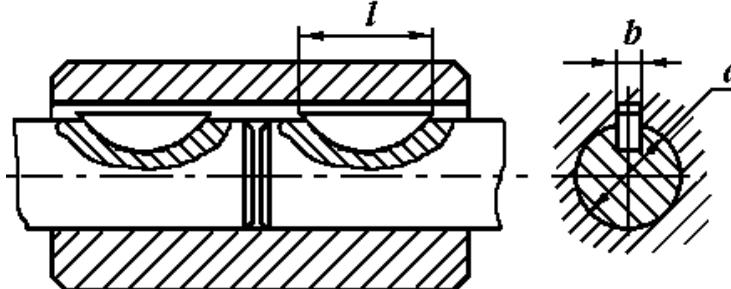


Рисунок 6.7

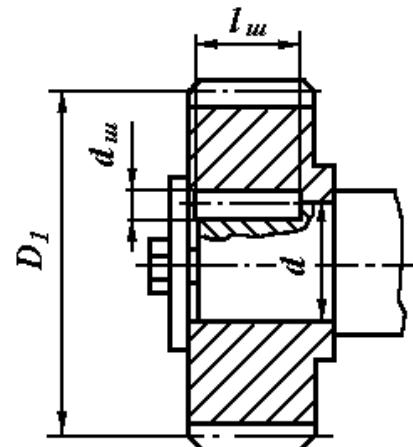


Рисунок 6.8

Таблица 6.7

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T, \text{Нм}$	40	60	80	100	45	55	60	80	100	120
$d, \text{мм}$	16	18	20	22	25	28	30	32	36	38

Задача 8. Зубчатое колесо закреплено на валу  $d$  при помощи цилиндрической шпонки (штифта) диаметром  $d_{ш}$  и длиной  $l_{ш}$  (рисунок 6.8). При перегрузке передачи шпонка оказалась срезанной. Определить окружное усилие на колесе диаметром  $D_1$ , при котором произошел срез.

Таблица 6.8

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

$d$ , мм	50	60	60	90	55	35	40	70	80	75
$d_{ш}$ , мм	8	8	10	12	8	6	6	10	12	10
$D_1$ , мм	200	250	300	350	400	450	350	400	450	500
$l_{ш}$ , мм	25	30	40	36	30	20	25	40	40	30

Задача 9. На выходной вал редуктора с размерами  $d$  и  $l$  (рисунок 6.9, таблица 6.9) насажена звездочка роликовой цепи. Подобрать и проверить на прочность шлицевое (эвольвентное) соединение. Вращающий момент на валу  $T$ . материал вала и звездочки – сталь 45.

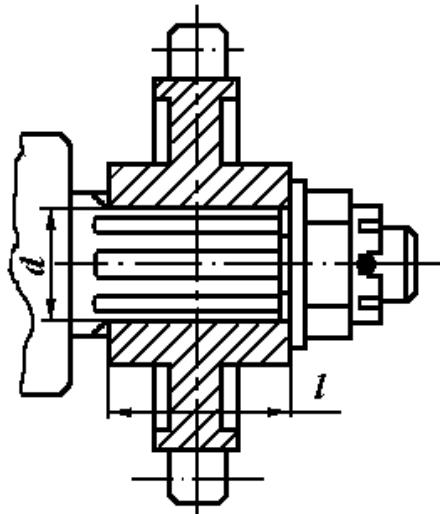


Рисунок 6.9

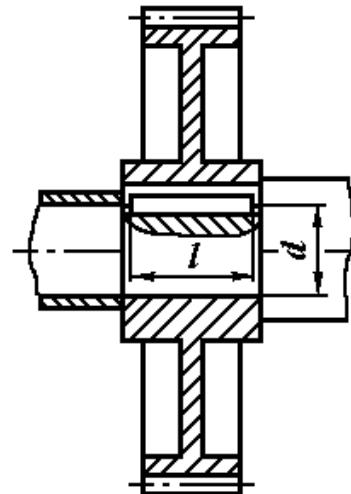


Рисунок 6.10

Таблица 6.9

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d$ , мм	25	30	40	50	45	35	20	55	60	65
$l$ , мм	50	50	30	40	30	40	40	50	50	30
$T$ , Н·м	500	600	700	800	900	800	700	900	800	950

