

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.05 Техническая механика

по специальности 21.02.03 Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и
газонефтехранилищ
базовая подготовка
среднего профессионального образования

Иркутск, 2024

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИргГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИргГУПС 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
От 11 апреля 2024 г.
Председатель ЦМК:
Ж.С Игнатенко

Разработчик: Л.А. Адамова, преподаватель Сибирского колледжа транспорта и строительства ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

Методические указания для проведения практических занятий разработаны в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины, разработанной на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 21.02.03 Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ.

Содержание

1. Пояснительная записка	4
2. Общие правила выполнения практических заданий	5
3. Практическое занятие №1	7
4. Практическое занятие №2	10
5. Практическое занятие №3	13
6. Практическое занятие №4	16
7. Практическое занятие №5	18
8. Практическое занятие №6	26
9. Практическое занятие №7	31
10. Практическое занятие №8, 9	35
11. Практическое занятие №10	39
12. Практическое занятие №11	44
13. Практическое занятие №12	47
14. Практическое занятие №13, 14	51
15. Практическое занятие №15,	54
16. Практическое занятие №16, 17	57
17. Практическое занятие №18,19	63
18. Практическое занятие №20,21	65
19. Практическое занятие №22,23	68
20. Практическое занятие №24,25	71
21. Практическое занятие №26	75
22. Практическое занятие №27	76
23. Учебно-методическое и информационное обеспечение	82

Пояснительная записка

Назначение методических указаний

Сборник практических работ составлен в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по программам подготовки специалистов среднего звена по специальности 21.02.03. Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ (базовой подготовки).

Учебная дисциплина «Техническая механика» устанавливает базовые знания для освоения специальных дисциплин.

Структура дисциплины «Техническая механика» представлена следующими разделами:

- теоретическая механика;
- сопротивление материалов;
- детали машин.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

уметь:

- определять напряжения в конструкционных элементах;
- определять передаточное отношение;
- проводить расчет и проектировать детали и сборочные единицы общего назначения;
- проводить сборочно-разборочные работы в соответствии с характером соединений деталей и сборочных единиц;
- производить расчеты на сжатие, срез и смятие;
- производить расчеты элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;
- собирать конструкции из деталей по чертежам и схемам;
- читать кинематические схемы.

знать:

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

Формируемые компетенции:

ОК.01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.
ОК.02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационной деятельности.
ОК.03	Планировать и реализовывать собственное, профессиональное и личностное раз-

	вигие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях .
ОК04	Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.
ОК05	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.
ОК.06	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения.

профессиональными компетенциями:

ПК 1.1	Выполнять строительные работы при сооружении, реконструкции и ремонте объектов трубопроводного транспорта, хранения, распределения газа, нефти, нефтепродуктов.
ПК 1.5	Обеспечивать выполнения работ по выводу из эксплуатации и вводу в эксплуатацию объектов трубопроводного транспорта, хранения, распределения газа, нефти, нефтепродуктов.
ПК 2.1	Обеспечивать проведения технологического процесса трубопроводного транспорта, хранения, распределения газа, нефти, нефтепродуктов
ПК 2.5	Обеспечивать проведение мероприятий по повышению надежности и эффективности эксплуатации объектов трубопроводного транспорта, хранения, распределения газа, нефти, нефтепродуктов

Учебная дисциплина «Техническая механика» базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении физики и математики, является базовой для дисциплин профессионального цикла.

Программа курса рассчитана на 116 часа учебных и 54 часов практических занятий. С целью активизации процессов усвоения и закрепления знаний студентов к каждой теме предложены вопросы для самоконтроля.

Для лучшего усвоения материала рекомендуется самостоятельно решить несколько задач по темам дисциплины. Решение задач способствует лучшему пониманию и закреплению теоретических знаний. Задания практических работ желательно выполнять непосредственно после изучения соответствующей темы, такая последовательность будет способствовать лучшему закреплению знаний. Заключительной формой контроля усвоения раздела является контрольная работа, дисциплины - экзамен.

Методические рекомендации по решению задач

1. Главная цель решения задач – формировать способности к самостоятельному мышлению и анализу, к самостоятельной творческой работе, формировать понимание физических явлений и техническое мышление.
2. Развить умение и навыки применения теоретических знаний к решению практических вопросов.
3. Закрепить и углубить знания по изучаемому предмету.
4. Развить навыки работы со справочной и технической литературой.
5. Приобрести навыки оформления технических расчетов.

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:
 - а) расчеты выполнены правильно и в полном объеме;
 - б) сделан вывод по результатам работы;
 - в) обучающийся может пояснить выполнение любого этапа работы;
 - г) отчет выполнен в соответствии с требованиями к выполнению практического задания.

Практическое занятие №1

по теме «Плоская система сходящихся сил»

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

Цель занятия: Закрепление знаний и умений по разделу. 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, транспорир, 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.

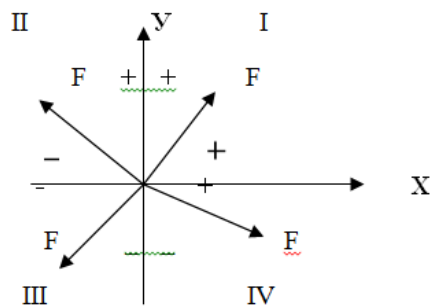


Рисунок 1

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 №2

по теме «Плоская система сходящихся сил»

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

Цель занятия: Закрепление теоретических знаний

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:

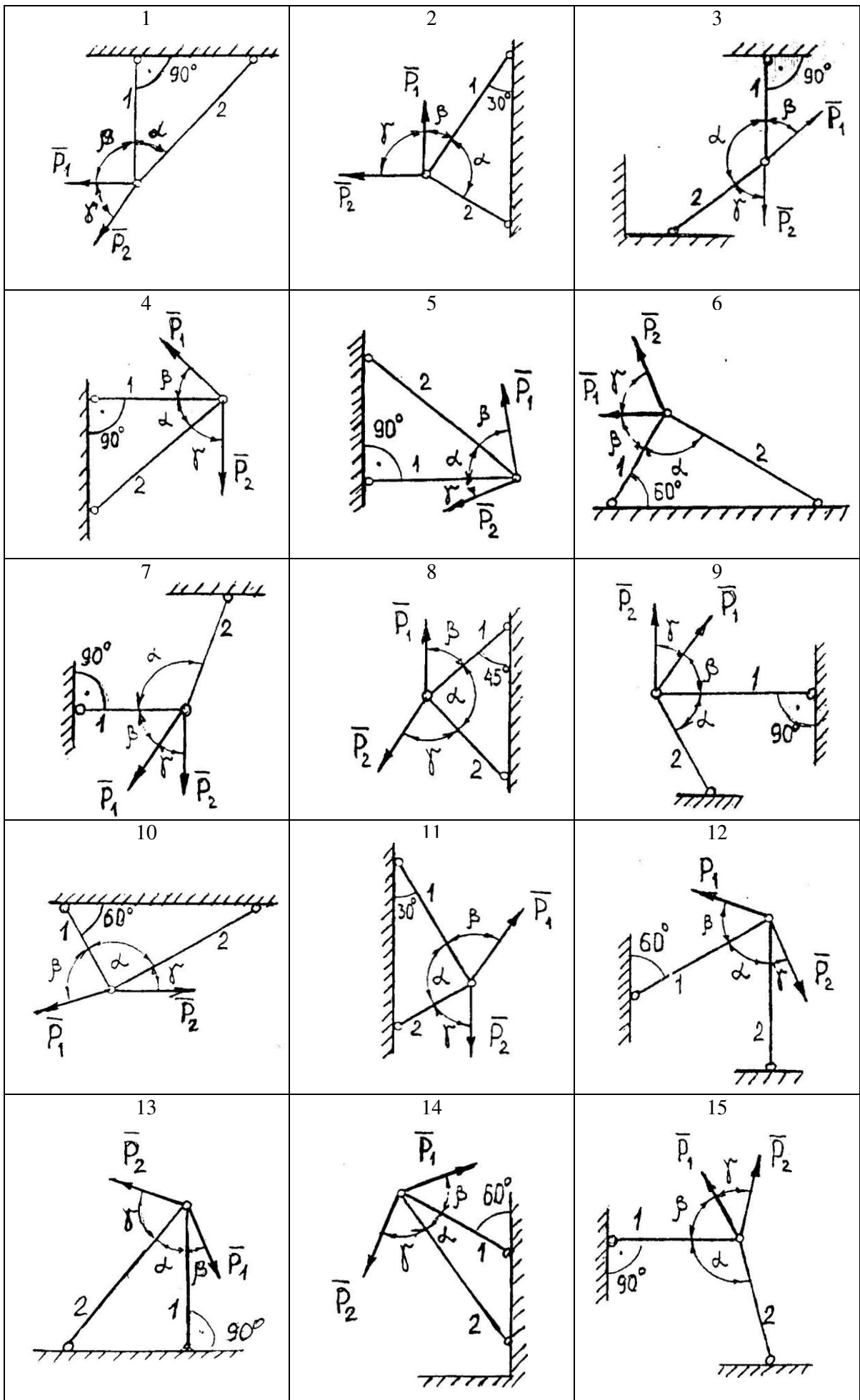
1. Повторить тему «Плоская система сходящихся сил».
2. Указывают точку (или тело), равновесие которой (которого) рассматривается.
3. Прикладывают к рассматриваемой точке (телу) заданные (известные) силы. В задачах обычно заданной силой является груз, который направлен вниз (к центру тяжести земли). При 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 №3

по теме «Плоская система произвольно расположенных сил».

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

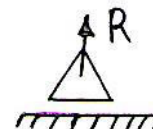
Цель занятия: Углубление теоретических и практических знаний

Необходимые материалы и оборудование:

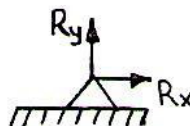
1. Тетрадь для практических занятий.
2. Линейка, карандаш, резинка.
3. Транспортир.
4. Калькулятор.

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.



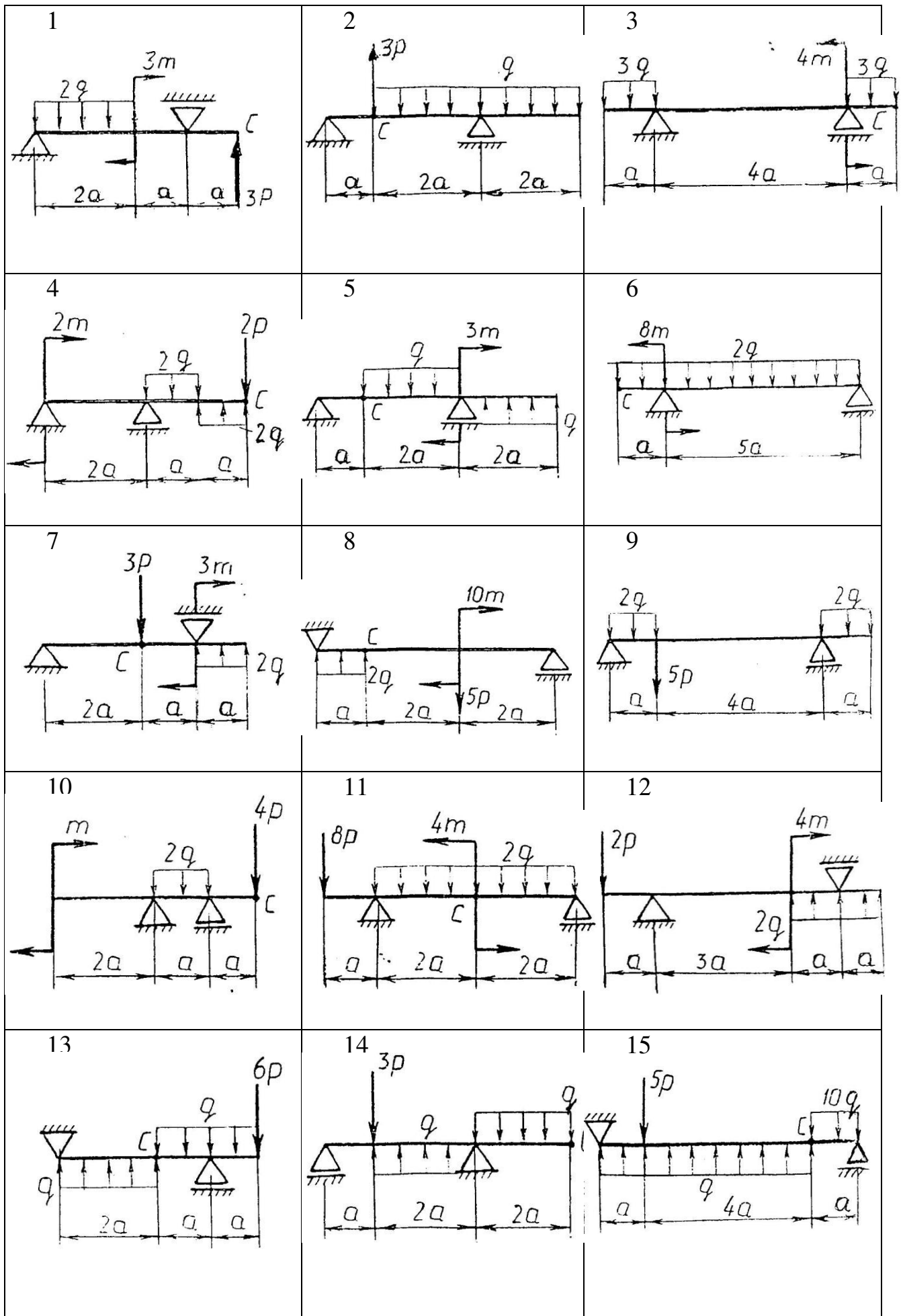
Реакцию шарнирно-подвижной опоры разложить на две составляющие, направленные по осям координат.

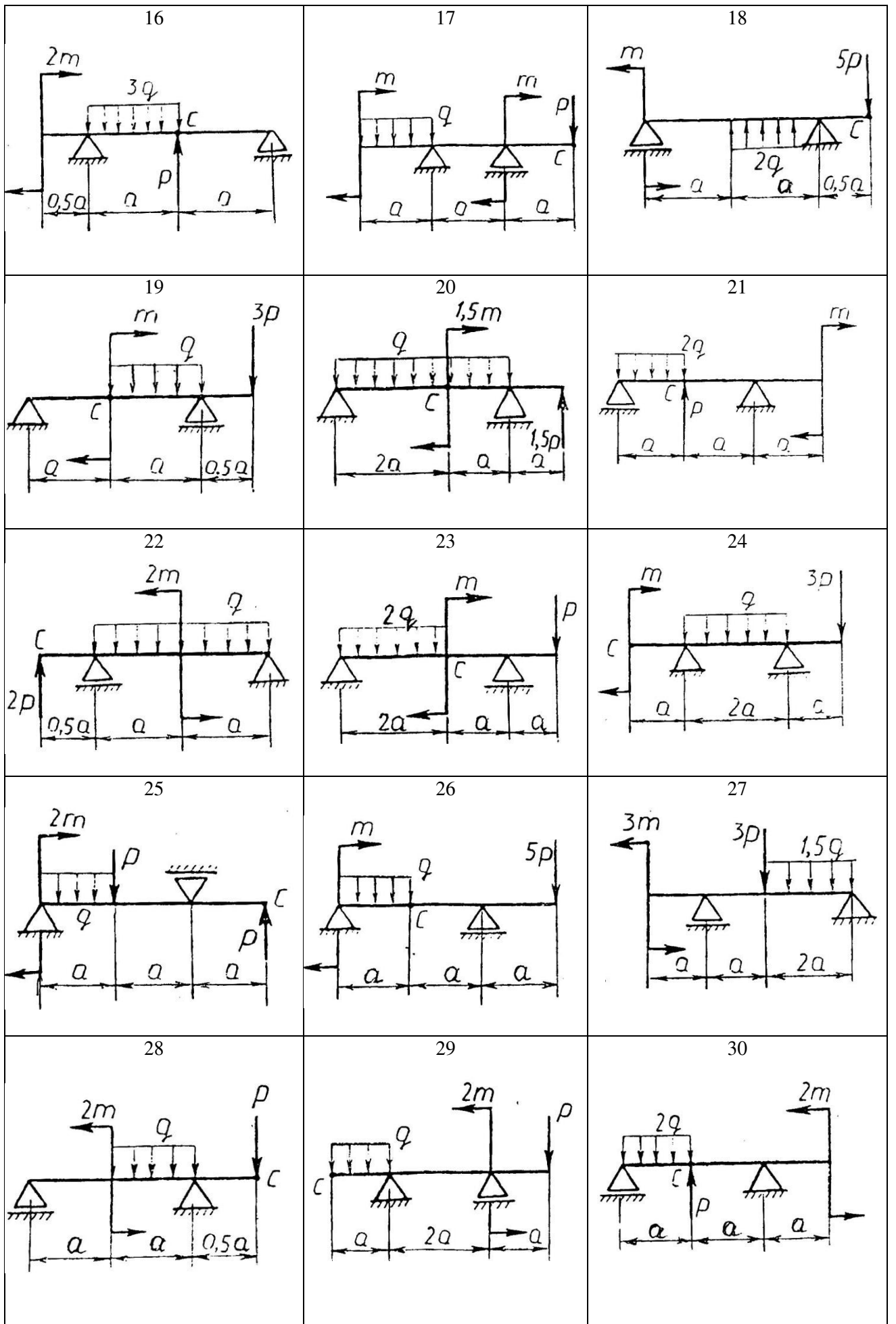


4. Составить расчетную схему балки.
5. Выбрать оси координат и центры моментов.
6. Составить уравнение равновесия: $\sum M_A = 0$; $\sum M_B = 0$; $\sum F_{kx} = 0$.
7. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции опор.
8. Провести проверку правильности решения, составив уравнения $\sum F_{ky} = 0$.
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 №4

по теме «Плоская система произвольно расположенных сил».

Наименование: «Плоская система произвольно расположенных сил. Определение реакций заделки и момента защемления консольной балки».

Цель занятия: Отработать и закрепить навыки и умения.

Необходимые материалы и оборудование:

5. Тетрадь для практических занятий.
6. Линейка, карандаш, резинка.
7. Транспортёр.
8. Калькулятор.

Порядок выполнения задания:

11. Изобразить схему в соответствии с вариантом.
12. Заменить распределенную нагрузку ее равнодействующей $Q=q \cdot l$. Приложить равнодействующую к балке в центре тяжести соответствующего прямоугольника.
13. Заменить опоры их реакциями.
14. Составить расчетную схему балки.
15. Выбрать оси координат и центры моментов.
16. Составить уравнение равновесия: $\sum M_A = 0$; $\sum F_{ky} = 0$. $\sum F_{kx} = 0$.
17. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции опор.
18. Провести проверку правильности решения, составив уравнения $\sum M_B = 0$;
19. Записать ответы.
20. Вывод.

Содержание задания:

Определить реакцию и реактивный момент консольной балки.

