

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Иркутский государственный университет путей сообщения»

Сибирский колледж транспорта и строительства

Методические указания для проведения практических занятий
учебная дисциплина ОПЦ.02 Техническая механика
по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений
базовая подготовка
среднего профессионального образования

Иркутск 2024

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.

00920FD815CE68F8C4CA795540563D259C с 07.02.2024 05:46 по 02.05.2025 05:46 GMT+03:00

Подпись соответствует файлу документа



РАССМОТРЕНО:

Цикловой методической
комиссией общетехнических и
электротехнических дисциплин
Протокол № 9
«11» апреля 2024 г.
Председатель ЦМК: Игнатенко Ж.С.

Методические указания для проведения практических занятий разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины ОПЦ.02. Техническая механика специальности среднего профессионального образования 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений.

Разработчик: Якименко О.В., преподаватель СКТиС

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, 6
8. Практическое занятие №7, 8
9. Практическое занятие №9
10. Практическое занятие №10
11. Практическое занятие №11, 12
12. Практическое занятие №13
13. Практическое занятие №14, 15
14. Практическое занятие №16
15. Практическое занятие №17
16. Практическое занятие №18,19
17. Учебно-методическое и информационное обеспечение

Пояснительная записка

Назначение методических указаний

Настоящие указания являются методическим пособием для проведения практических занятий по программе учебной дисциплины Техническая механика для специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений дневной формы обучения. Указания содержат описание заданий и порядок их выполнения.

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

1. «Определение усилий в стержнях фермы графическим способом. Построение силового многоугольника».
2. «Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил. Определение реакций в связях аналитическим, графическим и графоаналитическим способами»
3. «Определение момента силы относительно точки и оси. Решение задач на определение опорных реакций».
4. «Решение задач на определение опорных реакций».
5. «Определение координат центра тяжести сложных сечений, составленных из простых фигур».
6. «Определение координат центра тяжести сложных сечений, составленных из профилей стального проката».
7. «Определение продольной силы и нормального напряжения. Построение эпюр».
8. Испытание материалов на растяжение стального образца.
9. «Расчет на прочность при растяжении и сжатии».
10. «Расчет на прочность при срезе и смятии».
11. «Решение задач на определение главных центральных моментов инерции и моментов сопротивления составных сечений, имеющих ось симметрии.»
12. Построение эпюр крутящих моментов. Расчет на прочность при кручении
13. Расчет балки на прочность при изгибе
14. «Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для двух опорных балок».
15. Устойчивость центрально-сжатых стержней
16. Расчет многопролетной статически определимой шарнирной балки
17. Статически определимые плоские рамы»
18. Статически определимые плоские фермы.
19. Статически определимые плоские фермы

Содержание дисциплины ОПЦ.02.Техническая механика базируется на содержании дисциплин Математика, Физика, Строительные материалы и изделия, и ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессиональных модулей: ПМ 01 Участие в проектировании зданий и сооружений, по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений базовой подготовки и овладению общими и профессиональными компетенциями.

Код ОК, ПК	Умения	Знание
1	2	3
ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам	Распознавать задачу в профессиональном контексте; анализировать задачу и выделять её составные части; определять этапы решения задачи; выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения	Основные источники информации для решения задач в профессиональном контексте; структуру плана для решения задач; порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности.

Код ОК, ПК	Умения	Знание
1	2	3
	задачи; составить план действия; оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника)	
ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	Определять задачи для поиска информации; определять необходимые источники информации; планировать процесс поиска; структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации; оценивать практическую значимость результатов поиска; оформлять результаты поиска	Номенклатура информационных источников применяемых в профессиональной деятельности; приемы структурирования информации; формат оформления результатов поиска информации
ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.	Определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности; применять современную научную профессиональную терминологию.	Содержание актуальной нормативно-правовой документации; современная научная и профессиональная терминология.
ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.	Организовывать работу коллектива и команды.	Психологические основы деятельности коллектива.
ПК 1.1. Подбирать наиболее оптимальные решения из строительных конструкций и материалов, разрабатывать узлы и детали конструктивных элементов зданий и сооружений в соответствии с условиями эксплуатации и назначением; ПК 1.2. Выполнять расчеты и конструирование строительных конструкций	- выполнять расчеты нагрузок, действующих на конструкции; строить расчетную схему конструкции по конструктивной схеме; выполнять статический расчет; проверять несущую способность конструкций; подбирать сечение элемента от приложенных нагрузок; выполнять расчеты соединенных элементов конструкции;	- законы механики деформируемого твердого тела, виды деформаций, основные расчеты; - определение направления реакции связи; - определение момента силы относительно точки, его свойства; - типы нагрузок и виды опор балок, ферм, рам; - напряжения и деформации, возникающие в строительных элементах при работе под нагрузкой; - моменты инерции простых сечений элементов и др

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 из-

мерения.

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 №1,3

по теме «Плоская система сходящихся сил»

Наименование: «Плоская система сходящихся сил. Определение реакций в связях аналитическим, графическим и графоаналитическим способами»

Цель занятия: научиться определять реакции разными способами. 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:

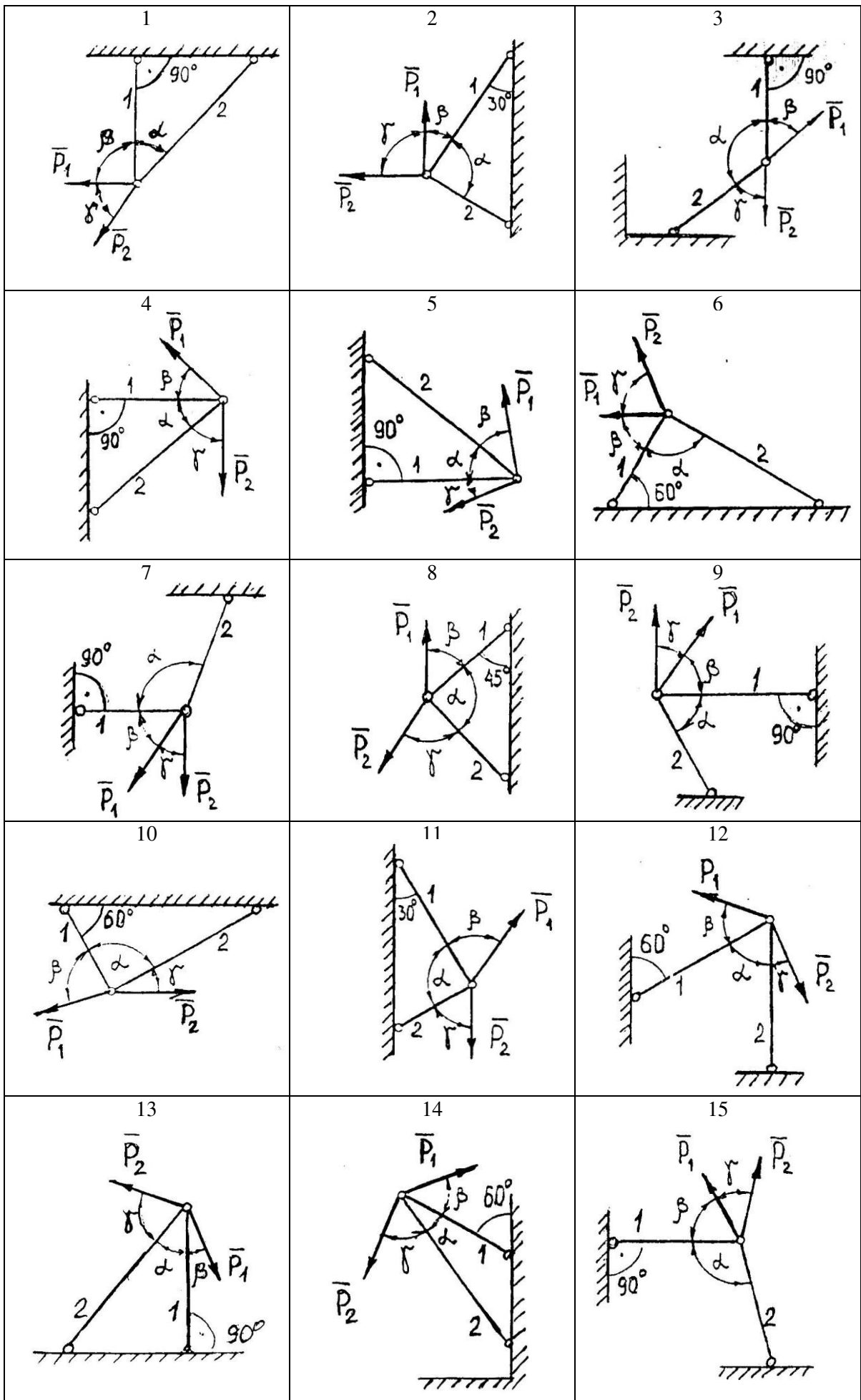
1. Повторить тему «Плоская система сходящихся сил».
2. Указывают точку (или тело), равновесие которой (которого) рассматривается.
3. Прикладывают к рассматриваемой точке (телу) заданные (известные) силы. В задачах обычно заданной силой является груз, который направлен вниз (к центру тяжести земли). При наличии блока груз действует на рассматриваемую точку вдоль нити. Направление действия этой силы устанавливается из чертежа.
4. Мысленно отбрасывают связи, и, пользуясь принципом освобожденности 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).
5. 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.
6. Затем определяют углы между реакциями и координатными осями, и указывают их на чертеже.
7. 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.
8. Решают задачу графическим способом. На основе полученной схемы сил, в выбранном масштабе строят замкнутый силовой многоугольник, и определяют неизвестные реакции.
9. После решения полученные результаты необходимо проверить. Для этого нужно сравнить величины, полученные аналитическим и графическим способами, и подсчитать погрешность.

Отчет о проделанной работе должен содержать:

1. Тема занятия;
2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;
4. Чертеж.
5. Решение.
6. Вывод.

Таблица 1 – Варианты заданий

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



Практическое занятие №2

по теме 1.2 «Плоская система сходящихся сил»

Наименование: " Плоская система сходящихся сил. Определение равнодействующей".

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. Определить равнодействующую силу геометрическим способом:
 - а) выбрать масштаб;
 - б) изобразить векторы в выбранном масштабе с заданным направлением;
 - в) сложить четыре вектора, пользуясь правилом геометрического сложения;
 - г) измерить отрезок АЕ и определить величину равнодействующей.
4. Определить равнодействующую аналитическим способом:
 - а) определить проекции каждого вектора на ось X;
б) определить алгебраическую сумму проекций векторов на ось X
$$\sum F_x = F_{x1} + F_{x2} + F_{x3} + F_{x4} \quad (1)$$
 - в) определить проекции векторов на ось Y;
г) определить алгебраическую сумму проекций векторов на ось Y;
$$\sum F_y = F_{y1} + F_{y2} + F_{y3} + F_{y4} \quad (2)$$
 - д) по теореме Пифагора определить модуль равнодействующей силы;
$$F_{\Sigma} = \sqrt{\sum F_x^2 + \sum F_y^2} \quad (3)$$
 - е) определить угол наклона равнодействующей силы к оси X;
$$\cos \alpha = \frac{\sum F_x}{F_{\Sigma}} \quad (4)$$
5. Сравнить результаты построения (пункт 3.г) и расчета равнодействующей силы (пункт 4.д)
6. 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.

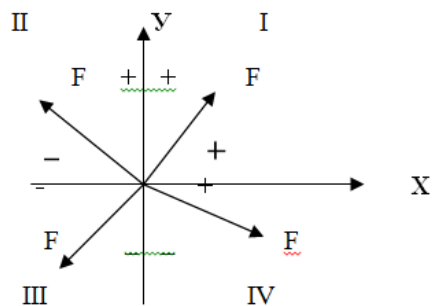


Рисунок 1

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

№	F_1 (Н)	α_1 (град)	F_2 (Н)	α_2 (град)	F_3 (Н)	α_3 (град)	F_4 (Н)	α_4 (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 №4, 5

по теме «Плоская система произвольно расположенных сил».

Наименование: «Плоская система произвольно расположенных сил. Определение опорных реакций балочных систем».

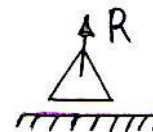
Цель занятия: Научится определять реакции опор балки установленной на двух опорах.

Необходимые материалы и оборудование:

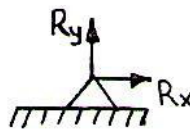
1. Тетрадь для практических занятий.
2. Линейка, карандаш, резинка.
3. Транспортир.
4. Калькулятор.

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.