Задача 10. Определить предельный вращающий момент, который может передать призматическая шпонка длиной  $l$  установленная на валу диаметром  $d$  (рисунок 6.10, таблица 6.10). Шпонка изготовлена - Сталь 45. Материал вала - Сталь 40.

Таблица 6.10

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d$ , мм	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
$l$ , мм	32	45	63	70	70	80	100	110	110	125

## Практическое занятие №23

Наименование: «Выполнение расчета сварных соединений».

Цель занятия: Научиться выполнять расчеты сварных соединений.

### Необходимые материалы:

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Техническая механика».
3. Микрокалькулятор и канцелярские принадлежности.

### Порядок выполнения задания:

1. Изобразить расчетную схему.
2. Выписать исходные данные из таблиц
3. Выбирают способ сварки (ручная электродуговая, автоматическая и т.д.) или назначают согласно заданию.
4. Принимают (или назначают согласно заданию) тип электрода и материал, свариваемых деталей. Для дуговой сварки применяют электроды с различной обмазкой, или покрытием, обеспечивающим устойчивое горение дуги и защиту материала шва от вредного воздействия окружающей среды. Для сварки конструкционных сталей применяют электроды: Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А и др. Число после буквы Э, умноженное на 10, обозначает минимальное значение временного сопротивления металла шва, измеряемого в МПа. Буква А обозначает повышенное качество электрода, обеспечивающее получение более высоких пластических свойств металла шва.
5. Определяют допускаемые напряжения для основного материала и материала сварного шва.

Допускаемые напряжения растяжения основного металла

$$[\sigma_p] = \sigma_T / [s], \quad (3.1)$$

где  $\sigma_T$  - предел текучести основного металла (таблица А1);  $[s]$  – допускаемый коэффициент запаса прочности ( $[s] = 1,2 \dots 1,8$  для низкоуглеродистых и  $[s] = 1,5 \dots 2,2$  для низколегированных сталей) - большее значение при грубых расчетах; если разрушение сопряжено с тяжелыми последствиями, то значение  $[s]$  повышают в 1,5... 2 раза.

Допускаемые напряжения для сварных швов  $[\sigma']$  при статической нагрузке задают волях от допускаемого напряжения  $[\sigma_p]$  на растяжение основного металла (таблица 3.11)

Таблица 3.11

Вид технологического процесса сварки	Допускаемые напряжения в швах при		
	растяжении $[\sigma'_p]$	сжатии $[\sigma'_{сж}]$	срезе $[\tau']$
Автоматическая под флюсом, ручная электродами Э42А и Э50А, контактнаястыковая	$[\sigma_p]$	$[\sigma_p]$	$0,65 \cdot [\sigma_p]$

Ручная дуговая электродами Э42 и Э50, газовая сварка	$0,9 \cdot [\sigma_P]$	$[\sigma_P]$	$0,6 \cdot [\sigma_P]$
--	------------------------	--------------	------------------------

В случае если сваривают детали с различными механическими свойствами, то расчет допускаемых напряжений ведется для материала, обладающего наименьшим значением предела текучести.

6. Составляют расчетную схему соединения, приведя её к схемам, изложенным в конспекте лекций

Внешние силы, действующие на соединение, следует перенести в центр тяжести сварного шва в соответствии с правилами теоретической механики, при этом силы, действующие под углом к плоскости сварных швов, необходимо разложить на перпендикулярные составляющие (рисунок 3.11).

