

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачёва»

Кафедра строительных конструкций, водоснабжения и водоотведения

Составители

Сидельников С. А., Паначев И. А., Глазков Ю. Ф.,
Широколов Г. В., Кузнецов И. В.

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

**Методические указания к самостоятельной работе
для студентов заочной формы обучения**

Рекомендовано учебно-методической комиссией
направления подготовки 08.03.01 «Строительство»
в качестве электронного издания для самостоятельной работы

Кемерово 2016

Рецензент:

Хозяинов Б. П. – доцент кафедры строительных конструкций, водоснабжения и водоотведения

Техническая механика [Электронный ресурс]: методические указания к самостоятельной работе для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство», образовательные программы «Промышленное и гражданское строительство», «Водоснабжение и водоотведение», «Автомобильные дороги», «Жилищно-коммунальное хозяйство», «Проектирование зданий», заочной формы обучения / сост.: С. А. Сидельников, И. А. Паначев, Ю. Ф. Глазков, Г. В. Широколов, И. В. Кузнецов; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2016. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 8 Мб ; Windows 2003 ; мышь. – Загл. с экрана.

Использование студентами методических указаний позволит закрепить методы определения деформаций, напряжений и перемещений применительно к расчетам элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость, самостоятельно выполнить решение практических (расчетных) задач, входящих в контрольную работу.

© КузГТУ, 2016

© Сидельников С. А., Паначев И. А.,
Глазков Ю. Ф., © Широколов Г. В.,
Кузнецов И. В., составление, 2016

1. Общие положения и контрольные задачи

1.1. Цель и задачи курса технической механики

Целью курса технической механики является изучение простых, практически надежных, инженерных методов расчета элементов конструкций, деталей машин на **прочность, жесткость и устойчивость**.

Задачи курса технической механики – овладение методами и приемами расчёта отдельных элементов инженерных конструкций на прочность, жёсткость и устойчивость.

Из бесчисленного разнообразия элементов инженерных конструкций отбирают наиболее часто встречающиеся или типовые, производится их схематизация, даются методы и приёмы расчёта этих элементов.

При проведении расчётов на прочность, жёсткость и устойчивость необходимо стремиться к сочетанию надёжности и экономичности конструкции.

Техническая механика – одна из сложных и трудоёмких дисциплин, изучаемых в высших технических учебных заведениях. Занятия по курсу обязательно должны сопровождаться проведением практических расчётов.

Студентам в рамках курса необходимо использовать формулы, при этом необходимо обращать особое внимание на физическую сущность явления и на те допущения и ограничения, которые делаются в процессе вывода формул.

Надо хорошо разбираться в чертежах и уметь составлять расчётные схемы.

Знание курса является основой для изучения общеинженерных и специальных дисциплин.

Самостоятельная работа студентов заочной формы обучения (З) по профилям: «Промышленное и гражданское строительство», «Автомобильные дороги» и «Жилищно-коммунальное хозяйство» составляет **128 час (3,56 ЗЕ)**, **155 часа (4,31 ЗЕ)** и **155 часа (4,31 ЗЕ)** соответственно и распределяется поровну между изучением теоретического материала и выполнением контрольной работы в четвертом семестре.

Студенты заочной формы обучения (З) по профилям «Промышленное и гражданское строительство», «Автомобильные

дороги» и «Жилищно-коммунальное хозяйство» по лекциям, практическим занятиям и литературным источникам [1, 2, 3, 7, 8, 9] самостоятельно изучают теоретический материал по следующим темам: 1.1, 3.1, 4.1, 4.2, 5.1, 6.1. После изучения теоретического материала студенты должны выполнить контрольную работу, включающую в себя решение практических (расчетных) задач № 1, 2, 3, 4, 5.

1.2. Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо для изучения сопротивления материалов

1.2.1. Высшая математика

Преобразование координат: параллельный перенос, поворот осей. Построение эллипса по его осям. Асимптоты, гиперболы. Полярные, цилиндрические и сферические координаты. Понятие производной, её геометрический смысл. Производные высших порядков.

Частные производные. Частные производные высших порядков.

Определённый и неопределённый интегралы.

Решение системы линейных алгебраических уравнений с помощью определителя.

1.2.2. Теоретическая механика

Раздел статики в полном объёме. В разделе динамики: определение опорных реакций в статически определимых стержневых системах с помощью принципа возможных перемещений; теоремы об изменении кинетической энергии; движение центра масс материальной системы; инерционные нагрузки — принцип Д'Аламбера; расчет на ударное нагружение.

1.3. Порядок выбора данных для выполнения контрольной работы

анные для решения задач следует выбирать из таблицы, указанной в условии задачи, в соответствии с номером зачетной книжки (в шифре учитываются три последние цифры номера зачетной книжки, записанные два раза подряд) и первыми шестью буквами русского алфавита, которые следует расположить под шифром следующим образом, например:

шифр СПз – 13 – 079362

$$\begin{array}{cccccc} 3 & - & 6 & - & 2 & - & 3 & - & 6 & - & 2 \\ a & & б & & в & & г & & д & & е \end{array}$$

Из каждого вертикального столбца таблицы с данными (для каждой рассматриваемой задачи), обозначенного внизу определённой буквой, надо взять только одно число, стоящее в той горизонтальной строке, номер которой совпадает с номером буквы.