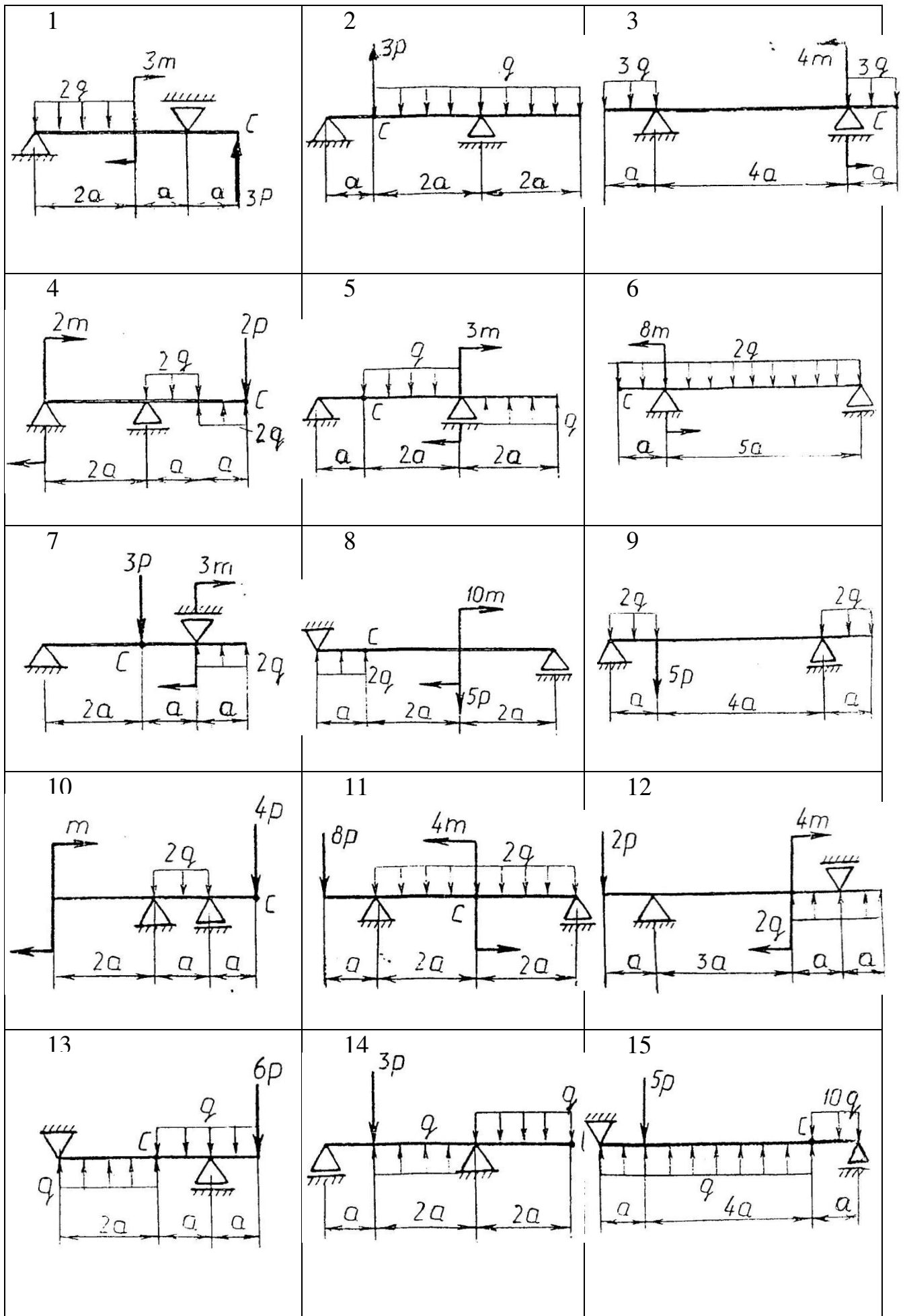
Реакцию шарнирно-подвижной опоры разложить на две составляющие, направленные по осям координат.

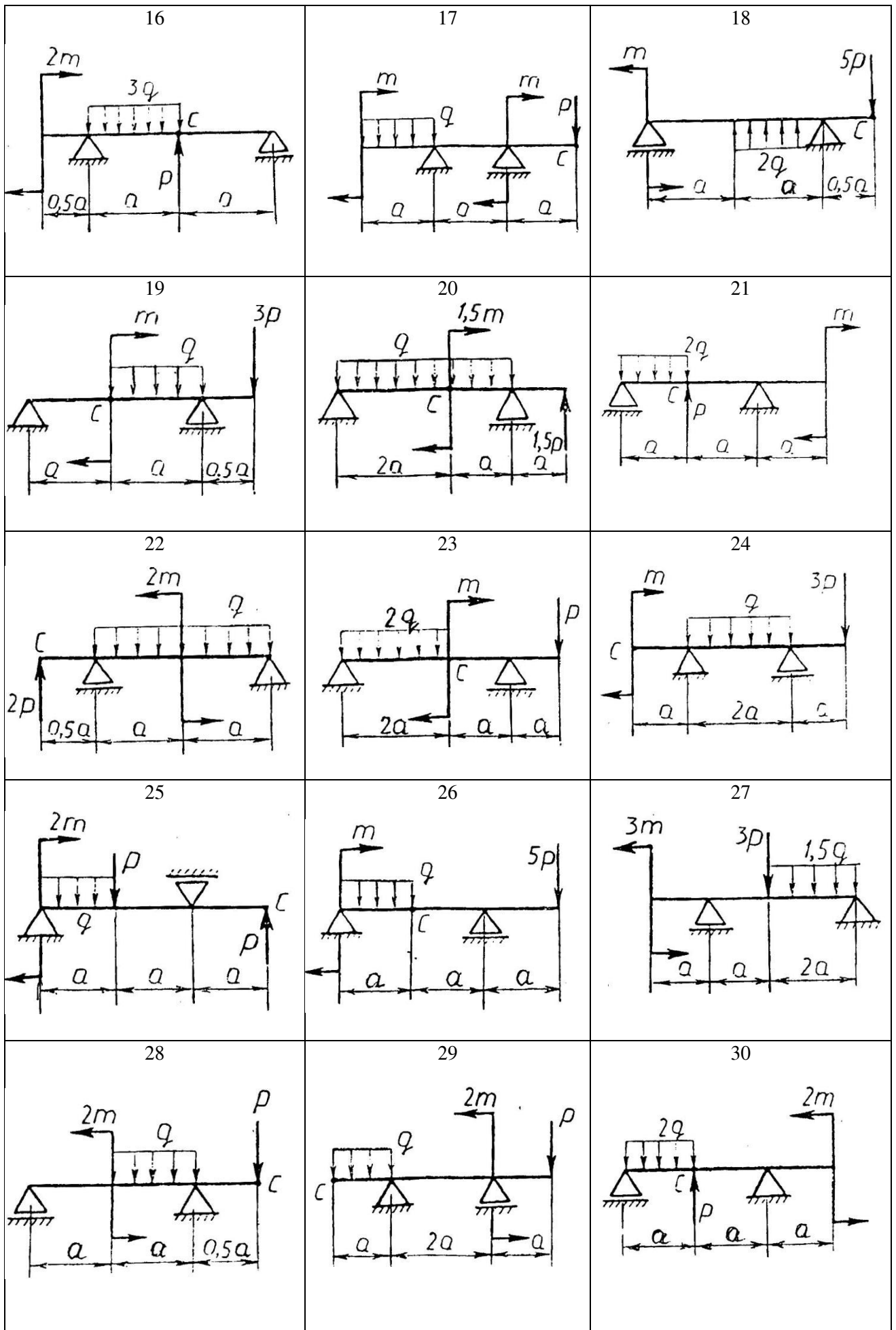


4. Составить расчетную схему балки.
5. Выбрать оси координат и центры моментов.
6. Составить уравнение равновесия: $\sum M_A = 0$; $\sum M_B = 0$; $\sum F_{kx} = 0$.
7. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции опор.
8. Провести проверку правильности решения, составив уравнения $\sum F_{ky} =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

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

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





Практическое занятие №6,7

по теме 1.5 «Центр тяжести»

Наименование: «Определение координат центра тяжести сложных 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.

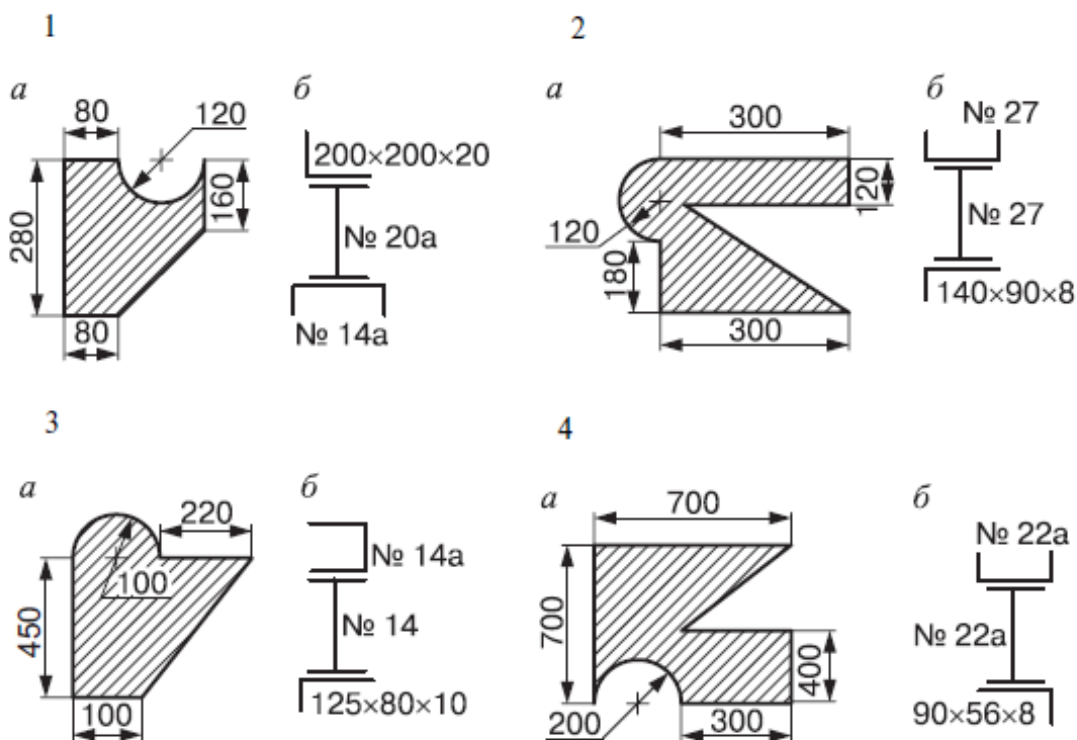
Порядок выполнения задания:

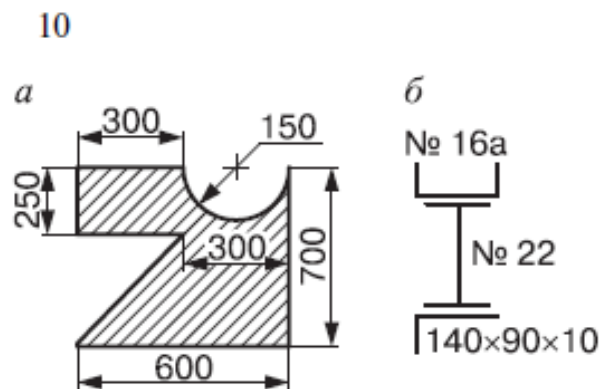
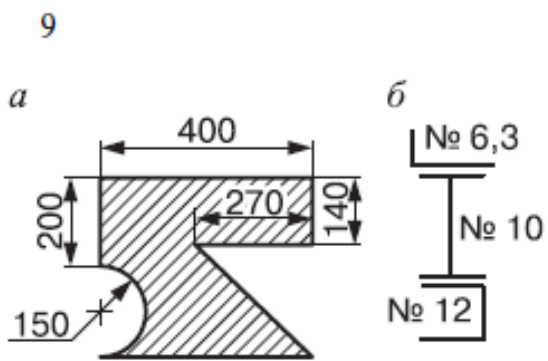
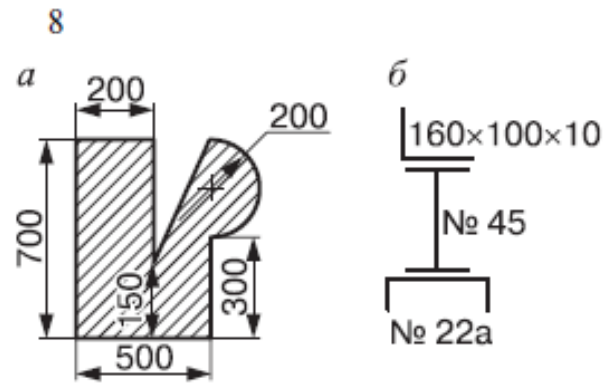
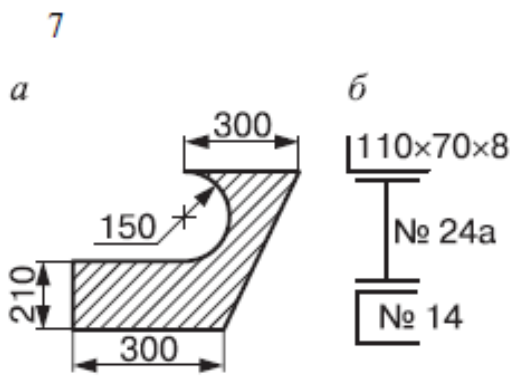
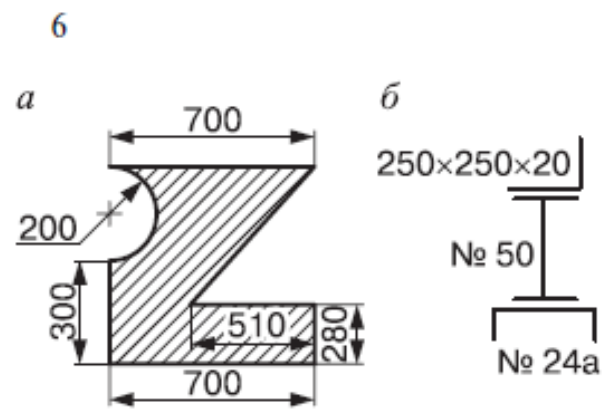
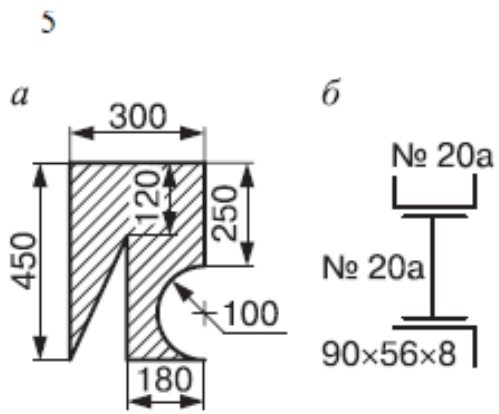
1. Повторить тему «Центр тяжести».
2. По номеру в журнале выбрать плоскую фигуру и исходные данные.
3. Изобразить фигуру и заключить ее в систему координат.
4. Разбить сложную фигуру на простые.
5. Определить центр тяжести каждой простой фигуры.
6. Определить площадь и координаты центра тяжести каждой 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 №8,9

по теме «Растяжение и сжатие».

Наименование: «Расчет на прочность стержня при растяжении (сжатии)».