Вариант	Схема	q, н/м	P ₁ , Н	P ₂ , Н	M, Н·м	α, град	a, м	b, м		
1		1	4	12	-	30	2	4		
2		2	6	8		45	4	4		
3		3	8	6		60	3	6		
4		4	2	10		30	2	6		
5		1	10	2		60	4	6		
6		2	12	12		45	3	5		
7		3	14	8		90	2	5		
8		4	16	6		0	4	5		
9		3	2	-	15	30	2	4		
10		4	8		20	45	4	4		
11		5	10		25	60	3	6		
12		6	12		30	30	2	6		
13		7	18		36	45	4	6		
14		8	20		40	60	3	5		
15		9	24		16	30	2	5		
16		10	30		22	0	4	5		
17			1		2	12	-	30	2	4
18			2		8	8		45	4	4
19	3		10	6	60	3		6		
20	4		12	10	30	2		6		
21	5		18	2	45	4		6		
22	6		20	12	60	3		5		
23	7		24	8	90	2		5		

24		8	30	6		0	4	5
25		1	2	12	-	30	2	4
26		2	8	8		45	4	4
27		3	10	6		60	3	6
28		4	12	10		30	2	6
29		5	18	2		45	4	6
30		6	20	12		60	3	5
31		7	24	8		90	2	5
32		8	30	6		0	4	5

Практическое занятие №5

по теме «Центр тяжести»

Наименование: «Определение координат центра тяжести сложных сечений».

Цель занятия: закрепление полученных теоретических знаний и практических умений

Необходимые материалы и оборудование:

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

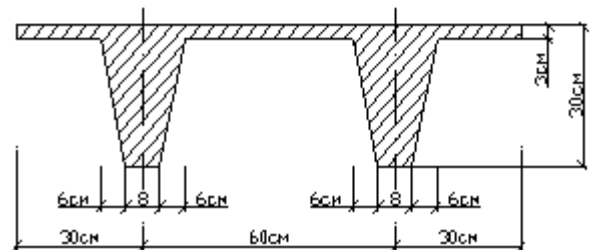
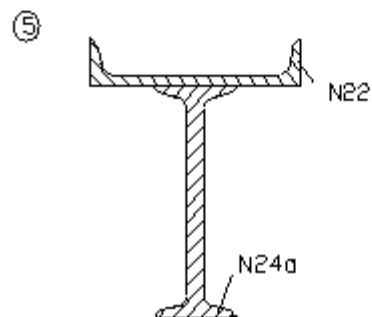
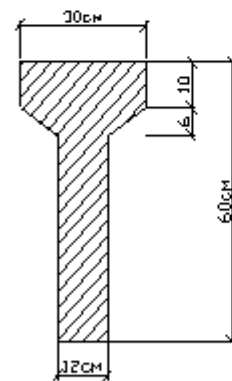
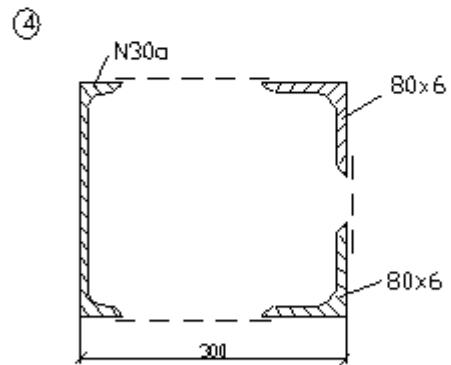
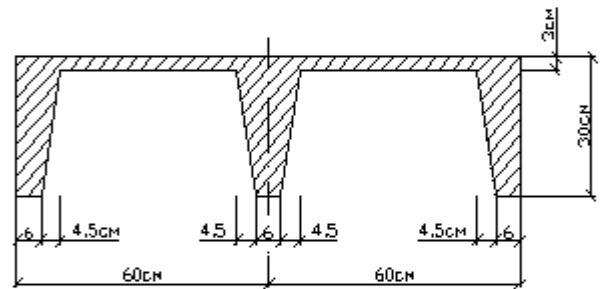
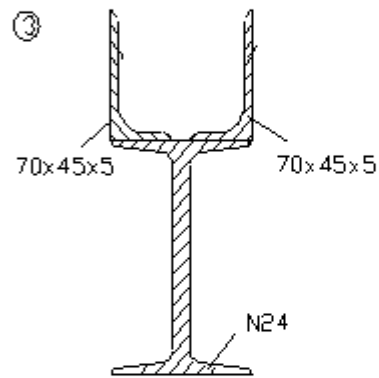
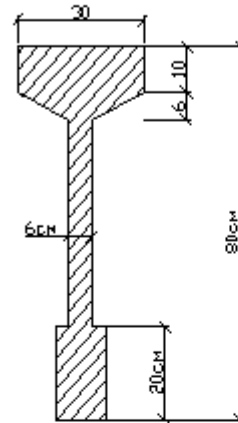
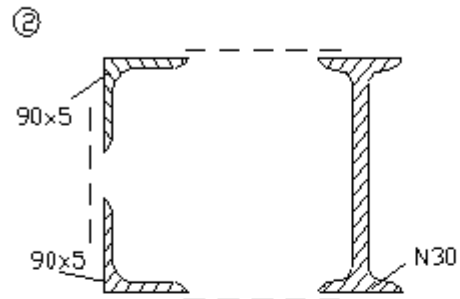
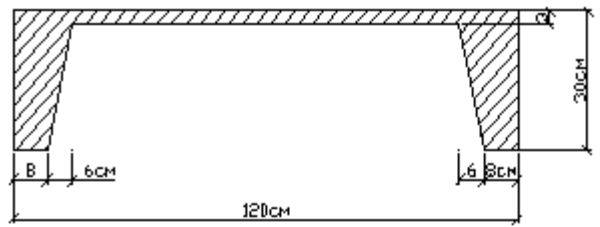
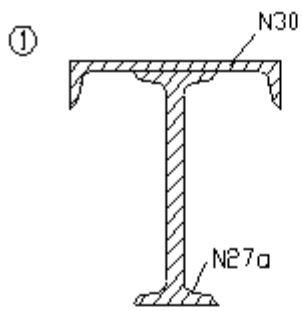
Порядок выполнения задания:

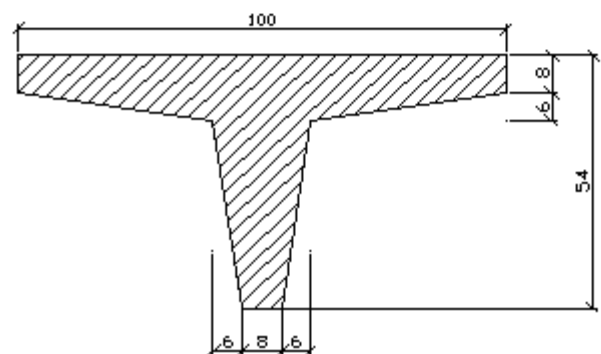
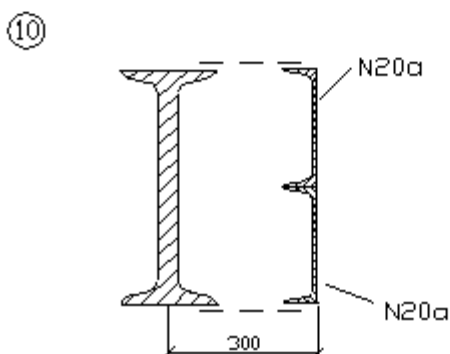
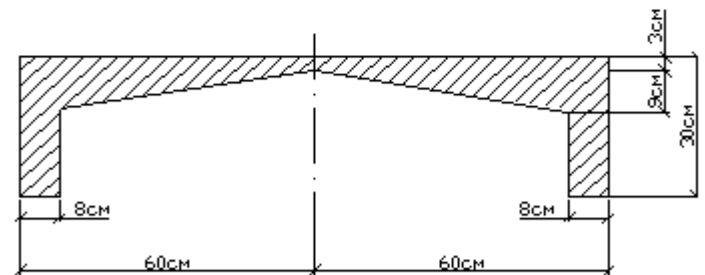
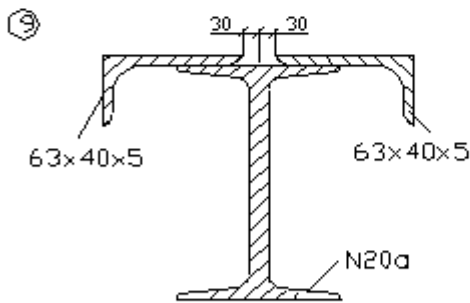
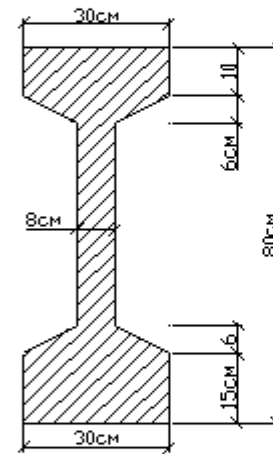
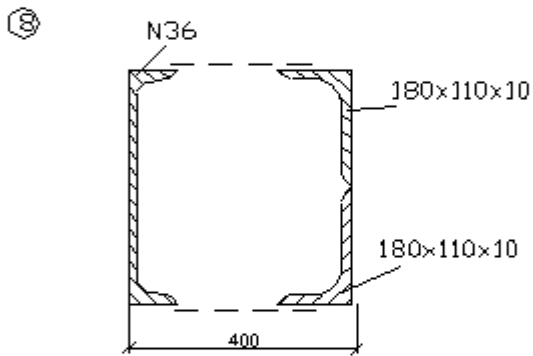
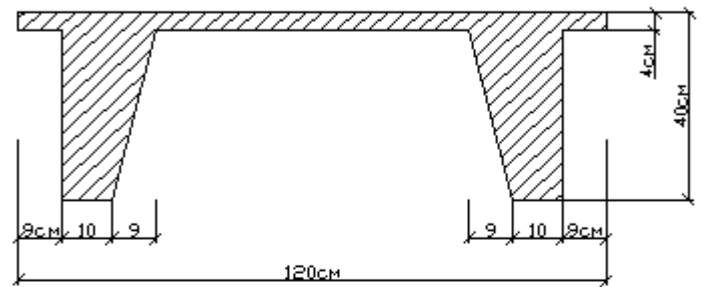
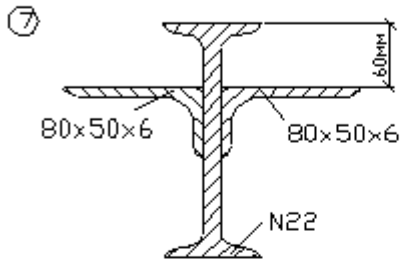
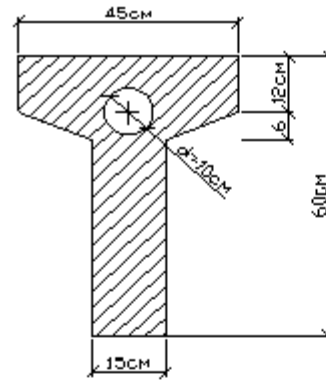
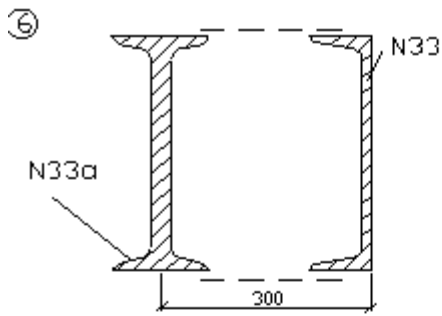
1. Повторить тему «Центр тяжести».
2. По номеру в журнале выбрать плоскую фигуру и исходные данные.
3. Изобразить фигуру и заключить ее в систему координат.
4. Разбить сложную фигуру на простые.
5. Определить центр тяжести каждой простой фигуры.
6. Определить площадь и координаты центра тяжести каждой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

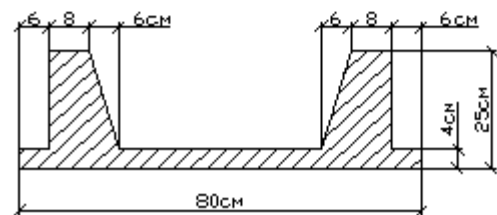
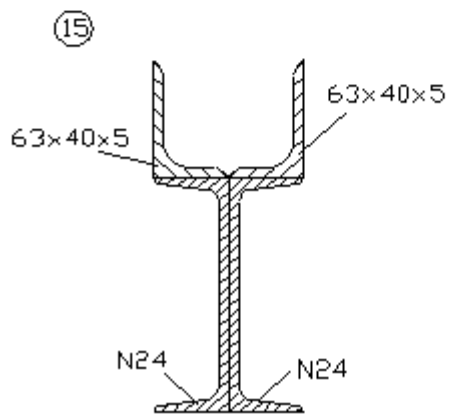
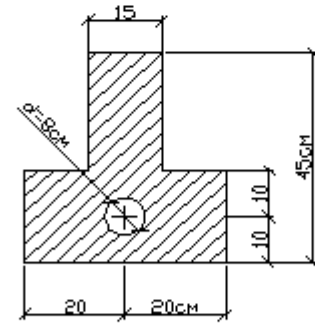
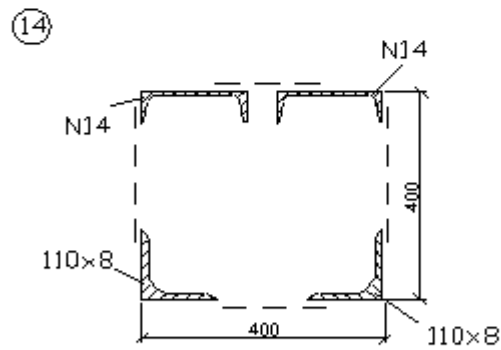
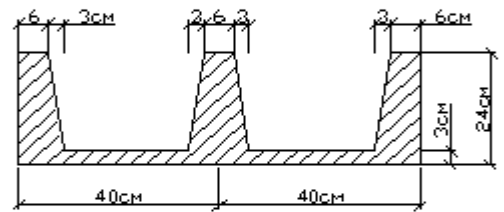
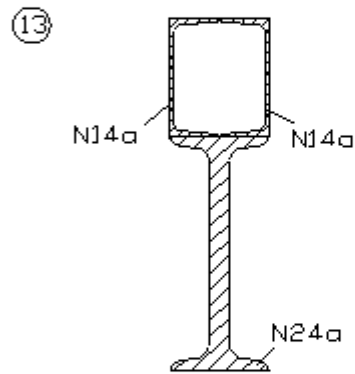
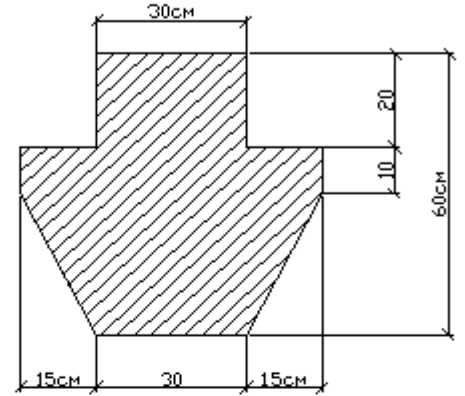
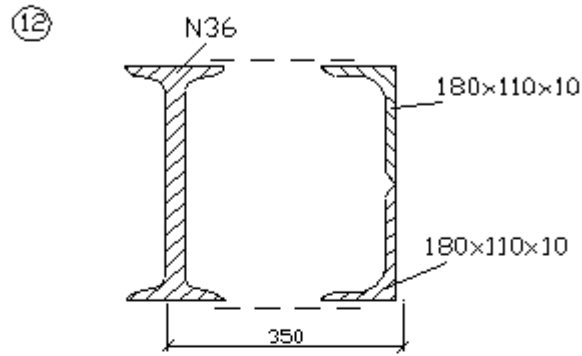
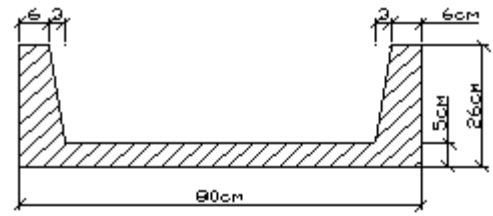
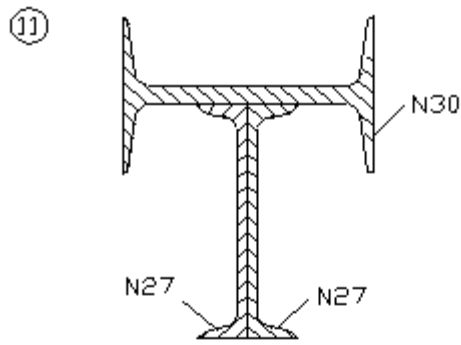
Содержание задания. Определить положение центра тяжести плоской фигуры, форма и размеры которой в миллиметрах показаны на рисунках. Данные своего варианта взять из таблицы.