Например, при обозначении вертикальных столбцов табл. 1 (задачи № 1) использованы буквы *е, д, г, в, б, а*. В соответствии с шифром $3 - 6 - 2 - 3 - 6 - 2$ буквы *а, г* имеют номер 3, буквы *б, д* – номер 6, а буквы *в, е* – номер 2. Поэтому студент должен взять данные в столбцах *а, г* по строке номер 3, в столбцах *б, д* – по строке номер 6, а в столбцах *в, е* – по строке номер 2. Соответствующие рассматриваемому шифру **данные выделены в таблице 1 желтым цветом.**

Контрольная работа должна быть выполнена самостоятельно после изучения соответствующего раздела курса “Техническая механика”.

В заголовке контрольной работы должны быть чётко написаны: название дисциплины, номер контрольной работы, фамилия, имя, отчество студента (полностью), название института, специальности, и учебный шифр.

Перед решением каждой задачи надо записать полностью её условие с числовыми данными, составить аккуратный эскиз в масштабе и указать на нём в числах все величины, необходимые для расчёта.

Решение должно сопровождаться краткими, последовательными и грамотными, без сокращения слов объяснениями и построениями, на которых все входящие в расчёт величины должны быть показаны в числах. Надо избегать многословных объяснений и пересказа учебника. Студент должен знать, что язык инженера – формула и чертёж.

Необходимо указывать размерность всех величин и подчёркивать окончательные результаты.

Не следует вычислять результаты с большим количеством значащих цифр после запятой, т.е. вычисления должны соответствовать разумной точности.

Задача № 1

Круглый стальной брус, защемленный обоими концами, нагружен тремя моментами M_1 , M_2 , M_3 (рис. 1). Требуется: 1) определить реактивные моменты, возникающие в заделках бруса; 2) построить эпюру крутящих моментов; 3) определить из расчёта на прочность диаметр бруса и округлить его значение до ближайшего стандартного размера ГОСТ 6636-69; 4) построить эпюру углов поворота; 5) найти наибольший относительный угол закручивания. Данные взять из табл. 1.

Таблица 1

№ строки	Схема по рис. 1	Расстояния, м				Моменты, кН·м			[τ], МПа
		a	b	c	d	M_1	M_2	M_3	
1	1	1,1	2,0	1,1	2,0	2,1	3,0	2,1	40
2	2	1,2	1,9	1,2	1,9	2,2	2,9	2,2	45
3	3	1,3	1,8	1,3	1,8	2,3	2,8	2,3	50
4	4	1,4	1,7	1,4	1,7	2,4	2,7	2,4	55
5	5	1,5	1,6	1,5	1,6	2,5	2,6	2,5	60
6	6	1,6	1,5	1,6	1,5	2,6	2,5	2,6	65
7	7	1,7	1,4	1,7	1,4	2,7	2,4	2,7	70
8	8	1,8	1,3	1,8	1,3	2,8	2,3	2,8	75
9	9	1,9	1,2	1,9	1,2	2,9	2,2	2,9	80
0	10	2,0	1,1	2,0	1,1	3,0	2,1	3,0	85
	e	∂	z	v	\bar{b}	a	e	∂	z