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 с 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:

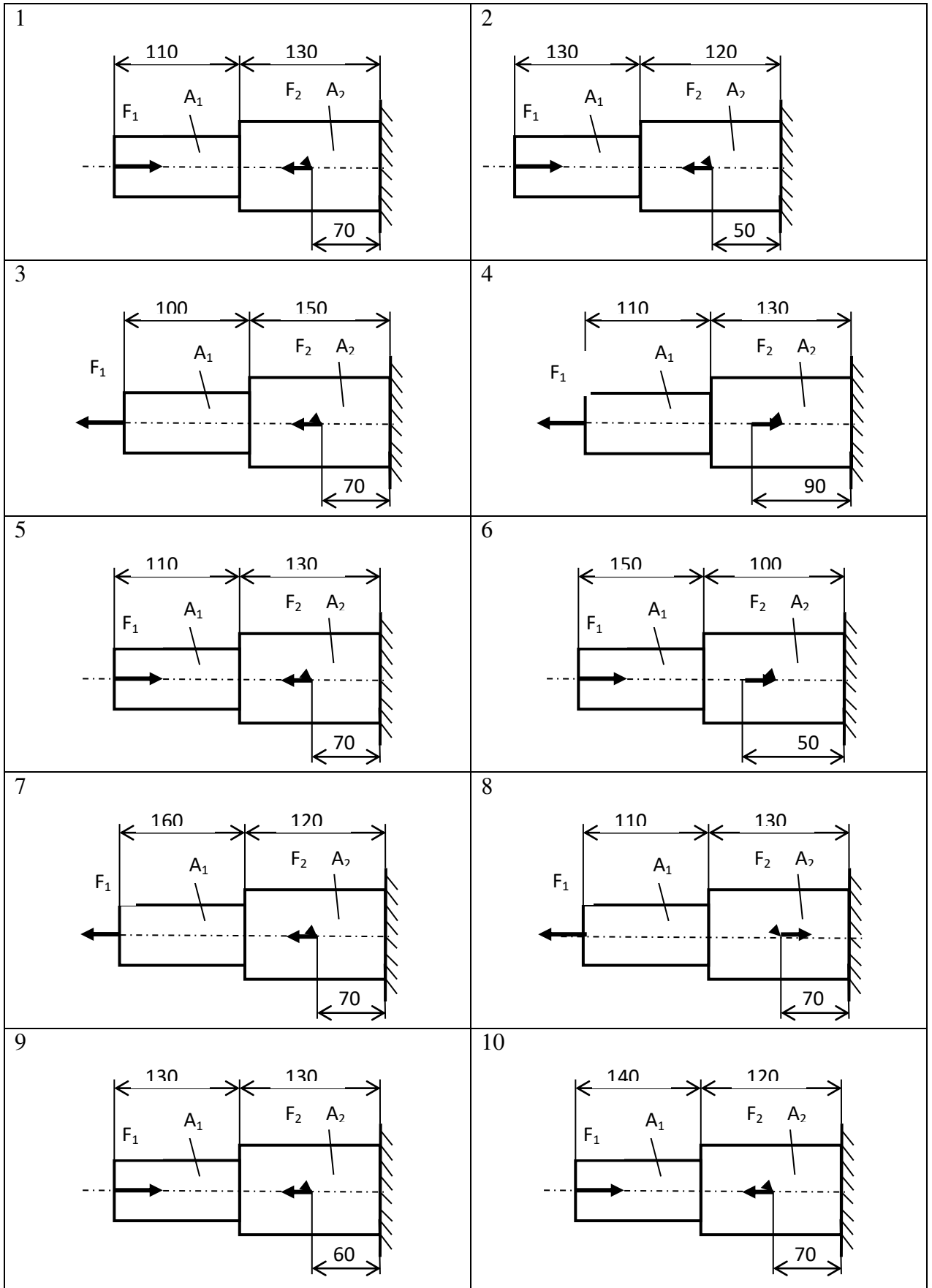
1. Тема работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Решение задач.
5. Вывод по задаче.

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 см ²	A_2 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: Расчеты на срез и смятие

Цель занятия: научиться выполнять расчеты на срез и смятие.

Необходимые материалы и оборудование:

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

Порядок выполнения задания:

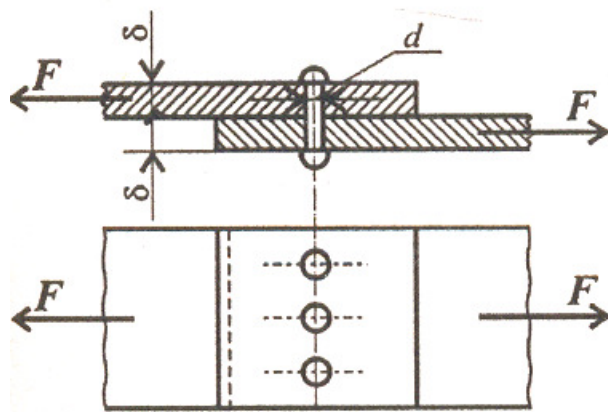
1. По номеру в журнале получить задание.
2. Выполнить расчет.

Отчет о проделанной работе должен содержать:

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

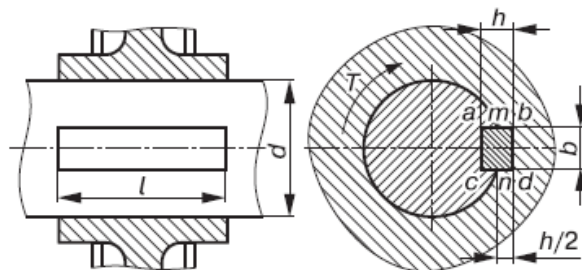
Контрольные вопросы:

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 $F = 60$ кН; $[\tau] = 100$ МПа; $\sigma = 240$ МПа; $d = 20$ мм; $z = 3$ см



Вариант 1

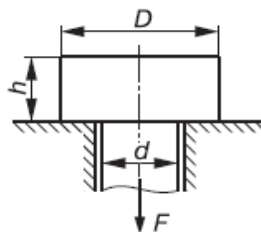
Шпонка, соединяющая шкив с валом, наполовину входит в паз вала и наполовину — в паз ступицы.



Вопросы	Ответы
1. По какому сечению происходит срез шпонки?	1. <i>ac</i> . 2. <i>bd</i> . 3. <i>mn</i> . 4. <i>dc</i> .
2. По какому сечению происходит смятие?	1. <i>bd</i> . 2. <i>mb; cn</i> . 3. <i>am; nd</i> . 4. <i>ac</i> .
Вопросы	Ответы
3. Чему равна площадь среза?	1. $0,5bl$. 2. bl . 3. $0,5l$. 4. hl .
4. Найти усилие, передаваемое шпонкой, если $T_e = 250 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $l = 56 \text{ мм}$, $d = 36 \text{ мм}$, $h = 10 \text{ мм}$, $b = 8 \text{ мм}$.	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.

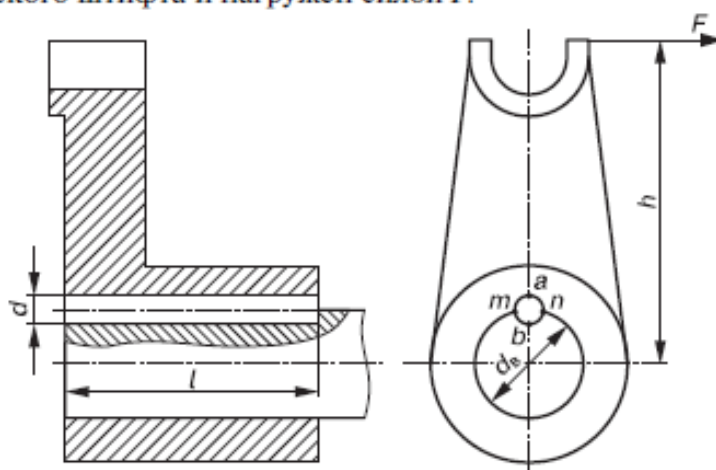


Вопросы	Ответы
1. Указать, где происходит срез.	1. По опорному кольцу головки. 2. По высоте головки. 3. По цилиндрической поверхности головки. 4. По площади сечения образца.
2. Указать, где происходит смятие.	1. По цилиндрической поверхности головки. 2. По площади поперечного сечения образца. 3. По опорному кольцу головки. 4. По высоте головки.
3. Чему равна площадь среза головки?	1. $\pi D^2/4$. 2. πdh . 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 bn .
3. Найти усилие, передаваемое штифтом, если $F = 2,8$ кН, $d = 12$ мм, $l = 50$ мм, $d_{ш} = 40$ мм, $h = 180$ мм.	1. 35 кН. 2. 25,2 кН. 3. 45,2 кН. 4. 20 кН.
4. Чему равны напряжения смятия?	1. 102 МПа. 2. 52,4 МПа. 3. 84 МПа. 4. 150,4 МПа.
5. Чему равны напряжения среза?	1. 43,2 МПа. 2. 26,4 МПа. 3. 14, 28 МПа. 4. 42 МПа.

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 $I_x + I_y = I_{xc} + I_{yc}$.
10. Вычертить сечение в масштабе 1:2 с указанием всех размеров и всех осей.

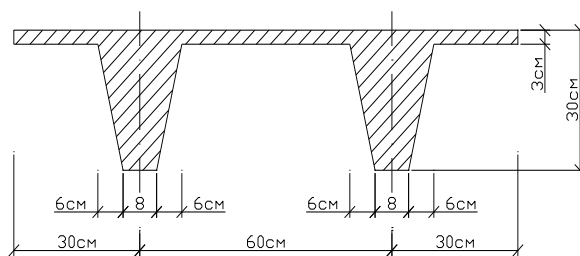
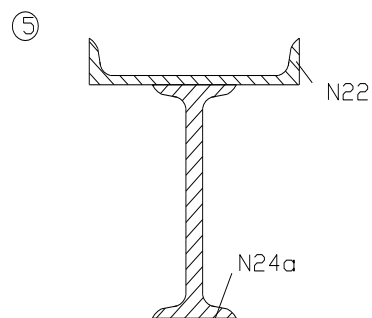
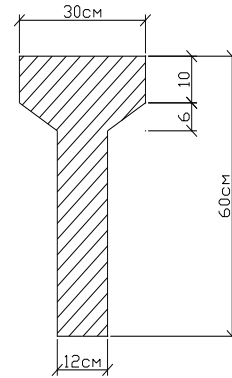
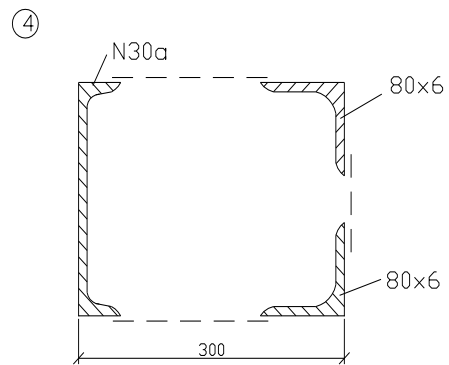
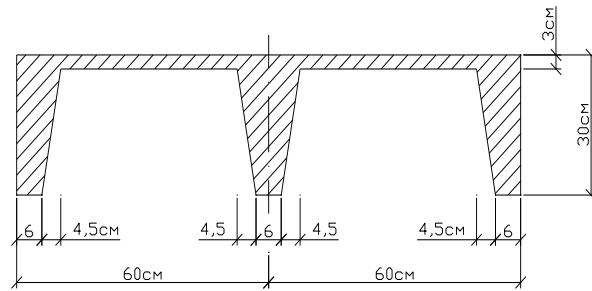
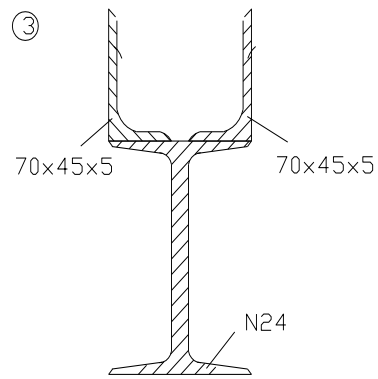
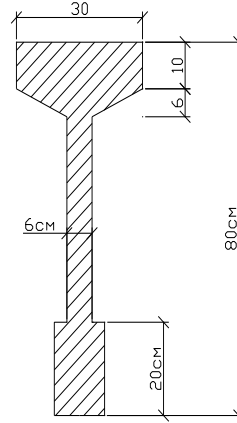
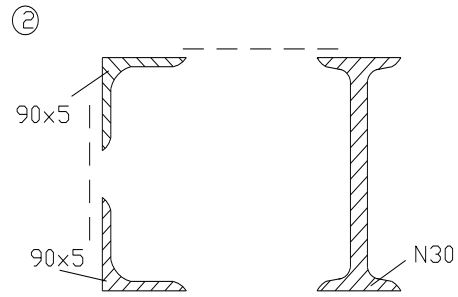
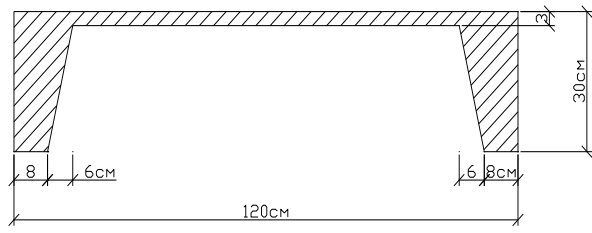
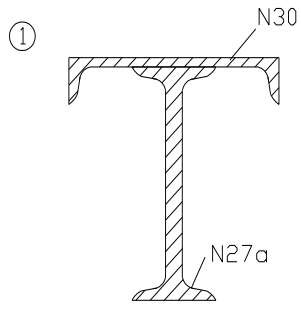
Отчет о проделанной работе должен содержать:

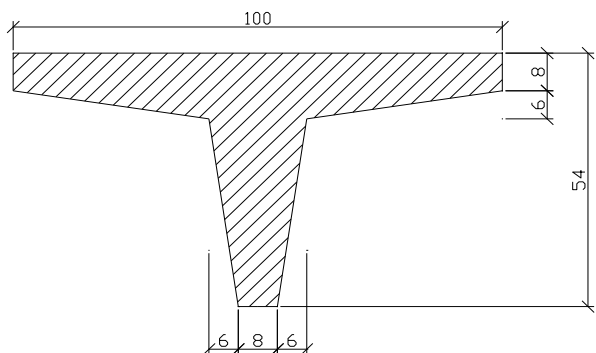
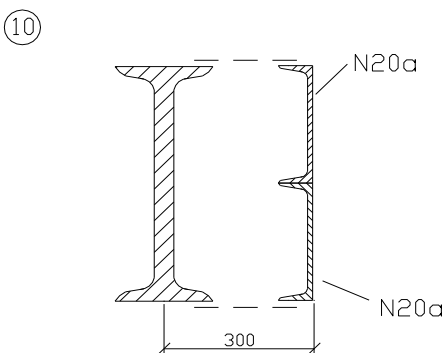
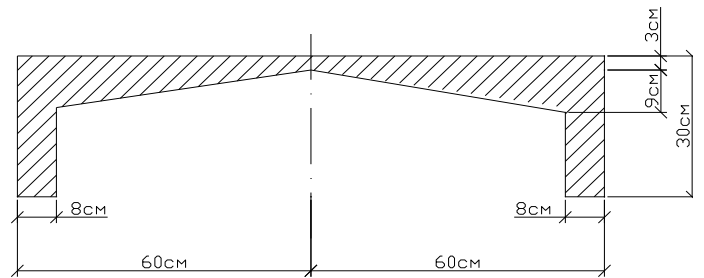
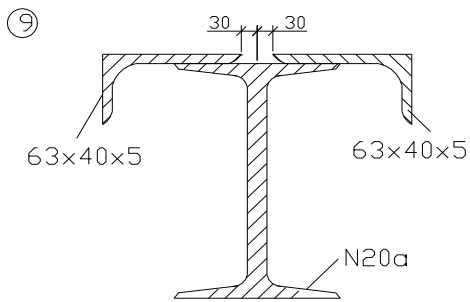
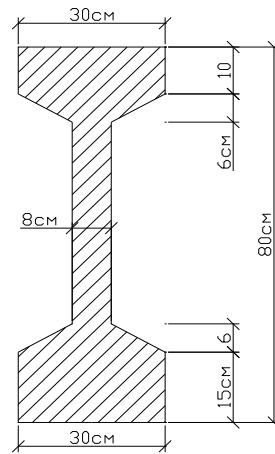
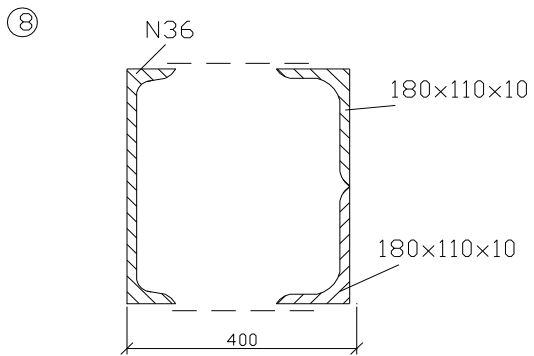
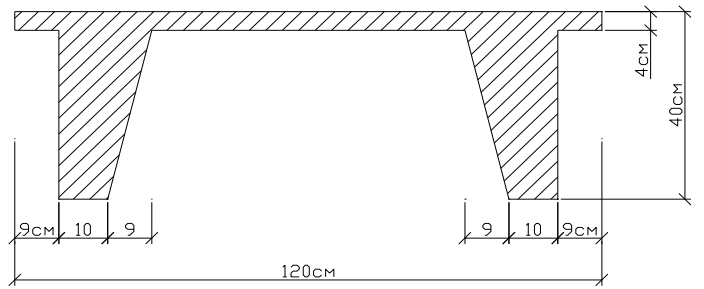
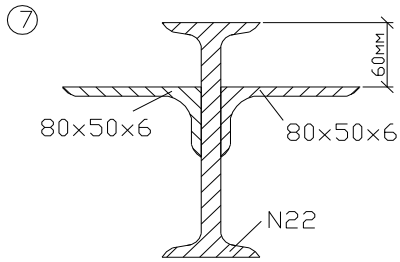
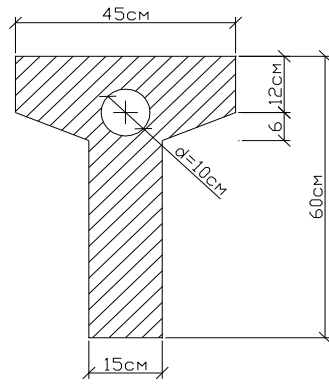
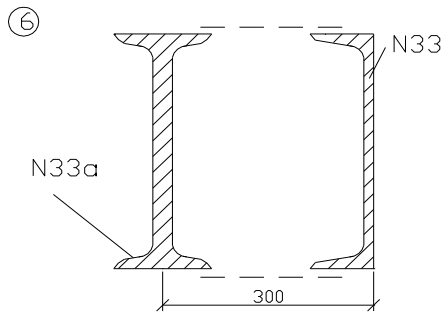
1. Тема занятия;
2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;
4. Расчеты.
8. Вывод.

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

Контрольные вопросы и упражнения:

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





Практическое занятие №12

по теме «Кручение».

Наименование: «Построение эпюр крутящих моментов. Расчет на прочность 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:

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

Порядок выполнения задания:

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

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

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

определить требуемый поперечный момент сопротивления для каждого участка:

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

8. Определить диаметр вала для каждого участка:

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

Округлить полученное значение до стандартных.

9. Определить полярные моменты инерции сечений для каждого участка:

$$J_p = 0,1d^4 (\text{мм}^4)$$

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

$$\varphi = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{M_k \cdot \ell}{G \cdot J_p}$$

11. Вывод.

Отчет о проделанной работе должен содержать:

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

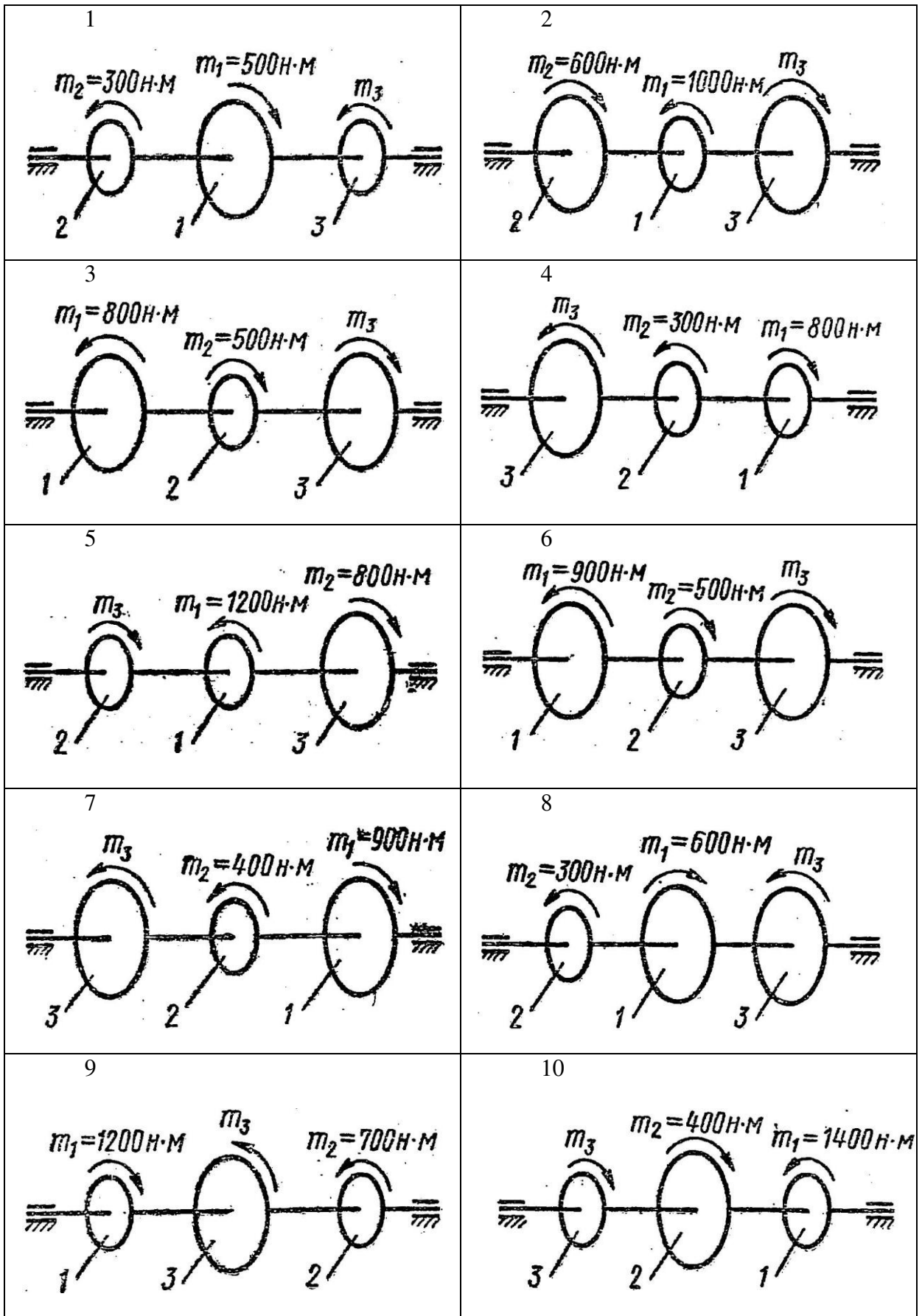
Варианты заданий

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

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



Практическое занятие №13

по теме «Изгиб»

Наименование: «Расчет балки на прочность при изгибе».

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

$$\sigma_{u_{max}} = \frac{M_{u_{max}}}{W_x} \leq [\sigma_u]$$

12. Найти требуемую величину осевого сопротивления сечения:

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

13. Определить диаметр наиболее нагруженного поперечного сечения оси:

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

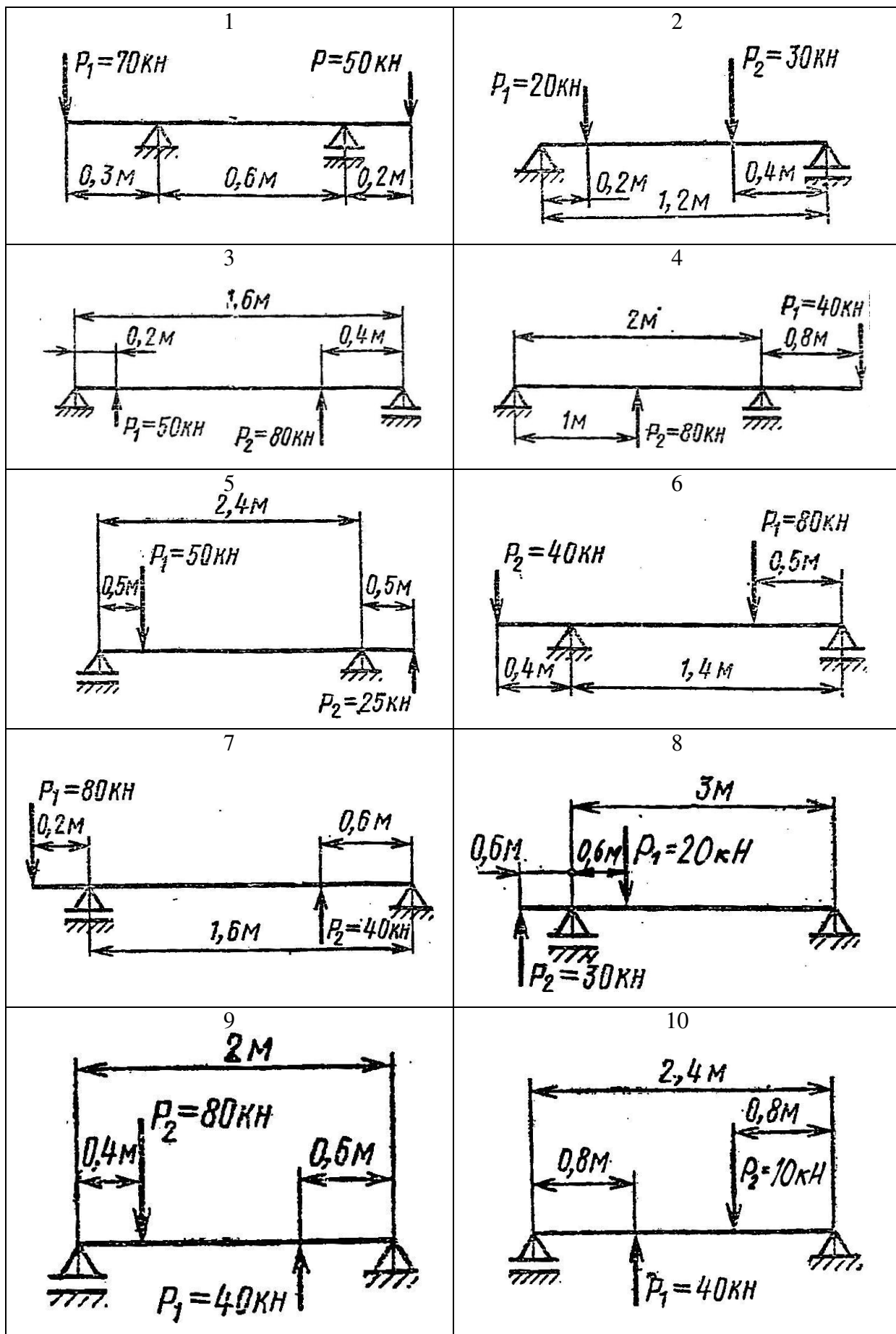
14. Округлить диаметр до ближайшего стандартного значения из ряда R40 по таблицы 2
15. Вывод

Отчет о проделанной работе должен содержать:

1. Тема занятия;
2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;
4. Изображение балки и силовой 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 $[\sigma_u] = 100 \text{ МПа}$.



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 сил 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 №14

по теме «Изгиб»

Наименование: «Расчет балки на прочность при изгибе».

Цель занятия: Научиться проводить расчеты на прочность при изгибе (проектный расчет).