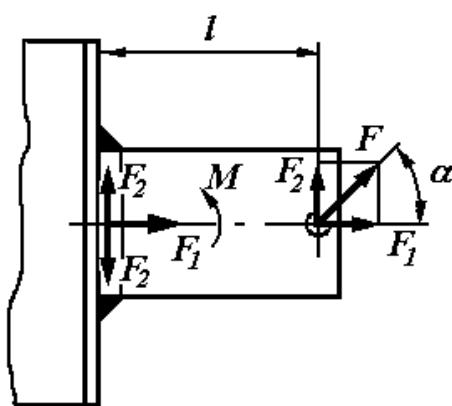


Рисунок 3.11

При переносе силы  $F_1$  параллельно себе появляется дополнительно момент пары сил равный

$$M = F_1 \cdot l .$$

При переносе силы  $F_2$  вдоль линии действия никаких дополнительных сил и моментов не возникает.

В задаче 8 усилие от каната приложено к барабану несимметрично по отношению к стойкам, поэтому и силы действующие на сварные швы ( $R_1$  и  $R_2$ ) будут различны. Для их определения следует

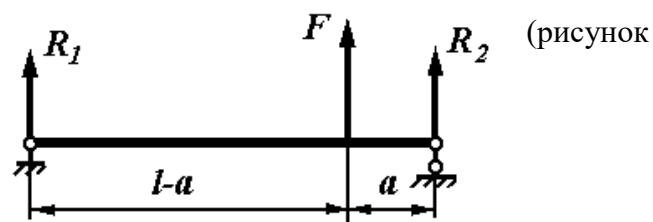
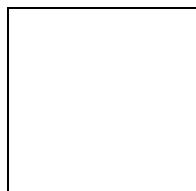
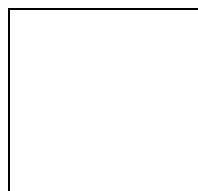


Рисунок 3.12

составить уравнения равновесия относительно опор 1 и 2 – стоек 3.12)



В задаче 10 следует из условия равновесия колеса относительно оси вращения



определить усилия  $F_i$ , вызывающие срез швов на соответствующих диаметрах  $D_i$ .

Примеры расчетных схем для задач 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9 показаны на рисунке 3.13.