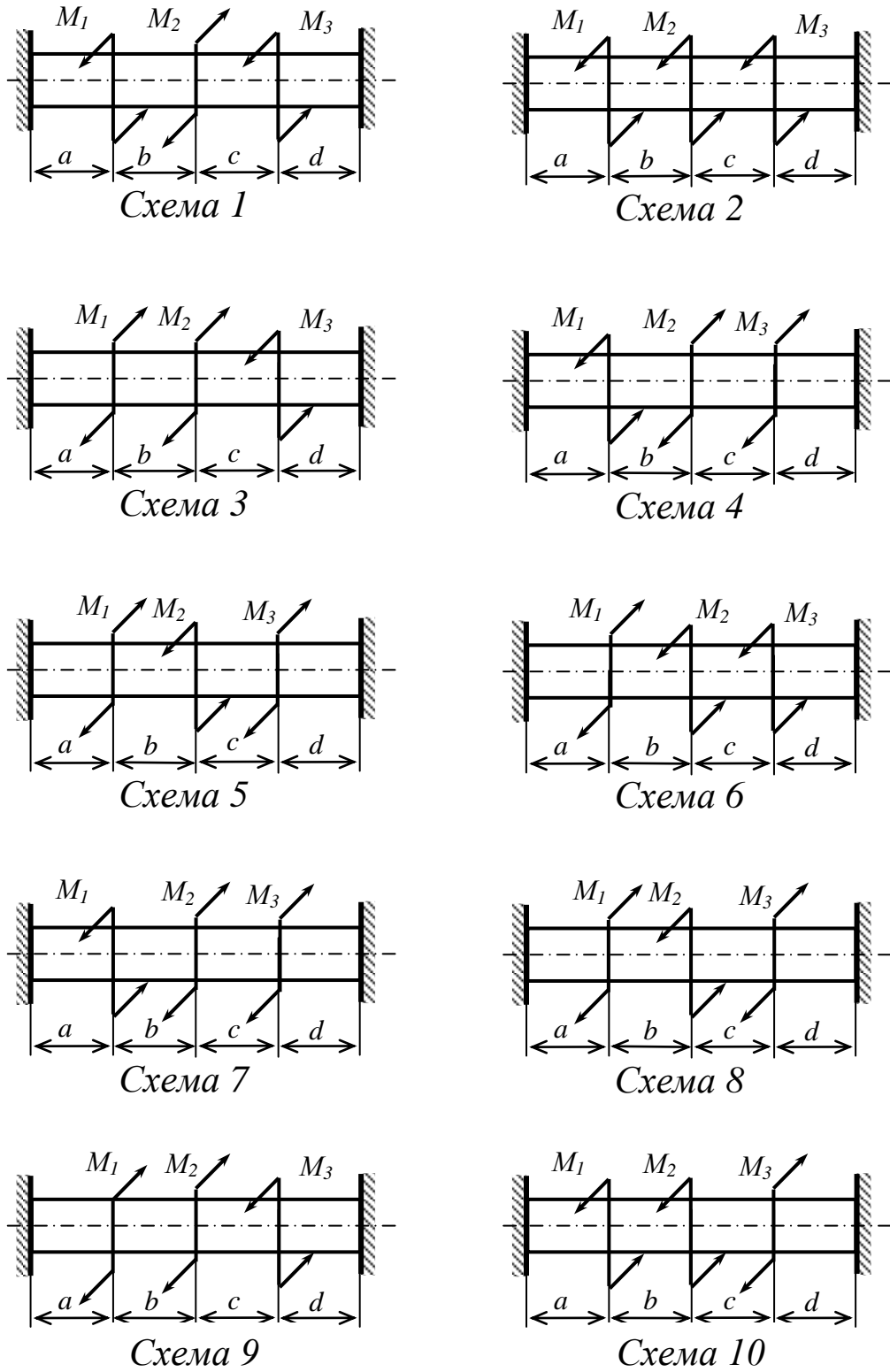


Рис. 1

Задача № 2

Найти положение главных центральных осей инерции и значение главных моментов инерции для поперечного сечения, состоящего из швеллера и равнобокого уголка, или швеллера и неравнобокого уголка, или двутавра и равнобокого уголка или двутавра и неравнобокого уголка или двутавра и швеллера (рис. 2).

Вычертить сечение в масштабе 1:2 и указать на нём все размеры в числах и все оси. Данные взять из табл. 2.

Таблица 2

№ строки	Схема по рис. 2	Равнобокий уголок	Неравнобокий уголок	Швеллер	Двутавр
1	1	80 × 8	40 × 25 × 4	14	12
2	2	80 × 6	50 × 32 × 4	16	14
3	3	90 × 8	56 × 36 × 5	18	16
4	4	90 × 7	70 × 45 × 5	20	18
5	5	90 × 6	90 × 56 × 8	22	20а
6	6	100 × 8	100 × 63 × 7	24	20
7	7	100 × 10	110 × 70 × 8	27	22а
8	8	100 × 12	125 × 80 × 10	30	22
9	9	125 × 10	160 × 100 × 12	33	24а
0	10	125 × 12	200 × 125 × 14	36	24
	<i>e</i>	<i>δ</i>	<i>z</i>	<i>в</i>	<i>б</i>