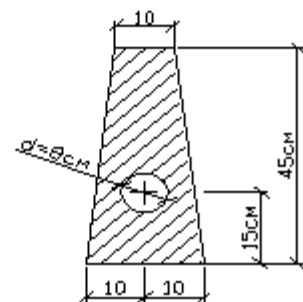
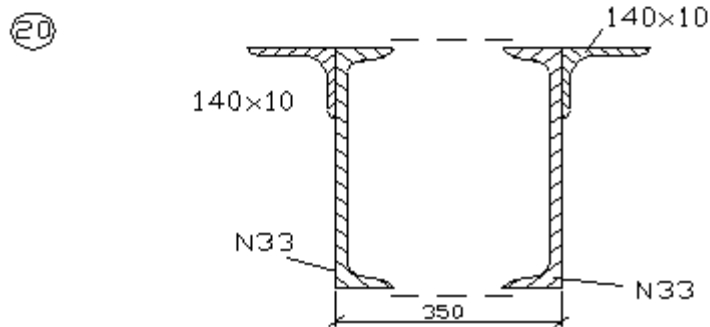
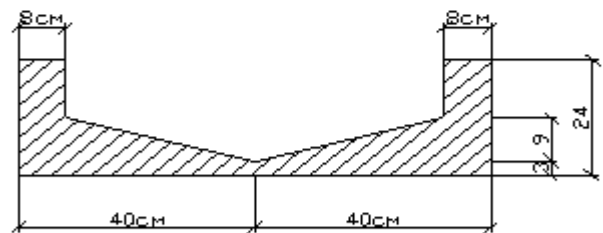
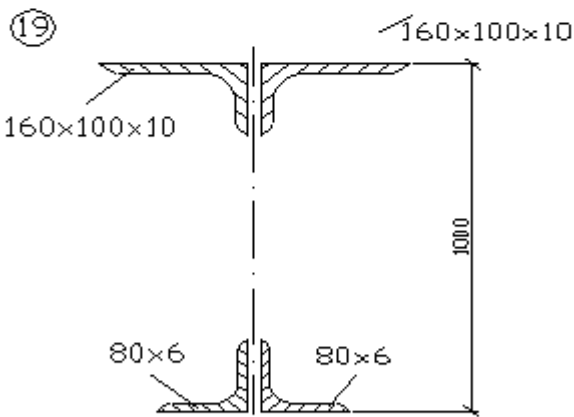
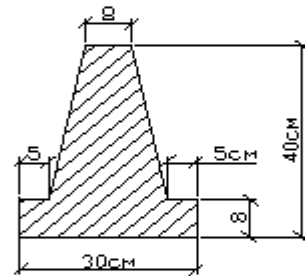
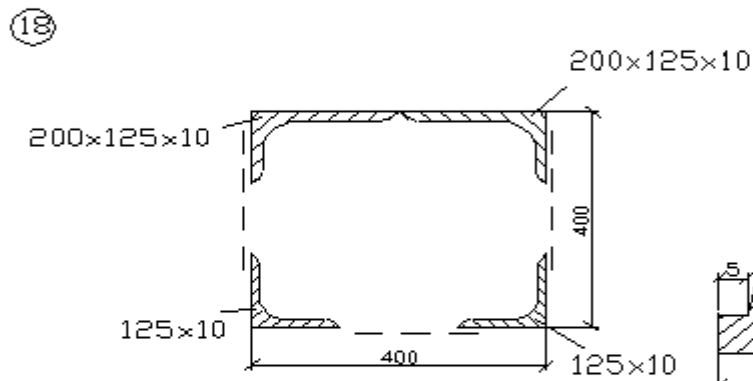
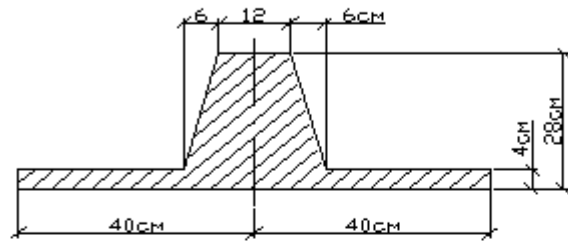
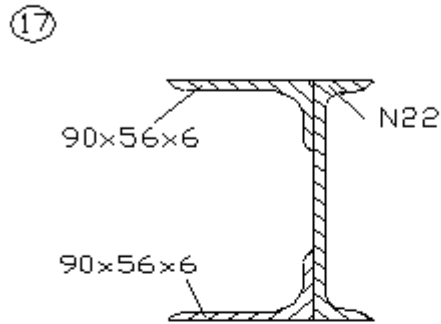
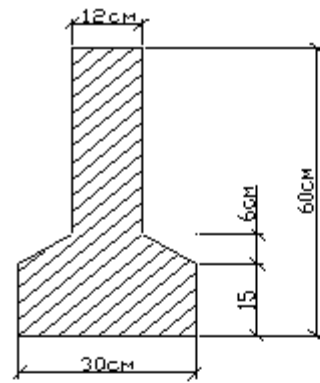
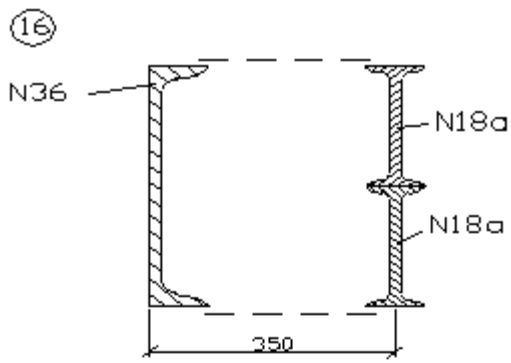
Отчет о проделанной работе должен содержать:

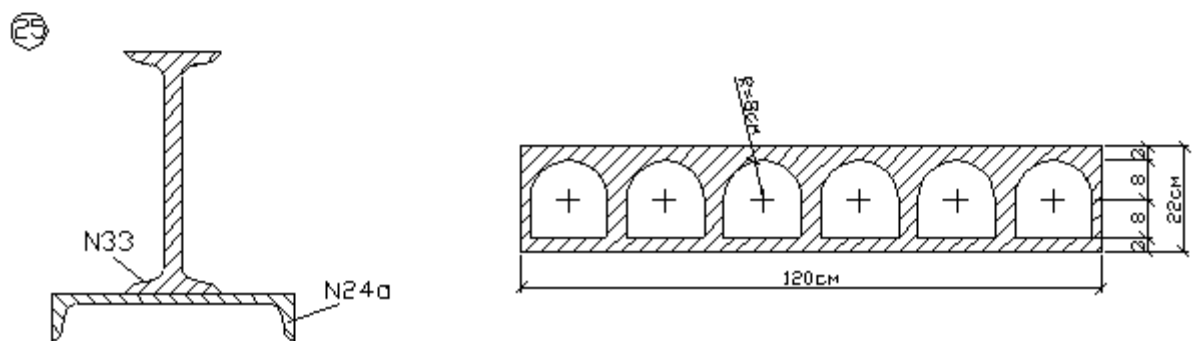
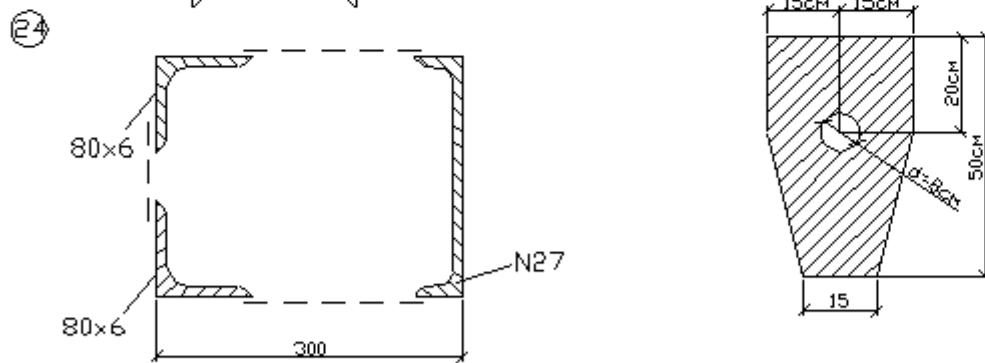
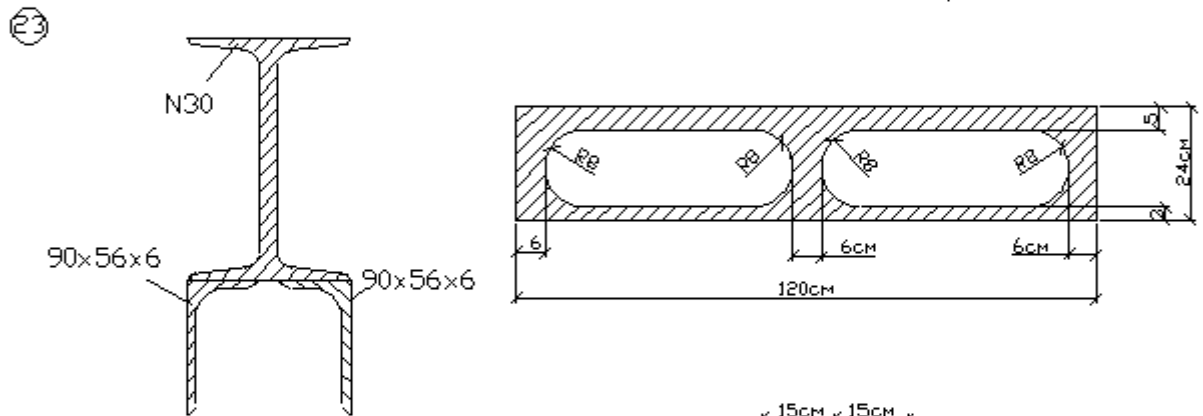
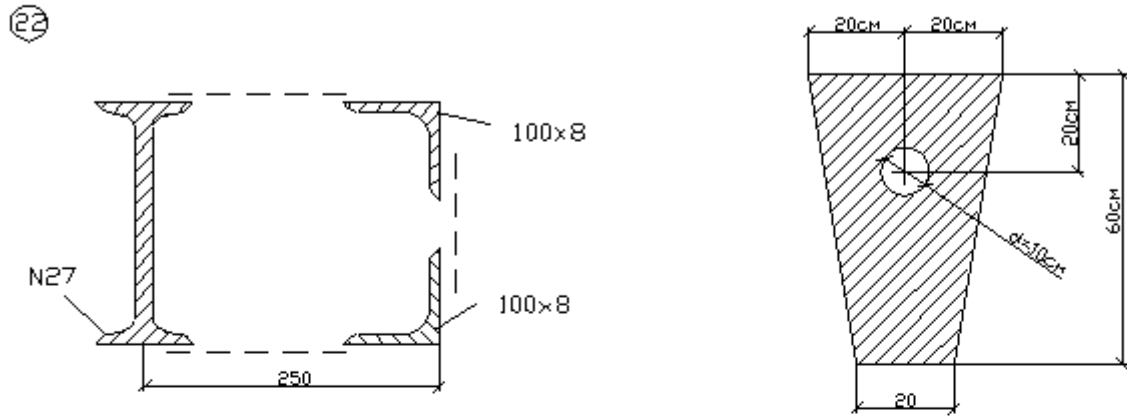
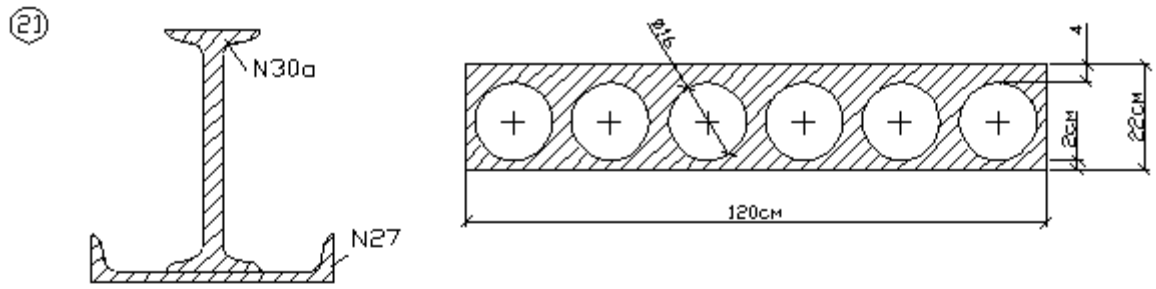
1. Тема работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Решение задач.
5. Вывод по задаче



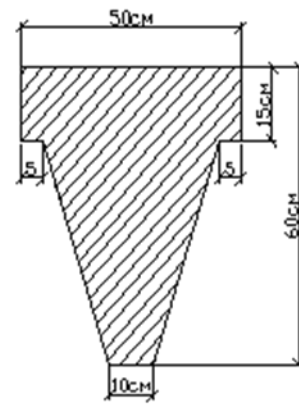
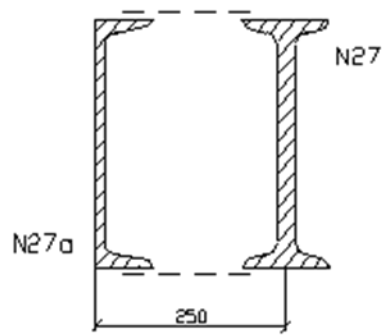




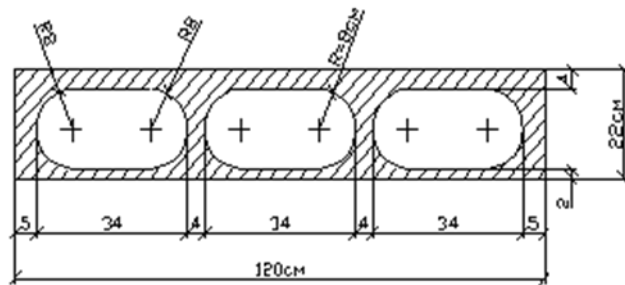
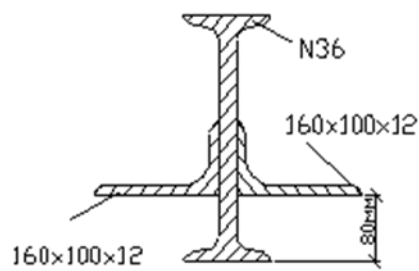




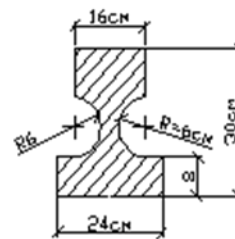
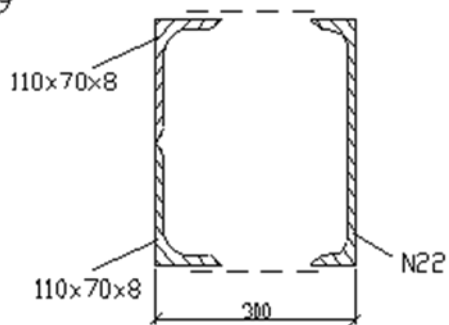
26



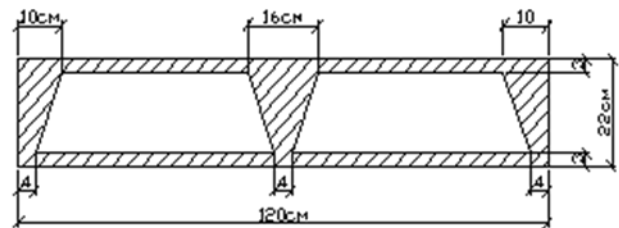
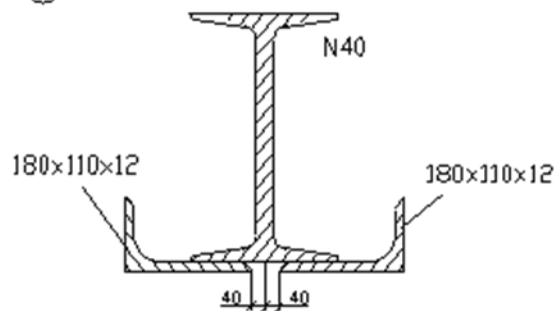
27



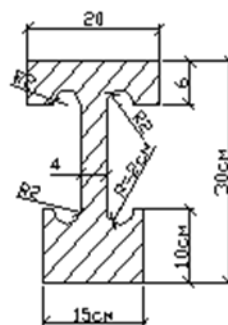
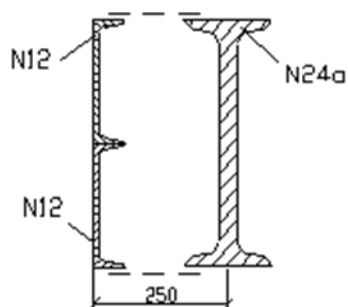
28



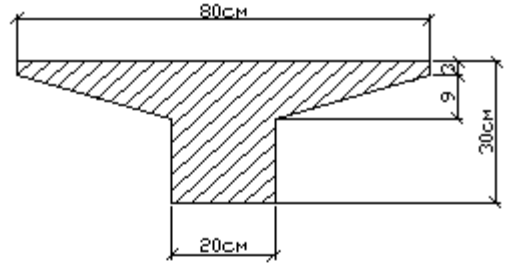
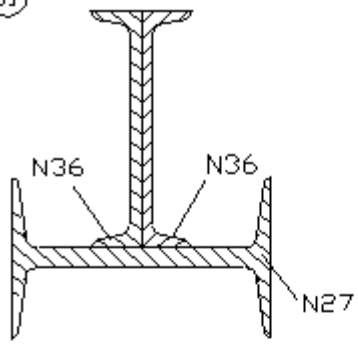
29



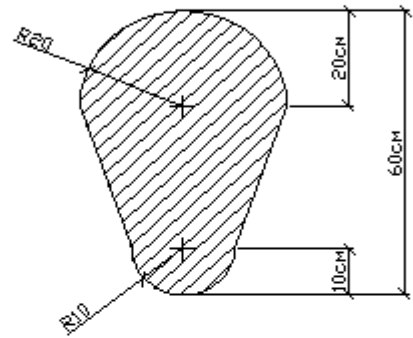
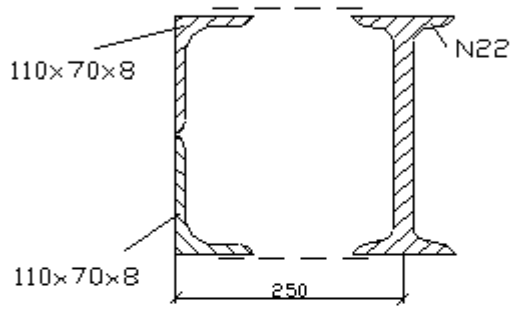
30



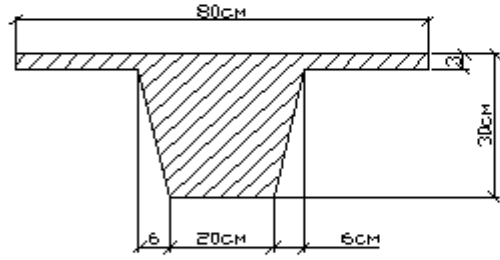
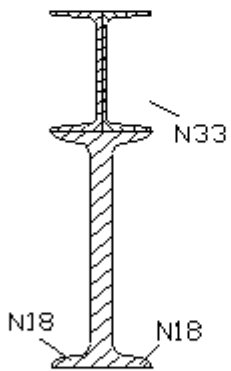
31



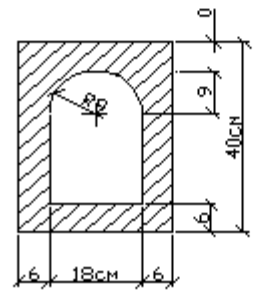
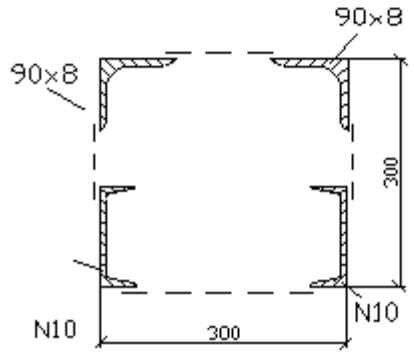
32



33



34



Практическое занятие №6

по теме «Параметры движения точки»

Наименование: «Параметры движения точки».