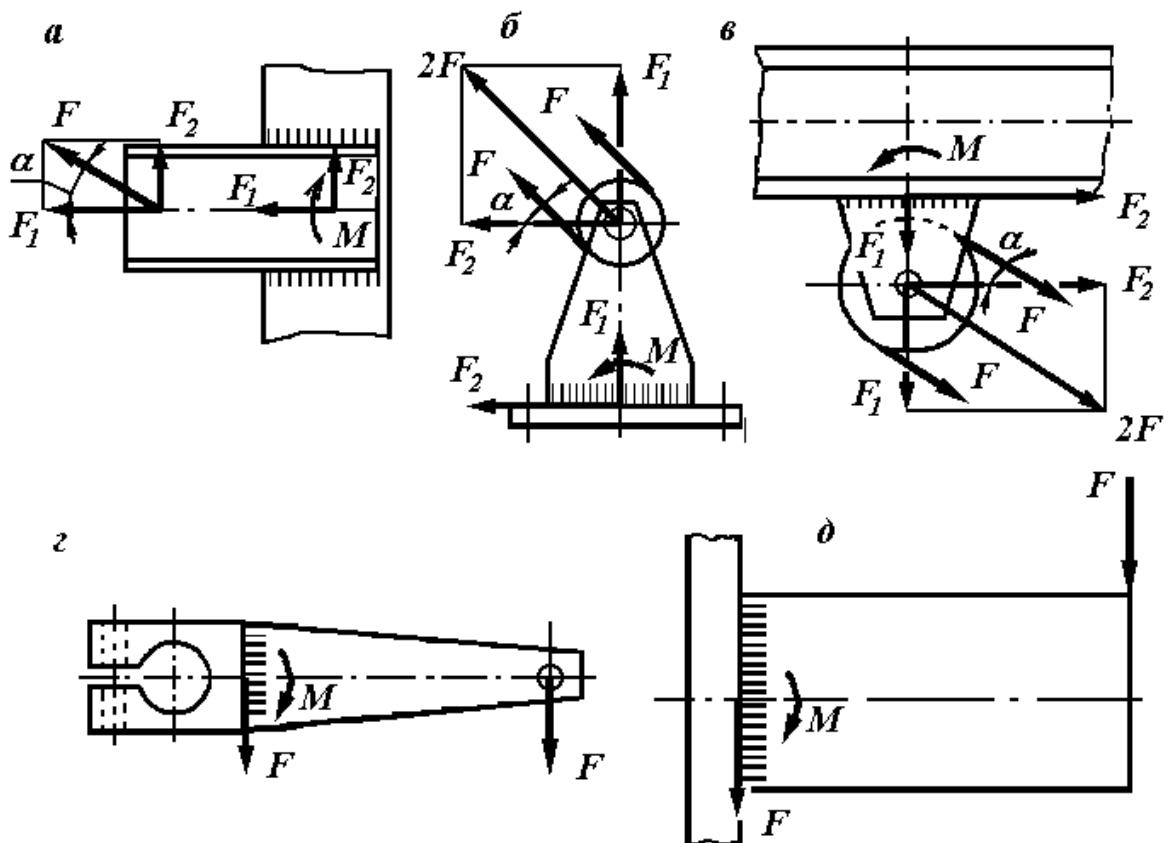


Рисунок 3.13

7. Назначают катет шва. В большинстве случаев  $k = \delta_{min}$ , где  $\delta_{min}$  - меньшая из толщин свариваемых деталей. По условиям технологии  $k \geq 3$  мм, если  $\delta_{min} \geq 3$  мм. Максимальная величина катета не ограничивается, однако швы с  $k > 20$  мм используются редко.

8. Определяют действующие напряжения отдельно для каждого силового фактора (силы, момента). Складывая напряжения, учитывают их направление (если направление векторов совпадает, то их складывают алгебраически, если векторы перпендикулярны, то их складывают геометрически).

9. При проектировании сварных швов обычно из условия прочности определяют их длину. Принимая при этом, что длина фланговых швов обычно не больше  $50k$ , лобовые швы могут иметь любую длину. Минимальная длина углового шва  $l_{min}$  составляет 30 мм, что перекрывает дефекты сварных швов – непровар в начале и кратер в конце.

**Задача 1.** Проверить прочность сварного соединения (рисунок 3.1). Соединение выполнено двумя угловыми швами с катетом  $k$ . Соединение нагружено силой  $F$  (таблица 3.1). Материал деталей - сталь Ст 3. Сварка ручная.

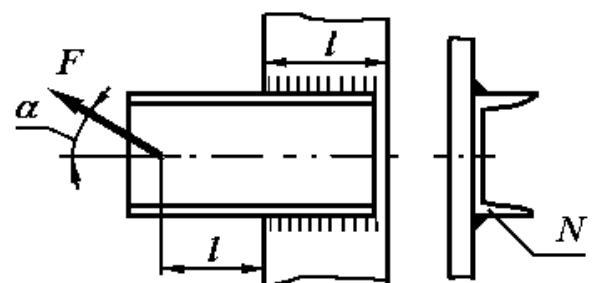
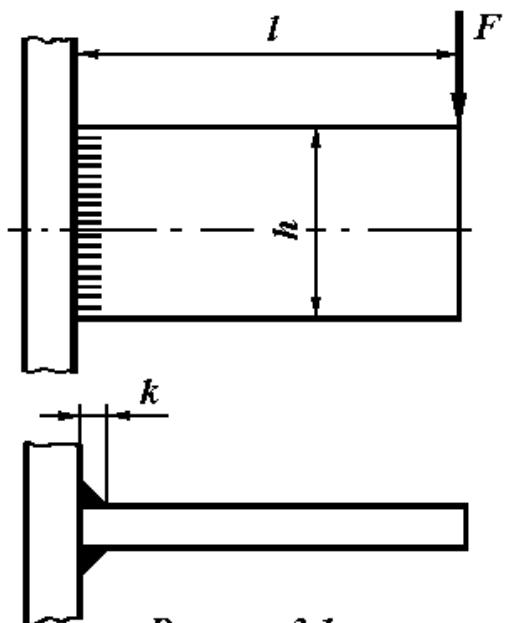