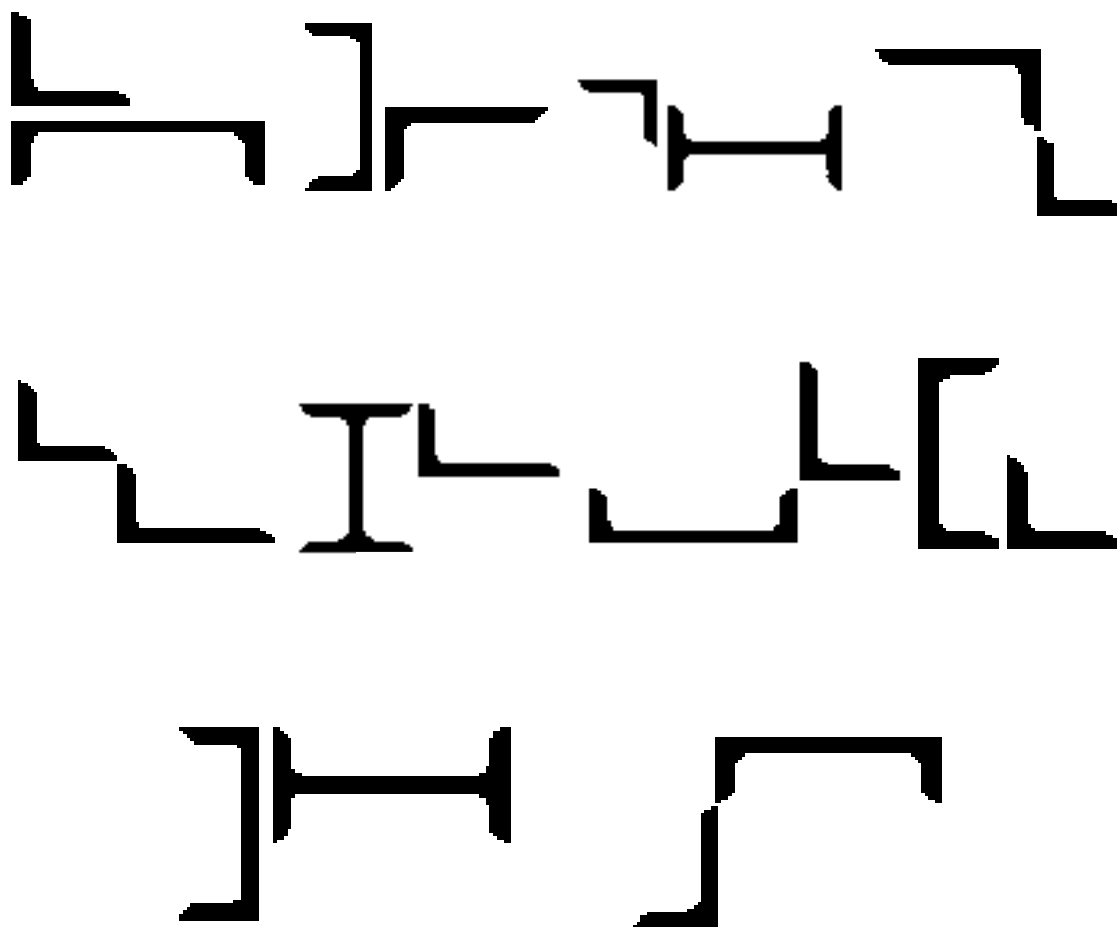


Рис. 2

Задача № 6

Для двух схем балок (рис. 3) требуется построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M , составив выражения Q и M для каждого участка в общем виде, и подобрать сечения: для двухопорной однопролетной балки круглое сечение при $[\sigma] = 12$ МПа; для консольной балки сечение из швеллера при $[\sigma] = 160$ МПа. Для рамы (рис. 3) построить эпюры Q , M , N и подобрать сечение из двутавра при $[\sigma] = 160$ МПа. Данные взять из табл. 3.

Примечание. Для консольной балки и рамы эпюры Q , M и N можно построить, не составляя выражений Q , M и N , а вычисля значения Q , M и N в характерных сечениях.

Таблица 3

№ строки	Схема по рис. 3	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>m</i> , кН·м	<i>P</i> , кН	<i>q</i> , кН/м
		<i>m</i>				
1	1	1,0	4,0	10	10	10
2	2	1,5	3,5	20	20	20
3	3	2,0	3,0	3	3	3
4	4	2,5	2,5	4	4	4
5	5	3,0	2,0	5	5	5
6	6	3,5	1,5	6	6	6
7	7	4,0	1,0	7	7	7
8	8	3,0	2,0	8	8	8
9	9	2,0	3,0	9	9	9
0	10	1,0	4,0	10	10	10
	<i>e</i>	<i>д</i>	<i>з</i>	<i>в</i>	<i>б</i>	<i>а</i>

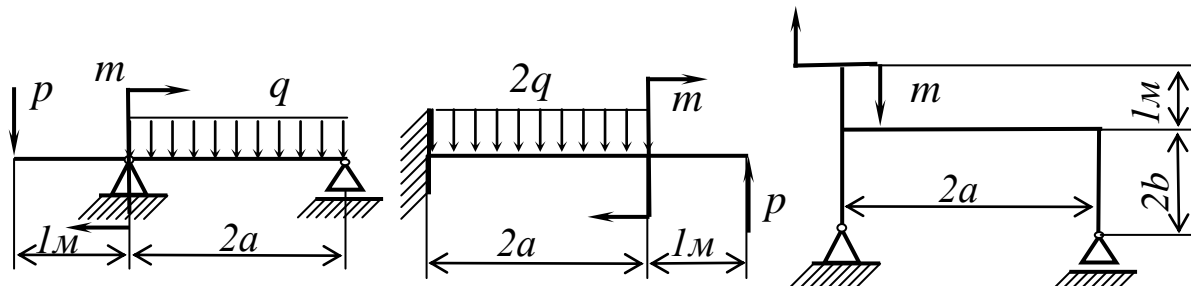
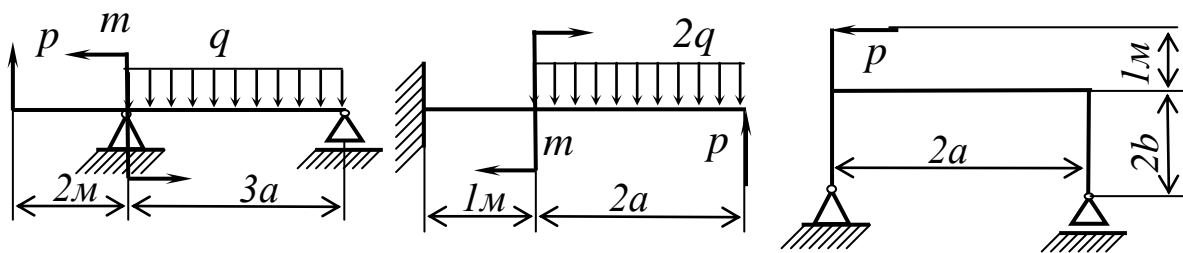