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

$$S = f(t); \quad (1)$$

2. Скорость точки – это векторная величина, характеризующая быстроту перемещения

точки (тела). Скорость всегда направлена по касательной к траектории движения и определяется:

$$V = S'(t); \quad (2)$$

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

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

$$a_t = V'(t) = S''(t); \quad (3)$$

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

$$a_n = \frac{V^2}{r}; \quad (4)$$

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 $t_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 4 \cdot 0,3 \cdot 0,3}}{2 \cdot 0,3}$

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

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\с²;

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 ²	-2	-0,8	0,4	1,6	2,8	4

4) Определить полное ускорение автомобиля в момент времени 2 секунды

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} \tag{5}$$

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

отсюда

$$a = \sqrt{0,4^2 + 0,02^2} = 0,4 \text{ м\с}^2.$$

Ответ: $v_0=0,6$ м\с; $v=0$, $t_1=3$ с, $t_2=0,3$ с; $a_t=0$, $t=1,7$ с; $a_2=0,4$ м\с²

5) По результатам расчета из сводной таблицы строятся графики:

график зависимости $S-v$

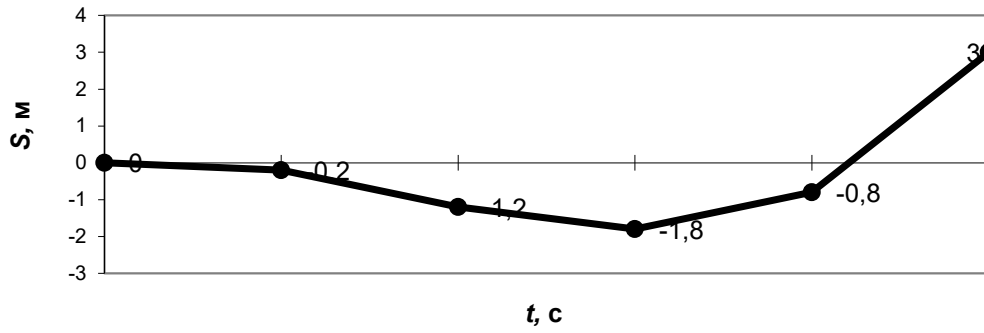


Рисунок – График зависимости $S-t$

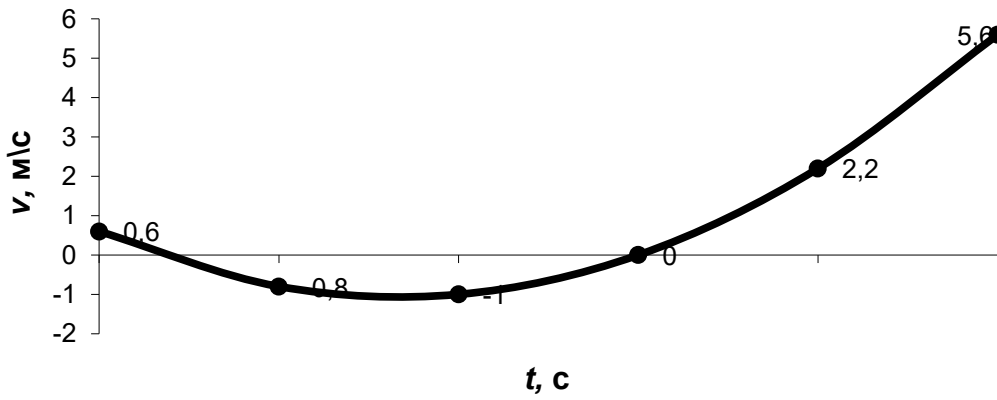


Рисунок – График зависимости $v-t$

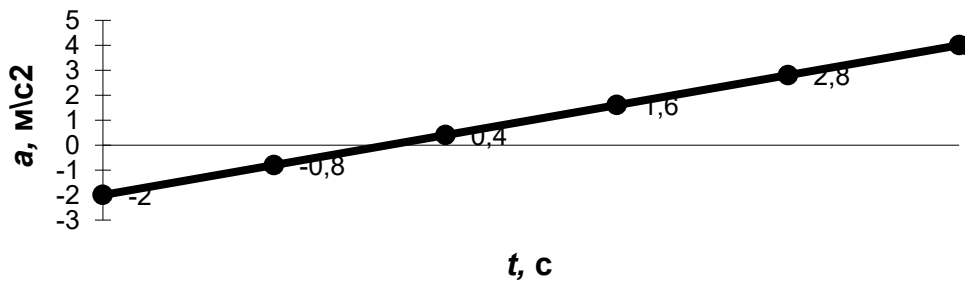


Рисунок – График зависимости $a-t$

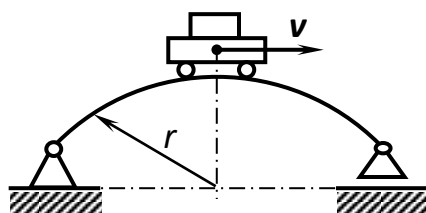
Отчет о проделанной работе должен содержать:

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 ускоренного и замедленного движения. Определить полное ускорение автомобиля в момент времени две секунды.



Данные своего варианта взять из таблицы.

Рисунок – Расчетная схема. Таблица – Данные к задаче

A		0,2	0,5	0,3	0,1	0,4	B	D
C		3	-1	2	-4	5		
r	м	30	20	60	40	10		
№ 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 “ задатъ 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 №7

по теме ««Движение тела вокруг неподвижной оси»».

Наименование: «Определение основных кинематических и динамических характеристик барабанной лебедки».

Цель занятия: научиться использовать формулы поступательного и вращательного движения и основного закона динамики.

Необходимые материалы и оборудование:

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

Порядок выполнения задания:

По номеру в журнале получить задание.

При решении задач необходимо учитывать, что для поступательного движения тела применимы все формулы кинематики точки.

При решении задачи необходимо использовать следующие зависимости:

$$S = f(t); v = (S)' = (f(t))'; a_{\tau} = (S)'' = (f(t))'' = (f(v))'; a_n = \frac{v^2}{R}.$$
$$\varphi = f(t); \omega = (\varphi)' = (f(t))'; \varepsilon = (\omega)' = (f(t))'';$$

В случае равномерного движения действующая на тело система сил является уравновешенной, в случае неравномерного – неуравновешенной.

данном случае применяется метод кинетостатики: добавляется к данной системе сила инерции:

$$F = - m \cdot a$$

и рассматривается условное равновесие тела:

$$\Sigma \bar{F} + \bar{R} + \bar{F}_u = 0$$

1. Определяем угловые кинематические характеристики движения барабана.
2. Определяем линейные кинематические характеристики движения барабана.
3. Рассматриваем равновесие данной системы сил согласно принципу кинетостатики
4. Определяем мощность на тросе по формуле $P = F \cdot v$
5. С учетом КПД находим потребляемую мощность

Пример:

При перемещении груза применяется барабанная лебедка, привод которой состоит из электродвигателя, редуктора. Барабан служит для преобразования вращательного движения в поступательное. Диаметр барабана $d = 0,2\text{ м}$, а уравнение вращения $\varphi = 30t + 6t^2$.

Для момента времени $t = 0,5\text{ с}$ определить все кинематические характеристики движения барабана, точки на его ободе, а также груза. Направление движения груза вверх. Определить массу перемещаемого груза, если потребляемая мощность двигателя в этот момент времени $P = 16,1\text{ кВт}$, $\text{К.П.Д.} = 0,75$.

При расчете ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 .

Решение:

1. Определяем угловые кинематические характеристики барабана: Угол поворота барабана за время $t = 0,5\text{ с}$

$$\varphi = 30 \cdot 0,5 + 6 \cdot 0,5 = 16,5 \text{ рад}$$

угловая скорость барабана

$$\omega = (\varphi)' = (30t + 6t^2)' = 30 + 12t = 30 + 12 \cdot 0,5 = 36 \text{ рад/с}$$

Угловое ускорение барабана

$$= (\omega)' = (30 + 12t)' = 12 \text{ рад/с}^2$$

2. Определяем линейные кинематические характеристики на ободе барабана Расстояние, пройденное точкой:

$$S = \varphi R = 16,5 \cdot 0,1 = 1,65 \text{ м}$$

Скорость точки

$$V = \omega \cdot R = 36 \cdot 0,1 = 3,6 \text{ м/с}$$

Касательное ускорение

$$a_{\tau} = \varepsilon \cdot R = 12 \cdot 0,1 = 1,2 \text{ м/с}^2$$

Нормальное ускорение

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(3,6)^2}{0,1}$$

Кинематические характеристики движения груза равны соответствующим характеристикам любой точки тягового троса, а значит и точке А, лежащей на ободе барабана.

3. На груз действует система сил: сила тяги троса F, сила тяжести груза $G = m \cdot g$. Заметим, что векторы силы F всегда направлены в сторону барабана, в какую бы сторону не перемещался груз. Согласно принципу Даламбера система сил, действующих на тело, движущееся неравномерно, будет считаться уравновешенной, если к ней прибавить силу инерции

$$F = m \cdot a$$

Составим систему условного равновесия для груза.

$$F_y = 0 \quad F - G - F_i = F - m \cdot g - m \cdot a = 0 \quad F = m(10 + 1,2) = 11,2m.$$

Мощность на тросе является полезной и при поступательном движении вычисляется по формуле: $P = F \cdot U = 11,2 m \cdot 3,6 = 40,3m$

Из формулы К.П.Д. = $R_{\text{пол}}/R_{\text{затр}}$. $R_{\text{пол.}} = R_{\text{затр}} \cdot \text{К.П.Д.}$

$$\text{Масса груза } m = R_{\text{пол.}}/40,3 = (16,1 \cdot 0,75 \cdot 1000)/40,3 = 300 \text{ кг,}$$

где 1000 - переводной коэффициент кВт в Вт.

Отчет о проделанной работе должен содержать:

1. Тема работы.
2. Цель работы.
3. Задание.

4. Решение задач.
5. Вывод по задаче.

Задание. Вертикальное перемещение груза массой m осуществляется лебедкой, состоящей из двигателя, редуктора и барабана. Задано управление движением барабана. Определить потребляемую мощность двигателя в момент времени t .

№ вар.	Уравнение движения	Направление	Диаметр м	Масса кг	Время с	К.П.Д.
1	$\varphi = 15t + 5t^2$	вверх	0.1	120	3	0.75
2	$\varphi = 35t + 3t^2$	вверх	0.1	120	3	0.75
3	$\varphi = 15t + 7t^2$	вверх	0.1	200	3	0.75
4	$\varphi = 29t + 5t^2$	вниз	0.1	150	1	0.75
5	$\varphi = 5t + 0,7t^2$	вверх	0.1	100	1	0.75
6	$\varphi = 7t - 0,9t^2$	вниз	0.1	120	3	0.9
7	$\varphi = 3t + 1,5t^2$	вверх	0.2	140	2	0.88
8	$\varphi = 9t - 1,1t^2$	вверх	0.2	110	2	0.88
9	$\varphi = 19t + 3t^2$	вниз	0.2	115	2	0.88
10	$\varphi = 23t - 3t^2$	вниз	0.2	110	2	0.88
11	$\varphi = 20t + 8t^2$	вверх	0.2	150	2	0.88
12	$\varphi = 20t - 4t^2$	вниз	0.2	120	2	0,78
13	$\varphi = 10t + 6t^2$	вниз	0.15	120	2	0.78
14	$\varphi = 18t - 2t^2$	вверх	0.12	200	3	0.78
15	$\varphi = 2t + 0,6t^2$	вверх	0.1	150	3	0.78
16	$\varphi = 4t - 0,8t^2$	вниз	0.14	100	2.5	0.78
17	$\varphi = 2t + 0,8t^2$	вниз	0.08	120	2	0.85
18	$\varphi = 12t - 0,8t^2$	вверх	0.02	140	3	0.85
19	$\varphi = 12t + 2t^2$	вверх	0.1	110	4	0.85
20	$\varphi = 18t - 2t^2$	вниз	0.1	115	3	0.85
21	$\varphi = 10t - 4t^2$	вниз	0.1	110	2	0.85
22	$\varphi = 8t + 6t^2$	вверх	0.2	150	2	0.85
23	$\varphi = 9t + 8t^2$	вверх	0.2	120	3	0.78
24	$\varphi = 11t + 7t^2$	вверх	0.2	120	3	0.78
25	$\varphi = 12t - 7t^2$	вниз	0.1	200	2	0.78
26	$\varphi = 15t - 10t^2$	вниз	0.2	150	1	0.78
27	$\varphi = 15t + 10t^2$	вверх	0.1	100	1	0.78
28	$\varphi = 7t + 4t^2$	вверх	0.2	120	2	0.78
29	$\varphi = 9t - 8t^2$	вниз	0.2	440	2	0.78
30	$\varphi = 8t - 7t^2$	вниз	0.2	110	3	0.78
31	$\varphi = 15t + 4t^2$	вверх	0.1	115	2	0.78
32	$\varphi = 10t + 5t^2$	вверх	0.2	110	3	0.78

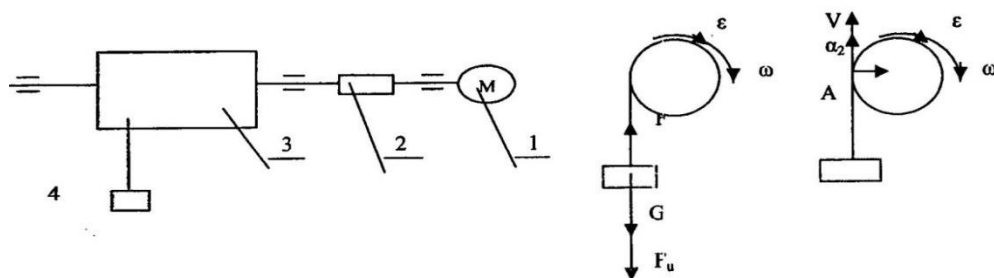


Рисунок - Схема лебёдки: 1. Двигатель 2. Редуктор 3. Барабан 4. Груз

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение скорости точки.
2. Что называется касательным ускорением?
3. Что такое нормальное ускорение?
4. Формула равномерного прямолинейного движения.
5. Сформулируйте второй закон динамики.
6. Что такое масса тела?
7. Что изучает динамика?
8. Способы задания движения материальной точки.

Практическое занятие №8,9

по теме «Основной закон динамики и принцип Даламбера».

Наименование: «Основной закон динамики и принцип Даламбера».

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

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

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

m – масса тела;

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

Принцип Даламбера:

Активные силы, реакции связей (опор) и сила инерции образуют уравновешенную

систему сил, т.е. если к силам, действующим на тело, движущееся с ускорением, добавить силу инерции, то их можно представить в равновесии

$$\sum_{i=1}^n F_i + \sum_{i=1}^n R_i + F_{ин} = 0 \quad (2)$$

где

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

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

$F_{ин}$ - сила инерции, которая определяется:

Пример решения задач.

Пример 1.

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

Дано: $m=60$ кг, $a=4$ м/с, $f=0,2$

Определить: F

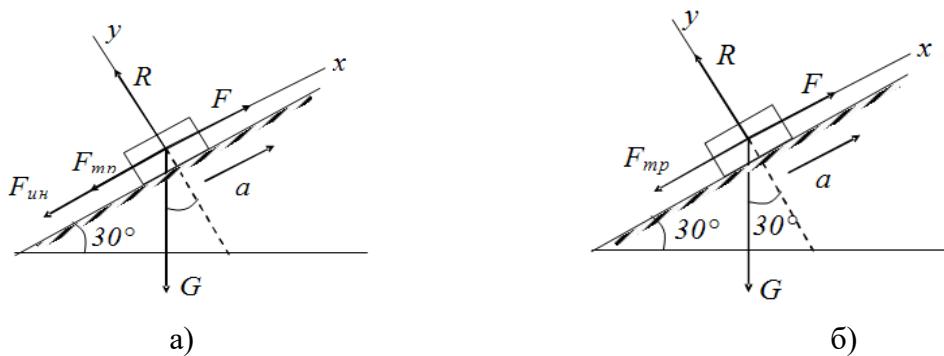


Рисунок – Расчетная схема

Решение:

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

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

где

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

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

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

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

где

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

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

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

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

Ответ: $F=636,3 \text{ Н}$

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

$a_y = 0$, следовательно и $F_{ин y} = 0$;

$$\sum_{i=1}^n F_i + \sum_{i=1}^n R_i + F_{ин} = 0$$

$$F - F_{тр} - F_{ин x} - G \cos 60^\circ = 0;$$

$$F - F_{тр} - m a_x - mg \cos 60^\circ = 0;$$

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

$$a = a_x = 4 \text{ м/с}^2,$$

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

Ответ: $F = 636,3 \text{ Н}$

Пример 2.

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

Определить реакцию нити.

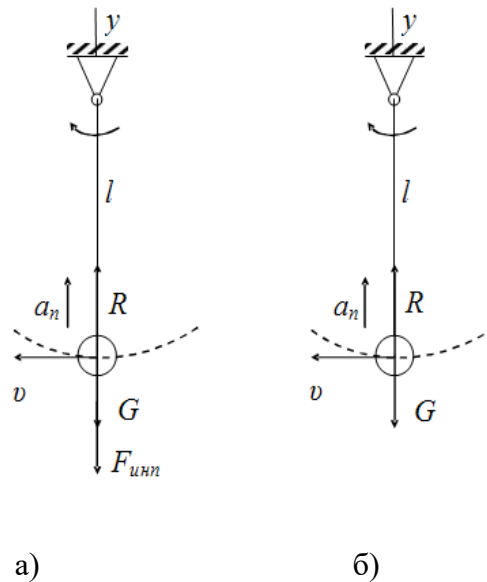


Рисунок – Расчетная схема

Решение:

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

$F_{\Sigma} = m \cdot a$, где

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

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

$$a_{\Sigma} = 7,5^2/4 = 14,06 \text{ (м/с}^2\text{)};$$

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

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

$$R - G - F_{\text{цн}} = 0;$$

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

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

Ответ: $R = 477,4 \text{ Н}$.

Отчет о проделанной работе должен содержать:

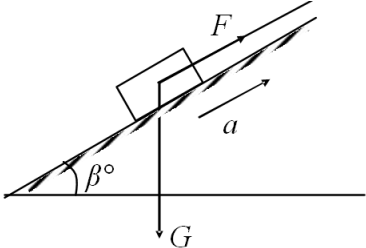
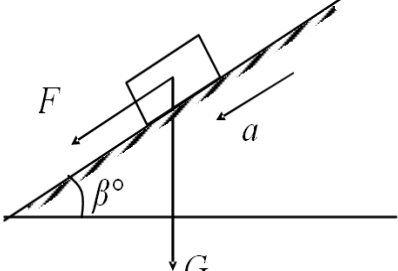
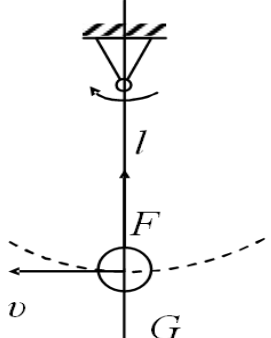
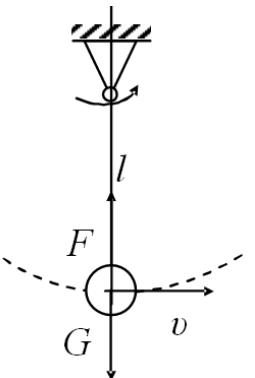
1. Тема работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Решение задач.
5. Вывод по задаче.

Варианты заданий

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

Практическое занятие №10

по теме «Общие теоремы динамики»

Наименование: «Общие теоремы динамики».

Цель занятия: Отработать и закрепить навыки и умения

Необходимые материалы:

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

Порядок выполнения задания:

1. По номеру в журнале выписать из таблицы номера задач.

Для выполнения работы необходимо знать:

Работа постоянной силы F на прямолинейном участке пути S определяется по формуле

$W = F \cdot S$ (направление силы совпадает с направлением перемещения);

Мощность – это работа, совершённая в единицу времени

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot S}{t}, \quad (1)$$

откуда часто применяемая для расчёта формула определения мощности

$$P = F \cdot V. \quad (2)$$

КПД – это отношение полезной мощности ко всей затраченной

$$\eta = \frac{P_{\text{полез}}}{P_{\text{затр}}}. \quad (3)$$

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

$$F_{\text{тр}} = f \cdot R_n, \quad (4)$$

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

Основными элементами динамики при решении 3-й задачи являются: теорема об изменении количества движения, теорема об изменении кинетической энергии при поступательном движении тела и теорема об изменении кинетической энергии при вращательном движении твёрдого тела.