Рисунок 3.2



*Рисунок 3.1*

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	30	35	40	45	50	60	55	80	90	100
$l$ , мм	40 0	50 0	30 0	50 0	40 0	50 0	40 0	40 0	40 0	30 0
$h$ , мм	16 0	19 0	17 0	22 0	18 0	21 0	19 0	22 0	23 0	22 0
$\delta$ , мм	5			7			8			
Электрод	Э42			Э50			Э42А			

**Задача 2.** Проверить прочность сварного соединения, крепящего опорный швеллер, имеющий номер профиля №, к стальной плите (рисунок 3.2, таблица 3.2). Материал деталей – сталь Ст 3. Сварка автоматическая.

Таблица 3.2

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	25	30	40	45	50	55	60	65	70	75
$l$ , мм	350	320	300	280	400	380	360	450	400	500
№	5	8	10	12	14	16	18	20	22	24
$\alpha$ , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$

**Задача 3.** Проверить прочность сварного соединения, если на конце клеммового рычага, длиной  $l$  и толщиной  $\delta$  (рисунок 3.3, таблица 3.3) приложена сила  $F$ . Материал рычага - Сталь 10. Размер рычага у места сварки  $a$ . Сварка ручная.

Таблица 3.3

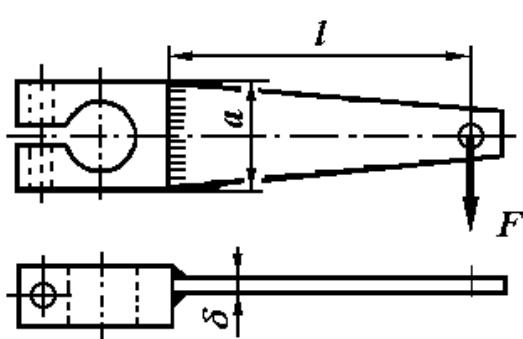


Рисунок 3.3

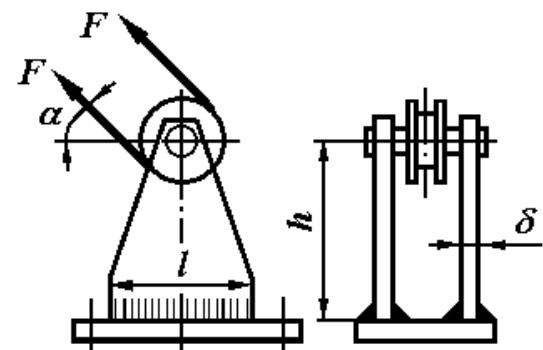


Рисунок 3.4

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	10	6,5	5	5	7	8	10	9	30	10
$a$ , мм	65	55	55	60	70	80	90	75	100	50
$l$ , мм	200	250	300	350	400	450	500	400	300	200
$\delta$ , мм	5		6		7		8		10	
Электроды	Э42А		Э50		Э42		Э50		Э42А	

**Задача 4.** Рассчитать сварное соединение – длину шва  $l$  (рисунок 3.4), крепящее стойки неподвижного блока к плите. Сварка автоматическая. Материал свариваемых деталей - сталь Ст 5. Толщина стоек  $\delta$  (таблица 3.4).