Схема 2

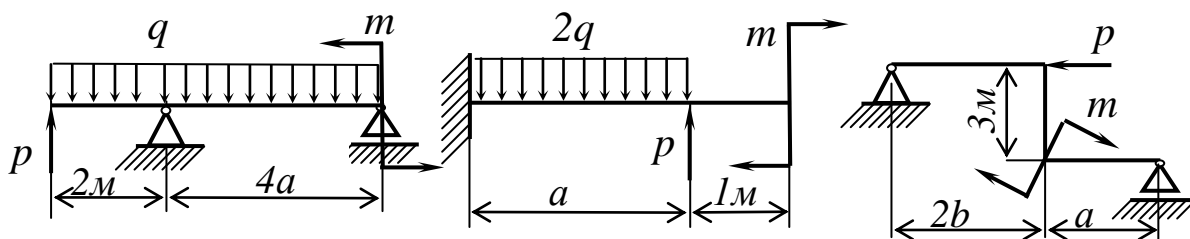


Схема 3

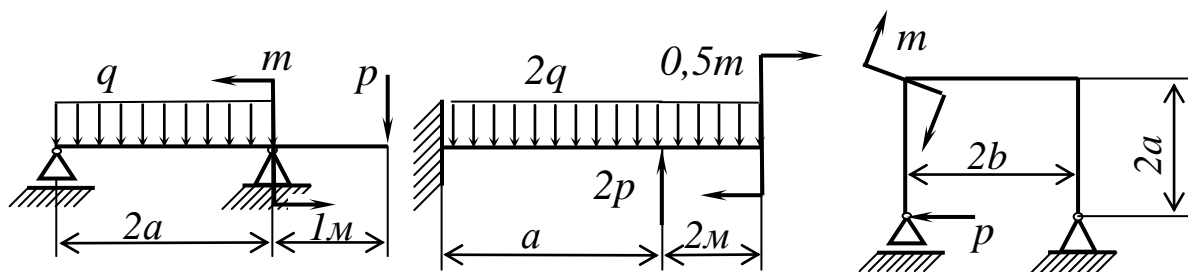


Схема 4

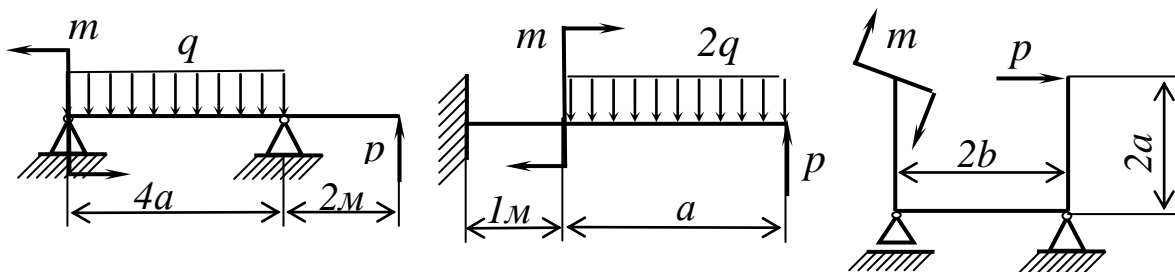


Схема 5

Рис. 3

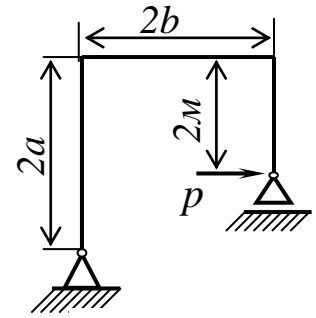
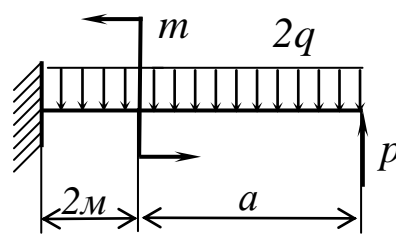
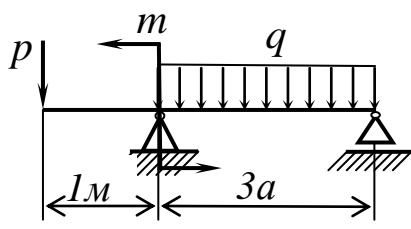


Схема 6

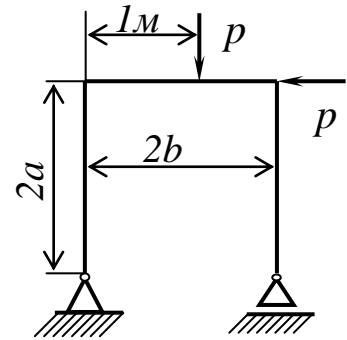
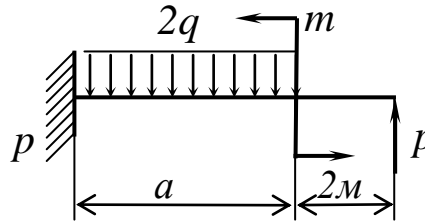
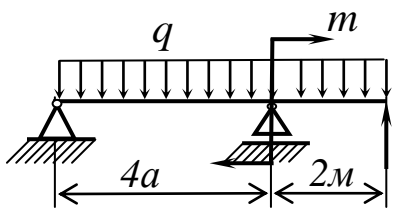


Схема 7

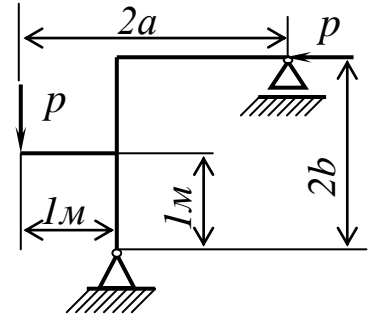
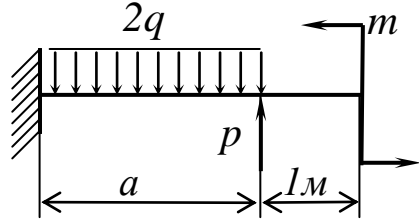
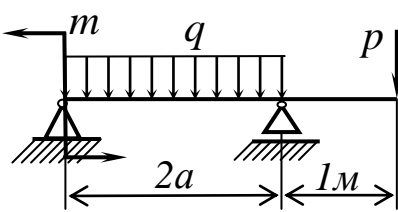