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:

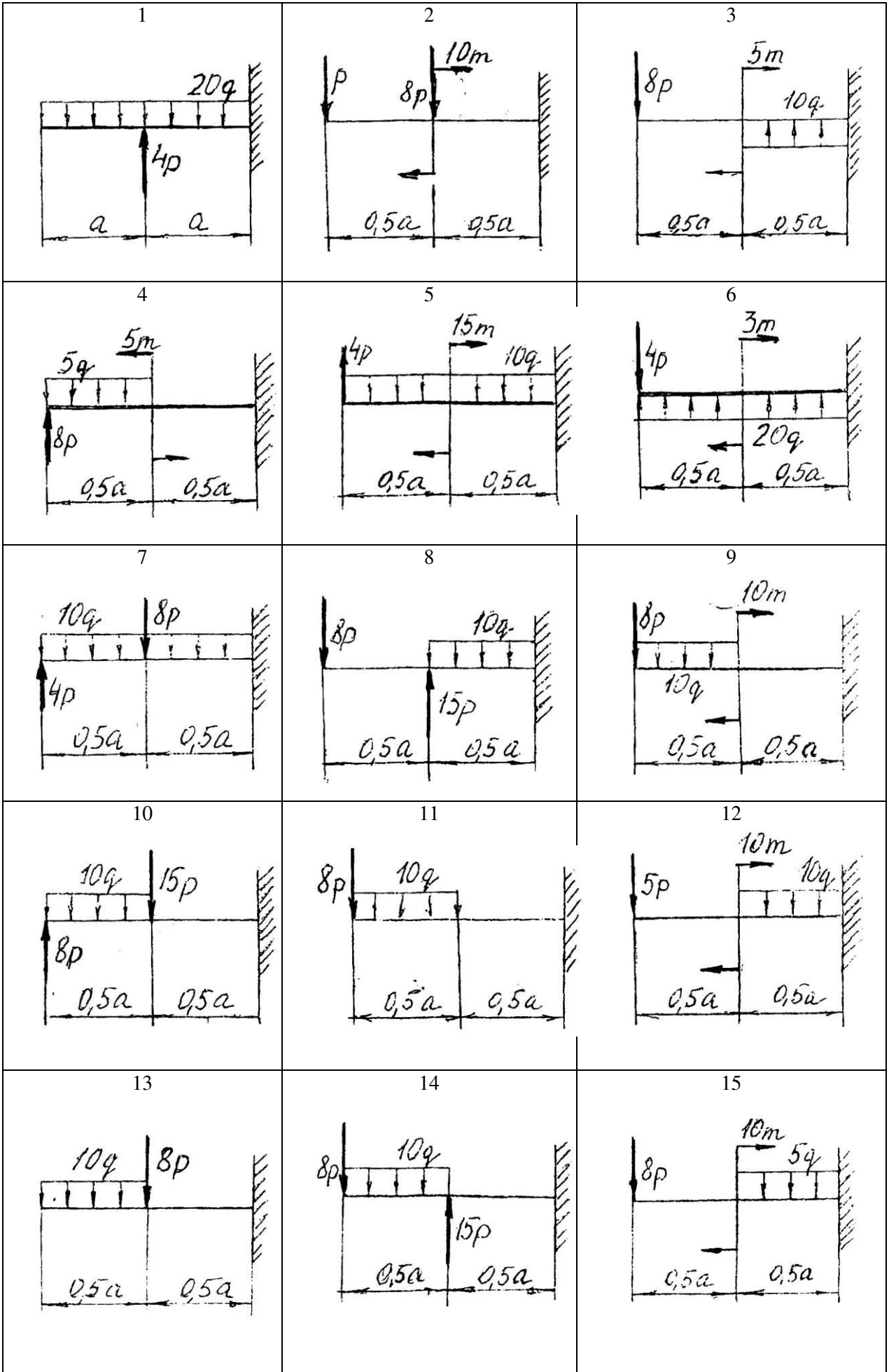
1. Повторить тему «Изгиб».
2. По номеру в журнале выписать из таблицы величины и схему балки.
3. Определить опорные реакции из уравнений равновесия статики.
4. Построить эпюры поперечных сил Q_y и изгибающих моментов M_x .
5. Из условия прочности определить величину осевого момента сопротивления для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

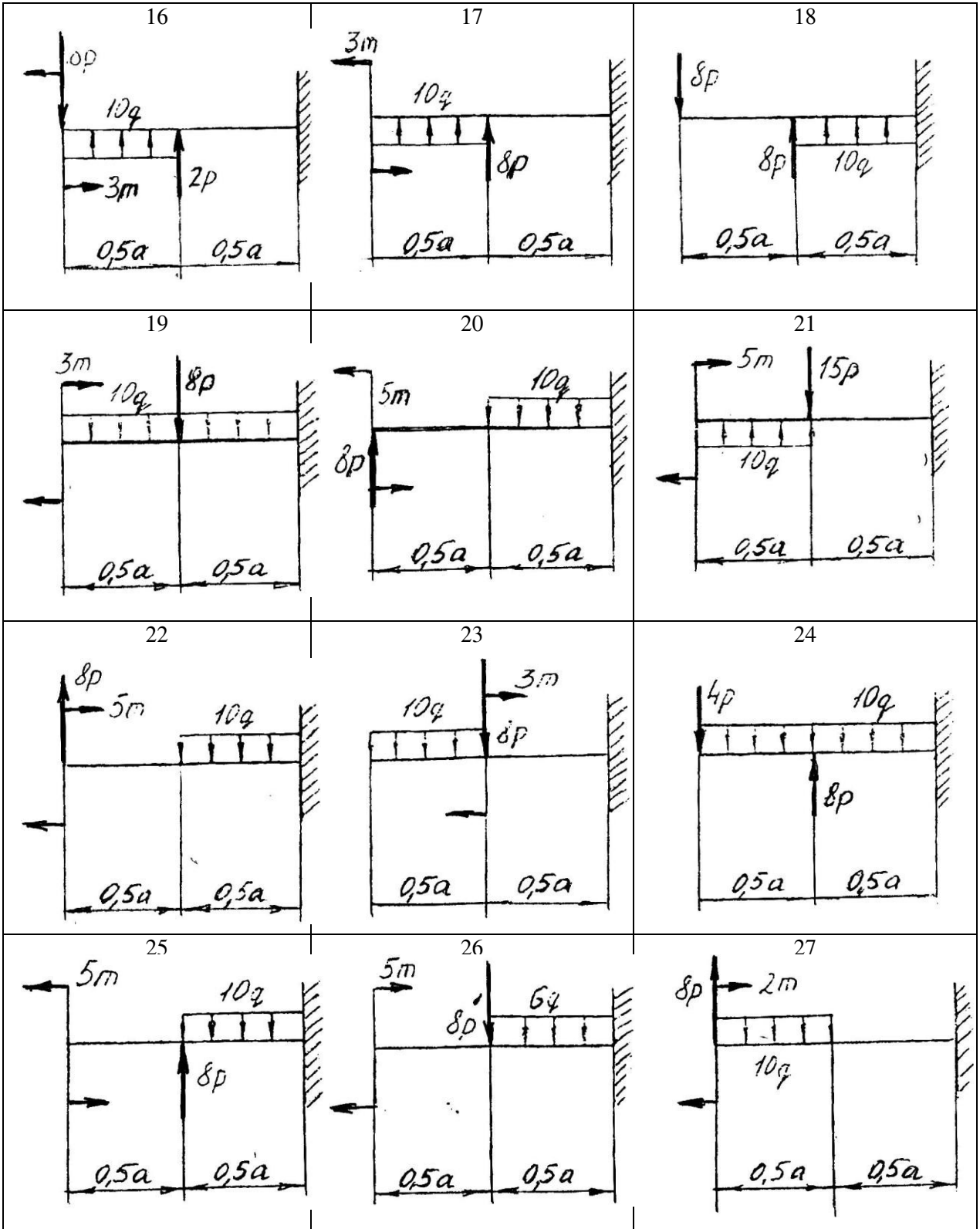
Отчет о проделанной работе должен содержать:

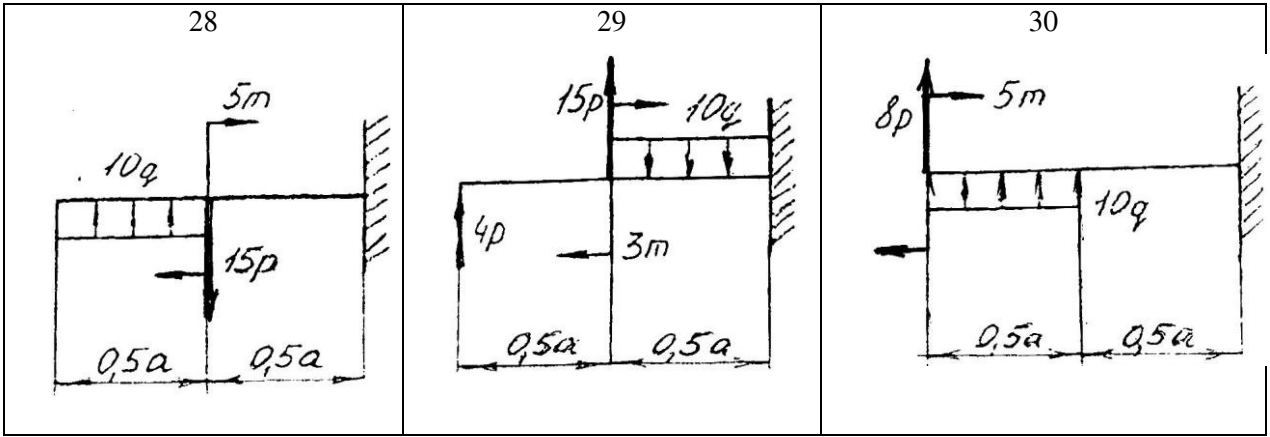
1. Тема занятия;
2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;
4. Изображение балки и силовой схемы;
5. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;
6. Определение осевого момента сопротивления для опасного сечения;
7. Подбор поперечных сечений;
8. Вывод.

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

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







Практическое занятие №15

Тема «Устойчивость центрально-сжатых стержней»

Наименование Определение допускаемого значения центрально сжимающей силы.

Цель занятия: Научиться с использованием спец. таблиц определять значение сжимающей силы.

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. По справочникам или нормам определяют расчетное сопротивление материала на сжатие R , если оно не задано.
2. Определяют площадь поперечного сечения A стержня по размерам сечения или типу и номеру профиля проката.
3. Определяют коэффициент продольного изгиба φ в следующем порядке:
 - а) находят расчетную длину стержня $\lambda_0 = \mu l$, где l – геометрическая длина стержня; μ – коэффициент приведения длины, который зависит от способа закрепления концов стержня;
 - б) определяют моменты инерции сечения J_x и J_y относительно главных центральных осей. Формулы для определения моментов инерции простых геометрических фигур относительно собственных осей приведены в приложении. Моменты инерции профилей стального проката приведены в сортаменте;
 - в) находят радиусы инерции сечения относительно осей x и y :
Если i_x и i_y не равны, то для дальнейших расчетов принимаем наименьший из них, обозначив его i_{\min} . Если $i_x = i_y$, то расчет можно вести по любому из них;
 - г) определяют гибкость стержня $\lambda = l_0 / i_{\min}$;
 - д) по найденному значению гибкости и в зависимости от материала стержня определяют коэффициент продольного изгиба φ (см. таблицы). При этом пользуются интерполяцией.
4. Определяют допускаемое значение сжимающей силы $F_{\text{доп}}$.

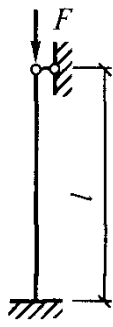


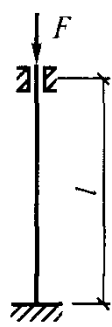
Отчет о проделанной работе должен содержать:

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

Содержание задания:

Определить допускаемое значение центрально сжимающей силы по данным своего варианта. Материал стержня для нечетных вариантов принять алюминий марки АД31Т, для четных – сталь класса С38/23 марки Ст3.