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

$$mV - mV_0 = Ft, \quad (5)$$

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

Ft - проекция импульса силы на ту же ось.

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

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = W, \quad (6)$$

где

W – работа всех сил, приложенных к точке;

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

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

$$M_{\text{вр}} \cdot \varphi = \frac{I_z \cdot \omega^2}{2} - \frac{I_z \cdot \omega_0^2}{2}, \quad (7)$$

где

I_z — момент инерции твёрдого тела относительно оси Z;

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

При решении задач рекомендуется такая последовательность:

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

Пример решения задачи.

Для остановки поезда, движущегося по прямолинейному участку пути со скоростью $V=10\text{ м/с}$, производится торможение. Через сколько секунд остановится поезд, если при торможении развивается постоянная сила сопротивления, равная 0,02 силы тяжести поезда? Какой путь поезд пройдёт до остановки?

Решение:

Поезд совершает поступательное движение. Рассматривая его как материальную точку М (рис.7.1), движущуюся в направлении оси O_x , укажем действующие силы: G — сила тяжести поезда, R_n — нормальная реакция рельсов, F_T — сила сопротивления, направленная противоположно вектору скорости. Силы G и R_n уравновешиваются согласно аксиоме действия и противодействия.

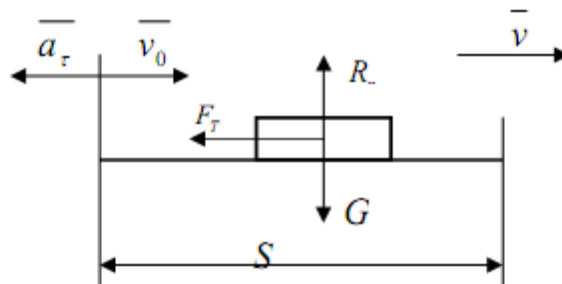


Рисунок – Расчетная схема

По теореме об изменении количества движения материальной точки в проекции на ось O_x

$$mV - mV_0 = -F \cdot \Delta t$$

Так как $F = 0,02G = 0,02mg, t_0 = 0, V_0 = 10\text{ м/с}, V = 0$, получим

$$-mV_0 = -0,02mg \Delta t.$$

Откуда

$$\Delta t = \frac{V_0}{0,02g} = \frac{10}{0,02 \cdot 9,81} = 51\text{ с}.$$

Для определения пройденного пути поездом до его остановки воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии:

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = F \cdot S \cdot \cos \alpha$$

Работа сил торможения отрицательна ($\angle \alpha = \overline{FV} = 180^\circ$, $\cos \alpha = -1$), поэтому

$$-\frac{mV_0^2}{2} = -0,02mgS$$

и путь, пройденный поездом:

$$S = \frac{V_0^2}{2 \cdot 0,02g} = \frac{10^2}{2 \cdot 0,02 \cdot 9,81} = 225 \text{ м.}$$

Ответ: S=225 м.

Отчет о проделанной работе должен содержать:

1. Тема занятия;
2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;
4. Изображение схем с приложенными силами;
5. Вывод.

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

Таблица – Расчетные данные

№ варианта	Задача		Контрольный вопрос		
			1	11	4
1	1	10	1	11	4
2	2	11	2	12	5
3	3	12	3	13	6
4	4	13	4	14	11
5	5	14	5	15	12
6	6	15	6	1	13
7	7	16	7	2	14
8	8	17	8	3	15
9	9	18	9	4	16
10	10	19	10	5	8
11	11	20	11	6	9
12	12	21	12	7	10
13	13	22	13	8	1
14	14	23	14	9	2
15	15	1	15	10	3
16	16	2	16	11	4
17	17	3	1	12	5
18	18	4	2	13	6
19	19	5	3	14	7
20	20	6	4	15	8
21	21	7	5	16	9
22	22	8	6	1	10
23	23	9	7	2	11
24	1	16	8	3	12
25	2	17	9	4	13
26	3	18	10	5	14
27	4	19	11	6	15

28	5	20	12	7	16
29	6	21	13	8	1
30	7	22	14	9	2
31	8	23	15	10	3
32	9	1	16	11	4

Задачи

- Для подъёма 5000 м³ воды на высоту 3 м поставлен насос с двигателем мощностью 2 кВт. Сколько времени потребуется для перекачки воды, если КПД насоса равен 0,8?
- Транспортёр поднимает груз массой 200 кг за время, равное одной секунде. Длина ленты транспортёра 3 м, а угол наклона $\alpha=30^\circ$. КПД транспортёра составляет 85%. Определить мощность, развиваемую электродвигателем транспортёра.
- Точильный камень диаметром $d = 0,5$ м делает 120 об/мин. Обрабатываемая деталь прижимается к камню с силой $F=10$ Н. Какая мощность затрачивается на шлифовку, если коэффициент трения камня о деталь $f = 0,2$.
- Определить работу силы трения скольжения при торможении вращающегося диска диаметром $d= 200$ мм, сделавшего до остановки два оборота, если тормозная колодка прижимается к диску с силой $F=400$ Н. Коэффициент трения скольжения тормозной колодки по диску $f = 0,35$.
- Скорость самолёта при отрыве от взлётной полосы должна быть 360 км/ч. Определить минимальную длину взлётной полосы, необходимую для того, чтобы лётчик при разгоне испытывал перегрузку, не превышающую его утроенный вес. Движение считать равноускоренным.
- Вертолёт, масса которого с грузом 6 т, за 2,5 мин. набрал высоту 2250 м. Определить мощность двигателя вертолёта.
- Транспортёр поднимает груз массой 200 кг за время, равное одной секунде.
- Длина ленты транспортёра 3 м, а угол наклона $\alpha=30^\circ$. КПД транспортёра составляет 85%. Определить мощность, развиваемую электродвигателем транспортёра.
- Поезд идет со скоростью 36 км/ч. Мощность тепловоза 300 кВт. Сила трения составляет 0,005 веса поезда. Определить вес всего состава.
- Для подъёма 5000 м³ воды на высоту 3 м поставлен насос с двигателем мощностью 2 кВт. Сколько времени потребуется для перекачки воды, если КПД насоса равен 0,8?
- Динамометр, установленный между теплоходом и баржей, показывает силу тяги 30 кН, скорость буксировки 18 км/ч, мощность двигателя 550 кВт. Определить силу сопротивления воды корпусу буксира, если КПД силовой установки и винта равен 0,4.
- Транспортёр поднимает груз массой 200 кг на автомашину за время $t=1$ с. Длина ленты транспортёра 3 м, а угол наклона $\alpha=30^\circ$. Коэффициент полезного действия транспортёра $\eta=85\%$. Определить мощность, развиваемую его электродвигателем.
- Транспортёр поднимает груз массой 200 кг на автомашину за время $t=1$ с. Длина ленты транспортёра 3 м, а угол наклона $\alpha=30^\circ$. Коэффициент полезного действия транспортёра $\eta=85\%$. Определить мощность, развиваемую его электродвигателем.
- Точильный камень диаметром $d = 0,5$ м делает 120 об/мин. Обрабатываемая деталь прижимается к камню с силой $F=10$ Н. Какая мощность затрачивается на шлифовку, если коэффициент трения камня о деталь $f = 0,2$.
- Определить работу силы трения скольжения при торможении вращающегося диска диаметром $d= 200$ мм, сделавшего до остановки два оборота, если тормозная колодка прижимается к диску с силой $F= 400$ Н. Коэффициент трения скольжения тормозной колодки по диску $f = 0,35$.
- Колесо зубчатой передачи, передающей мощность $P=12$ кВт, вращается с угловой скоростью $\omega=20$ рад/с. Определить окружную силу, действующую на зуб колеса, если диаметр колеса $d=360$ мм.
- Маховик вращается вместе с горизонтальным валом, цапфы (участки, опирающиеся на подшипники) которого имеют диаметр $d=100$ мм. Нагрузка на каждый из двух подшипников

$F=4$ кН. Приведенный коэффициент трения скольжения в подшипниках $f=0,05$. Определить работу, затрачиваемую на преодоление трения за два оборота маховика.

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

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

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

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

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

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

Контрольные вопросы

- 1 Как определяется работа постоянной силы на прямолинейном пути?
- 2 Что называется мощностью и каковы её единицы измерения?
- 3 Если на тело действуют несколько сил, то каким образом можно найти их общую работу?
- 4 Чему равна работа силы тяжести? Зависит ли она от вида траектории?
- 6 Что называется вращающим моментом? Механическим КПД?
- 7 Как выражается зависимость между вращающим моментом и угловой скоростью при заданной мощности?
- 8 Как определяется кинетическая энергия тела при вращательном движении?
- 9 Каковы единицы измерения кинетической энергии?
- 10 Для чего введено это понятие коэффициента полезного действия?

Практическое занятие №11

по теме «Растяжение и сжатие».

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

Цель занятия закрепить навыки расчета на прочность при растяжении, (сжатии).

Необходимые материалы и оборудование:

7. Тетрадь для практических занятий.
8. Линейка, карандаш, резинка.
9. 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:

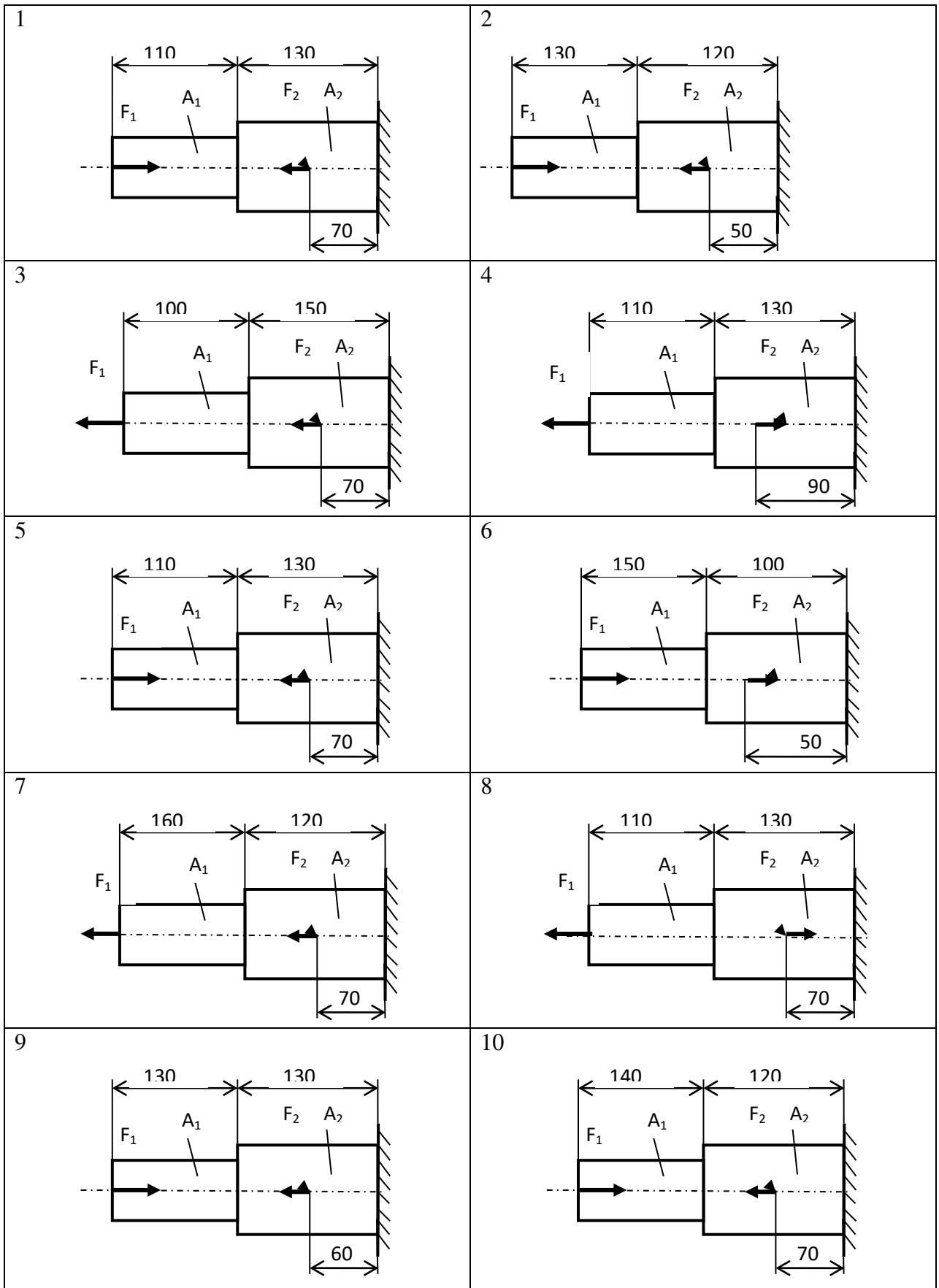
6. Тема работы.
7. Цель работы.
8. Задание.
9. Решение задач.
10. Вывод по задаче.

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 №12

по теме «Практические расчеты на срез и смятие».

Наименование: Расчеты на срез и смятие

Цель занятия: Отработать и закрепить навыки и умения.

Необходимые материалы и оборудование:

10. Тетрадь для практических занятий.
11. Линейка, карандаш, резинка.
12. Микрокалькулятор.

Порядок выполнения задания:

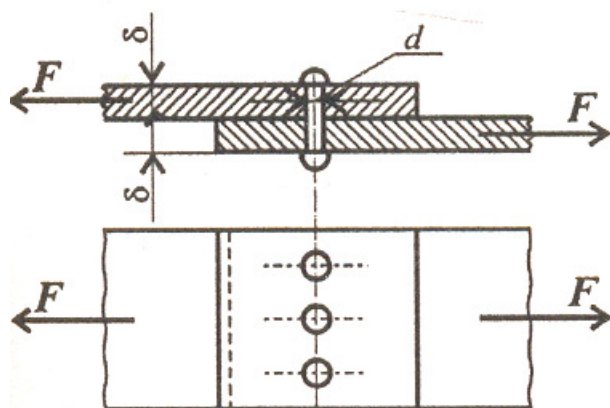
1. По номеру в журнале получить задание.
2. Выполнить расчет.

Отчет о проделанной работе должен содержать:

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

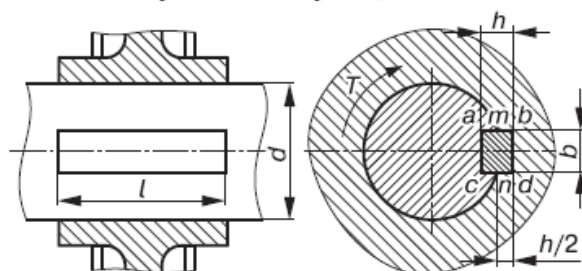
Контрольные вопросы:

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; $[\tau_c] = 100$ МПа; $\sigma = 240$ МПа; $d = 20$ мм; $z = 3$ см



Вариант 1

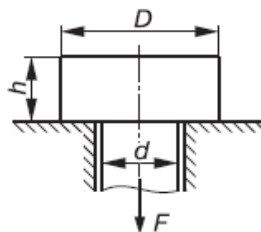
Шпонка, соединяющая шкив с валом, наполовину входит в паз вала и наполовину — в паз ступицы.



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.

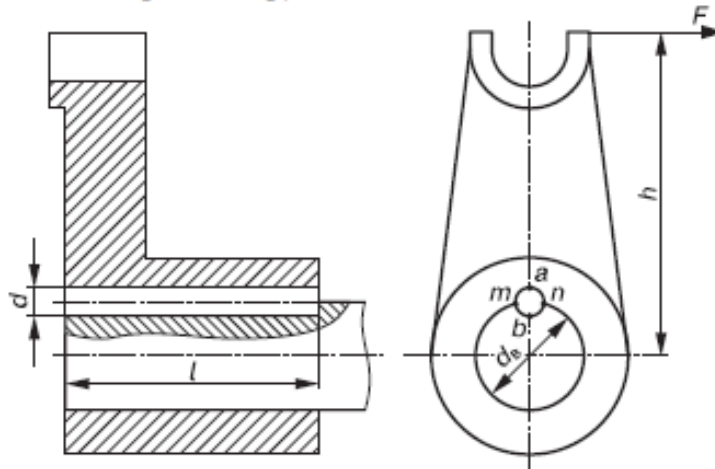


Вопросы	Ответы
1. Указать, где происходит срез.	1. По опорному кольцу головки. 2. По высоте головки. 3. По цилиндрической поверхности головки. 4. По площади сечения образца.
2. Указать, где происходит смятие.	1. По цилиндрической поверхности головки. 2. По площади поперечного сечения образца. 3. По опорному 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 bm .
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.

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 №13, 14

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. Вычертить сечение в масштабе 1:2 с указанием всех размеров и всех осей.