Схема 8

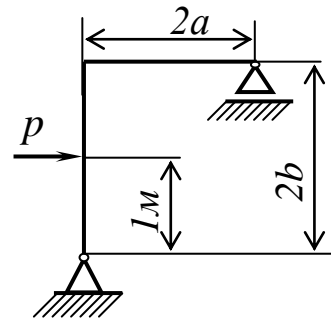
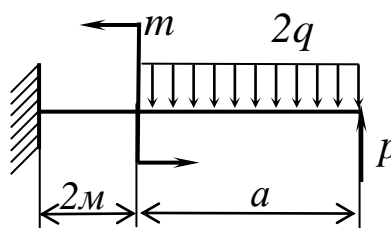
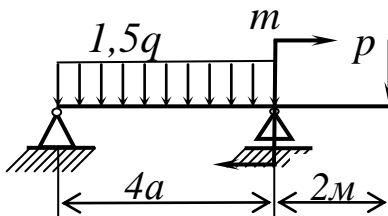


Схема 9

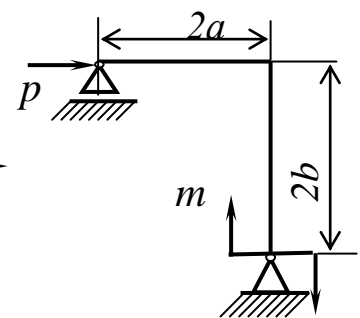
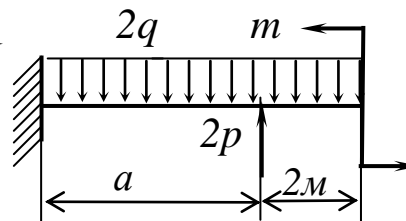
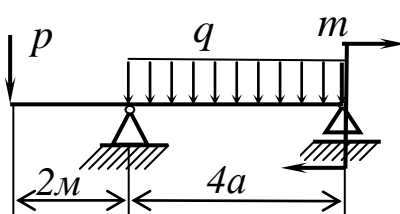


Схема 10

Продолжение рис. 3

Задача № 4

Жесткий чугунный брус, поперечное сечение которого изображено на рис. 4, сжимается продольной силой P , приложенной в точке А. Требуется: 1) построить эпюру напряжений в поперечном сечении; 2) из расчета на прочность найти величину допускаемой силы. Данные взять из табл. 4.

Таблица 4

№ строки	Схема по рис. 1.8	a	b	c	$[\sigma]^-$	$[\sigma]^+$
		см			МПа	
1	1	10	22	4	110	21
2	2	12	21	5	120	22
3	3	15	20	7	130	23
4	4	16	19	6	140	24
5	5	14	18	8	150	25
6	6	13	17	3	60	26
7	7	11	16	5	70	27
8	8	13	15	6	80	28
9	9	9	14	7	90	29
0	10	10	13	8	100	30
	e	d	z	v	a	e

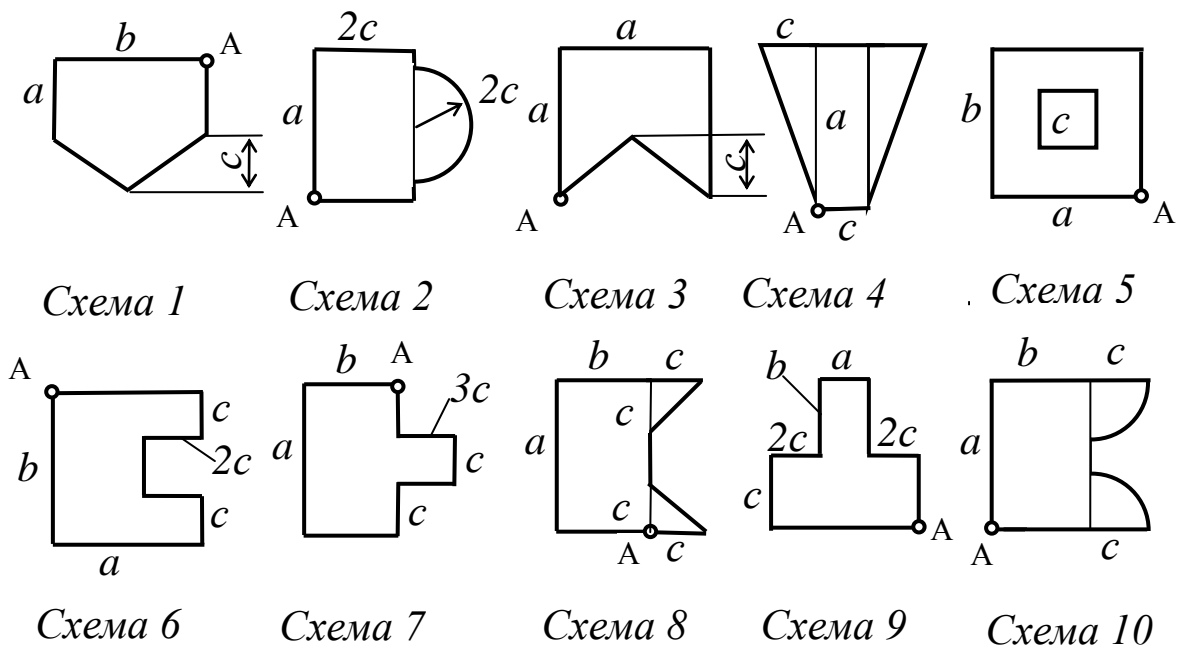


Рис. 4

Задача № 5

Стальной стержень длиной ℓ сжимается силой P (рис. 5). Требуется: 1) найти размеры поперечного сечения при допустимом напряжении на простое сжатие $[\sigma]_c = 160$ МПа (расчёт производить последовательными приближениями, первое приближение выполнить, задавшись коэффициентом $\varphi = 0,5$); 2) найти критическую силу и коэффициент запаса устойчивости. Данные взять из табл. 5.