Коэффициенты приведения длины стержня

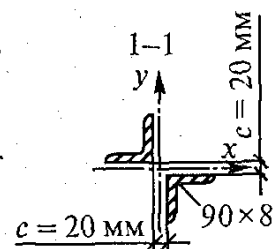
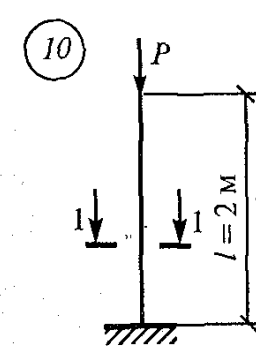
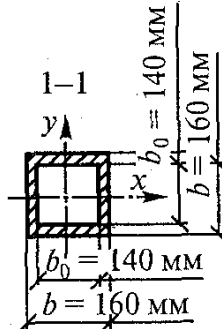
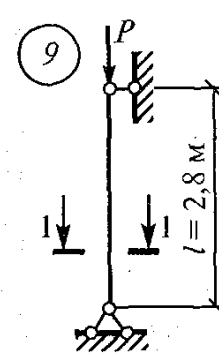
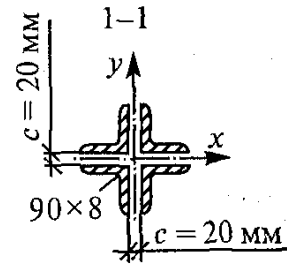
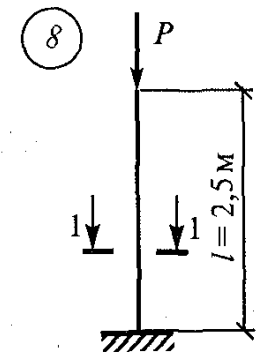
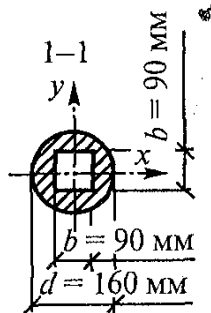
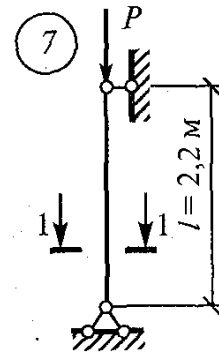
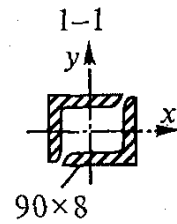
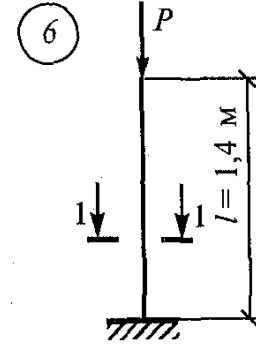
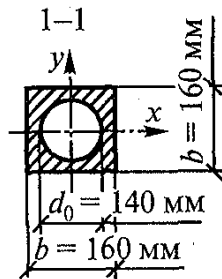
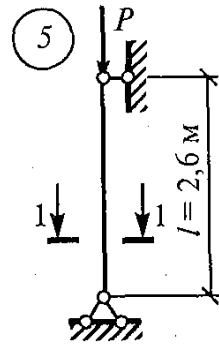
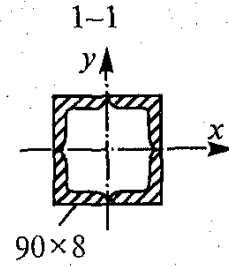
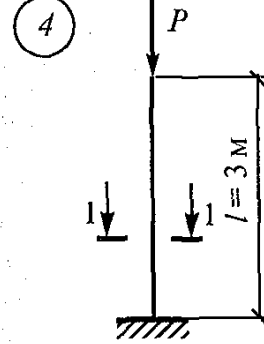
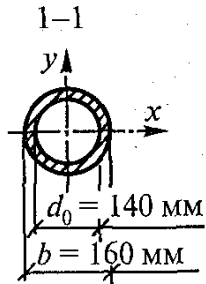
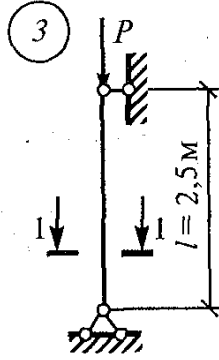
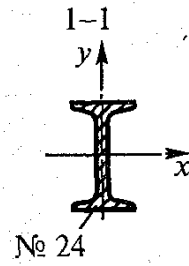
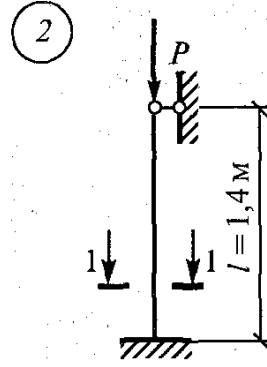
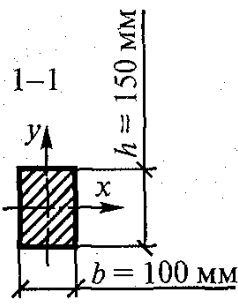
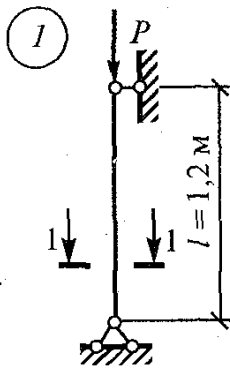
Способы закрепления концов стержня				
Коэффициент μ	1	2	0,7	0,5

Коэффициенты продольного изгиба φ центрально-сжатых элементов из стали

Гиб- кость λ	Коэффициенты φ для элементов из стали с расчетным R_y , МПа								
	200	220	225	230	235	240	280	290	300
10	0,998	0,987	0,987	0,987	0,987	0,985	0,985	0,985	0,984
20	0,967	0,964	0,963	0,963	0,962	0,962	0,959	0,958	0,957
30	0,939	0,935	0,934	0,933	0,932	0,931	0,924	0,922	0,920
40	0,906	0,900	0,898	0,897	0,895	0,894	0,883	0,880	0,878
50	0,869	0,860	0,858	0,856	0,854	0,852	0,836	0,832	0,829
60	0,827	0,816	0,813	0,810	0,807	0,805	0,785	0,780	0,775
70	0,782	0,768	0,764	0,761	0,757	0,754	0,724	0,714	0,705
80	0,734	0,710	0,704	0,698	0,692	0,686	0,641	0,631	0,621
90	0,665	0,638	0,631	0,625	0,618	0,612	0,565	0,554	0,543
100	0,599	0,710	0,563	0,556	0,549	0,542	0,493	0,481	0,470
110	0,537	0,507	0,499	0,492	0,485	0,478	0,427	0,415	0,404
120	0,479	0,449	0,441	0,434	0,426	0,419	0,366	0,354	0,343
130	0,425	0,394	0,386	0,379	0,371	0,364	0,313	0,303	0,294
140	0,376	0,345	0,337	0,330	0,322	0,315	0,272	0,264	0,256
150	0,328	0,302	0,295	0,389	0,282	0,276	0,239	0,232	0,225
160	0,290	0,267	0,261	0,355	0,249	0,244	0,212	0,205	0,199

Контрольные вопросы:

1. Какое равновесия называется устойчивым?
2. Напишите формулу Эйлера для расчета критической силы и назовите входящие величины и единицы их измерения.
3. При каких условиях можно использовать формулу Эйлера для расчета критической силы?
4. Напишите условие устойчивости. Чем отличается допускаемая сжимающая сила от критической?



Практическое занятие №16

Тема «Многопролетные статически определимые шарнирные балки»

Наименование Расчет многопролетной статически определимой шарнирной балки

Цель занятия: Научиться определять внутренние силовые факторы, строить эпюры для многопролетных статически определимых 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. Выполняют кинематический анализ многопролетной шарнирной балки:

- Определяют степень свободы системы по формуле

$W=3D-2Ш-C_{оп}$, где

D- количество дисков,

Ш- количество простых шарниров,

$C_{оп}$ - количество опорных стержней.

Для системы, имеющей необходимое число связей степень свободы должна быть равна нулю

- Используя правила образования геометрически неизменяемых систем, производят анализ геометрической структуры системы.

В многопролетной шарнирной балке два вида элементов: основные элементы (основные балки), прикрепленные к земле тремя стержнями, т.е. образующие с землей неизменяемую систему, и второстепенные элементы (передаточные или подвесные), прикрепленные к земле одним опорным стержнем или не имеющие связей с землей и опирающиеся на соседние (нижележащие) элементы.

2. Составляют схему взаимодействия (поэтажную схему), которую следует расположить непосредственно под схемой заданной балки.

При построении «поэтажной» схемы вначале выделяют основные балки, что легко делается мысленным удалением шарниров, соединяющих балки между собой. Те балки, которые могут самостоятельно нести нагрузку (защемленные или имеющие две наземные опоры), будут основными.

Вспомогательные балки имеют только одну наземную опору или не имеют их вовсе.

Недостающими опорами для них служат соединительные шарниры. После построения «поэтажной» схемы заданную балку рассматриваем как ряд простых балок.

3. Проставляем на поэтажной схеме порядок расчета элементов, пронумеровав их I, II, III и т.д. При этом необходимо помнить, что начинать расчет всегда надо с элемента, который воспринимает нагрузки, приложенные к нему непосредственно, а затем элементы, которые помимо приложенных к нему нагрузок воспринимают силы давления от опирающихся соседних элементов. Эти силы давления численно равны значениям реакций опор элемента, рассмотренного перед этим, но направлены противоположно.

Для каждой простой балки определяем опорные реакции и строим эпюры Q и M. Для этого необходимо отдельно вычертить каждую простую балку, показать опорные реакции, а под схемой по результатам расчета построить эпюры M и Q.

4. Строим окончательные эпюры Q и M для всей шарнирной балки. Для этого необходимо эпюры, полученные выше для каждого элемента в отдельности, расположить на одной оси, вычертив их в одном масштабе.

Отчет о проделанной работе должен содержать:

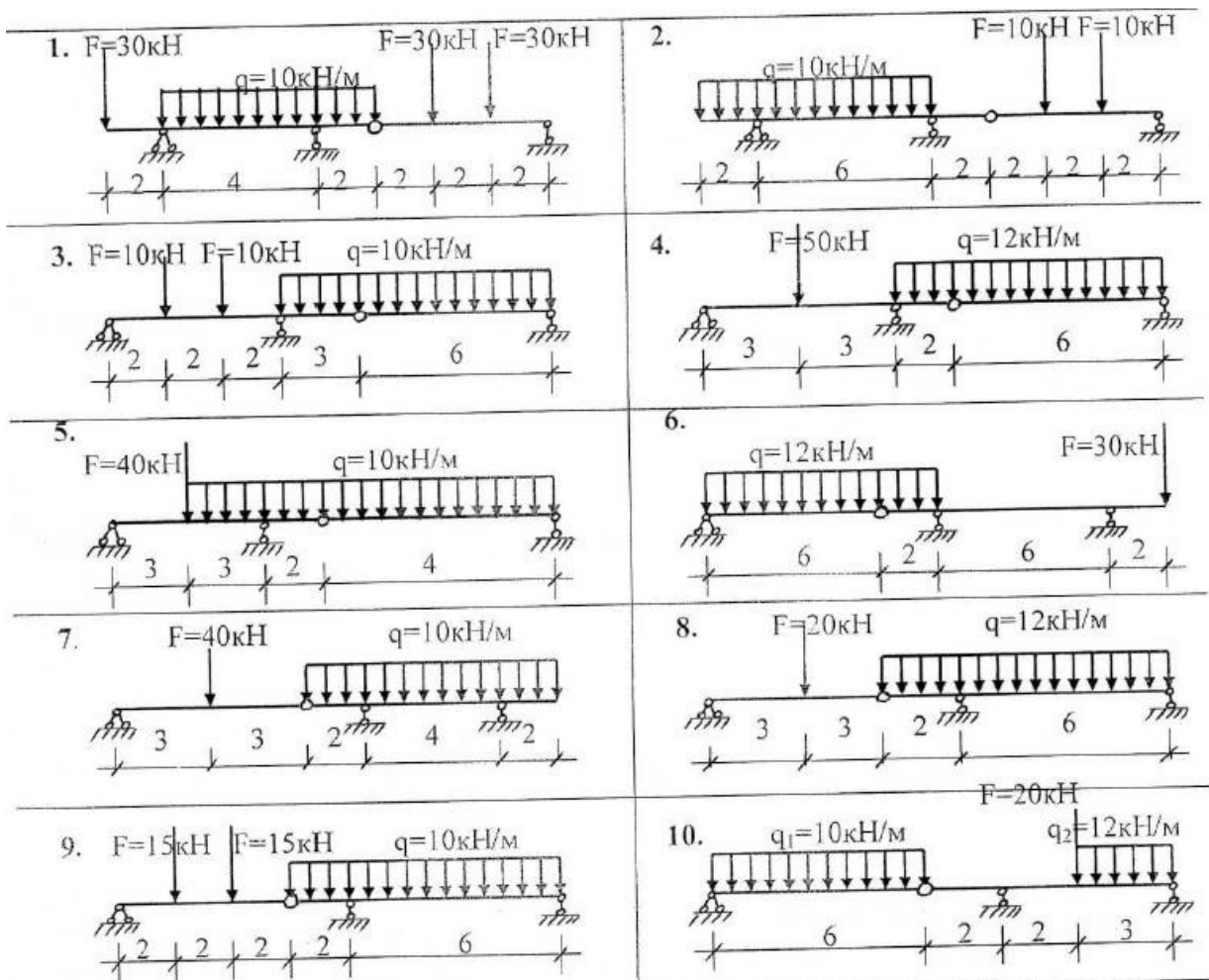
1. Тема занятия;
2. Цель занятия;

3. Исходные данные из таблицы;
4. Расчеты.
8. Вывод.

Содержание задания: Построить эпюры Q и M для многопролетной шарнирной балки.

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте определение многопролетных шарнирных балок. Из каких элементов они состоят?
2. Какие типы шарнирных балок встречаются в расчетах?
3. Как вычисляется число шарниров в многопролетных шарнирных балках?
4. Перечислите правила размещения промежуточных шарниров в многопролетных шарнирных балках.
5. Каков порядок расчета многопролетных шарнирных балок?



Практическое занятие №17

Тема «Статически определимые плоские рамы»

Наименование Расчет статически определимых плоских рам.

Цель занятия: Научиться определять внутренние силовые факторы, строить этажные схемы, эпюры для статически определимых рам.

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. Определяют опорные реакции рамы. Для рам, не имеющих промежуточных шарниров, опорные реакции могут быть определены из трех уравнений равновесия вида:

$$\begin{aligned} \text{I} \quad \sum M_A &= 0 \\ \sum M_B &= 0 \\ \sum X &= 0 \end{aligned}$$

Для рам, имеющих промежуточный шарнир, необходимо иметь четыре уравнения равновесия для определения четырех неизвестных реакций (составляющих реакций), например уравнения:

$$\text{II} \quad \sum M_c^{прав} = 0 \quad \text{или} \quad \sum M_c^{лев} = 0$$

$$\begin{aligned} \sum X &= 0 \\ \sum M_A &= 0 \\ \sum M_B &= 0 \end{aligned}$$

где буквой С обозначен промежуточный шарнир, буквами А и В – опоры рамы.

При составлении уравнений нужно стремиться к тому, чтобы каждое из них содержало по одному неизвестному.

Правильность определения вертикальных реакций можно проверить, используя уравнение $\sum Y = 0$

2. Обозначают характерные сечения рам. Эти сечения соответствуют точкам приложения сил, точкам опор, узлов, шарниров. Обозначают стойки и ригель рамы.

3. Определяют значения поперечных сил в характерных сечениях. При этом, если раму обходить изнутри, то правила определения поперечных сил остаются такими же, как и для простых балок. По найденным значениям строят эпюру Q_x . Положительные значения поперечных сил откладывают на чертеже снаружи рамы, а отрицательные – изнутри.

4. Определяют значения изгибающих моментов в характерных сечениях. Правила их определения остаются такими же, как для простых балок. По найденным значениям строят эпюру M_x . Ординаты моментов откладывают со стороны растянутого волокна, и знак на эпюре при этом не ставят.

5. Определяют значения продольных сил в элементах рамы: стойках и ригеле. Продольная сила в сечении равна сумме проекций всех сил, расположенных по одну сторону от этого сечения (только слева или только с права) на ось элемента. Если она вызывает сжатие, она принимается со знаком минус, если растяжение – то плюс. Положительные значения N_x откладывают на чертеже снаружи рамы, а отрицательные – изнутри.

6. Производят проверку правильности построения эпюр.