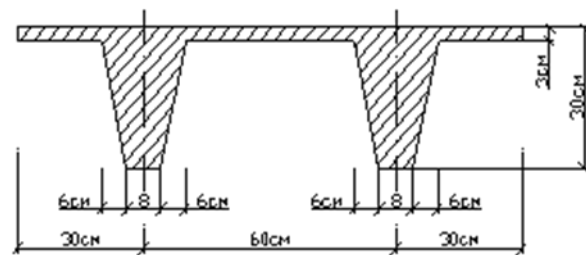
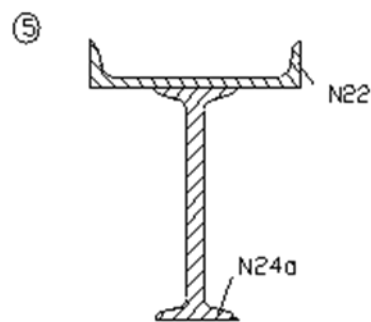
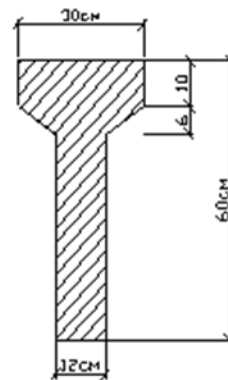
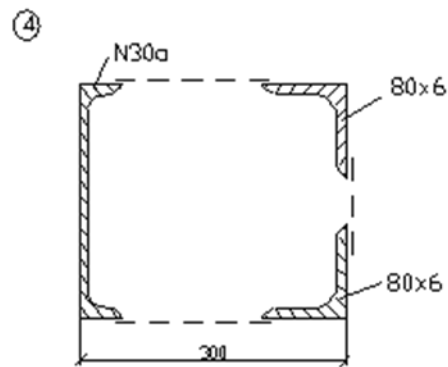
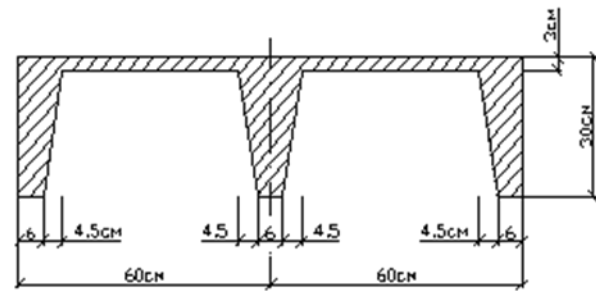
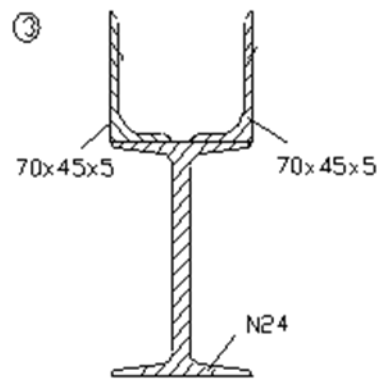
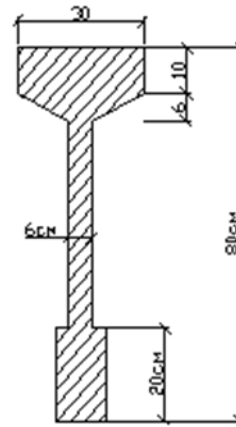
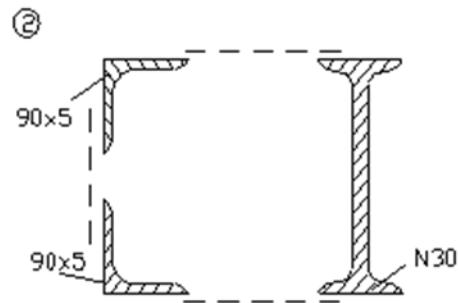
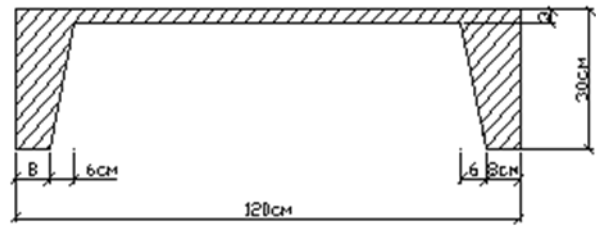
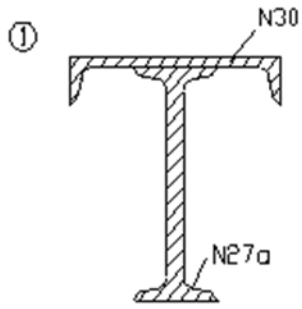
Отчет о проделанной работе должен содержать:

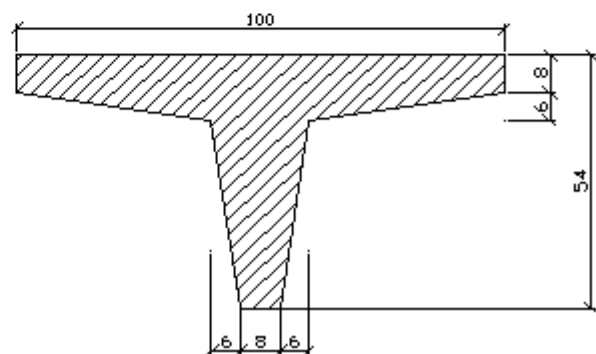
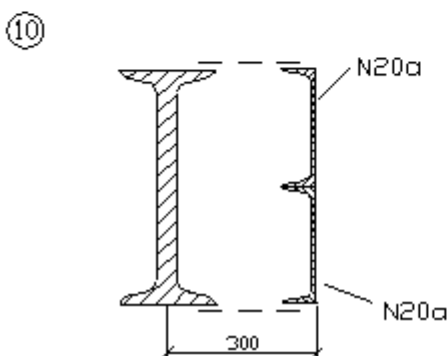
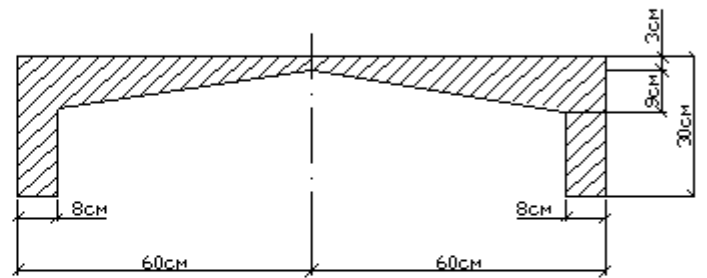
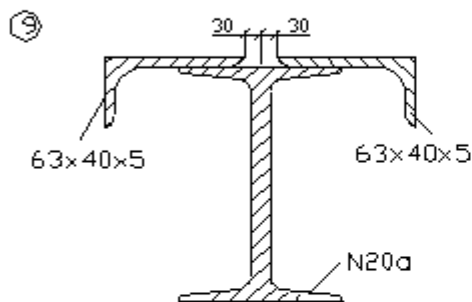
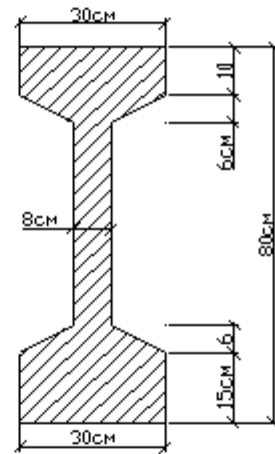
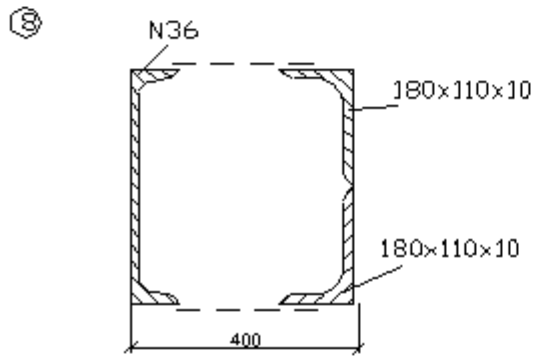
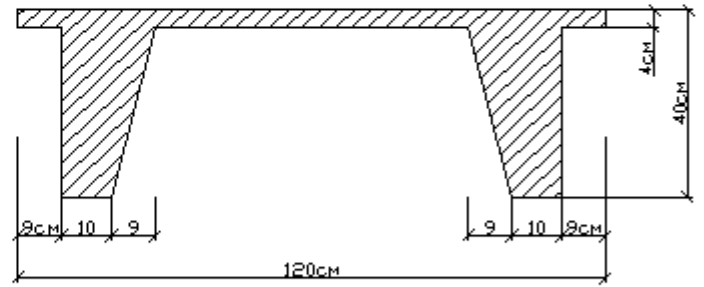
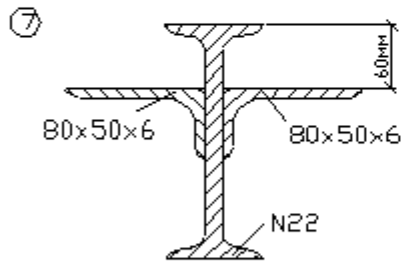
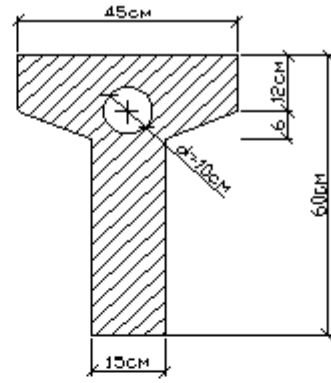
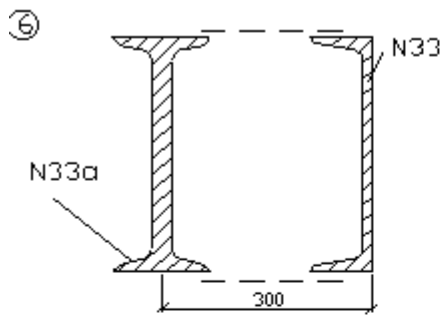
1. Тема занятия;
2. Цель занятия;
3. Исходные данные из таблицы;
4. Расчеты.
8. Вывод.

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 №15

по теме «Кручение».

Наименование: «Построение эпюр крутящих моментов. Расчет на прочность при кручении».

Цель занятия: закрепление полученных теоретических знаний и практических умений.

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.

$$\frac{P}{\omega}$$

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

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

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:

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

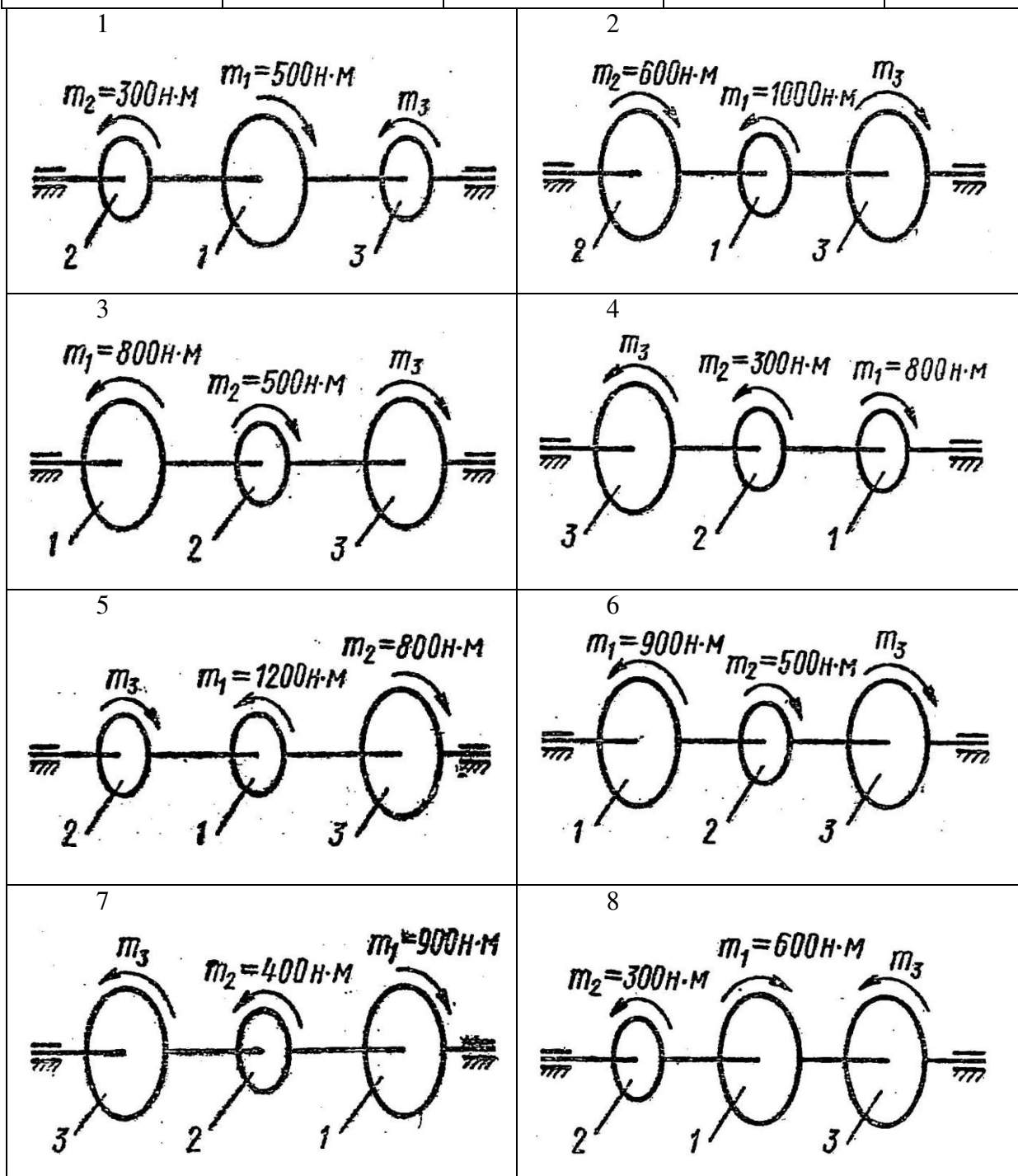
Варианты заданий

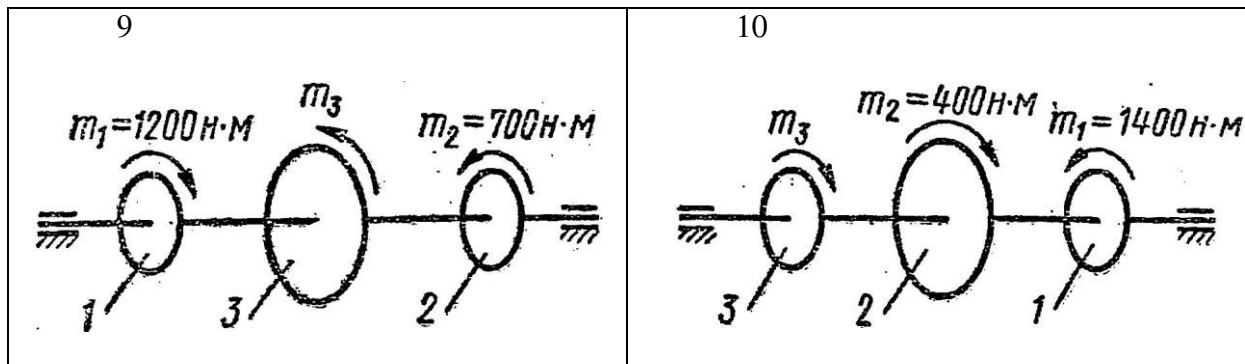
Задание: Определить величину крутящих моментов для каждого участка, построить эпюру крутящих моментов, определить диаметр вала на каждом участке, определить угол закручивания каждого участка. Принять мощность на колесах:

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

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





Контрольные вопросы:

1. Написать и пояснить условие прочности при кручении.
2. Начертить эпюры касательных напряжений для кольцевого и круглого сечения
3. Какие напряжения возникают при кручении.
4. Во сколько раз можно увеличить нагрузку на брус при кручении, если диаметр бруса увеличить в 2 раза.
5. Почему брус кольцевого сечения экономически эффективнее применять при кручении?

Практическое занятие №16, 17

по теме «Изгиб»

Наименование: «Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов».

Цель занятия: проверка и корректировка текущих знаний.

Необходимые материалы:

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

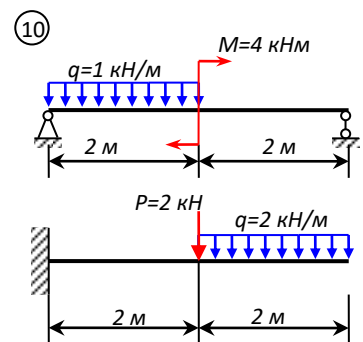
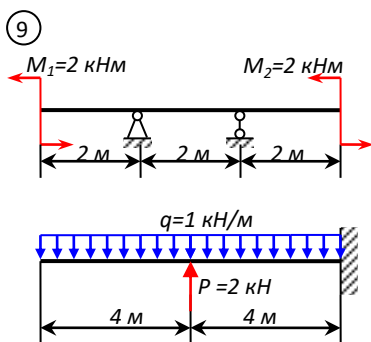
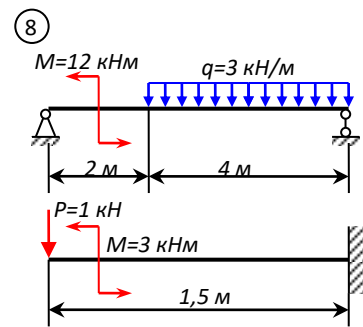
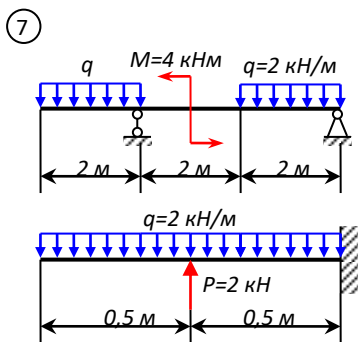
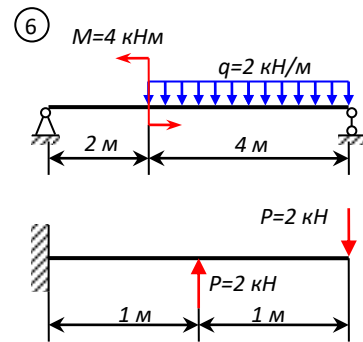
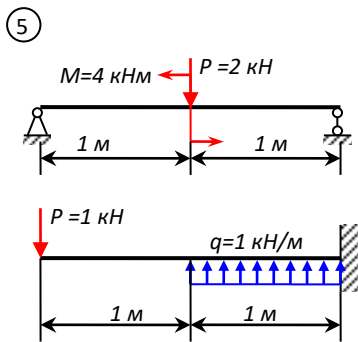
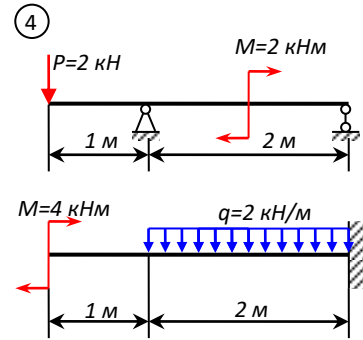
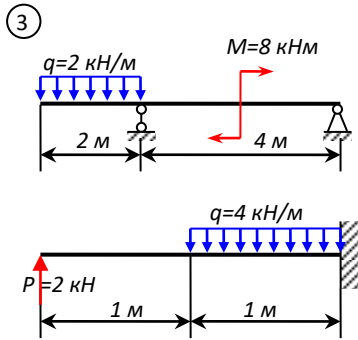
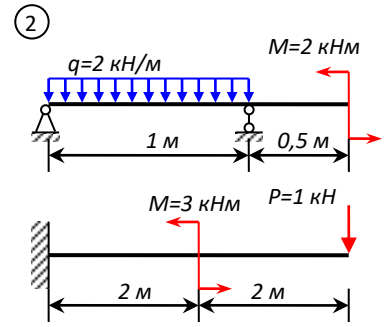
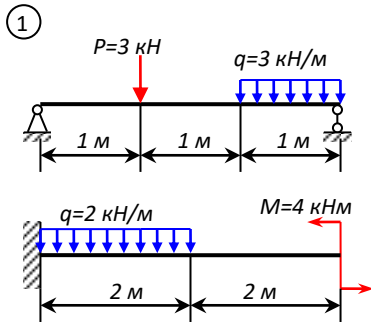
Порядок выполнения задания:

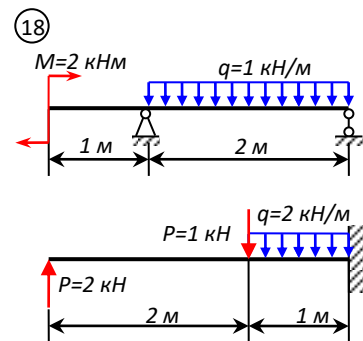
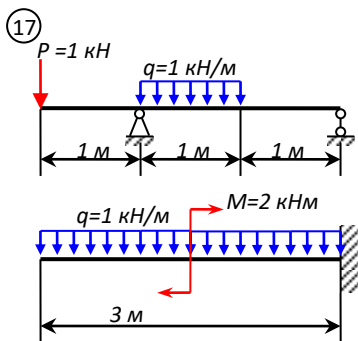
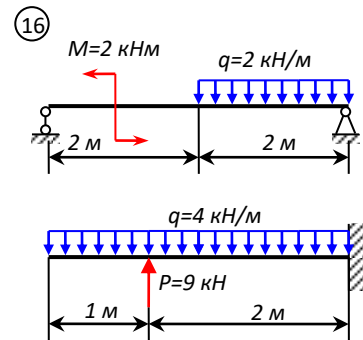
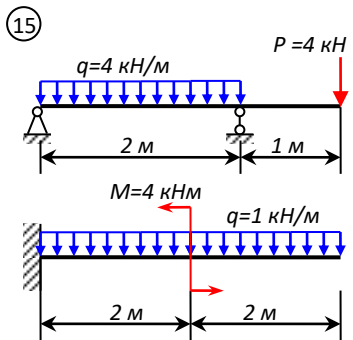
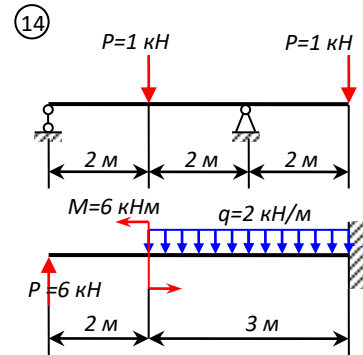
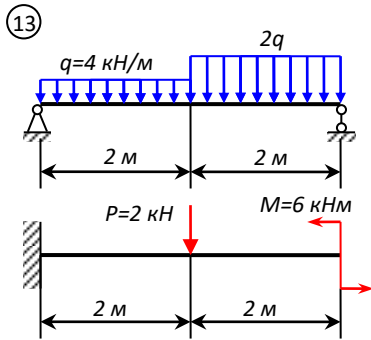
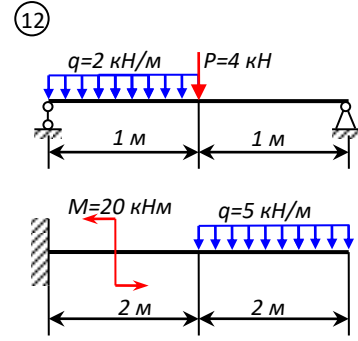
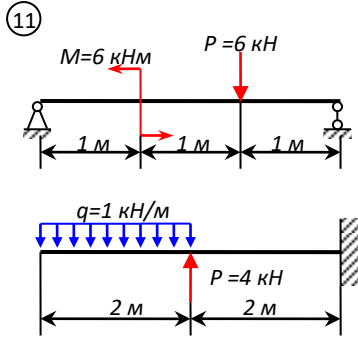
1. Повторить тему «Изгиб».
2. По номеру в журнале выписать из таблицы величины и схему балки.
3. Определить опорные реакции из уравнений равновесия статики.
4. Построить эпюры поперечных сил Q_y и изгибающих моментов M_x .
5. Из условия прочности определить величину осевого момента сопротивления для 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.