Таблица 3.4

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
$h$ , мм	160	150	120	150	160	150	135	150	120	110
$\alpha$ , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$

$\delta$ , мм	6	8	10
Элек тро- ды	Э42А	Э50	Э42

**Задача 5.** Проверить прочность сварного соединения крепления трубы к неподвижной плите  $A$  (рисунок 3.5) путем обварки по контуру сварным швом с катетом  $k$ , если наружный диаметр трубы  $D$ , толщина стенки  $\delta$  (таблица 3.5). Материал трубы -сталь Ст 3. Сварка автоматическая электродами Э50А.

Таблица 3.5

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	50	60	70	80	90	100	120	140	120	130
$D$ , мм	50	54	60	68	70	76	83	89	95	102
$\delta$ , мм	5	6	7	5	8	10	12	10	8	14

**Задача 6.** Рассчитать сварное соединение из серьги, блока и швеллера (рисунок 3.6). На блок действует сила  $F$ , толщина стенки серьги  $\delta$ (таблица 3.6). Материал свариваемых деталей - Сталь 10. Сварка ручная.

Таблица 3.6

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	5	10	7	8	9	10	12	14	12	13
$h$ , мм	160	200	150	200	250	150	120	200	250	300
$\alpha$ , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
Элек тро- ды	Э42А			Э50			Э42			
$\delta$ , мм	6			8			10			

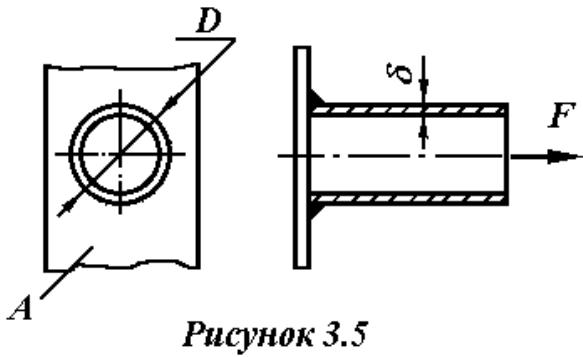


Рисунок 3.5

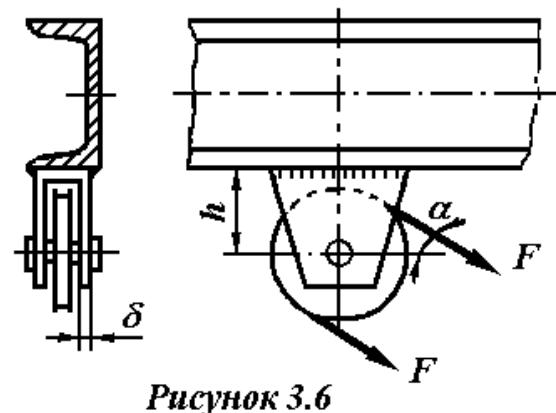


Рисунок 3.6

**Задача 7.** Проверить прочность сварного соединения листа толщиной  $\delta$  с уголком (рисунок 3.7), если на конце  $l$  рычага приложена сила  $F$  (таблица 3.7). Материал рычага - сталь Ст 5. Сварка ручная электродами Э50.

Таблица 3.7

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	20	30	40	50	40	30	40	50	35	40
$l$ , мм	65	55	55	60	60	65	90	75	100	50
$h$ , мм	120	150	110	130	140	100	140	160	100	90
$\alpha$ , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
$\delta$ , мм	5		6		7		8		10	