Отчет о проделанной работе должен содержать:

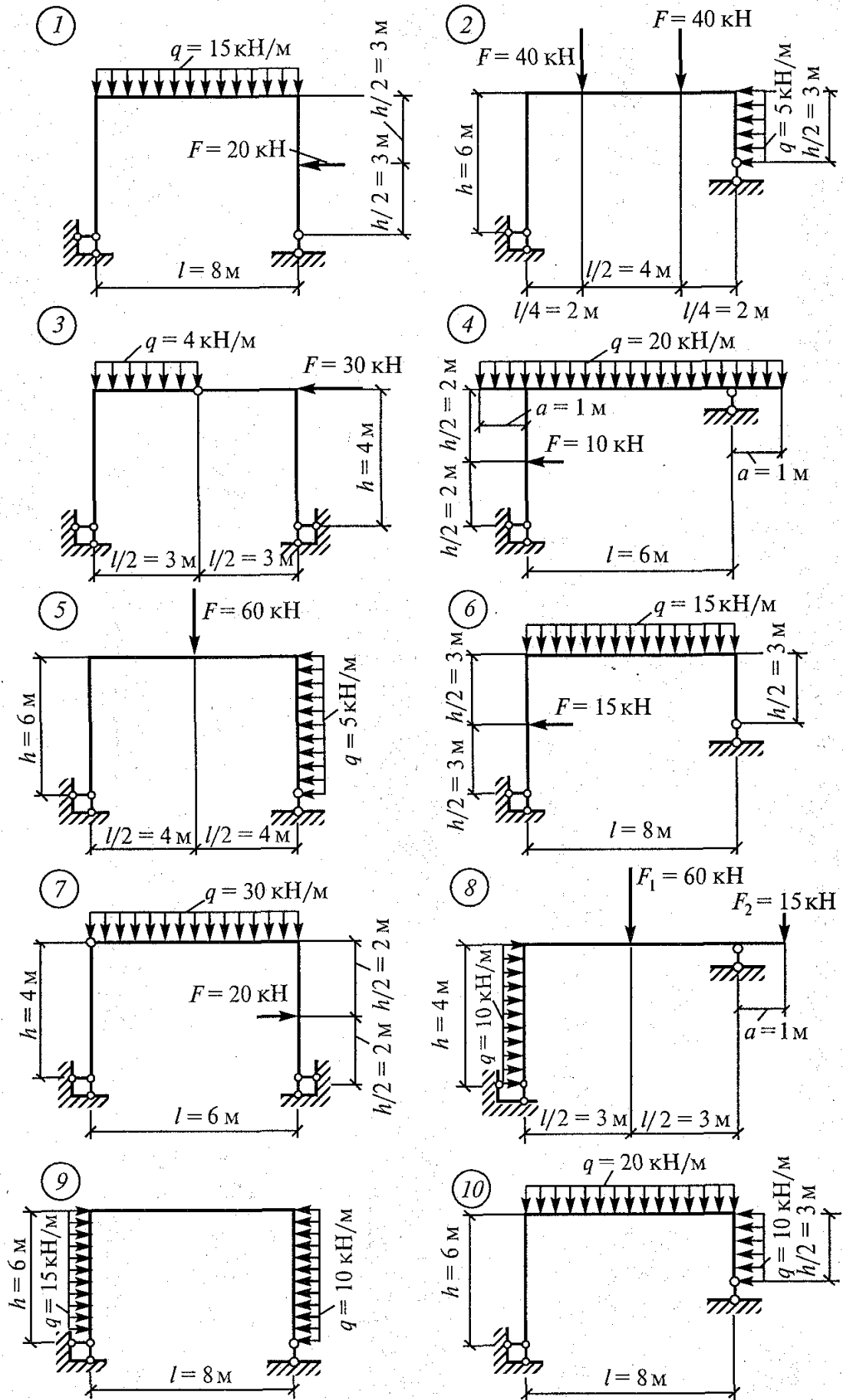
1. Тема занятия;
2. Цель занятия;

3. Исходные данные из таблицы;
4. Расчеты.
8. Вывод.

Содержание задания: Построить эпюры поперечных сил, изгибающих моментов и продольных сил для простой рамы.

Контрольные вопросы:

1. Из каких элементов состоит рамная конструкция?
2. Как устанавливается статическая определимость рамы?
3. Какие внутренние силовые факторы возникают в элементах рамы? Методика их определения.



Практическое занятие №18,19

Тема «Статически определимые плоские фермы»

Наименование Расчет статически определимой плоской фермы.

Цель занятия: Научиться определять внутренние силовые факторы.

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. Вычертить схему в принятом масштабе. К узлам приложить внешние силы.
2. Определяют опорные реакции фермы.
3. Аналитически используя метод сечений, а при необходимости способ вырезания узлов, определить усилия в стержнях фермы.
4. Результаты занести в таблицу, с указанием деформации стержней.

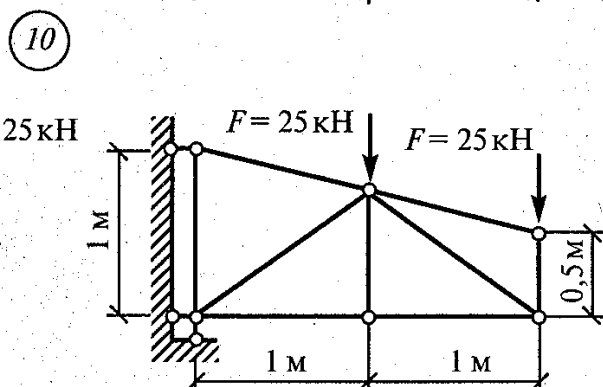
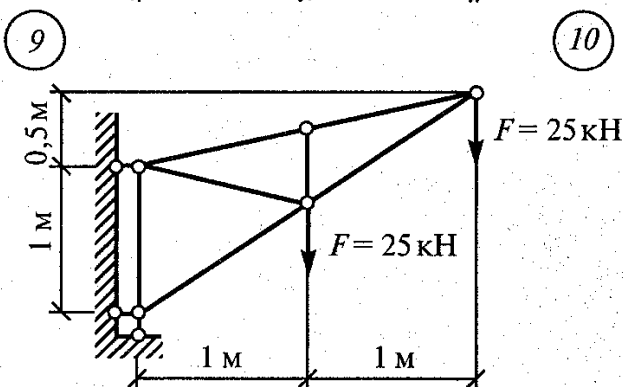
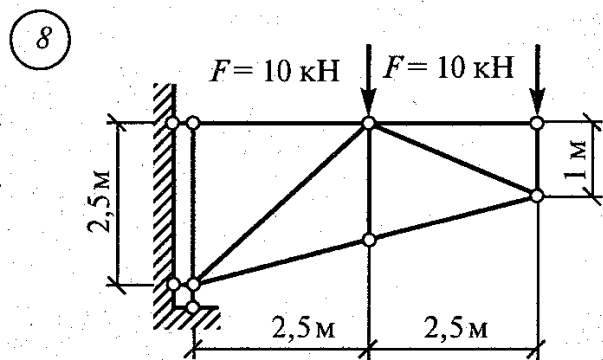
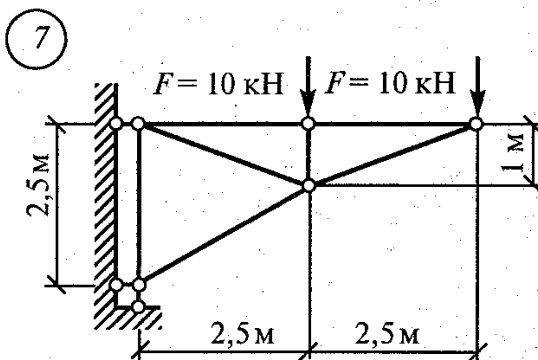
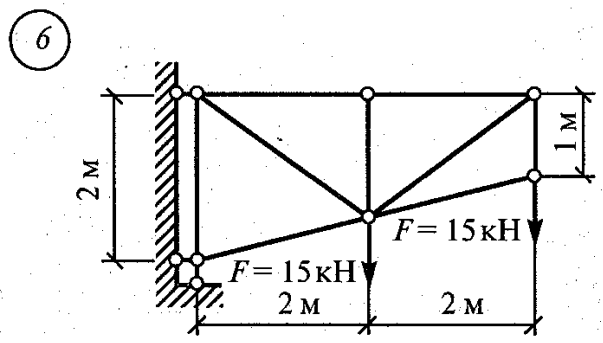
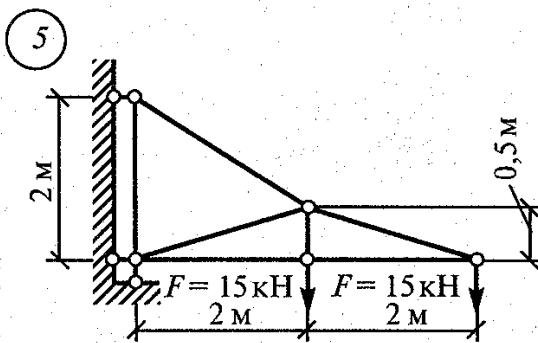
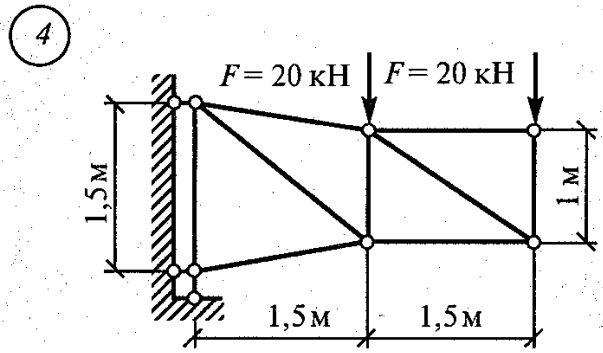
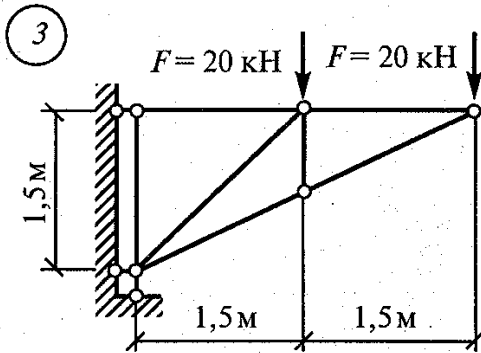
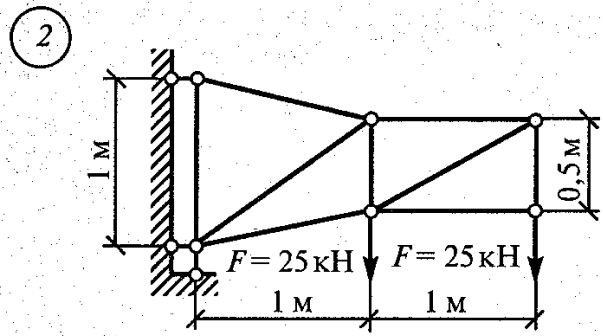
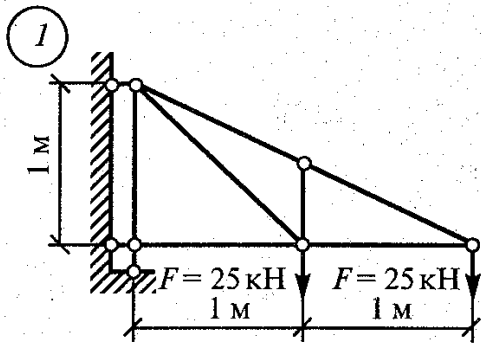
Отчет о проделанной работе должен содержать:

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

Содержание задания: Определить усилия в стержнях фермы.

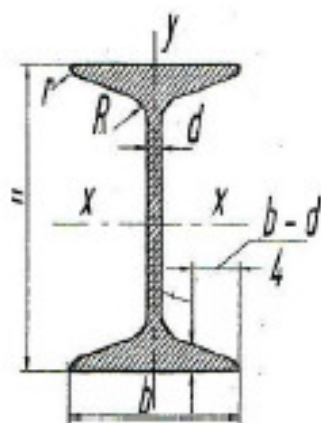
Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой ферма?
2. Как классифицируются фермы?
3. Каким является условие геометрической неизменяемости и статической определимости ферм?
4. Из каких уравнений определяются опорные реакции ферм?
5. Опишите порядок определения усилий в стержнях фермы графическим методом путем построения диаграммы Максвелла-Кремоны.



