



Министерство образования
Республики Беларусь

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра «Сопротивление материалов машиностроительного
профиля»**

МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

*Методические указания и задания
к контрольным работам*

М и н с к 2 0 0 9

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Сопротивление материалов машиностроительного
профиля»

МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

Методические указания и задания
к контрольным работам
для студентов технических специальностей
заочной формы обучения

М и н с к 2 0 0 9

УДК 620.1 (075.4)

ББК 30.3я7

М 55

С о с т а в и т е л и:

Ч.А. Якубовский, А.Ч. Якубовский

Р е ц е н з е н т ы:

Ю.В. Василевич, В.А. Сидоров

Методические указания по выполнению контрольных работ по курсу «Механика материалов» («Сопротивление материалов») предназначены для студентов технических специальностей заочной формы обучения высших учебных заведений. В издании приведены варианты заданий и даны указания о порядке и форме выполнения контрольных работ.

Указания содержат необходимую информацию для выполнения контрольных работ студентами заочной формы обучения: перечень тем основных разделов курса, достаточных для самостоятельного изучения; требования к оформлению и методические указания по выполнению контрольных работ; контрольные задания по каждому из разделов курса; список литературы, рекомендуемой для изучения курса и выполнения заданий.

Использование методических указаний будет способствовать качественному выполнению студентами заочной формы обучения контрольных работ, а также может быть полезно студентам при самостоятельной подготовке.

ВВЕДЕНИЕ

Механика материалов (сопротивление материалов) является одной из основных дисциплин подготовки инженеров технических специальностей. Правильное решение задач по расчету на прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций, находящихся в различных эксплуатационных условиях, является гарантией надежности и долговечности конструкции в целом.

Для успешного самостоятельного освоения курса механики материалов необходимо ознакомиться со всеми изучаемыми разделами курса, составив краткий конспект по каждой теме, подробно разобрать примеры решения задач по основным темам, выполнить контрольные задания.

Контрольная работа – текущая учебная работа студента заочной формы обучения, предусмотренная учебным планом изучаемой дисциплины и выполняемая самостоятельно.

Цель работы – усвоение, систематизация и закрепление учебного материала по изучаемым разделам дисциплины, а также приобретение навыков применения на практике знаний, полученных при самостоятельном изучении предмета.

Количество контрольных работ для студентов различных специальностей устанавливается учебным планом. Рекомендуемые задачи, входящие в состав каждой из контрольных работ, указаны в таблице.

№ п/п	Количество контрольных работ	Номера задач, входящих в контрольные работы			
		К. р. № 1	К. р. № 2	К. р. № 3	К. р. № 4
1	4	1(а, б), 2, 3	4(а, б), 5, 6	7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14
2	3	1(а, б), 2, 3, 4(а)	4(б), 5, 6, 7, 8	9, 11, 12, 13	—
3	2	1(б), 2, 3, 4(а, б), 6	7, 9, 10, 11, 12	—	—
4	1	1(б), 2, 3, 4(а), 9, 12	—	—	—

В случае изменения учебных планов допускаются дополнения и изменения в данной таблице. Кроме того, тематика задач в контрольной работе, их количество может регулироваться преподавателем.

Приступить к выполнению контрольных работ следует после тщательного изучения соответствующего раздела курса механики материалов [1–26].

ТЕМЫ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСА

Основные понятия

Задачи и основные гипотезы курса «Механика материалов» («Сопротивление материалов»). Классификация объектов расчета. Внешние и внутренние силовые факторы. Метод сечений. Понятия о напряжениях и деформациях. Деформации и перемещения.

1. Геометрические характеристики плоских сечений

Классификация геометрических характеристик плоских сечений и их использование в расчетах на прочность и жесткость. Статические моменты. Центр тяжести простого и сложного сечения. Моменты инерции плоских сечений. Свойство осевых моментов инерции. Характерные особенности симметричных сечений. Моменты инерции относительно параллельно смещенных осей. Моменты инерции сложных сечений. Моменты инерции относительно наклонных осей. Свойство инвариантности осевых моментов. Главные центральные оси, их положение. Главные моменты инерции. Правильные сечения. Моменты сопротивления и радиусы инерции плоских сечений.

2. Напряженно-деформированное состояние в точке

Нормальные и касательные напряжения. Главные напряжения и главные площадки. Виды напряженного состояния. Ли-

нейное напряженное состояние, напряжения на наклонной площадке. Плоское напряженное состояние, напряжения на наклонных площадках (прямая и обратная задача). Объемное напряженное состояние. Деформированное состояние. Обобщенный закон Гука. Относительная объемная деформация. Относительная энергия. Энергия изменения формы и объема. Коэффициент поперечной деформации (Пуассона). Модуль продольной упругости (Юнга).

Основные теории прочности. Основные механические характеристики прочности и пластичности материалов. Отличительные особенности сопротивления пластичных и хрупких материалов. Допускаемое напряжение. Коэффициент запаса прочности. Абсолютная и относительная деформация. Полная и остаточная деформация.

3. Простые виды сопротивления

Осевое растяжение и сжатие стержней и стержневых систем, принципиальные схемы реализации. Внутренний силовой фактор, эпюра продольных сил. Напряжения и их распределение по сечению. Условие прочности. Деформации, эпюра перемещений растянутого или сжатого стержня. Условие жесткости. Работа осевого растяжения–сжатия.

Сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Связь модуля сдвига с модулем продольной упругости.

Кручение стержней круглого сечения, принципиальная схема реализации. Внутренний силовой фактор, эпюра крутящих моментов. Напряжения и их распределение по сечению. Условие прочности. Деформации, эпюра перемещений (углов поворота сечений) скрученного стержня. Условие жесткости. Относительный угол закручивания. Работа кручения стержня круглого сечения. Кручение стержней некруглого поперечного сечения.

Плоский поперечный изгиб балок и рам, принципиальные схемы реализации. Внутренние силовые факторы, эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Нормальные напряжения и их распределение по сечению. Условие прочности по нормальным напряжениям. Касательные напряжения и их распределение по сечению. Условие прочности по касательным напряжениям. Главные напряжения. Деформации, эпюра перемещений (прогибов и углов поворота сечений) изогнутого стержня. Метод начальных параметров. Силовой метод расчета деформаций (метод Верещагина). Работа плоского поперечного изгиба.

4. Статически неопределимые системы

Степень статической неопределимости. Метод сил для расчета неразрезных балок, статически неопределимых рам и других систем. Основная и эквивалентная системы. Канонические уравнения метода сил.

5. Сложные виды сопротивления

Изгиб в двух плоскостях, косой изгиб (*в контрольных работах задача не предусмотрена*). Внутренние силовые факторы. Положение нейтральной оси. Напряжения и их распределение по сечению. Условие прочности. Деформации и перемещения при косом изгибе.

Внецентренное растяжение–сжатие. Внутренние силовые факторы. Положение нейтральной оси. Напряжения и их распределение по сечению. Условие прочности. Ядро сечения стержня. Геометрические характеристики поперечного сечения стержня в расчетах на прочность.

Совместное действие кручения и изгиба. Внутренние силовые факторы. Эквивалентный момент и эквивалентное напряжение. Условие прочности. Расчет валов.

Расчет стержней с «ломаной» или разветвленной осью, пространственных стержней.

6. Устойчивость сжатых стержней

Напряжения в расчетах на устойчивость. Условие устойчивости. Гибкость длинномерного сжатого стержня. Коэффициент условий закрепления стержня. Геометрические характеристики поперечного сечения стержня в расчетах на устойчивость. Критическая сила и критическое напряжение при расчете стержня на устойчивость. Формула Эйлера. Формула Ясинского. Запас устойчивости сжатого стержня.

7. Динамическое воздействие на систему

Упругие колебания. Собственные и вынужденные колебания. Коэффициент нарастания колебаний. Резонанс. Динамический коэффициент. Динамические напряжения и деформации при упругих колебаниях.

Ударные нагрузки. Динамический коэффициент. Динамические напряжения и деформации при ударе.

Учет сил инерции (*в контрольных работах задача не предусмотрена*).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Порядок выбора исходных данных

Исходные данные для решения задач выбираются студентом из таблиц, прилагаемых к условию каждой задачи, в соответствии со своим учебным шифром. Шифром считаются три последние цифры номера зачетной книжки, указанные после дроби:

№ XXXXXX / XXX.

Например, номер зачетной книжки – 321321 / 123, тогда шифр – 123.

Если номер зачетной книжки после дроби имеет двухзначное число:

№ XXXXXX / XX,

то для составления шифра следует записать перед этим числом ноль. Например, номер зачетной книжки – 321321 / 23, тогда шифр – 023.

Если номер зачетной книжки после дроби имеет однозначное число:

№ XXXXXX / X,

то для составления шифра следует записать перед этим числом два нуля. Например, номер зачетной книжки – 321321 / 3, тогда шифр – 003.

Таблицы исходных данных состоят из трех частей. Из каждой части таблицы (в порядке расположения цифр в шифре) выписываются данные из той строки, номер которой соответствует цифре шифра. Например, учебный шифр студента – 276. В этом случае из первой (левой) части таблицы выписываются данные со строки 2, из второй (средней) части таблицы – со строки 7, из третьей (правой) части – со строки 6.

Работы, выполненные не по шифру, возвращаются студенту без рассмотрения и не зачитываются.

2. Требования к оформлению контрольных работ

Каждую контрольную работу следует выполнять в отдельной тетради с полями для замечаний рецензента в рукописном варианте (четким, легко читаемым почерком).

На титульном листе контрольной работы (на внешней стороне обложки тетради) должны быть указаны следующие сведения:

- название дисциплины;
- номер контрольной работы;
- фамилия, имя, отчество студента;
- название факультета;
- специальность;
- учебный шифр;
- точный почтовый адрес студента.

Каждую задачу контрольной работы следует начинать с чистой страницы тетради.

После условия задачи необходимо вычертить заданную схему в соответствии с исходными данными и указать на ней числовые значения всех размеров и нагрузок с их размерностями.

Решение задачи должно сопровождаться кратким текстовым пояснением. Все расчетные формулы необходимо записывать с расшифровкой входящих в них символов. После подстановки в формулу числовых значений символов указывается результат вычислений и его размерность. Промежуточные результаты, используемые в дальнейших расчетах, а также окончательные результаты необходимо выделять (подчеркивать).

Расчеты должны сопровождаться графическими построениями (схемами, чертежами, эпюрами), где отражаются все проводимые вычисления. Например, на всех эпюрах должны быть проставлены числовые значения всех характерных ординат и указана их размерность.

Работы, не удовлетворяющие требованиям к оформлению, возвращаются студенту без рассмотрения и не зачитываются.

3. Процедура отчетности

Выполненную работу студент сдает на кафедру (лично или почтой), где она регистрируется и передается преподавателю кафедры на рецензию.

В 10-дневный срок со дня получения работы она должна быть проверена и отмечена рецензентом как зачтенная или незачтенная с соответствующей записью в журнале регистраций контрольных работ, и возвращена студенту.

Получив после рецензирования контрольную работу, студент должен исправить все отмеченные ошибки и выполнить все указанные преподавателем исправления и дополнения, даже если работа зачтена. Если работа не зачтена, необходимо выполнить на чистых листах этой же тетради исправления и дополнения и представить всю работу целиком на повторную рецензию.