Таблица 5

№ строки	Схема по рис. 5	ℓ , м	P , кН
1	1	1,5	15
2	2	1,6	70
3	3	1,7	40
4	4	1,8	50
5	5	1,9	60
6	6	2,0	30
7	7	2,1	10
8	8	2,2	100
9	9	2,3	120
0	10	2,5	150
e	∂	z	v

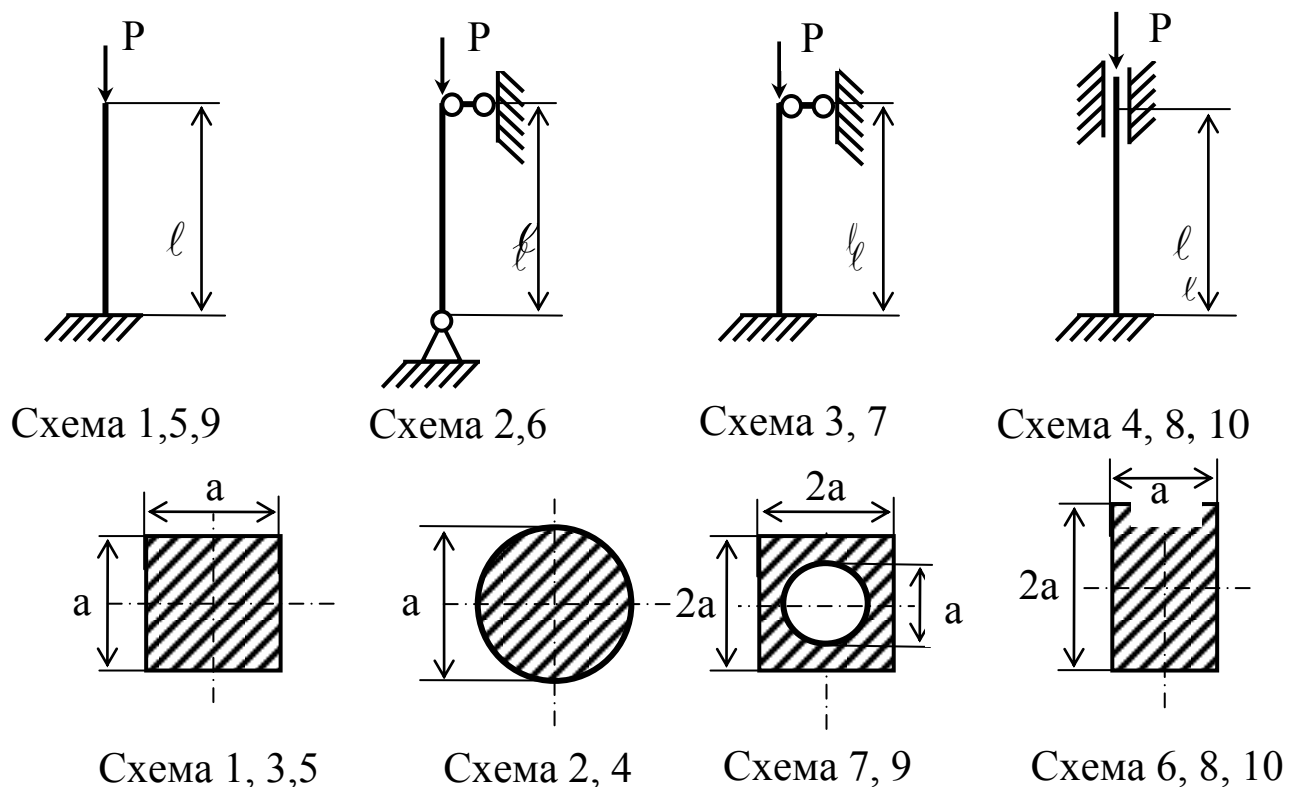


Рис. 5

3. Оценочные средства для промежуточного контроля (экзамена)

3.1. Перечень вопросов для промежуточного контроля (экзамена)

1. Предмет сопротивления материалов.
2. Задачи, гипотезы и допущения в сопротивлении материалов.
3. Нагрузки и воздействия. Их классификация.
4. Метод сечений. Внутренние усилия, их определение.
5. Напряжение в точке сечения. Связь между напряжениями и внутренними усилиями.
6. Центральное растяжение и сжатие стержней. Продольные силы. Нормальные напряжения.
7. Продольные и поперечные деформации при растяжении-сжатии стержней
8. Закон Гука при растяжении-сжатии стержней.
9. Экспериментальное изучение механических свойств материалов, индикаторные диаграммы и их типы.
10. Основные механические характеристики прочности и пластичности материалов.
11. Условие прочности. Допускаемое напряжение.
12. Нагрузки и продольные силы в статически определимых системах.
13. Статически неопределимые системы, порядок их расчета.
14. Кручение стержней круглого сечения. Крутящий момент.
15. Напряжения при кручении стержней круглого сечения. Условие прочности.
16. Углы закручивания при кручении стержней круглого сечения. Условие жесткости.
17. Внутренние усилия при изгибе. Правила контроля эпюр внутренних усилий.
18. Нормальные напряжения при изгибе. Условие прочности при изгибе.
19. Виды перемещений при изгибе.
20. Определение перемещений при изгибе методом Клебша.
21. Сложное сопротивление. Его виды.
22. Сложный (косой) изгиб. Внутренние усилия и напряжения.
23. Нейтральная ось и условие прочности при сложном (косом)

изгибе.