**Задача 8.** Рассчитать сварное соединение стойки ручной лебедки с плитой (рисунок

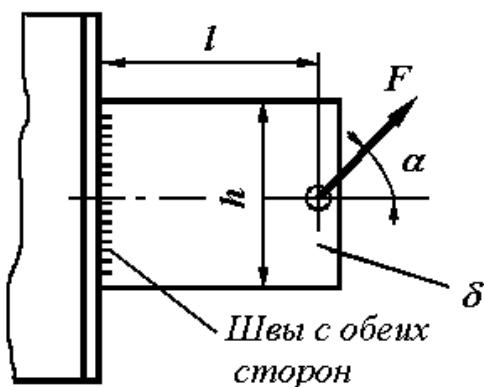


Рисунок 3.7

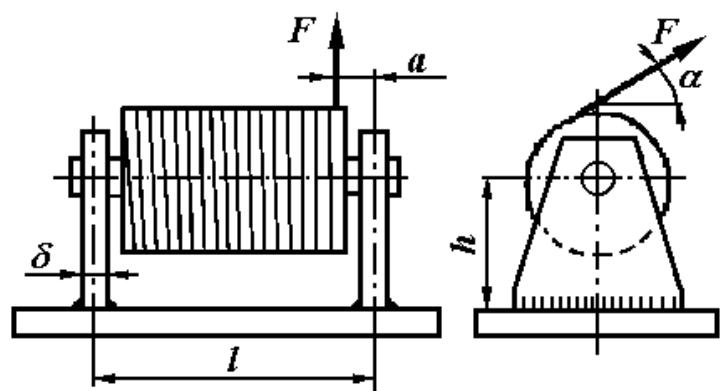


Рисунок 3.8

3.8). Сила натяжения каната направлена под углом  $\alpha$ . Положение каната по длине барабана принять наиболее тяжелым. Расстояние между стойками  $l$ , высота оси барабана  $h$ . Крайнее положение каната от стойки  $a$  (таблица 3.8). Материал деталей – Сталь15. Сварка ручная.

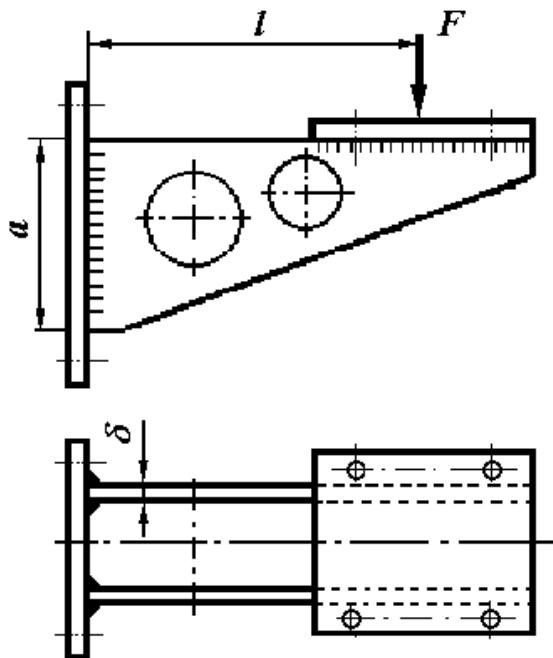
Таблица 3.8

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	30	26	30	35	28	30	38	20	40	35
$h$ , мм	65 0	80 0	60 0	60 0	70 0	50 0	60 0	80 0	50 0	60 0
$l$ , мм	50 0	45 0	40 0	50 0	55 0	60 0	40 0	60 0	80 0	70 0
$a$ , мм	10 0	15 0	10 0	80	10 0	15 0	60	10 0	12 0	80
$\alpha$ , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
$\delta$ , мм	7				8					
Элек тро- ды	Э42А				Э50					

**Задача 9.** Рассчитать сварное соединение кронштейна с плитой (рисунок 3.9). Соединение выполнено угловыми швами с катетом  $k$ . Соединение нагружено силой  $F$ (таблица 3.9). Материал деталей -сталь Ст 4. Сварка ручная.