Студент с незачтенной контрольной работой считается не выполнившим учебную программу дисциплины и не допускается кафедрой к экзамену.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задача 1

Для стержневых конструкций (рис. 1.1 – стальной ступенчатый стержень; рис. 1.2 – стержневая система) требуется:

1) для ступенчатого стержня:

а) построить эпюры внутренних продольных сил и нормальных напряжений от действия заданных внешних сил F_1 и F_2 и собственного веса стержня;

б) вычислить перемещение ступеньки стержня, если модуль продольной упругости материала стержня $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, а удельный вес материала $\gamma = 7,8 \cdot 10^4$ Н/м³;

в) установить нижнюю опору без зазора и построить эпюры внутренних продольных сил, нормальных напряжений и перемещений; собственный вес стержня не учитывать;

2) для стержневой системы:

а) определить внутренние продольные силы и нормальные напряжения в стальных стержнях 1 и 2 при заданной внешней нагрузке F или q ;

б) найти величину наибольшей допускаемой нагрузки, если $[\sigma] = 160$ МПа;

в) определить коэффициенты запаса прочности стержней при найденной допускаемой нагрузке;

г) вычислить допускаемую нагрузку по несущей способности, если предел текучести материала стержней $\sigma_T = 240$ МПа и коэффициент запаса $k = 1,5$;

д) сравнить найденные значения допускаемой нагрузки.

Числовые данные для ступенчатого стержня взять из табл. 1.1, для стержневой системы – из табл. 1.2.

Таблица 1.1

Первая цифра шифра	a , м	A , см ²	Вторая цифра шифра	b , м	F_1 , кН	Третья цифра шифра (№ схемы)	c , м	F_2 , кН
1	1,2	11	1	1,1	0,5	1	2,1	2,1
2	1,4	12	2	1,2	0,6	2	2,2	2,2
3	1,6	13	3	1,3	0,7	3	2,3	2,3
4	1,8	14	4	1,4	0,8	4	2,4	2,4
5	2,0	15	5	1,5	1,0	5	2,5	2,5
6	2,2	16	6	1,6	1,2	6	2,6	2,6
7	2,4	17	7	1,7	1,4	7	2,7	2,7
8	2,6	18	8	1,8	1,6	8	2,8	2,8
9	2,8	19	9	1,9	1,8	9	2,9	2,9
0	3,0	20	0	2,0	2,0	0	3,0	3,0

Таблица 1.2

Первая цифра шифра	F , кН	q , кН/м	a , м	l_1 , м	Вторая цифра шифра	A_1 , см ²	b , м	l_2 , м	Третья цифра шифра (№ схемы)	A_2 , см ²	α_1 , градус	α_2 , градус
1	20	–	1,0	2,1	1	6	1,1	1,2	1	6	30	60
2	–	10	1,2	2,2	2	7	1,2	1,4	2	7	90	90
3	30	–	1,4	2,3	3	8	1,3	1,6	3	10	80	50
4	–	15	1,6	2,4	4	9	1,4	1,8	4	12	50	80
5	40	–	1,8	2,5	5	10	1,5	2,0	5	14	90	90
6	–	20	2,0	2,6	6	11	1,6	2,2	6	16	60	80
7	50	–	2,2	2,7	7	12	1,7	2,4	7	17	75	60
8	–	25	2,4	2,8	8	13	1,8	2,6	8	18	45	45
9	60	–	2,6	2,9	9	14	1,9	2,8	9	19	70	40
0	–	30	2,8	3,0	0	15	2,0	3,0	0	20	40	70

Примечание. Нагруженный элемент стержневой системы, поддерживаемый стержнями 1 и 2, считать абсолютно жестким.

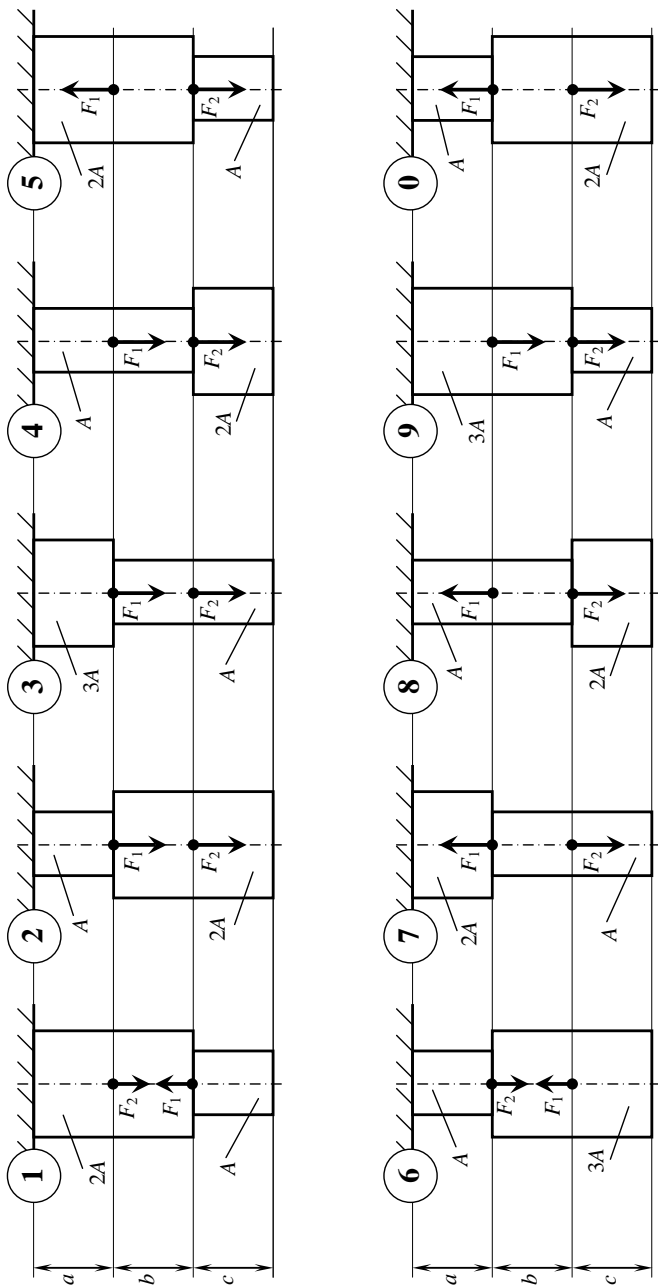


Рис. 1.1

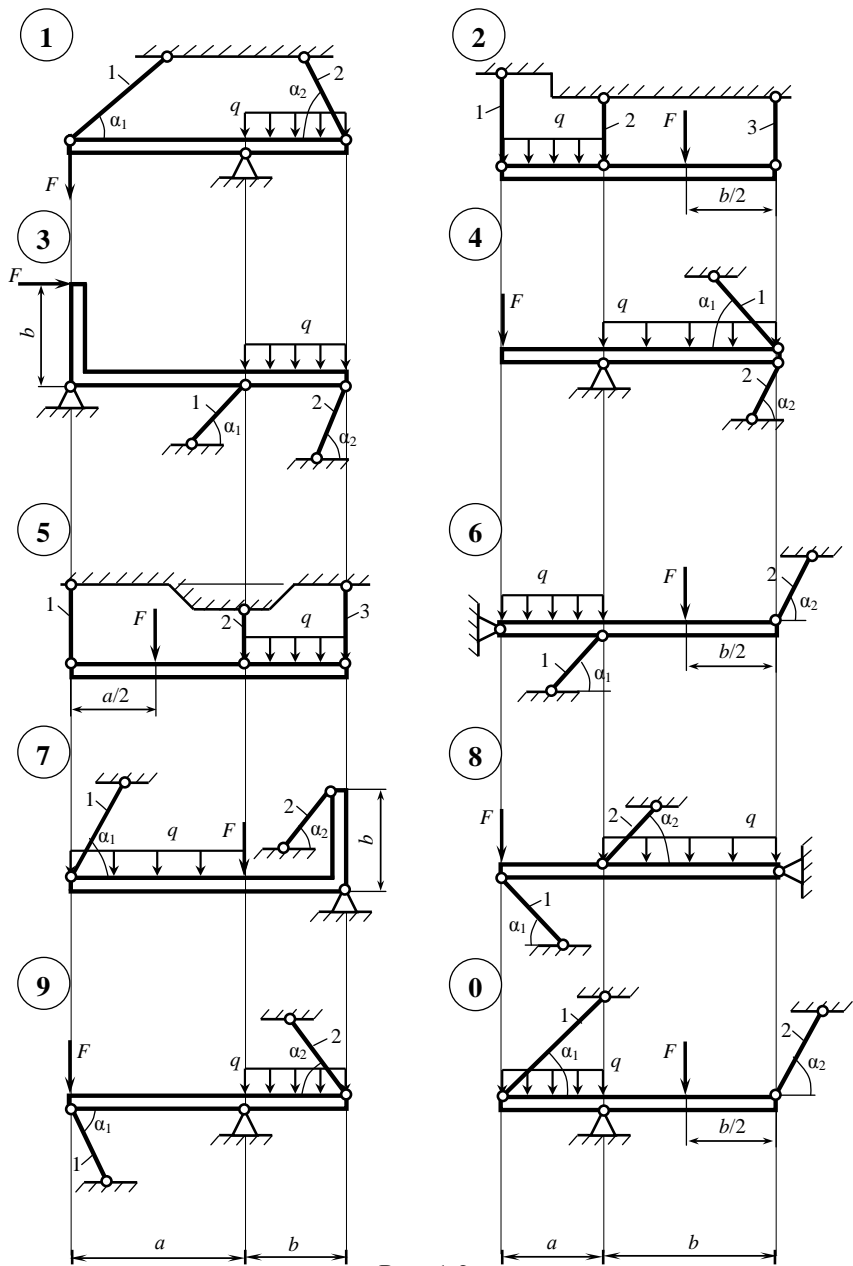


Рис. 1.2

Задача 2

Бесконечно малый элемент, выделенный в опасной точке нагруженного тела, находится в плоском напряженном состоянии (рис. 2).

Требуется:

1) определить аналитически и графически (при помощи круговой диаграммы Мора) главные напряжения и направление главных площадок;

2) вычислить максимальные касательные напряжения;

3) показать на чертеже элемента и на круговой диаграмме Мора главные площадки и направление главных напряжений, а также положение площадок с максимальными касательными напряжениями;

4) определить относительные деформации ε_x , ε_y , ε_z ;

5) определить относительную объемную деформацию;

6) найти удельную потенциальную энергию деформации;

7) проверить прочность материала в рассматриваемой точке по одной из теорий прочности.

Числовые данные взять из табл. 2.