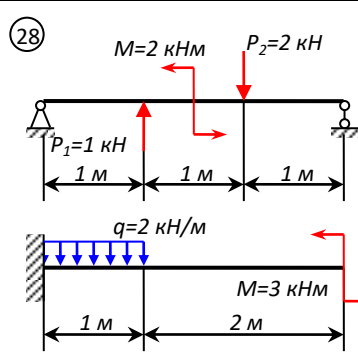
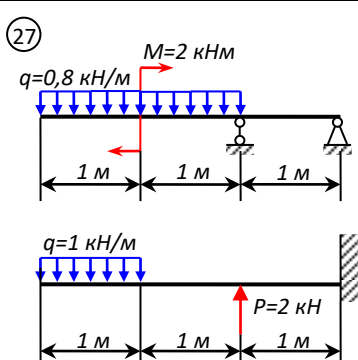
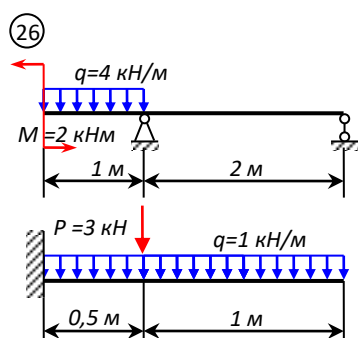
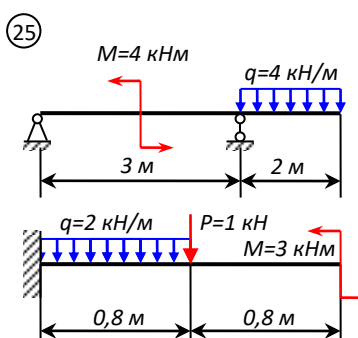
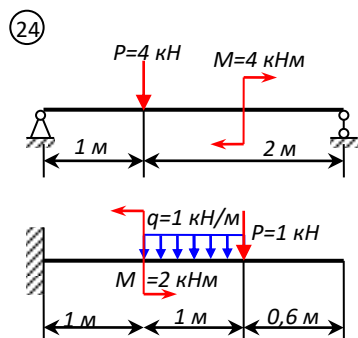
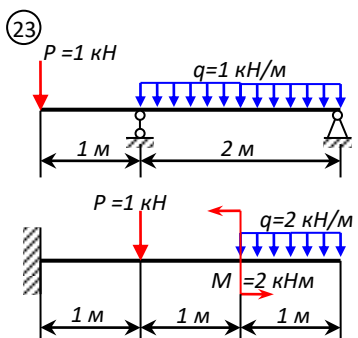
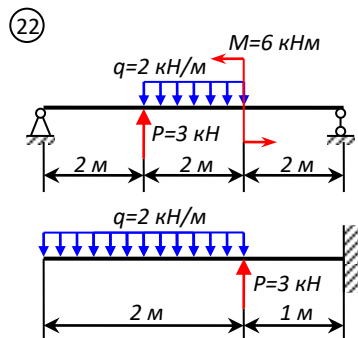
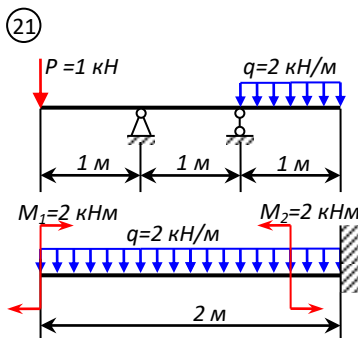
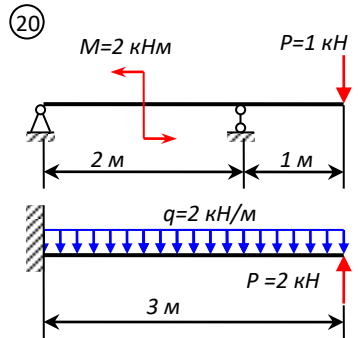
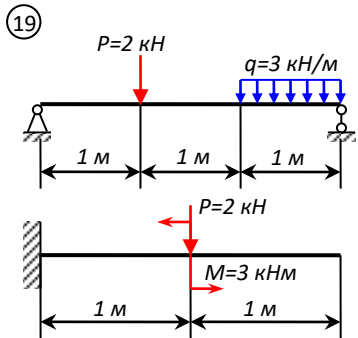
Отчет о проделанной работе должен содержать:

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.

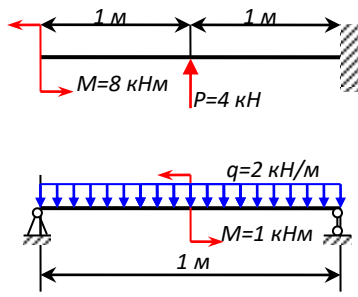
Содержание задания: для заданной балки подобрать из условия прочности на изгиб размеры поперечного двутаврового и прямоугольного сечения, приняв соотношение сторон $h=2b$. Считать $[\sigma]=160$ МПа. Данные для своего варианта выбрать из таблицы.



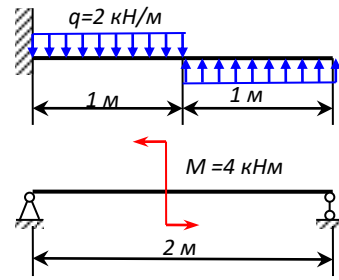




29



30



Практическое занятие №18

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_{\max} .
11. Записать уравнение условия прочности при изгибе:

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

12. Найти требуемую величину осевого сопротивления сечения:

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

13. Определить диаметр наиболее нагруженного поперечного сечения оси:

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

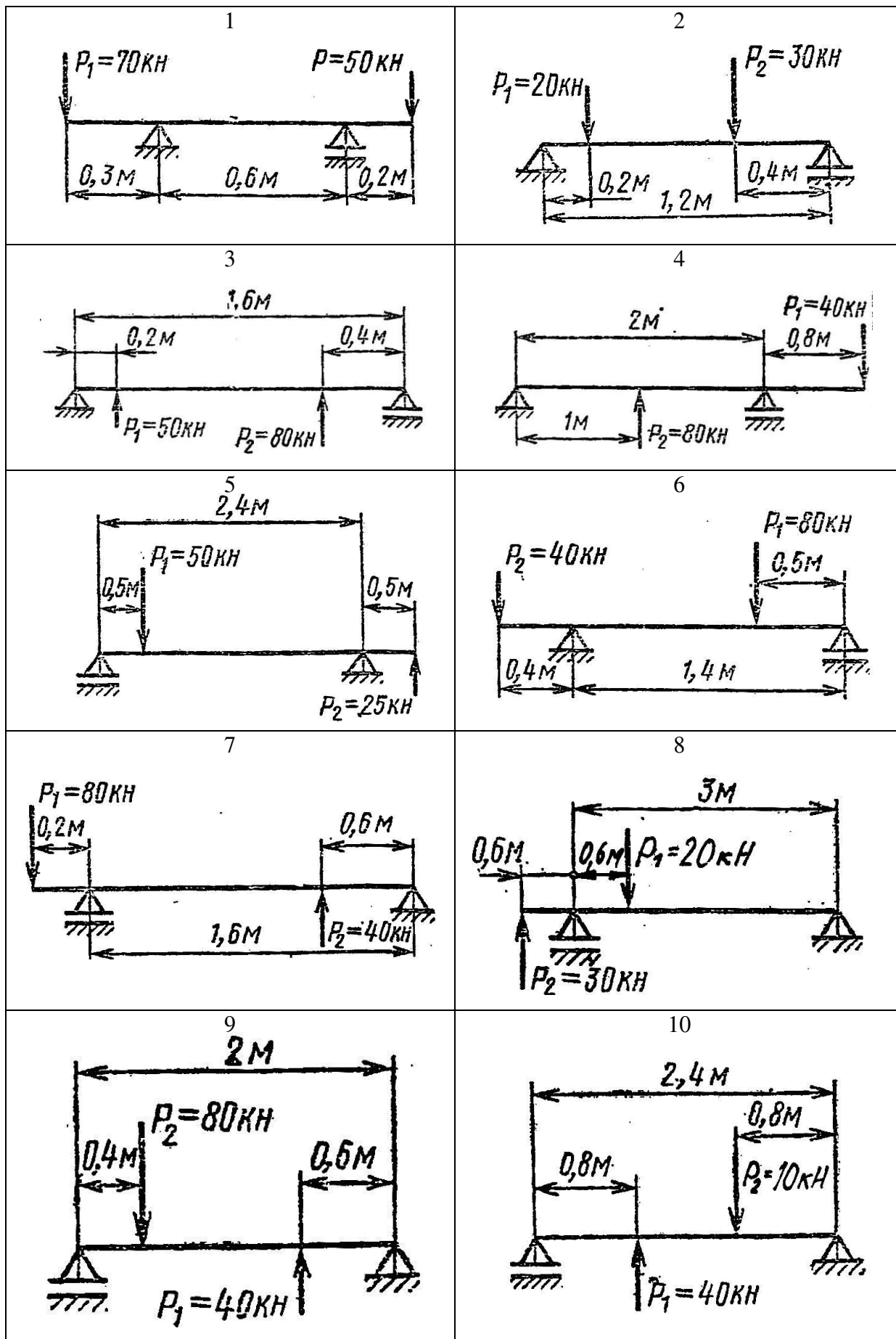
14. Округлить диаметр до ближайшего стандартного значения из ряда R40 по таблицы 2
15. Вывод

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 №19

по теме «Сложное сопротивление».

Наименование: «Выполнение проектного и проверочного расчётов вала».

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

Необходимые материалы и оборудование:

8. Тетрадь для практических занятий.
9. Линейка, карандаш, резинка.
10. Микрокалькулятор.

Порядок выполнения задания:

1. Изобразить вал на рисунке с приложенными внешними нагрузками.
2. Через ось одного из подшипников провести оси координат x , y , z , ось z направлена по продольной оси вала.
Привести действующие на вал нагрузки к его продольной оси.
Освободить вал от опор, заменив их действие реакциями в вертикальной и горизонтальной плоскостях.
3. По заданной мощности P и угловой скорости ω определить вращающие моменты, действующие на вал.

$$M_{вр} = \frac{P}{\omega}; \text{ где}$$

$M_{вр}$ - вращающий момент, Н•м

P – мощность, Вт

Ω – угловая скорость, рад/с

4. Вычислить нагрузки F_1 и F_2 ; F_{r1} и F_{r2} , приложенные к валу.

$$M_{вр} = F \cdot r, \text{ где}$$

$M_{вр}$ – вращающий момент, Н•м

F – нагрузка, действующая на вал, Н

r – радиус зубчатого колеса, м

5. Из условия равновесия вала, имеющего неподвижную ось, составить четыре уравнения равновесия:

$$\begin{aligned} \sum M_x &= 0 & \sum X_i &= 0 \\ \sum M_y &= 0 & \sum Y_i &= 0 \end{aligned}$$

Решить уравнения и определить реакции опор.

6. Проверить правильность определения реакций. Для проверки необходимо провести дополнительные оси x и z

$$\sum M_x = 0 \quad \sum M_y = 0$$

Подставив значения, должны получить тождество $0=0$. Значит реакции опор определены верно.

7. Пользуясь методом сечений вычислить по участкам крутящие моменты по длине вала. Построить эпюру крутящих моментов M_z .
8. Определить в характерных сечениях значения изгибающих моментов M_x в вертикальной плоскости и построить эпюру изгибающих моментов M_x .
9. Определить в характерных сечениях значения изгибающих моментов M_y в горизонтальной плоскости и построить эпюру изгибающих моментов M_y .
10. Определить наибольшее значение эквивалентного момента:

$$M_{э\text{кв. макс}} = \sqrt{M_y^2 + M_x^2 + M_z^2}$$

11. Приняв $\sigma_{э\text{кв}} = [\sigma]$, определить требуемый осевой момент сопротивления:

$$W_x = \frac{M_{э\text{кв. макс}}}{[\sigma]}$$

12. Определить диаметр вала.

Для сплошного круглого сечения

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1d^3$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32M_{\text{экв, макс}}}{\pi[\sigma]}} \approx \sqrt[3]{0,1[\sigma]}$$

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

Отчет о проделанной работе должен содержать:

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

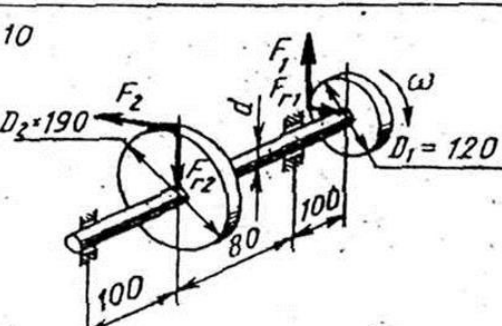
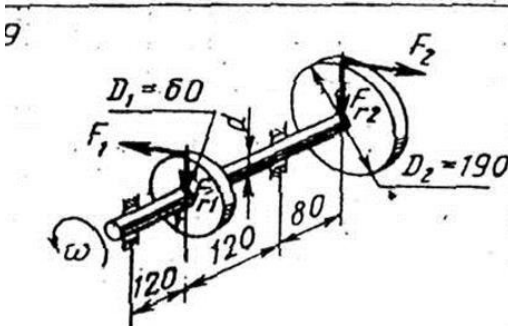
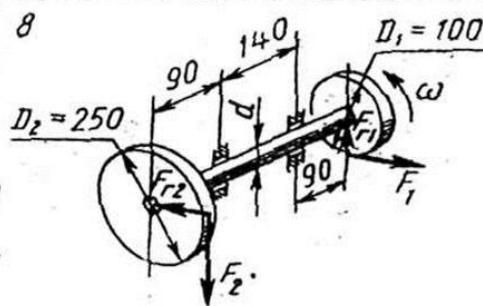
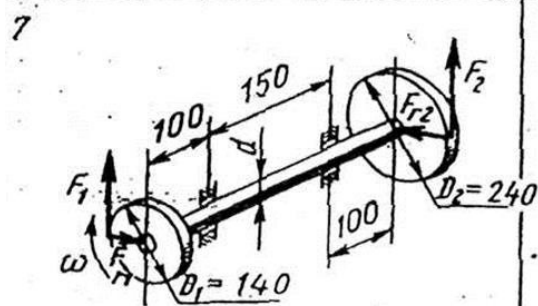
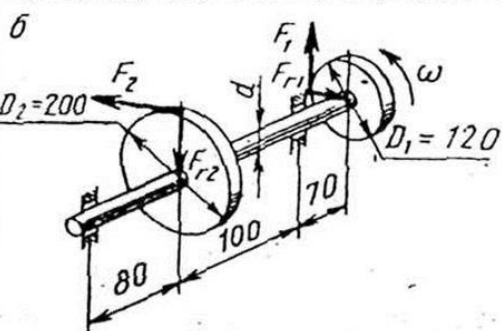
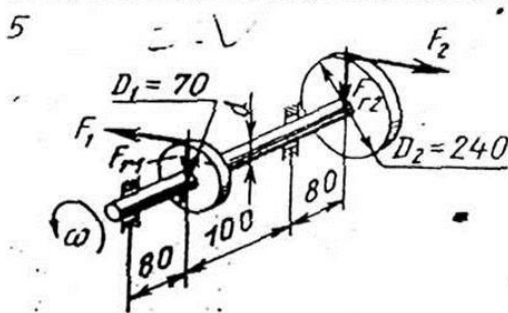
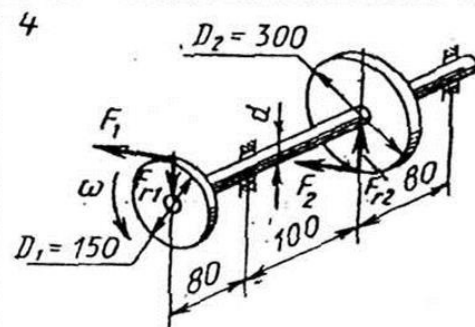
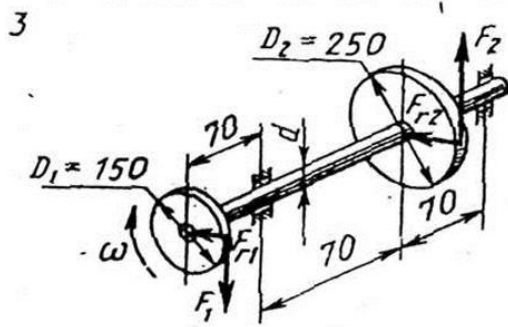
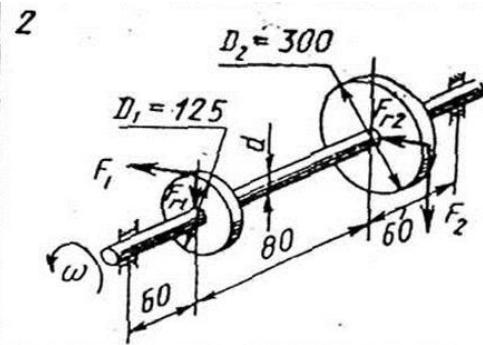
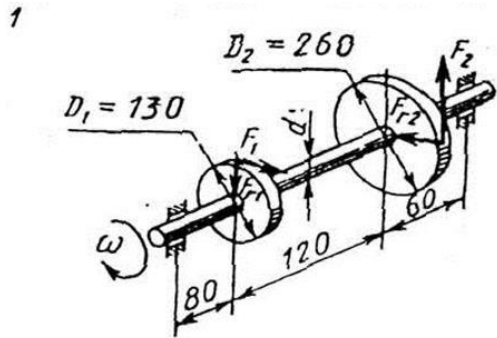
Варианты заданий

Задание: Для стального вала постоянного поперечного сечения с двумя зубчатыми колесами требуется определить диаметр вала по третьей теории прочности, если допускаемое напряжение для вала $[\sigma]=160$ МПа.