Таблица 3.9

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	10	35	40	45	50	20	35	30	25	50
$l$ , мм	24 0	35 0	30 0	50 0	40 0	35 0	28 0	25 0	36 0	46 0
$\delta$ , мм	5				7				8	
Элек тро- ды	Э42А				Э50				Э42	



*Рисунок 3.9*

**Задача 10.** Рассчитать сварные швы, соединяющие зубчатый венец колеса с его диском и диск со ступицей (рисунок 3.10). Передаваемая зубчатым колесом мощность  $P$ , угловая скорость  $\omega$  и его диаметры  $D$  и  $d$  приведены в таблице 3.10 . Соединение выполнено двумя угловыми швами с катетами  $k_1$  и  $k_2$ . Материал обода и ступицы – Сталь 40, материал диска сталь Ст 3. Сварка ручная, электродами Э42.

Таблица 3.10

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P$ , кВт	3 2	35	40	30	50	60	65	55	40	50
$\omega$ , $\text{с}^{-1}$	2 0	18	22	10	25	30	30	26	24	30
$D$ , мм	1 6 0	18 0	24 0	30 0	34 0	44 0	39 0	48 0	28 0	19 0

$d$ , MM	40	48	52	60	70	100	80	120	80	60
$k_1$ , MM	4				6				8	
$k_2$ , MM	6				8				10	

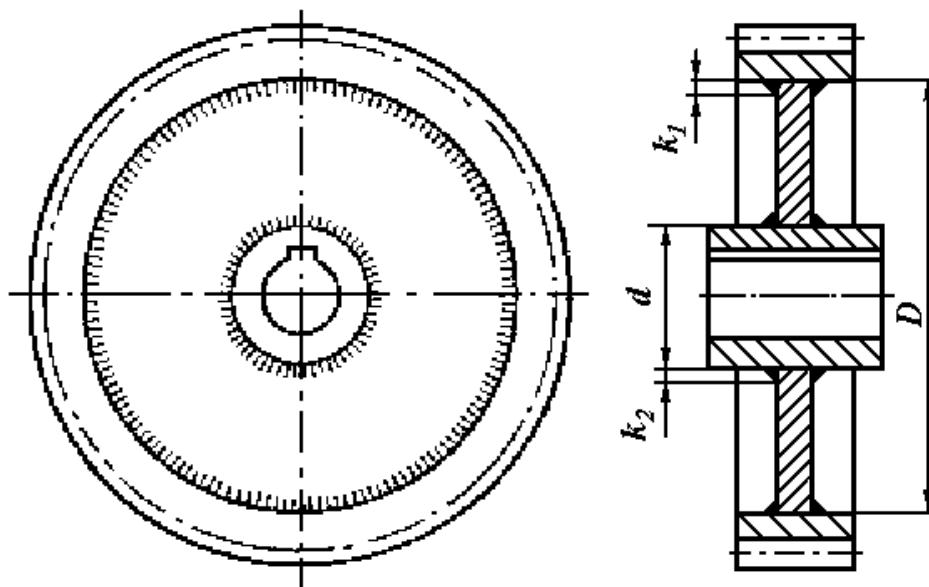


Рисунок 3.10

Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение:

Основная литература:

1. Лукьянов, М. А. Техническая механика : учебник / М.А. Лукьянов, А.М. Лукьянов. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 486 с. — (Высшее образование: Специалитет). — DOI 10.12737/1078230. - ISBN 978-5-16-016027-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1078230> (дата обращения: 07.04.2022). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Завистовский, В. Э. Техническая механика : учебное пособие / В.Э. Завистовский. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 376 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-015256-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1190673> (дата обращения: 08.04.2022). – Режим доступа: по подписке.
2. Завистовский, В. Э. Техническая механика: детали машин : учебное пособие / В.Э. Завистовский. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 350 с. — (Высшее образование: Магистратура). — [www.dx.doi.org/10.12737/textbook\\_5d199463a99d77.06586963](http://www.dx.doi.org/10.12737/textbook_5d199463a99d77.06586963). - ISBN 978-5-16-015257-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1020988> (дата обращения: 08.04.2022). – Режим доступа: по подписке..