Таблица 2

Первая цифра шифра	σ_x , МПа	τ_{xy} , МПа	Вторая цифра шифра	σ_y , МПа	Третья цифра шифра (№ схемы)	Теория прочности	$[\sigma_p]$, МПа	$[\sigma_c]$, МПа	E , МПа	μ
1	10	10	1	10	1	III	160	160	$2,0 \cdot 10^5$	0,26
2	20	20	2	20	2	M	40	120	$1,0 \cdot 10^5$	0,23
3	30	30	3	30	3	IV	150	150	$2,1 \cdot 10^5$	0,28
4	40	40	4	40	4	M	35	100	$1,1 \cdot 10^5$	0,24
5	50	50	5	50	5	III	140	140	$2,0 \cdot 10^5$	0,33
6	60	60	6	60	6	IV	150	150	$2,1 \cdot 10^5$	0,32
7	70	50	7	70	7	M	30	120	$1,15 \cdot 10^5$	0,25
8	80	40	8	80	8	III	160	160	$2,0 \cdot 10^5$	0,30
9	90	30	9	90	9	M	25	100	$1,20 \cdot 10^5$	0,26
0	100	20	0	100	0	IV	180	180	$2,1 \cdot 10^5$	0,28

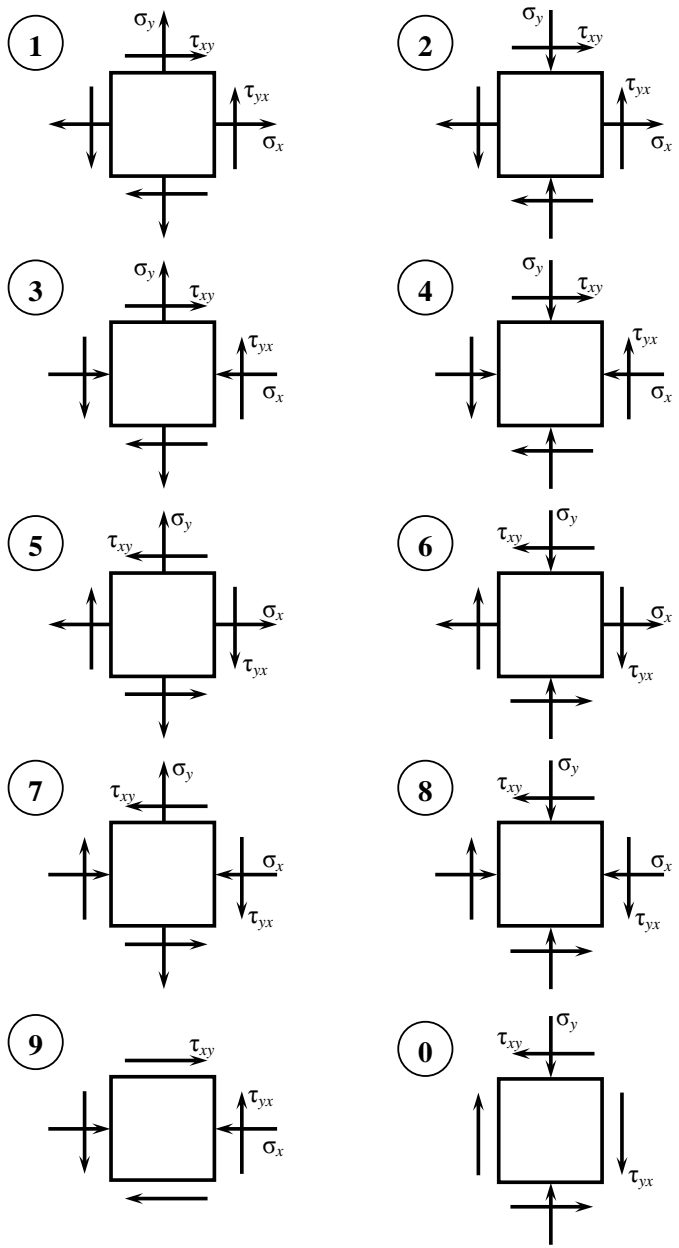


Рис. 2

Задача 3

Поперечное сечение состоит из прокатных профилей и листа размером $b \times h$ (рис. 3).

Требуется:

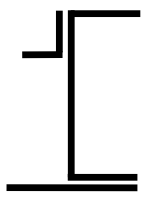
- 1) определить положение центра тяжести сечения;
- 2) найти направление главных центральных осей;
- 3) вычислить моменты инерции и моменты сопротивления относительно этих осей;
- 4) определить значения главных центральных радиусов инерции;
- 5) вычертить сечение в удобном масштабе и указать на нем все оси и все размеры.

Числовые данные взять из табл. 3.

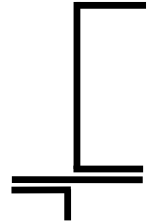
Таблица 3

Первая цифра шифра	Двутавр	b , мм	Вторая цифра шифра	Швеллер	h , мм	Третья цифра шифра (№ схемы)	Уголок равнополочный	Уголок неравнополочный
1	10	10	1	10	100	1	80×80×8	–
2	12	12	2	12	120	2	–	80×50×6
3	14	14	3	14	140	3	–	90×56×8
4	16	16	4	16	160	4	–	–
5	18	18	5	18	180	5	90×90×9	–
6	20	20	6	20	200	6	100×100×10	–
7	22	18	7	22	220	7	125×125×10	–
8	24	16	8	24	240	8	–	100×63×10
9	27	14	9	27	260	9	–	110×70×8
0	30	13	0	30	280	0	–	125×80×10

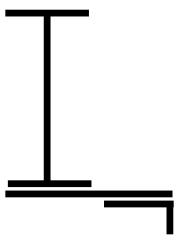
1



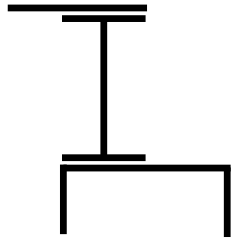
2



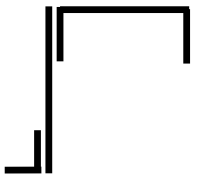
3



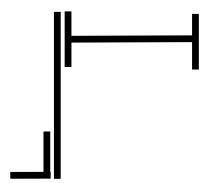
4



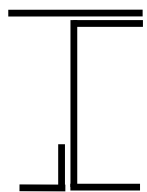
5



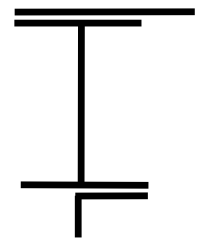
6



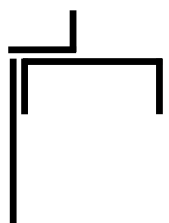
7



8



9



0

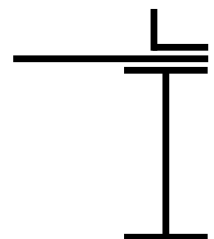


Рис. 3











Задача 4

Для заданной схемы балки (рис. 4.1) и рамы (рис. 4.2) требуется:

- 1) построить эпюры внутренних силовых факторов;
- 2) подобрать необходимые размеры поперечного сечения заданной формы при $[\sigma] = 160$ МПа (для балок);
- 3) вычислить наибольшие касательные напряжения (для балок);
- 4) построить эпюру прогибов, приняв $E = 2 \cdot 10^5$ МПа (для балок);
- 5) проверить правильность построения эпюр путем вырезания узлов с последующей проверкой выполнения всех трех уравнений равновесия каждого узла (для рам).

Числовые данные взять из табл. 4.

Таблица 4

Первая цифра шифра	a , м	F , кН	Вторая цифра шифра	b , м	m , кН·м	q , кН/м	Третья цифра шифра (№ схемы)	c , м	Форма сечения	Отношение высоты к ширине h/b
1	1	10	1	3	40	2	1	1		–
2	2	20	2	2	30	4	2	2		2
3	3	30	3	1	20	6	3	1		–
4	2	40	4	2	10	8	4	2		1
5	1	30	5	3	20	10	5	1		–
6	2	20	6	2	30	12	6	2		–
7	3	10	7	1	40	14	7	3		2,5
8	2	20	8	2	30	16	8	1		–
9	1	30	9	3	20	18	9	2		1
0	2	40	0	2	10	20	0	1		–