Основные размеры и характеристики прокатных профилей

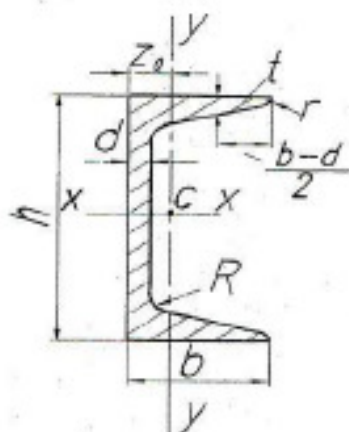
Сталь прокатная - балки двутавровые



- h - высота балки b -
 ширина полки
 d - толщина стенки
 t - средняя толщина полки
 R - радиус внутреннего закругления r
 - радиус закругления полки
 I - момент инерции
 W - момент сопротивления
 S - статический момент полусечения i
 - радиус инерции

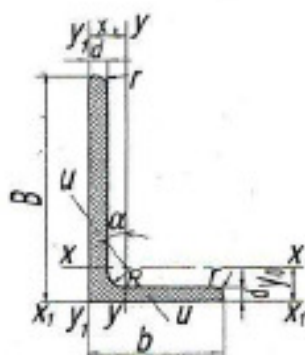
Номер профиля	Масса 1 м длины	Размеры						Площадь сечения, см ²	Справочные величины для осей						
		h	b	d	t	R	r		x-x			y-y			
									I_x	W_x	i_x	S_x	I_y	W_y	i_y
	кг	мм						см ²	см ⁴	см ³	см	см ³	см ⁴	см ³	см
10	9,46	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	11,5	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	13,7	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	15,9	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70
18	18,4	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
18а	19,9	180	100	5,1	8,3	9,0	3,5	25,4	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12
20	21,0	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
20а	22,7	200	110	5,2	8,6	9,5	4,0	28,9	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32
22	24,0	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
22а	25,8	220	120	5,4	8,9	10,0	4,0	32,8	2790	254	9,22	143	206	34,3	2,50
24	27,3	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
24а	29,4	240	125	5,6	9,8	10,5	4,0	37,5	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63
27	31,5	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
27а	33,9	270	135	6,0	10,2	11,0	4,5	43,2	5500	407	11,3	229	337	50,0	2,80
30	36,5	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
30а	39,2	300	145	6,5	10,7	12,0	5,0	49,9	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
33	42,2	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	48,6	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	57,0	400	155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,6	19062	953	16,2	545	667	86,1	3,03
45	66,5	450	160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7	27696	1231	18,1	708	808	101	3,09
50	78,5	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0	100,0	39727	1589	19,9	919	1043	123	3,23
55	92,6	550	180	11,0	16,5	18,0	7,0	118,0	55962	2035	22,8	1181	1356	151	3,39
60	108	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0	138,0	76806	2560	23,6	1491	1725	182	3,54

Сталь прокатная - швеллер



- h - высота балки
- b - ширина полки
- d - толщина стенки
- t - средняя толщина полки
- R - радиус внутреннего закругления
- r - радиус закругления полки
- I - момент инерции
- W - момент сопротивления
- S - статический момент полусечения
- i - радиус инерции
- z₀ - расстояние от оси у-у до наружной грани стенки

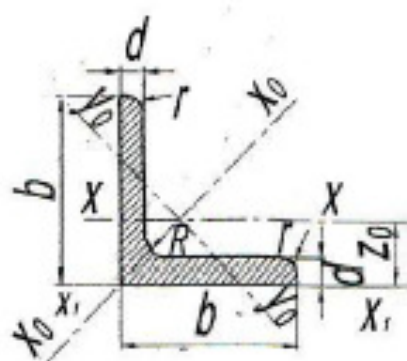
Номер профиля	Масса/м длины	Размеры						Площадь сечения, А	Справочные величины для осей							
		h	b	d	t	R	r		x-x				y-y			
		I _x	W _x	i _x	S _x	I _y	W _y		i _y	Z ₀						
кг	мм						см ²	см ⁴	см ³	см	см ⁴	см ³	см	см ⁴	см ³	см
5	4,84	50	32	4,4	7,0	6	2,5	6,16	22,8	9,10	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	5,90	65	36	4,4	7,2	6	2,5	7,51	48,6	15,0	2,54	9,00	8,70	3,68	1,08	1,24
8	7,05	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,89	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	8,59	100	46	4,5	7,6	7	3	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	10,4	120	52	4,8	7,8	7,5	3	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	12,3	140	58	4,9	8,1	8	3	15,6	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67
14a	13,3	140	62	4,9	8,7	8	3	17,0	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	14,2	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80
16a	15,3	160	68	5,0	9,0	8,5	3,5	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,0
18	16,3	180	70	5,1	8,7	9	3,5	20,7	1090	121	7,24	69,8	86,0	17,0	2,04	1,94
18a	17,4	180	74	5,1	9,3	9	3,5	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13
20	18,4	200	76	5,2	9,0	9,5	4	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
20a	19,8	200	80	5,2	9,7	9,5	4	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
22	21,0	220	82	5,4	9,5	10	4	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22a	22,6	220	87	5,4	10,2	10	4	28,8	2330	212	8,99	121	187	30,0	2,55	2,46
24	24,0	240	90	5,6	10,0	10,5	4	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
24a	25,8	240	95	5,6	10,7	10,5	4	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67
27	27,7	270	95	6,0	10,5	11	4,5	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	31,8	300	100	6,5	11,0	12	5	40,5	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33	36,5	330	105	7,0	11,7	13	5	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	41,9	360	110	7,5	12,6	14	6	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	48,3	400	115	8,0	13,5	15	6	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75



B - ширина большой полки
 b - ширина малой полки
 d - толщина полки
 R - радиус внутреннего закругления
 r - радиус закругления полки
 I - момент инерции
 i - радиус инерции
 x_0, y_0 - расстояние от центра тяжести до
 наружных граней полок

Номер профиля	Размеры					Площадь сечения, А	Максимальная длина	Справочные величины для осей						Угол наклона оси z_0		
	B	b	d	R	r			x-x		y-y		y-y				
								I_x	i_x	I_y	i_y	y_0	x_0			
								см ⁴	см	см ⁴	см	см	см			
мм											см ⁴	см	см ⁴	см	см	см
5,6/3,6	56	36	4	6	2	3,58	2,81	11,4	1,78	3,7	1,02	1,82	0,84	0,506		
			5			4,41	3,46	13,8	1,77	4,48	1,01	1,86	0,88	0,404		
6,3/4,0	63	40	4	7	2,3	4,04	3,17	16,3	2,01	5,16	1,13	2,03	0,91	0,397		
			5			4,98	3,91	19,9	2,00	6,26	1,12	2,08	0,95	0,396		
			6			5,9	4,63	23,3	1,99	7,28	1,11	2,12	0,99	0,393		
			8			7,68	6,03	29,6	1,98	9,15	1,09	2,20	1,07	0,388		
7/4,5	70	45	5	7,5	2,5	5,59	4,39	27,8	2,23	9,05	1,27	2,28	1,05	0,406		
			5			6,11	4,79	34,8	2,39	12,5	1,43	2,39	1,17	0,436		
7,5/5	75	50	6	8	2,7	7,25	5,69	40,9	2,38	14,6	1,42	2,44	1,21	0,435		
			8			9,47	7,43	52,4	2,35	18,5	1,40	2,52	1,29	0,430		
			8			6,36	4,99	41,6	2,56	12,7	1,41	2,60	1,13	0,387		
			8			7,55	5,92	49,0	2,55	14,8	1,40	2,65	1,17	0,388		
9/5,6	90	56	5,5	9	3	7,86	6,17	65,3	2,88	19,7	1,58	2,92	1,26	0,384		
			6			8,54	6,70	70,6	2,88	21,2	1,58	2,95	1,28	0,384		
			8			11,1	8,77	90,9	2,85	27,1	1,56	3,04	1,36	0,380		
			8			9,59	7,53	98,3	3,2	30,6	1,79	3,23	1,42	0,393		
10/6,3	100	63	6	10	3,3	11,1	8,70	113	3,19	35,0	1,78	3,28	1,46	0,392		
			7			12,6	9,87	127	3,18	39,2	1,77	3,32	1,50	0,391		
			8			15,5	12,1	154	3,15	47,1	1,75	3,40	1,58	0,387		
			10			11,4	8,98	142	3,53	45,6	2,0	3,55	1,58	0,402		
11/7	110	70	6,5	10	3,3	13,9	10,9	172	3,51	54,6	1,98	3,61	1,64	0,400		
			8			14,1	11	227	4,01	73,7	2,29	4,01	1,80	0,407		
12,5/8	125	80	7	11	3,7	16	12,5	256	4,00	83,0	2,28	4,05	1,84	0,406		
			8			19,7	15,5	312	3,98	100	2,26	4,14	1,92	0,404		
			10			23,4	18,3	365	3,95	117	2,24	4,22	2,00	0,400		
			12			13	14,1	364	4,49	120	2,58	4,49	2,03	0,411		
14/9	140	90	8	12	4	22,2	17,5	444	4,47	146	2,56	4,58	2,12	0,409		
			10			22,9	18	606	5,15	186	2,85	5,19	2,23	0,391		
16/10	160	100	9	13	4,3	25,3	19,8	667	5,13	204	2,84	5,23	2,28	0,390		
			10			30	23,6	784	5,11	239	2,82	5,32	2,36	0,388		
			12			34,7	27,3	897	5,08	272	2,80	5,40	2,43	0,385		
			14			28,3	22,2	952	5,8	276	3,12	5,88	2,44	0,375		
18/11	180	110	10	14	4,7	33,7	26,4	1123	5,77	324	3,1	5,97	2,52	0,374		
			12			34,9	27,4	1449	6,45	446	3,58	6,50	2,79	0,392		
20/12,5	200	125	11	14	4,7	37,9	29,7	1588	6,43	482	3,57	6,54	2,83	0,392		
			12			43,9	34,4	1801	6,41	551	3,54	6,62	2,91	0,390		
			14			49,8	39,1	2026	6,38	617	3,52	6,71	2,99	0,388		
			16			48,3	37,9	3147	8,07	1032	4,62	7,97	3,33	0,410		
25/16	250	160	12	18	4	63,6	49,9	4091	8,02	1333	4,58	8,14	3,69	0,408		
			16			71,1	55,8	4545	7,99	1475	4,56	8,23	3,77	0,407		
			18			78,5	61,7	4987	7,97	1613	4,53	8,31	3,85	0,405		
			20													

Сталь прокатная - угловая равнополочная



b - ширина полки

d - толщина

полки

R - радиус внутреннего закругления

r - радиус закругления полки

I - момент инерции

i - радиус инерции

z_0 - расстояние от центра тяжести до наружной грани полки

Номер профиля	Размеры				Площадь сечения, A	Масса m длины	Справочные величины для осей		Z_0
	b	d	R	r			$x-x$		
							I_x	i_x	
мм				$см^2$	кг	$см^4$	см	см	
4.5	45	3	5	1.7	2.65	2.8	5.13	1.39	1.21
		4			3.48	2.73	6.63	1.38	1.26
		5			4.29	3.37	8.03	1.37	1.30
5	50	3	5.5	1.8	2.96	2.32	7.11	1.55	1.33
		4			3.89	3.05	9.21	1.54	1.38
		5			4.8	3.77	11.2	1.53	1.42
5.6	56	4	6	2	4.38	3.44	13.1	1.73	1.52
		5			5.41	4.25	16.0	1.72	1.57
6.3	63	4	7	2.3	4.96	3.90	18.9	1.95	1.69
		5			6.13	4.81	23.1	1.94	1.74
		6			7.28	5.72	27.1	1.93	1.78
7	70	4.5	8	2.7	6.2	4.87	29.0	2.16	1.88
		5			6.86	5.38	31.9	2.16	1.90
		6			8.15	6.39	37.6	2.15	1.94
		7			9.42	7.39	43.0	2.14	1.99
		8			10.7	8.37	48.2	2.13	2.02
7.5	75	5	9	3	7.39	5.80	39.5	2.31	2.02
		6			8.78	6.89	46.6	2.30	2.06
		7			10.1	7.96	53.3	2.29	2.10
		8			11.5	9.02	59.8	2.28	2.15
		9			12.8	10.1	66.1	2.27	2.18
8	80	5.5	9	3	8.63	6.78	52.7	2.47	2.17
		6			9.38	7.36	57.0	2.47	2.19
		7			10.8	8.51	65.3	2.45	2.23
		8			12.3	9.65	73.4	2.44	2.27
9	90	6	10	3.3	10.6	8.33	82.1	2.78	2.43
		7			12.3	9.64	94.3	2.77	2.47
		8			13.9	10.9	106	2.76	2.51
		9			15.6	12.2	118	2.75	2.55

Номер профиля	Размеры				Площадь сечения, А	Масса 1м длины	Справочные величины для осей		
	b	d	R	r			X-X		z ₀
							I _x	i _x	
мм				см ²	кг	см ⁴	см	см	
10	100	6,5	12	4	12,8	10,1	122	3,09	2,68
		7			13,8	10,8	131	3,08	2,71
		8			15,6	12,2	147	3,07	2,75
		10			19,2	15,1	179	3,05	2,83
		12			22,8	17,9	209	3,03	2,91
		14			26,3	20,6	237	3,0	2,99
		16			29,7	23,3	264	2,98	3,06
11	110	7	12	4	15,2	11,9	176	3,4	2,69
		8			17,2	13,5	198	3,39	3,0
12,5	125	8	14	4,6	19,7	15,5	294	3,87	3,36
		9			22,0	17,3	327	3,86	3,40
		10			24,3	19,1	360	3,85	3,45
		12			28,9	22,7	422	3,82	3,53
		14			33,4	26,2	482	3,8	3,61
		16			37,8	29,6	539	3,78	3,68
14	140	9	14	4,6	24,7	19,4	466	4,34	3,78
		10			27,3	21,5	512	4,33	3,82
		12			32,5	25,5	602	4,31	3,90
16	160	10	16	5,3	31,4	24,7	774	4,96	4,30
		11			34,4	27,0	844	4,95	4,33
		12			37,4	29,4	913	4,94	4,39
		14			43,3	34,0	1046	4,92	4,47
		16			49,1	38,5	1175	4,89	4,55
		18			54,8	43,0	1299	4,87	4,63
		20			60,4	47,4	1419	4,85	4,70
18	180	11	16	5,3	38,8	30,5	1216	5,6	4,85
		12			42,2	33,1	1317	5,59	4,89
20	200	12	18	6	47,1	37,0	1823	6,22	5,37
		13			50,9	39,9	1961	6,21	5,42
		14			54,6	42,8	2097	6,2	5,46
		16			62,0	48,7	2363	6,17	5,54
		20			76,5	60,1	2871	6,12	5,70
		25			94,3	74,0	3466	6,06	5,89
		30			111,5	87,6	4020	6,0	6,07
22	220	14	21	7	60,4	47,4	2814	6,83	5,93
		16			68,6	53,8	3175	6,81	6,02
25	250	16	24	8	78,4	61,5	4717	7,76	6,75
		18			87,7	68,9	5247	7,73	6,83
		20			97,0	76,1	5765	7,71	6,91
		22			106,1	83,3	6270	7,69	7,0
		25			119,7	94,0	7006	7,65	7,11
		28			133,1	104,5	7717	7,61	7,23
		30			142,0	111,4	8177	7,59	7,31

Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение:

Основная литература:

1. Сафонова, Г. Г. Техническая механика : учебник / Г.Г. Сафонова, Т.Ю. Артюховская, Д.А. Ермаков. - Москва : ИНФРА-М, 2020. — 320 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-012916-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1074607> (дата обращения: 07.06.2023). – 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: 07.06.2023). – Режим доступа: по подписке.
2. Сетков, В. И. Техническая механика: контрольно-оценочные средства (для строительных специальностей) : учебное пособие / В.И. Сетков. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 111 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-110878-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1893927> (дата обращения: 07.06.2023). – Режим доступа: по подписке.