24. Определение перемещений при сложном (косом) изгибе.
25. Понятие о потере устойчивости сжатых стержней.
26. Понятие о критической нагрузке.
27. Формулы Эйлера и Ясинского.
28. Условие устойчивости сжатого стержня.
29. Понятие о динамическом воздействии.
30. Варианты динамического воздействия.

3.2. Типовые задачи для текущего и промежуточного контроля (экзамена)

3.2.1. Кручение.

Круглый стальной брус (рис. 6), жёстко закрепленный обоими концами, нагружен тремя моментами M_1 , M_2 , M_3 . Из условия прочности при кручении вычислить диаметр вала, построить эпюру углов поворота, вычислить наибольший относительный угол закручивания.

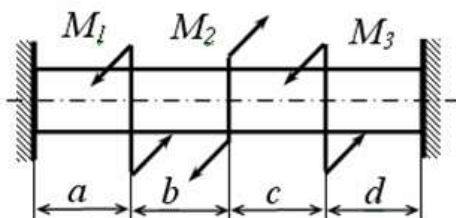


Рис. 6.

3.2.2. Геометрические характеристики сечений.

Для заданного поперечного сечения (рис. 7) балки определить положение главных центральных осей и вычислить главные моменты инерции.

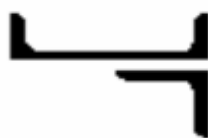


Рис. 7.

3.2.3. Изгиб.

Для балки (рис. 8) построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M и подобрать двутавровое сечение.

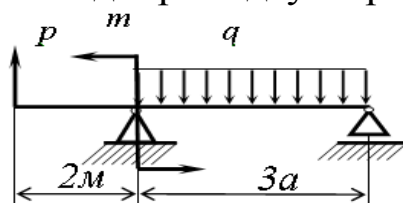


Рис. 8.

3.2.4. Внецентренное сжатие–растяжение.

Чугунный короткий стержень с поперечным сечением (рис. 9) сжимается продольной силой P , приложенной в точке А.

Построить эпюру напряжений и из расчета на прочность найти величину допускаемой нагрузки $[P]$ при заданных размерах сечения (а) и (в) и допускаемых напряжениях чугуна на сжатие $[\sigma]^-$ и растяжение $[\sigma]^+$.

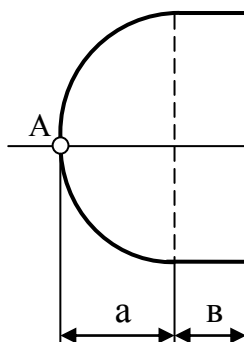


Рис. 9.

3.2.5. Устойчивость центрально сжатых стержней.

Для стойки (рис. 10) нагруженной осевой сжимающей силой P подобрать прямоугольное сечение ($\frac{h}{b} = \frac{2}{1}$), h – высота сечения балки, b – ширина сечения, $[\sigma] = 160$ МПа.



Рис. 10.

4. Список литературы

1. Степин, П. А. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебник для студентов техн. специальностей вузов. – СПб. : Лань, 2014. – 320 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3179

2. Паначев, И. А. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов всех технических специальностей / И. А. Паначев, Ю. Ф. Глазков, М. Ю. Насонов; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. сопротивления материалов. – Кемерово, 2011. – 229 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90643&type=utchposob:common>

3. Андреев, В.И. Техническая механика : учебник для студентов строит. вузов и фак., обучающихся по программе бакалавриата по направлению 270800 «Строительство» / В. И. Андреев, А. Г. Паушкин, А. Н. Леонтьев. – М. : АСВ, 2012. – 256 с.

4. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : методические указания к контрольным работам для студентов всех специальностей и направлений подготовки заочной формы обучения / Г. В. Широколов, И. А. Паначев, Ю. Ф. Глазков; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. сопротивления материалов Кемерово , 2013. – 42с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=6220>

5. Паначев, И. А. Справочное пособие к решению задач по сопротивлению материалов [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов всех технических специальностей / И. А. Паначев, Ю. Ф. Глазков; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. сопротивления материалов. – Кемерово, 2012. – 58 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90572&type=utchposob:common>

6. Паначев, И. А. Сопротивление материалов: учеб. пособие / И. А. Паначев, Г. В. Широколов, Ю. Ф. Глазков ; Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т». – Кемерово: КузГТУ, 2008. – 190 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90238&type=utchposob:common>

7. Александров, А. В. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин; под ред. А. В. Александрова. – М.: Высш. шк., 2004.– 560 с.

8. Сопротивление материалов: учебник для вузов / Г. С. Писаренко, В. А. Агарёв, А. Л. Квитка, В. Г. Попков, Э. С. Уманский. – Киев: Вища школа, 1986. – 775 с.

9. Беляев Н. М. Сопротивление материалов: учеб. пособие / Н. М. Беляев. – М.: Альянс, 2014. – 608 с.

10. Миролубов, И. Н. Сопротивление материалов: пособие по решению задач / И. Н. Миролубов, Ф. З. Алмаметов, Н. А. Курицын. – СПб.: Лань, 2014. – 512 с.

11. Ицкович, Г. М. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов: учеб. пособие для студентов вузов / Г. М. Ицкович, Л. С. Минин, А. И. Винокуров. – М.: Высш. шк., 2001. – 592 с.