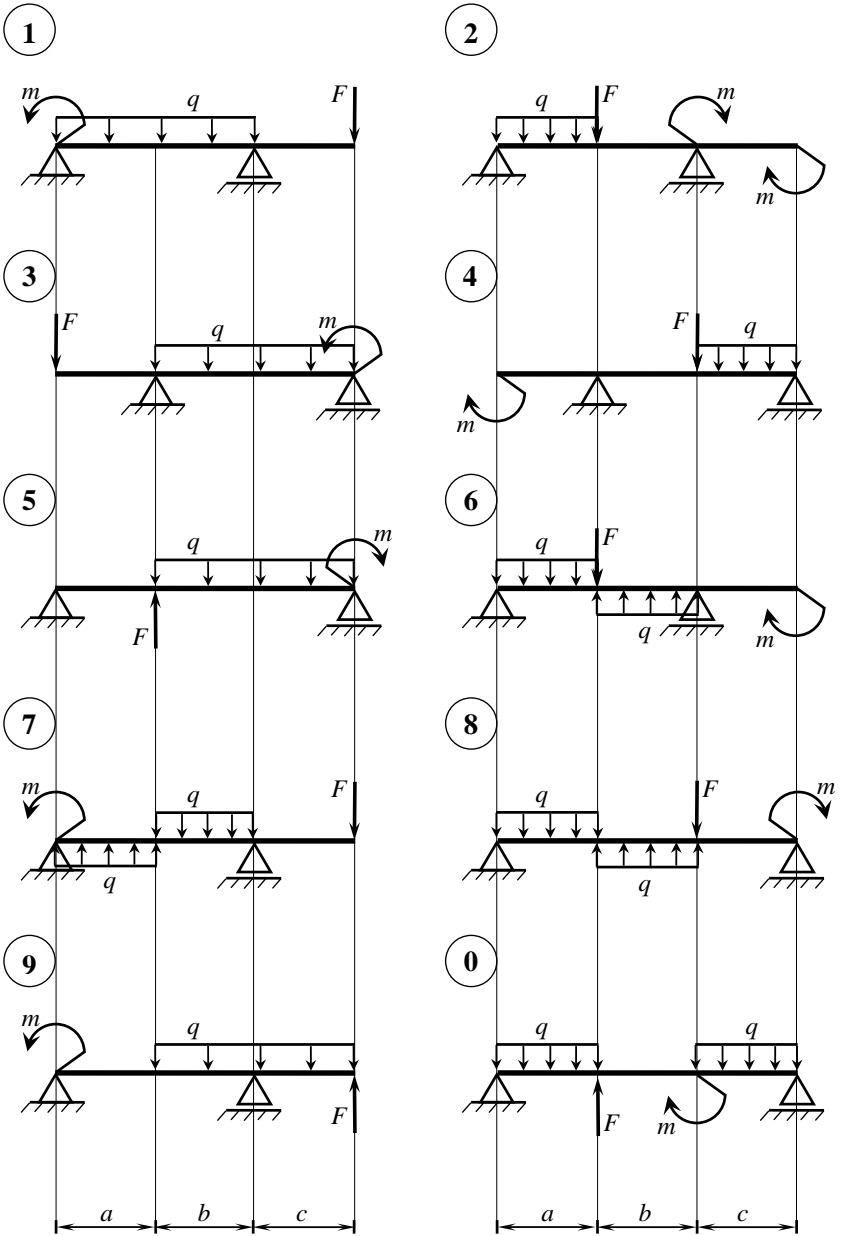


Рис. 4.1

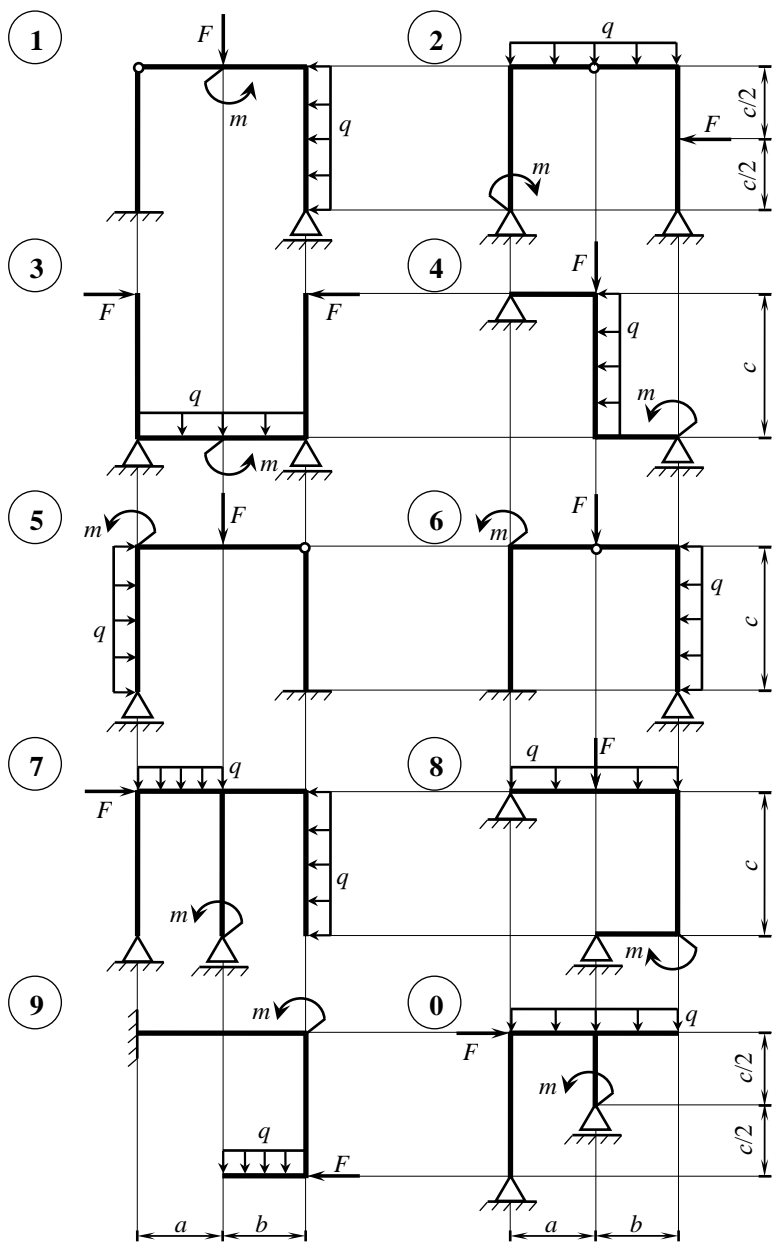


Рис. 4.2

Задача 5

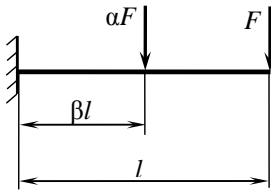
Для двух заданных схем нагружения балок (рис. 5, а и 5, б), имеющих форму и размеры поперечных сечений, указанных на рис. 5, в, требуется:

- 1) определить величину наибольших растягивающих и сжимающих напряжений в опасном сечении балки;
 - 2) построить эпюру нормальных напряжений по высоте сечения;
 - 3) определить величину допускаемой нагрузки на балку;
 - 4) определить допускаемую нагрузку при повороте поперечного сечения на 180° ;
 - 5) сравнить найденные значения допускаемой нагрузки.
- Числовые данные взять из табл. 5.

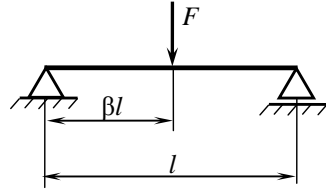
Таблица 5

Первая цифра шифра	Схема балки (рис. 5)	F , кН	l , м	Вторая цифра шифра	α	β	$[\sigma_c]$, МПа	Третья цифра шифра	Тип поперечного сечения по рис. 5, в	t , см	b , см	$[\sigma_p]$, МПа
1	а	10	2,0	1	0,7	0,25	80	1	1	4,0	24	30
2	б	20	3,0	2	0,8	0,30	90	2	2	3,0	22	32
3	а	15	1,8	3	0,9	0,35	100	3	3	3,6	20	34
4	б	30	2,8	4	1,0	0,40	110	4	4	3,0	18	36
5	а	20	1,6	5	1,1	0,45	120	5	1	3,2	26	38
6	б	40	2,6	6	1,2	0,50	130	6	2	3,0	24	40
7	а	25	1,4	7	1,1	0,55	140	7	3	3,2	22	42
8	б	50	2,4	8	1,0	0,60	130	8	4	3,4	20	44
9	а	30	1,2	9	0,9	0,65	120	9	1	3,6	28	46
0	б	60	2,2	0	0,8	0,70	110	0	2	3,8	22	48

a

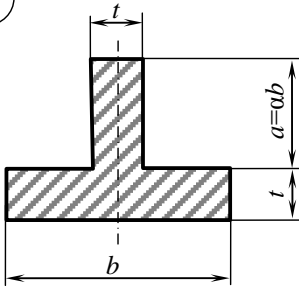


б

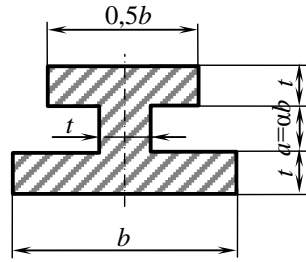


в

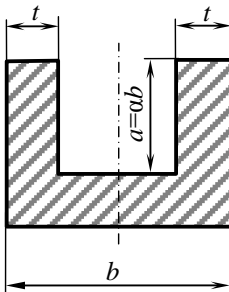
1



2



3



4

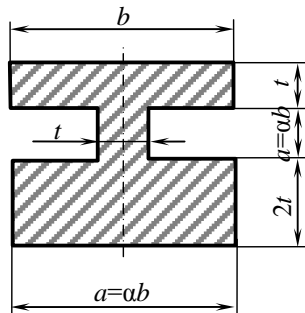


Рис. 5

Задача 6

К стальному валу приложены три известных момента M_1 , M_2 , M_3 и один неизвестный X (рис. 6).

Требуется:

- 1) определить значение момента X , при котором угол поворота концевого (не защемленного) сечения вала равен нулю;
 - 2) построить эпюру крутящих моментов при найденном значении X ;
 - 3) определить диаметр вала из условия прочности и жесткости, приняв $G = 8 \cdot 10^4$ МПа;
 - 4) вычислить максимальные касательные напряжения на всех участках вала и построить эпюру τ_{\max} ;
 - 5) построить эпюру углов закручивания поперечных сечений вала;
 - 6) найти наибольший относительный угол закручивания.
- Числовые данные взять из табл. 6.

Таблица 6

Первая цифра шифра	a , м	M_1 , кН·м	$[\tau]$, МПа	Вторая цифра шифра	b , м	M_2 , кН·м	$[\theta]$, градус/м	Третья цифра шифра (№ схемы)	c , м	M_3 , кН·м
1	1,1	1	50	1	2,0	2	1,0	1	0,5	1,5
2	1,2	2	60	2	1,9	4	1,2	2	0,6	3,0
3	1,3	3	65	3	1,8	6	1,4	3	0,7	4,5
4	1,4	4	70	4	1,7	8	1,6	4	0,8	6,0
5	1,5	5	75	5	1,6	10	1,8	5	0,9	7,5
6	1,6	6	80	6	1,5	12	2,0	6	1,0	9,0
7	1,7	7	85	7	1,4	14	2,2	7	1,1	10,5
8	1,8	8	90	8	1,3	16	2,4	8	1,2	12,0
9	1,9	9	95	9	1,2	18	2,6	9	1,3	13,5
0	2,0	10	100	0	1,0	20	2,8	0	1,4	15,0

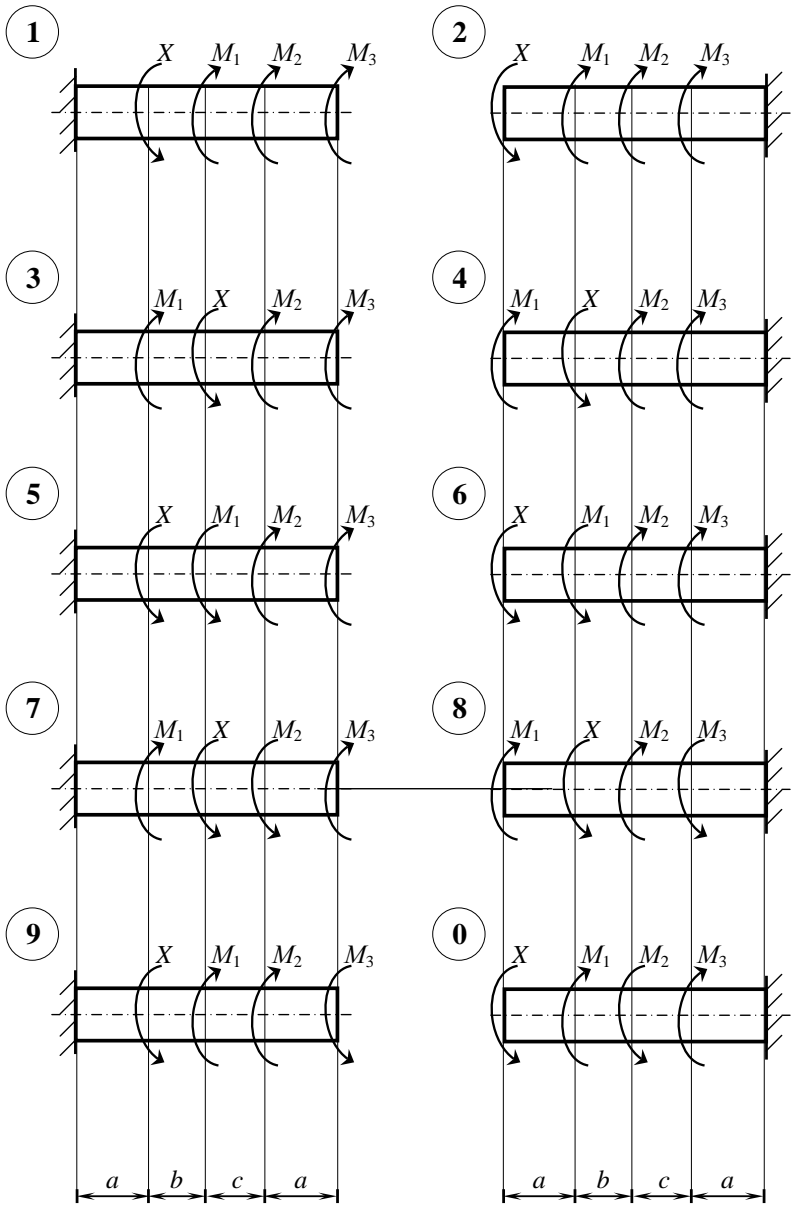


Рис. 6

Задача 7

Короткий стержень заданного поперечного сечения сжимается продольной силой F , приложенной в точке, показанной на схеме сечения (рис. 7).

Требуется:

1) найти положение нейтральной оси в поперечном сечении стержня;

2) вычислить наибольшие растягивающие и наибольшие сжимающие напряжения и построить эпюру напряжений;

3) найти допускаемую нагрузку при заданных размерах сечения;

4) построить ядро сечения.

Числовые данные взять из табл. 7.