Данные: передаваемая валом мощность P и его угловая скорость ω принять согласно заданного варианта.

вариант	Номер схемы	P_1 кВт	ω рад/с	вариант	Номер схемы	P_1 кВт	ω рад/с
1.	1	8	36	16.	1	10	40
2.	2	12	40	17.	2	22	24
3.	3	10	30	18.	3	20	80
4.	4	6	36	19.	4	5	40
5.	5	5	18	20.	5	24	30
6.	6	21	15	21.	6	18	26
7.	7	30	24	22.	7	25	30
8.	8	16	40	23.	8	30	50
9.	9	26	25	24.	9	16	20
10.	10	40	70	25.	10	30	50
11.	1	20	50	26.	6	15	18
12.	2	9	36	27.	7	22	28
13.	3	15	45	28.	8	27	35

14.	4	7	35		29.	9	6	48
15.	5	12	52		30.	10	32	38



Практическое занятие №20

Детали машин. Передачи.

Наименование: Определение кинематических и силовых характеристик передач

Цель занятия: Отработать и закрепить навыки и умения

Необходимые материалы:

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Микрокалькулятор и канцелярские принадлежности.

Порядок выполнения задания:

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

$$u_i = \frac{D_2}{D_1} \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right) \left(\frac{Z_4}{Z_3} \right) \left(\frac{Z_6}{Z_5} \right)$$

4. Определить передаточного число привода.

$$u = u_1 \cdot u_2 \cdot (u_3)$$

5. Определить частоту вращения валов.

$$n_1 = n_{\text{дв}}; \quad n_2 = u_1; \quad n_3 = u_2; \quad n_4 = u_3; \quad n_4 = u$$

6. Определить частоту вращения валов.

$$\omega_k = \frac{\pi n_k}{30} \text{ (рад/с)}$$

7. Определить мощности на валов.

$$P_1 = P_{\text{дв}} \text{ или } P_1 = P_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{подш}} \quad P_2 = u_1 \cdot \eta_1; \quad P_3 = u_2 \cdot \eta_2; \quad P_4 = u_3 \cdot \eta_3$$

8. Определить К.П.Д. привода

$$\eta = \eta_{\text{подш}}^k \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{пер}} \dots$$

где k – число пар подшипников.

Уточнить мощность

$$P_4 = \frac{P_{\text{дв}}}{u} \cdot \eta$$

9. Определить вращающие моменты на валах

$$T = \frac{P_k}{\omega_k} \text{ (Нм); где } P - \text{Вт; } \omega - \text{рад/с.}$$

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: $\eta_{\text{подш}} = 0,99$ - для пары подшипников;

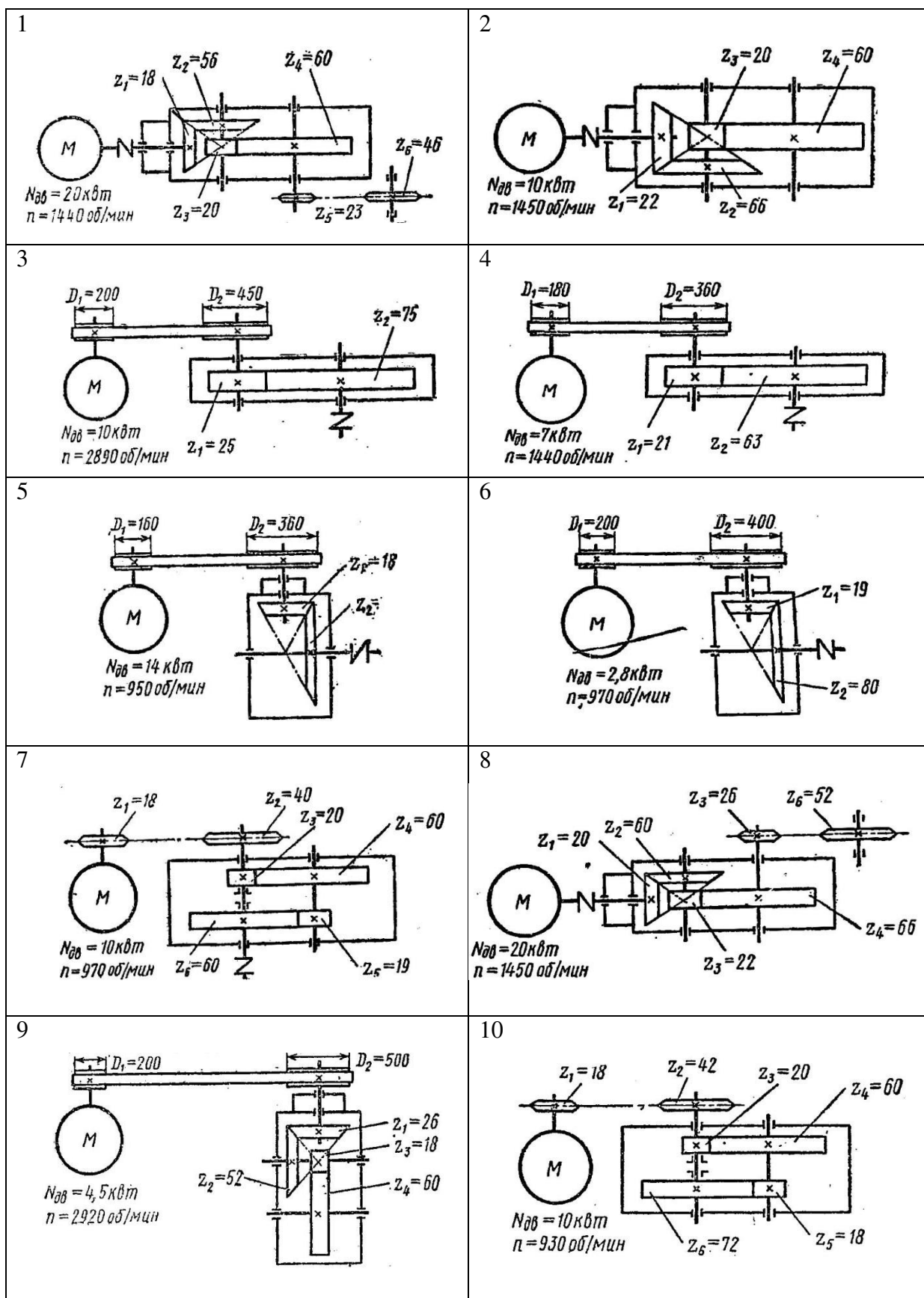
$\eta_{\text{цп}} = 0,95$ – для цепной передачи;

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

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

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

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



Контрольные вопросы

1. Передаточное число.

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

Практическое занятие №21

Детали машин. Передачи.

Наименование: расчет зубчатой передачи

Цель занятия: Отработать и закрепить навыки и умения

Необходимые материалы:

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Микрокалькулятор и канцелярские принадлежности.

Порядок выполнения задания:

1. Определяем передаточное число $u = \frac{n_1}{n_2}$, 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 $H \leq 350HB$, зубья которых хорошо прирабатываются, рекомендуется изготавливать из средне или высоко углеродистых конструкционных сталей подверженных улучшению.

3. Определяем предел выносливости по контактным напряжениям:

$$\sigma_{H_0} = HB_1 + 70$$

HB_1 – твердость по Бринеллю шестерни.

4. Определяем допускаемое контактное напряжение

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H_0}}{S_H}$$

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

5. Определяем предел выносливости на изгиб

$$\sigma_{F_0} = 1,8HB_1$$

6. Определяем допускаемое напряжение изгиба

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F_0}}{S_F}$$

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

7. Определяем крутящий момент на быстроходном валу

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1}; \text{ Н}\cdot\text{м}$$

8. Определяем требуемое межосевое расстояние из условия контактной прочности

$$a_{\omega} = 4950(u+1) \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot k_{HB}}{\psi_{ba} \cdot u \cdot [\sigma_H]^2}} \text{ (прямозубые колеса)}$$

$$a_{\omega} = 4300(u+1) \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot k_{HB}}{\psi_{ba} \cdot u \cdot [\sigma_H]^2}} \text{ (косозубые колеса)}$$

u - передаточное отношение

T_1 -крутящий момент на быстроходном валу, Н·м

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

ψ_{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_w до стандартного значения по СТ СЭВ 229-75

	Межосевое расстояние a_w , 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:

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

Округляем до стандартного значения по СТ СЭВ 310-76

Модули, мм			
1 ряд	2ряд	1ряд	2ряд
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.

$$Z_{\Sigma} = \frac{2a_w}{m} \text{ (прямозубые колеса)}$$

$$Z_{\Sigma} = \frac{2a_w \cos \beta}{m} \text{ (косозубые колеса)}$$

11. Определяем число зубьев в шестерне:

$$Z_1 = \frac{Z_{\Sigma}}{u + 1}$$

12. определяем число зубьев колеса:

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

13. Определяем размеры колес:

- диаметр начальной окружности шестерни

$$d_1 = mZ_1 \text{ (прямозубые колеса)}$$

$$d_1 = \frac{mZ_1}{\cos \beta} \text{ (косозубые колеса)}$$

- диаметры окружностей выступов и впадин шестерни

$$d_{a1} = d_1 + 2m; \quad d_{f1} = d_1 - 2,5m$$

- диаметры начальной окружности колеса

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

$$d_2 = \frac{mZ_2}{\cos \beta} \text{ (косозубые колеса)}$$

- диаметры окружностей выступов и впадин колеса

$$d_{a2} = d_2 + 2m; \quad d_{f2} = d_2 - 2,5m$$

- высота головки и ножки зуба

$$h_a = m; \quad h_f = 1,25m$$

- полная высота зуба

$$h = 2,25m$$

- ширина колеса

$$b_2 = \psi_{ba} \cdot a_w = 0,3a_w \text{ (прямозубые колеса)}$$

$$b_2 = \psi_{ba} \cdot a_w = 0,4a_w \text{ (косозубые колеса)}$$

ψ_{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

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

15. Определяем силы в зацеплении

- определяем окружную силу

$$F_{t1} = \frac{2T_1 \cdot 1000}{d_1}; \text{ Н}$$

- определяем радиальную силу

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \operatorname{tg} \alpha \text{ (прямозубые колеса)}$$

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

$$F_r = F_t \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} \text{ (косозубые колеса)}$$

β - угол наклона зуба ($8^\circ - 20^\circ$)

Определяем осевую силу

$$F_a = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta \text{ (косозубые колеса)}$$

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

$$\frac{[\sigma_F]}{\gamma_{F1}} \text{ и } \frac{[\sigma_F]}{\gamma_{F2}}$$

где γ_{F1} и γ_{F2} - коэффициенты формы зуба в зависимости от количества зубьев

Z	17	20	25	30	40	50	60	и более
γ_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

$$\sigma_F = \frac{\gamma_{F1} F_{t1} k_{Fv} k_{F\beta}}{m \cdot b_2} \leq [\sigma_F]$$

γ_{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 работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Решение задач.
5. Вывод по задаче.

Варианты заданий

Задание 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 ⁻¹	Частота вращения ведомого вала, n_2 , мин ⁻¹
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 №22

Детали машин. Ременные передачи.

Наименование: Расчет ременных передач.

Цель занятия: Закрепить теоретические знания практическими расчетами. Научиться пользоваться таблицами. Научиться работать с графиками.

Необходимые материалы:

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Микрокалькулятор и канцелярские принадлежности.

Порядок выполнения задания:

1. Ознакомиться с теоретическим обоснованием.
2. Рассчитать клиноременную передачу согласно своего варианта.

Отчет о проделанной работе должен содержать:

1. Тема работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Схема передачи.
5. Вывод о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Что называется ременной передачей?
2. Назовите требования, предъявляемые к ремню.
3. Дайте определение межосевого расстояния. Как оно измеряется?
4. Недостатки ремённой передачи.
5. Достоинства ременной передачи.
6. Что такое долговечность ремня?

Практическое занятие №23

Детали машин. Передача винт-гайка.

Наименование: Передача винт-гайка. Изучение конструкций передач с трением скольжения и трением качения.

Цель занятия: Приобрести навыки работы с технической литературой.

Необходимые материалы:

1. Тетрадь для практических занятий.
2. Микрокалькулятор и канцелярские принадлежности.

Порядок выполнения задания:

1. Прочитать и законспектировать главу Винтовые механизмы стр.187 – 191.
2. Ответить на вопросы.

Отчет о проделанной работе должен содержать:

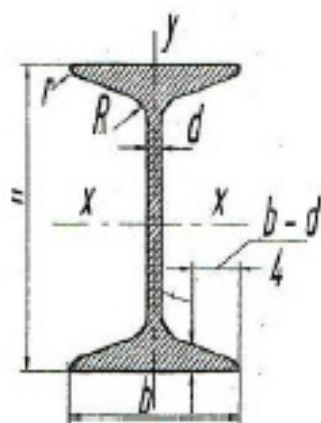
1. Тема работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Конспект.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Назначение, область применения и классификация передач винт – гайка.
2. Преимущества и недостатки.
3. Критерии работоспособности передач винт – гайка.

Основные размеры и характеристики прокатных профилей

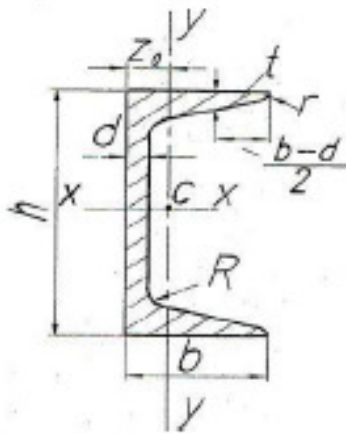
Сталь прокатная - балки двутавровые



- 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

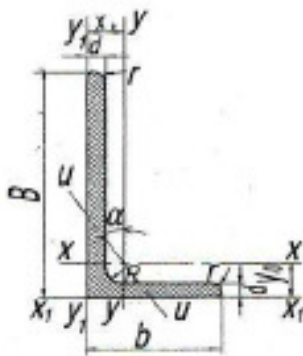
Номер профиля	Масса 1 м длины	Размеры						Площадь сечения, см ²	Справочные величины для осей						
		h	b	d	t	R	r		x-x			y-y			
									I_x	W_x	i_x	S_x	I_y	W_y	i_y
кг	мм						см ²	см ⁴	см ³	см	см ³	см ⁴	см ³	см	
10	9,46	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	11,5	120	64	4,8	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

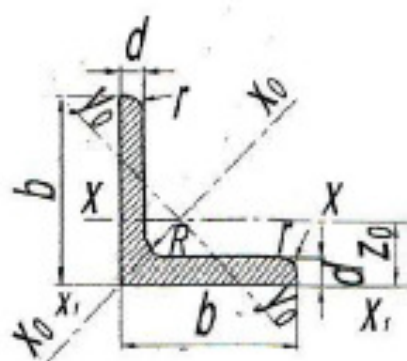
Номер профиля	Масса м длины	Размеры						Площадь сечения, А	Справочные величины для осей							
		h	b	d	t	R	r		X-X				Y-Y			
									I _x	W _x	i _x	S _x	I _y	W _y	i _y	Z ₀
	кг	мм						см ²	см ⁴	см ³	см	см ³	см ⁴	см ³	см	см
5	4,84	50	32	4,4	7,0	6	2,5	6,16	22,8	9,10	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	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	48	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		
			8			16	12,5	256	4,00	83,0	2,28	4,05	1,84	0,406		
12,5/8	125	80	7	11	3,7	19,7	15,5	312	3,98	100	2,26	4,14	1,92	0,404		
			8			23,4	18,3	365	3,95	117	2,24	4,22	2,00	0,400		
			10			13	14,1	364	4,49	120	2,58	4,49	2,03	0,411		
			10			22,2	17,5	444	4,47	146	2,56	4,58	2,12	0,409		
16/10	160	100	9	13	4,3	22,9	18	606	5,15	186	2,85	5,19	2,23	0,391		
			10			25,3	19,8	667	5,13	204	2,84	5,23	2,28	0,390		
			12			30	23,6	784	5,11	239	2,82	5,32	2,36	0,388		
			14			34,7	27,3	897	5,08	272	2,80	5,40	2,43	0,385		
18/11	180	110	10	14	4,7	28,3	22,2	952	5,8	276	3,12	5,88	2,44	0,375		
			12			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	16	18	4	63,6	49,9	4091	8,02	1333	4,58	8,14	3,69	0,408		
			18			71,1	55,8	4545	7,99	1475	4,56	8,23	3,77	0,407		
			20			78,5	61,7	4987	7,97	1613	4,53	8,31	3,85	0,405		

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 на длину	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 и информационное обеспечение

Основная литература:

1. **Техническая механика : учебное пособие / В.Э. Завистовский. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 376 с. — (Среднее профессиональное образование)**

2. **Техническая механика : учебник / Г.Г. Сафонова, Т.Ю. Артюховская, Д.А. Ермаков. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 320 с. — (Среднее профессиональное образование).**

3. **Техническая механика. Курсовое проектирование : учебное пособие / Д.Н. Бахарев, А.А. Добрицкий, С.Ф. Вольвак, В.Д. Несвит. — 2-е изд., стер. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 236 с. — (Среднее профессиональное образование)**

4. **Техническая механика. Сборник тестовых заданий : учебное пособие / В.П. Олофинская. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 132 с. — (Среднее профессиональное образование)**

Дополнительная литература:

1. **Техническая механика : учебник / М.А. Лукьянов, А.М. Лукьянов. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 486 с. — (Высшее образование: Специалитет). — DOI 10.12737/1078230.**

.

Электронные ресурсы:

1. **Техническая механика. Форма доступа: <http://technical-mechanics.narod.ru>**

Для самостоятельной подготовки:

1. **Методические указания для выполнения самостоятельных работ.**
2. **Методические указания для выполнения практических работ**