Таблица 7

Первая цифра шифра	b , см	F , кН	Вторая цифра шифра	$[\sigma_c]$, МПа	Точка приложения силы	Третья цифра шифра (№ схемы)	h , см	$[\sigma_p]$, МПа
1	4	100	1	90	1	1	3	22
2	5	120	2	100	2	2	4	24
3	6	140	3	110	1	3	5	26
4	7	160	4	120	2	4	6	28
5	6	180	5	130	1	5	7	30
6	7	200	6	140	2	6	8	32
7	8	220	7	130	1	7	7	34
8	9	240	8	120	2	8	6	36
9	10	260	9	110	1	9	5	38
0	12	280	0	100	2	0	4	40

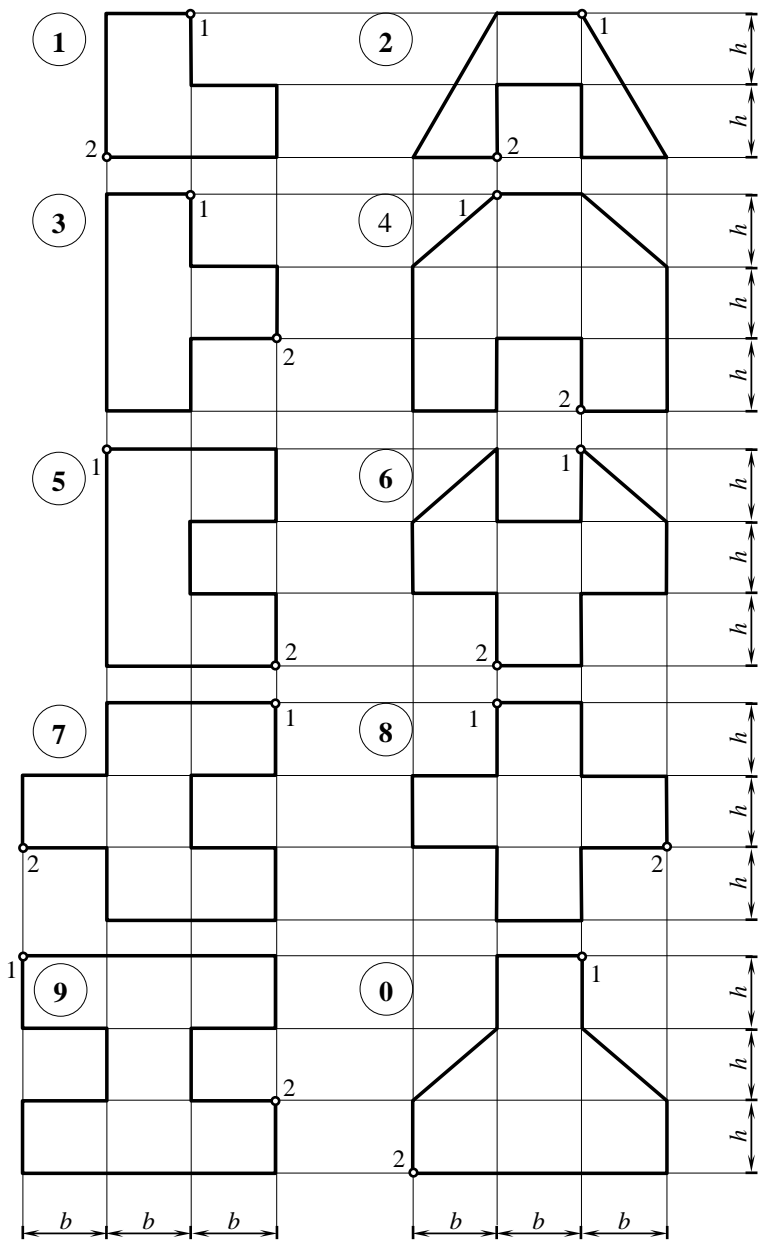


Рис. 7

Задача 8

Для заданной пространственной системы стержней одинаковой длины l (рис. 8) требуется:

1) построить в аксонометрии эпюры внутренних силовых факторов в общем виде (Q , N , M_n , M_k);

2) для каждого стержня:

а) установить вид сопротивления;

б) изобразить опасные сечения в рабочем положении (в аксонометрии) и показать внутренние усилия (в общем виде);

в) вычислить величину внутренних усилий и геометрические характеристики сечений;

г) найти положение нейтральной оси в опасных сечениях и построить эпюры нормальных и касательных напряжений в этих сечениях;

д) проверить прочность всех стержней и (при необходимости) подобрать размеры сечения стержней, обеспечивающих их прочность, приняв $[\sigma] = 160$ МПа, $[\tau] = 100$ МПа.

Числовые данные взять из табл. 8.

Таблица 8

Первая цифра шифра	F , кН	l , м	Вторая цифра шифра	q , кН/м	h , мм	Третья цифра шифра (№ схемы)	h/b
1	$0,5 \cdot ql$	0,1	1	2	10	1	1,5
2	$1,0 \cdot ql$	0,2	2	4	12	2	2,0
3	$1,5 \cdot ql$	0,3	3	6	14	3	3,0
4	$2,0 \cdot ql$	0,4	4	8	16	4	4,0
5	$2,5 \cdot ql$	0,5	5	10	18	5	2,0
6	$3,0 \cdot ql$	0,6	6	8	20	6	1,0
7	$2,5 \cdot ql$	0,7	7	6	22	7	3,0
8	$2,0 \cdot ql$	0,8	8	4	24	8	1,5
9	$1,5 \cdot ql$	0,9	9	2	26	9	2,0
0	$1,0 \cdot ql$	1,0	0	1	28	0	3,0

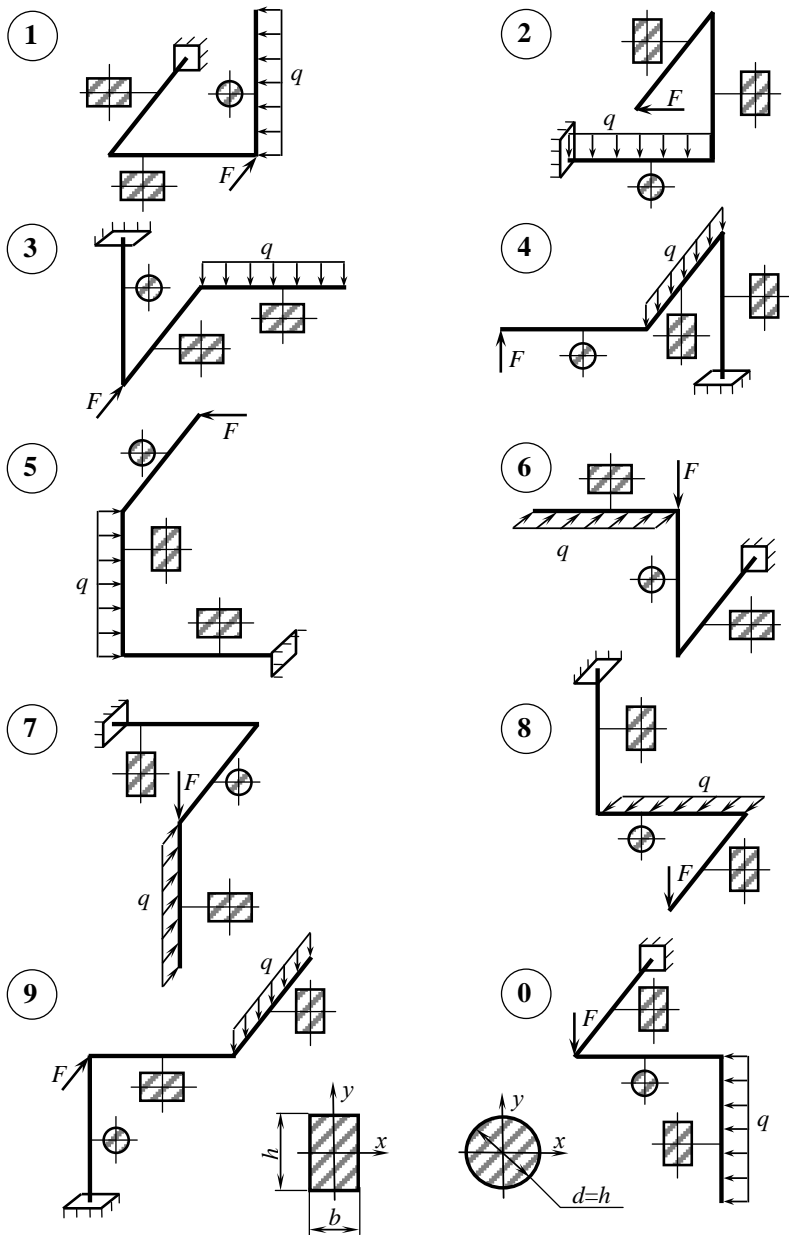


Рис. 8

Задача 9

Стальной вал диаметром d (рис. 9), вращающийся со скоростью n , от электродвигателя через шкив 1 ременной передачи принимает мощность P , которая затем передается зубчатыми шестернями 2 и 3 в заданном отношении.

Требуется:

- 1) определить моменты, приложенные к шкиву и шестерням;
- 2) построить эпюру крутящих моментов;
- 3) определить силы, действующие на шкив и шестерни при $T_1 = 2t_1$, считая радиальные усилия на шестернях $F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha$, где F_t – окружное усилие, а $\alpha = 20^\circ$ – угол зацепления;
- 4) определить нагрузки, действующие на вал;
- 5) определить силы, изгибающие вал в вертикальной и горизонтальной плоскостях;
- 6) построить эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях;
- 7) построить суммарную эпюру изгибающих моментов;
- 8) найти опасное сечение вала и вычислить для него величину эквивалентного момента (по III теории прочности);
- 9) определить диаметр вала, приняв $[\sigma] = 80$ МПа.

Числовые данные взять из табл. 9.

Таблица 9

Первая цифра шифра	P_1 , кВт	D_1 , мм	a , м	Вторая цифра шифра	n , об/мин	D_2 , мм	b , м	Третья цифра шифра (№ схемы)	P_2/P_3	D_3 , мм	c , м
1	10	400	0,1	1	500	100	0,1	1	0,5	150	0,1
2	20	450	0,2	2	600	150	0,2	2	1,0	200	0,2
3	30	500	0,3	3	650	200	0,3	3	1,5	250	0,3
4	40	550	0,4	4	700	250	0,4	4	2,0	300	0,4
5	50	600	0,5	5	750	300	0,5	5	2,5	350	0,5
6	60	650	0,6	6	800	350	0,6	6	3,0	300	0,6
7	50	700	0,7	7	850	300	0,7	7	2,5	250	0,7
8	40	600	0,8	8	900	250	0,8	8	2,0	200	0,8
9	30	500	0,9	9	950	200	0,9	9	1,5	150	0,9
0	20	400	1,0	0	1000	150	1,0	0	1,0	100	1,0

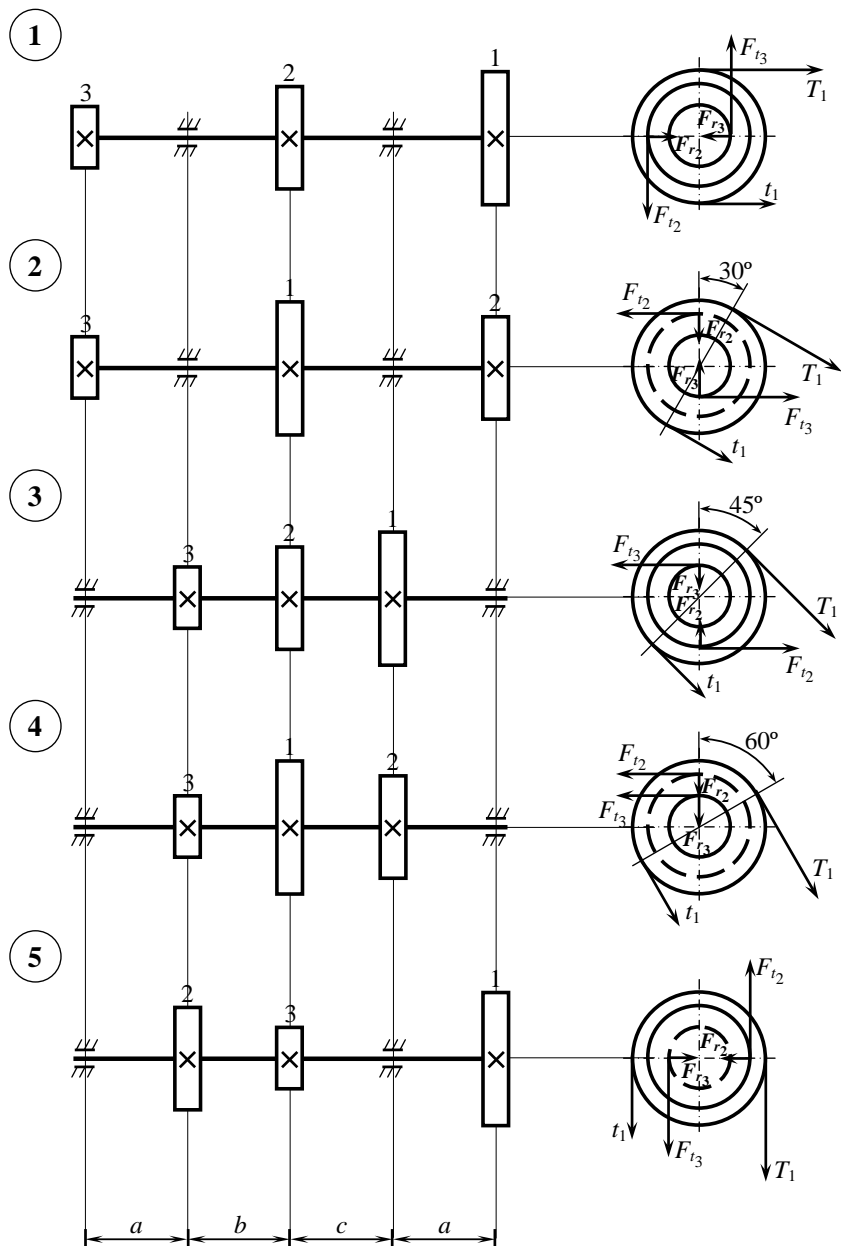


Рис. 9

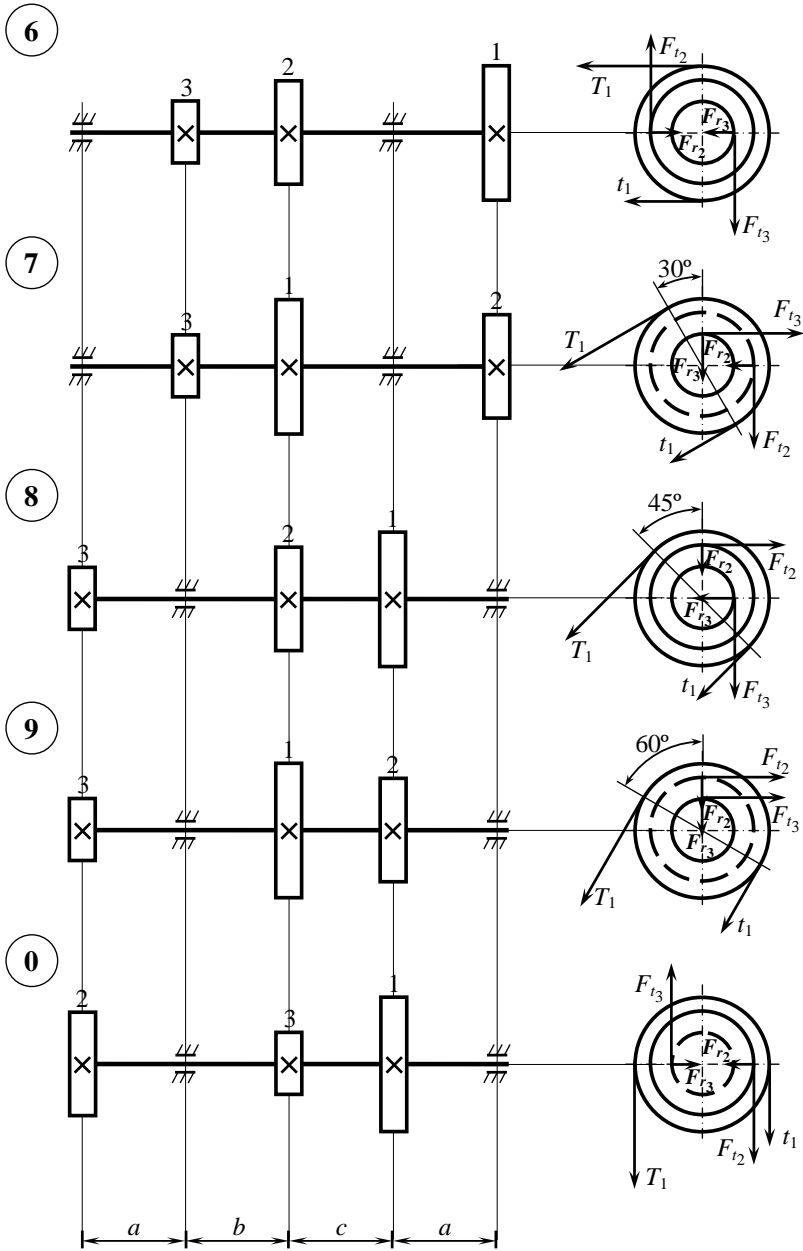


Рис. 9 (окончание)

Задача 10

Статически неопределимая рама находится под действием заданных внешних сил (рис. 10).

Требуется:

- 1) установить степень статической неопределимости рамы и выбрать основную систему;
- 2) составить канонические уравнения метода сил;
- 3) построить эпюры изгибающих моментов от единичных сил и заданной нагрузки;
- 4) найти величины лишних неизвестных;
- 5) построить окончательные эпюры внутренних силовых факторов;
- б) проверить правильность построения эпюр:
 - а) статическая проверка – путем вырезания узлов рамы и проверки выполнения всех трех уравнений равновесия узла;
 - б) кинематическая (деформационная) проверка – путем умножения по правилу Верещагина окончательной эпюры M на каждую единичную эпюру.

Числовые данные взять из табл. 10.

Таблица 10

Первая цифра шифра	l , м	J_1/J_2	Вторая цифра шифра	h , м	q , кН/м	Третья цифра шифра (№ схемы)	m , кН·м	F , кН
1	2	1,0	1	2	12	1	–	30
2	3	0,75	2	3	10	2	10	–
3	4	0,5	3	4	8	3	20	–
4	5	0,75	4	5	6	4	30	20
5	6	1,0	5	4	4	5	–	10
6	5	1,5	6	3	6	6	30	30
7	4	2,0	7	2	8	7	20	20
8	3	1,0	8	3	10	8	10	10
9	2	0,75	9	4	12	9	–	–
0	3	0,5	0	6	4	0	–	–

П р и м е ч а н и е. Горизонтальные стержни рамы имеют моменты инерции J_1 , а вертикальные стержни – J_2 .

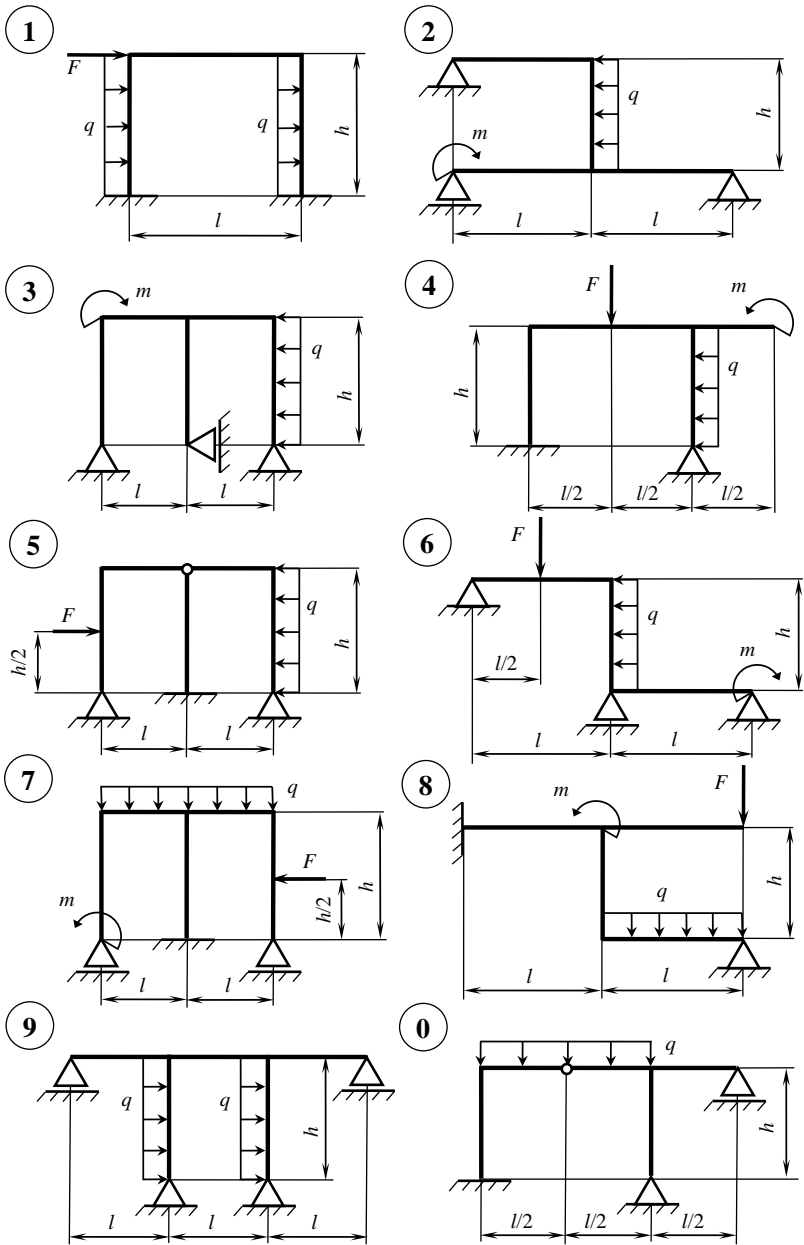


Рис. 10

Задача 11

Неразрезная балка находится под действием заданных внешних сил (рис. 11).

Требуется:

- 1) установить степень статической неопределимости балки и выбрать основную систему;
- 2) составить канонические уравнения метода сил;
- 3) построить эпюры изгибающих моментов от единичных силовых факторов и заданной нагрузки;
- 4) найти величины опорных моментов;
- 5) построить окончательные эпюры Q и M ;
- 6) проверить правильность построения эпюр (по правилу Верещагина или методу начальных параметров);
- 7) подобрать двутавровое сечение балки;
- 8) определить перемещение посередине каждого пролета и на конце консоли и показать изогнутую ось балки.

Числовые данные взять из табл. 11.

Таблица 11

Первая цифра шифра	F , кН	q , кН/м	m , кН·м	Вторая цифра шифра	Индекс нагрузки F	Индекс нагрузки q	Индекс нагрузки m	Третья цифра шифра (№ схемы)	a_1 , м	a_2 , м
1	20	5	10	1	1	3	1	1	1,2	1,0
2	24	10	20	2	2	2	1	2	1,4	1,2
3	26	15	30	3	3	1	1	3	1,6	1,4
4	28	20	40	4	1	1	2	4	1,8	1,6
5	30	15	30	5	2	2	2	5	2,0	1,8
6	32	10	20	6	3	3	2	6	1,8	2,0
7	34	5	10	7	1	3	3	7	1,6	1,8
8	36	10	20	8	2	2	3	8	1,4	1,6
9	38	15	30	9	3	1	3	9	1,2	1,4
0	40	20	40	0	1	2	3	0	1,0	1,2

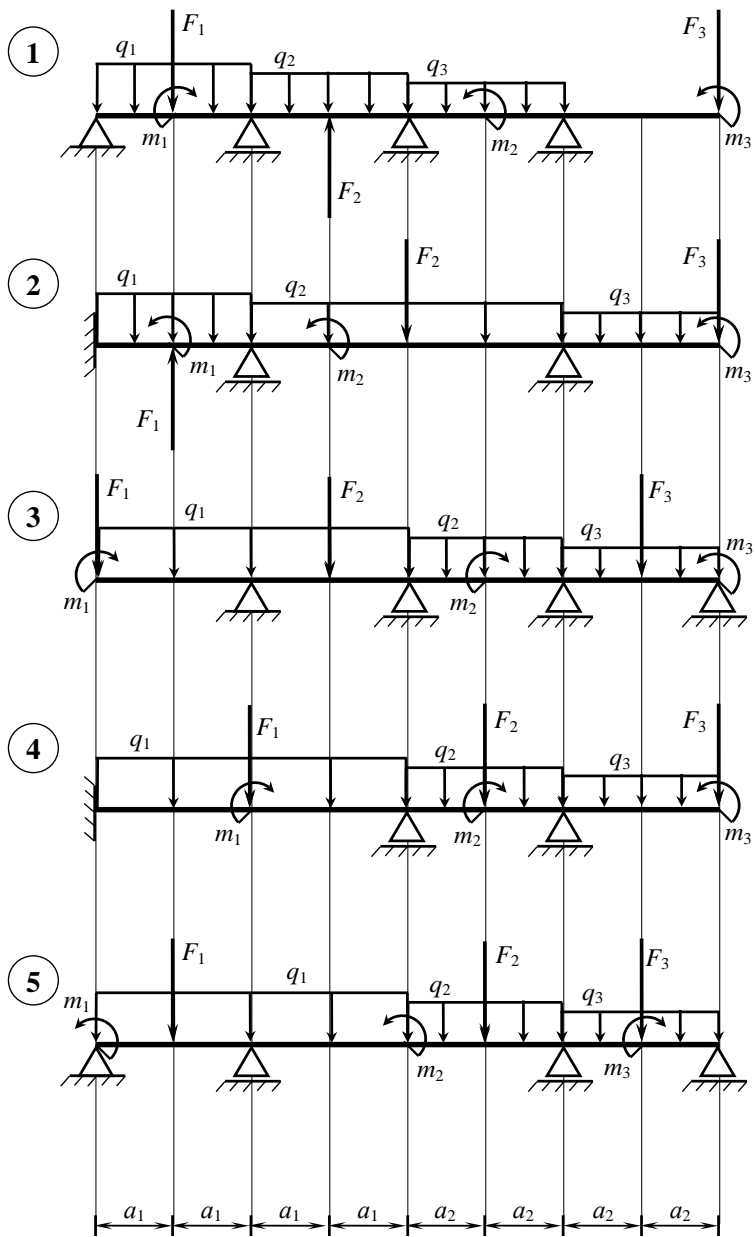


Рис. 11

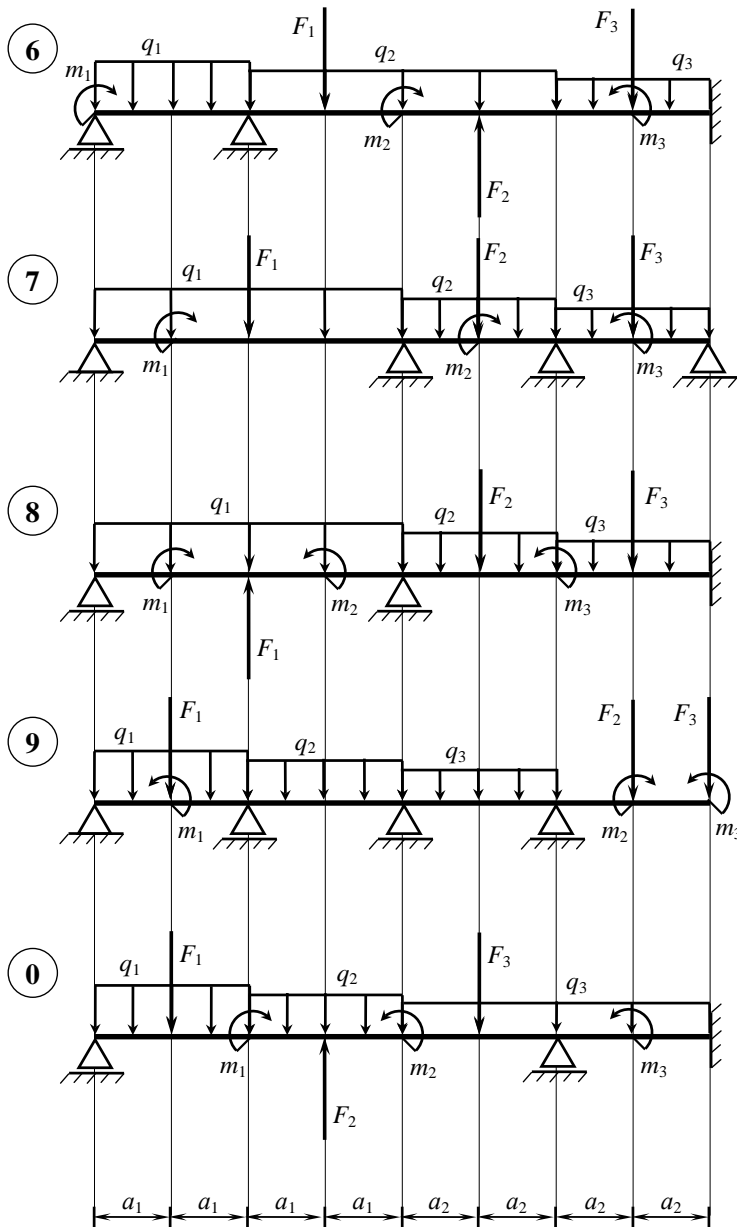


Рис. 11 (окончание)

Задача 12

Стойка длиной l (рис. 12.1) заданного поперечного сечения (рис. 12.2), выполненная из стали Ст3, сжимается осевой силой F .

Требуется:

- 1) найти размеры поперечного сечения стойки из условия устойчивости методом последовательных приближений;
- 2) определить величину критической силы;
- 3) вычислить коэффициент запаса устойчивости.

Числовые данные взять из табл. 12.

Таблица 12

Первая цифра шифра	№ схемы (рис. 12.1)	F , кН	Вторая цифра шифра	l , м	Третья цифра шифра	Форма сечения по рис. 12.2	$[\sigma]$, МПа
1	1	300	1	3,0	1	0	180
2	2	350	2	3,2	2	9	160
3	3	400	3	3,4	3	8	150
4	4	450	4	3,6	4	7	140
5	5	500	5	3,8	5	6	160
6	1	550	6	4,0	6	5	120
7	2	600	7	4,2	7	4	160
8	3	650	8	4,4	8	3	150
9	4	700	9	4,6	9	2	140
0	5	800	0	4,8	0	1	100

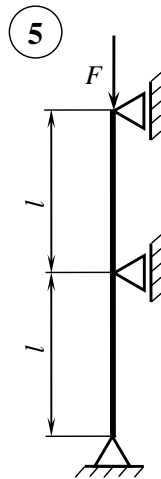
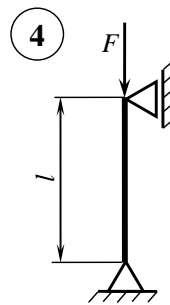
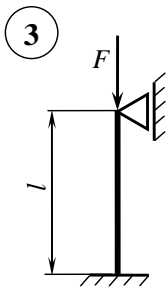
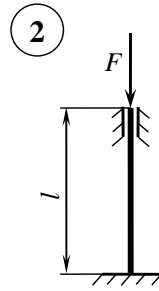
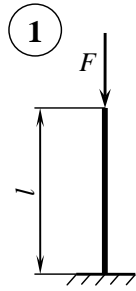


Рис. 12.1

Формы поперечных сечений стоек

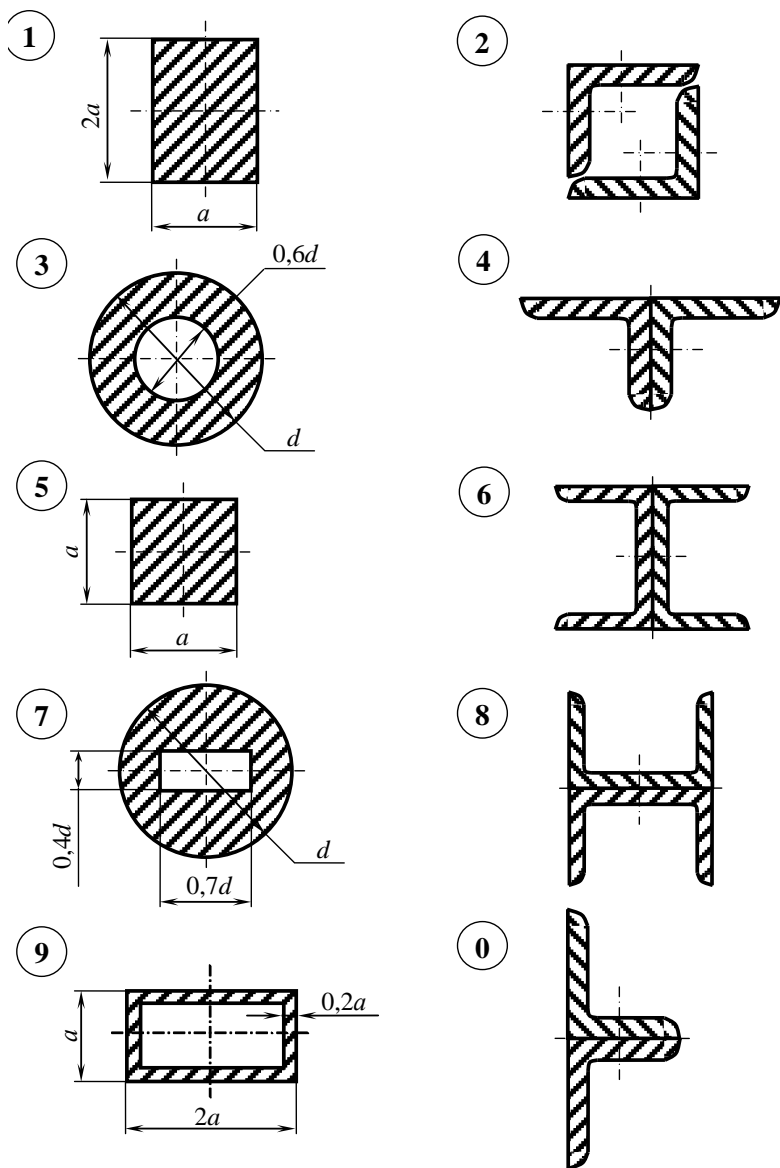


Рис. 12.2

Задача 13

На балке (или раме) установлен электродвигатель весом Q (рис. 13). Частота вращения двигателя n . Центробежная сила инерции, возникающая вследствие неуравновешенности вращающихся частей двигателя, H . Собственный вес конструкции и силы сопротивления не учитывать.

Требуется:

- 1) определить частоту собственных и вынужденных колебаний системы;
- 2) вычислить амплитуду вынужденных колебаний, приняв $E = 2 \cdot 10^5$ МПа;
- 3) найти наибольший прогиб под электродвигателем;
- 4) определить постоянную составляющую напряжений от веса Q и динамическую составляющую (амплитудное напряжение) от силы H в опасном сечении;
- 5) установить вид цикла изменения суммарных напряжений в этом сечении, определить основные параметры цикла (σ_m , σ_a , σ_{\max} , σ_{\min}) и изобразить его графически;
- 6) определить частоту вращения вала электродвигателя, при котором наступает резонанс.

Числовые данные взять из табл. 13.

Таблица 13

Первая цифра шифра	l , м	Q , кН	Вторая цифра шифра	n , об/мин	H , кН	Третья цифра шифра (№ схемы)	№ I	a , см
1	2,1	15	1	300	2,0	1	20	–
2	2,2	14	2	350	2,2	2	18	–
3	2,3	13	3	400	2,4	3	–	8
4	2,4	12	4	450	2,6	4	–	10
5	2,5	11	5	500	2,8	5	16	–
6	2,6	10	6	550	3,0	6	20	–
7	2,7	9	7	600	3,2	7	–	12
8	2,8	8	8	650	3,4	8	–	14
9	2,9	7	9	700	3,6	9	18	–
0	3,0	6	0	750	3,8	0	–	12

Пр и м е ч а н и е. Сечение стержней рам – квадрат со стороной a .

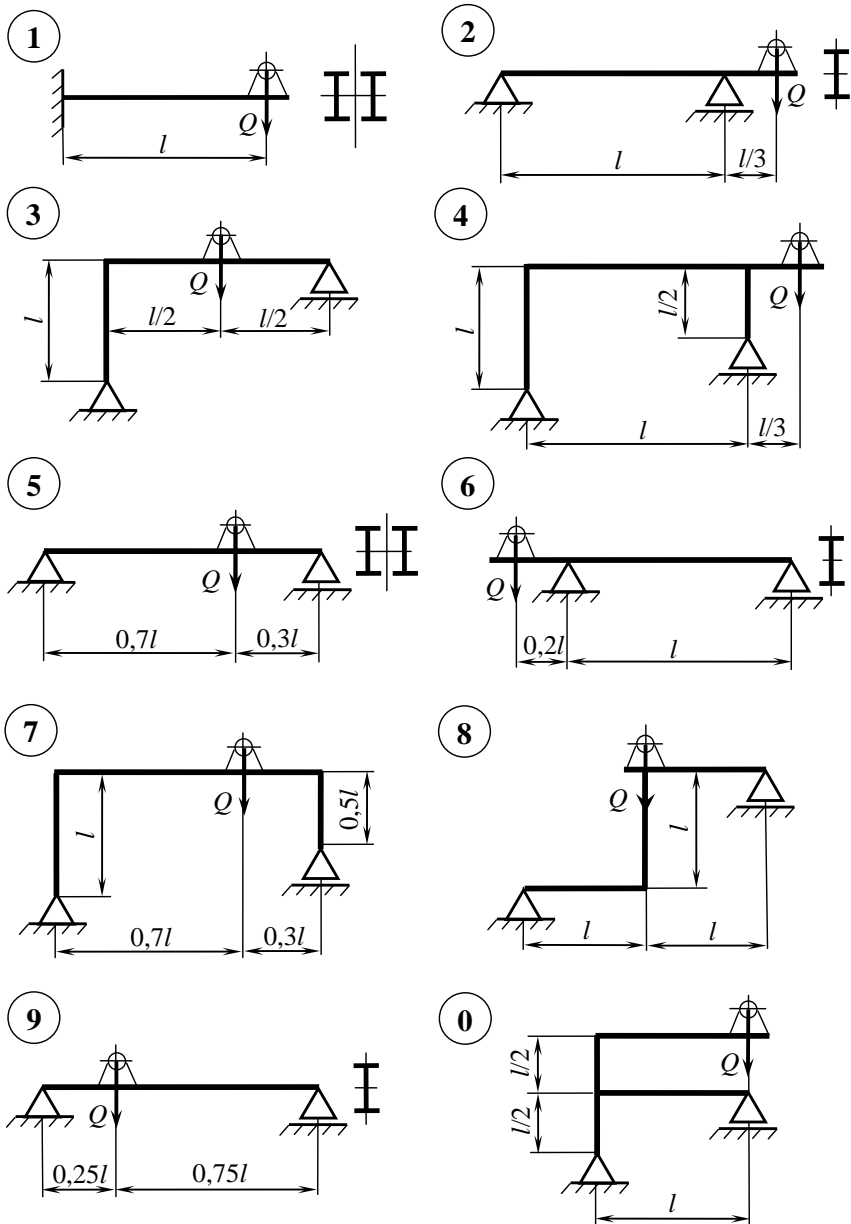


Рис. 13

Задача 14

На упругую систему с высоты h падает груз весом Q (рис. 14). Материал элементов системы – *сталь*. Модуль продольной упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа. Поддерживающие стержни круглого поперечного сечения диаметром d .

Требуется:

1) вычислить максимальные напряжения, возникающие в элементах системы (собственный вес элементов упругой системы не учитывать);

2) определить перемещение точки падения груза, вызванное ударом;

3) проверить прочность элементов системы и (при необходимости) подобрать размеры сечения элементов, обеспечивающие их прочность, приняв $[\sigma] = 160$ МПа.

Числовые данные взять из табл. 14.

Таблица 14

Первая цифра шифра	b , м	№ I	Вторая цифра шифра	c , м	Q , кН	Третья цифра шифра (№ схемы)	h , см	d , мм	a , см
1	1,1	20	1	2,1	2,0	1	4	25	–
2	1,2	22	2	2,2	2,2	2	5	26	–
3	1,3	24	3	2,3	2,4	3	6	27	–
4	1,4	27	4	2,4	2,6	4	7	28	–
5	1,5	30	5	2,5	2,8	5	8	29	–
6	1,6	27	6	2,6	3,0	6	9	30	–
7	1,7	24	7	2,7	2,8	7	10	–	10
8	1,8	22	8	2,8	2,6	8	9	–	12
9	1,9	20	9	2,9	2,4	9	8	–	14
0	2,0	18	0	3,0	2,2	0	6	–	16

Примечание. Сечение стержней рам – квадрат со стороной a .

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов / Н.М. Беляев. – М.: Физматгиз, 1962. – 856 с.
2. Работнов, Ю.Н. Сопротивление материалов / Ю.Н. Работнов. – М.: Физматгиз, 1962. – 456 с.
3. Никифоров, С.Н. Сопротивление материалов / С.Н. Никифоров. – М.: Высшая школа, 1966. – 584 с.
4. Степин, П.А. Сопротивление материалов / П.А. Степин. – М.: Высшая школа, 1968. – 424 с.
5. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев. – М.: Наука, 1967. – 552 с.
6. Дарков, А.В. Сопротивление материалов / А.В. Дарков, Г.С. Шпиро. – М.: Высшая школа, 1975. – 742 с.
7. Биргер, И.А. Сопротивление материалов / И.А. Биргер, Р.Р. Мавлютов. – М.: Наука, 1986. – 560 с.
8. Качурин, В.К. Сборник задач по сопротивлению материалов / В.К. Качурин. – М.: Наука, 1970. – 432 с.
9. Любошиц, М.И. Справочник по сопротивлению материалов / М.И. Любошиц, Г.М. Ицкович. – Минск: Высшая школа, 1965. – 344 с.
10. Писаренко, Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. – Киев: Наукова думка, 1975. – 704 с.
11. Винокуров, Е.Ф. Справочник по сопротивлению материалов / Е.Ф. Винокуров, М.К. Балькин, И.А. Голубев. – Минск: Наука и техника, 1988. – 464 с.
12. Мовнин, М.С. Сопротивление материалов: учебник / М.С. Мовнин, А.Б. Израелит. – Л.: Судостроение, 1971. – 328 с.
13. Дубейковский, Е.Н. Сопротивление материалов: учебное пособие / Е.Н. Дубейковский, Е.С. Саввушкин. – М.: Высшая школа, 1985. – 192 с.
14. Долинский, Ф.В. Краткий курс сопротивления материалов: учебное пособие / Ф.В. Долинский, М.Н. Михайлов. – М.: Высшая школа, 1988. – 432 с.

15. Ицкович, Г.М. Сопротивление материалов: учебник / Г.М. Ицкович. – М.: Высшая школа, 1986. – 352 с.
16. Бородин, Н.А. Сопротивление материалов: учебное пособие / Н.А. Бородин. – М.: Дрофа, 2001. – 288 с.
17. Горшков, А.Г. Сопротивление материалов: учебное пособие / А.Г. Горшков, В.Н. Трошин, В.И. Шалашилин. – М.: Физматлит, 2002. – 544 с.
18. Старовойтов, Э.И. Сопротивление материалов: учебник / Э.И. Старовойтов. – Гомель: БелГУТ, 2004. – 376 с.
19. Рудицын, М.Н. Расчетно-графические работы по сопротивлению материалов / М.Н. Рудицын. – Минск: БГУ, 1957. – 230 с.
20. Винокуров, Е.Ф. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов: учебное пособие / Е.Ф. Винокуров, А.Г. Петрович, Л.И. Шевчук. – Минск: Вышэйшая школа, 1987. – 227 с.
21. Методическое пособие для самостоятельной работы и решения задач по сопротивлению материалов для студентов заочной формы обучения механических специальностей / Г.С. Крылов [и др.]. – Минск: БПИ, 1990. – 72 с.
22. Хмелев, А.А. Сопротивление материалов. Лабораторные работы / А.А. Хмелев, В.А. Сидоров. – Минск: УП «Технопринт», 2002. – 206 с.
23. Траймак, Н.С. Механика материалов: учебное пособие / Н.С. Траймак [и др.]. – Минск: УП «Технопринт», 2002. – 194 с.
24. Василевич, Ю.В. Механика материалов: учебное пособие / Ю.В. Василевич [и др.]. – Минск: БНТУ, 2005. – 155 с.
25. Якубовский, Ч.А. Механика материалов. Практикум: учебное пособие / Ч.А. Якубовский, А.Ч. Якубовский. – Минск: БНТУ, 2006. – 168 с.
26. Реут, Л.Е. Теория напряженного и деформированного состояния с примерами и задачами: учебно-методическое пособие по разделу курса «Механика материалов» / Л.Е. Реут. – Минск: БНТУ, 2008. – 107 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.	3
Темы основных разделов курса.	4
Методические указания.	8
Контрольные задания.	11
Задача 1.	11
Задача 2.	15
Задача 3.	17
Задача 4.	19
Задача 5.	22
Задача 6.	24
Задача 7.	26
Задача 8.	28
Задача 9.	30
Задача 10.	33
Задача 11.	35
Задача 12.	38
Задача 13.	41
Задача 14.	43
Рекомендуемая литература.	45

Учебное издание

МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

Методические указания и задания
к контрольным работам
для студентов технических специальностей
заочной формы обучения

С о с т а в и т е л и:
ЯКУБОВСКИЙ Чеслав Андреевич
ЯКУБОВСКИЙ Андрей Чеславович

Редактор Т.А. Подолякова
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

Подписано в печать 29.10.2009.
Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,18. Тираж 150. Заказ 786.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ 02330/0494349 от 16.03.2009.
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.