



СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ
ПРОГРАММА И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

Таллин
1970

ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра строительной механики

Оллик, К.

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ
ПРОГРАММА И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

Таллин
1970

Составили К.Оллик, У.Раукас, Р.Ээк
под общей редакцией У.Раукаса

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

260149

Одобрено на заседании
кафедры 29 января 1970 г.

Сдано в печать 4 июня 1970 г.
Бумага 60x84/16. Печ.л.6,5. Усл.печ.л.6,05
Тираж 1000. Зак.№268 Ротапринт ТПИ
Таллин, Коскла 2/9
Бесплатно

ПРОГРАММА
курса сопротивления материалов

I. Основные понятия

1. Цель, содержание и история развития науки о сопротивлении материалов.
2. Конструкции и их элементы. Расчетная схема.
3. Внешние силы.
4. Внутренние силовые факторы и их определение методом сечений.
5. Напряжения. Допускаемое напряжение и условие прочности.
6. Деформации и перемещения.
7. Основные гипотезы в сопротивлении материалов.

II. Растяжение и сжатие

8. Продольные силы и их эпюры.
9. Напряжения в поперечных сечениях. Расчеты на прочность.
10. Деформация стержня.
11. Учет влияния собственного веса стержня при расчете на прочность и при определении деформации.
12. Работа внешних сил и потенциальная энергия деформации.
13. Концентрация напряжений.

- 14. Статически неопределимые системы.
- 15. Температурные и монтажные напряжения.

Ш. Механические свойства материалов и их определение

- 16. Испытательные машины.
- 17. Приборы для определения деформаций.
- 18. Диаграмма растяжения.
- 19. Испытание на сжатие.
- 20. Пластичность и хрупкость материалов.
- 21. Влияние температуры на механические свойства материалов.
- 22. Влияние времени на деформацию.

1У. Теория напряженного состояния

- 23. Напряжения, их обозначения и знаки.
- 24. Напряжения в наклонном сечении растянутого (сжатого) стержня.
- 25. Закон парности касательных напряжений.
- 26. Главные напряжения. Виды напряженных состояний.
- 27. Плоское напряженное состояние: напряжения в наклонной площадке, главные напряжения и главные площадки.
- 28. Круг Мора.
- 29. Понятие о пространственном напряженном состоянии.
- 30. Обобщенный закон Гука.
- 31. Потенциальная энергия деформации.
- 32. Теории прочности.

У. Сдвиг

- 33. Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге.
- 34. Зависимость между константами упругости.
- 35. Расчет заклёпочных и сварных соединений.

УІ. Кручение

- 36. Скручивающий и крутящий моменты. Эпюра крутящих моментов.
- 37. Кручение круглого бруса.
- 38. Напряженное состояние при кручении.
- 39. Расчет круглого бруса на прочность и жесткость.
- 40. Кручение некруглого бруса.
- 41. Цилиндрические винтовые пружины.

УІІ. Геометрические характеристики плоских фигур

- 42. Статический момент фигуры. Центр тяжести и центральные оси.
- 43. Моменты инерции фигуры. Радиус инерции.
- 44. Связь между моментами инерции при параллельном переносе осей.
- 45. Связь между моментами инерции при повороте осей.
- 46. Главные оси и главные моменты инерции.

УІІІ. Изгиб

- 47. Опоры и опорные реакции.
- 48. Внутренние силовые факторы, их эпюры.
- 49. Зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки.
- 50. Нормальные напряжения.
- 51. Касательные напряжения.
- 52. Напряженное состояние и расчеты на прочность.
- 53. Центр изгиба.
- 54. Балки переменного сечения.
- 55. Дифференциальное уравнение упругой линии балки и его интегрирование.
- 56. Универсальные уравнения упругой линии балки.
- 57. Статически неопределимые балки.

IX. Сложное сопротивление

- 58. Косой изгиб.
- 59. Внецентренное растяжение (сжатие).
- 60. Ядро сечения.
- 61. Изгиб с кручением.
- 62. Общий случай сложного сопротивления.

X. Различные конструкции

- 63. Внутренние силовые факторы в плоских рамах.
- 64. Внутренние силовые факторы в пространственных брусьях с ломаной осью.
- 65. Внутренние силовые факторы в кривых брусьях.
- 66. Нормальные напряжения в поперечных сечениях бруса большой кривизны.
- 67. Расчет тонкостенных осесимметрических оболочек.
- 68. Расчет толстостенных цилиндров.
- 69. Гибкие нити.

XI. Работа упругих сил

- 70. Работа внешних сил и потенциальная энергия деформации.
- 71. Теорема о взаимности работ.
- 72. Теорема о взаимности перемещений.
- 73. Интеграл Мора.
- 74. Вычисление интеграла Мора.

XII. Метод сил

- 75. Статическая неопределимость.
- 76. Основная схема и канонические уравнения метода сил.
- 77. Расчет статически неопределимых рам.
- 78. Неразрезные балки.

ХШ. Продольный изгиб

- 79. Устойчивость равновесия.
- 80. Задача Эйлера.
- 81. Критическая сила за пределом упругости.
- 82. Расчет на продольный изгиб с использованием коэффициента φ .
- 83. Продольно-поперечный изгиб.

XIV. Расчет конструкций по несущей способности

- 84. Растяжение и сжатие.
- 85. Кручение.
- 86. Изгиб.

XV. Динамическая нагрузка

- 87. Расчет конструкций, движущихся с ускорением.
- 88. Удар в случае пренебрежения массой конструкции.
- 89. Удар в случае учета массы конструкции.
- 90. Собственное колебание системы с одной степенью свободы.
- 91. Вынужденное колебание системы с одной степенью свободы.

XVI. Переменные напряжения

- 92. Переменные напряжения.
- 93. Усталость и предел выносливости.
- 94. Диаграммы предельных напряжений.
- 95. Основные факторы, влияющие на величину предела выносливости.
- 96. Расчет на прочность при переменных напряжениях.

У К А З А Н И Я

о порядке выполнения контрольных работ

1. Перечень задач, решаемых студентом, прилагается к настоящему руководству отдельно.

2. Выбор варианта производится по двум последним цифрам номера зачетной книжки студента так, что последняя цифра соответствует индексу А, предпоследняя цифра - индексу В.

Например, при номере зачетной книжки 681073 А = 3 и В = 7. При решении задачи № 47 принимаются следующие исходные данные:

Схема 3

$$q = 250 \text{ кг/м};$$

$$l = 3,6 \text{ м};$$

$$\alpha = 0,30.3,6 = 1,08 \text{ м};$$

$$P = 250.3,6 = 900 \text{ кг}.$$

3. Решение каждой задачи начинают с новой страницы. Не следует переписывать полного текста задачи. В начале решения приводятся лишь исходные данные вместе с соответствующей схемой, в которой наряду с буквенными обозначениями величин даются их числовые значения (например: $l = 3,6 \text{ м}$, $P = 900 \text{ кг}$ и т.д.).

4. Решение, как правило, представляется вначале в алгебраических символах, но вывод результата в алгебраическом виде не требуется (т.к. часто промежуточный числовой результат заменяет длинное алгебраическое выражение). Из представленного решения должно явствовать, какими числовыми значениями заменены отдельные алгебраические символы. Необходимо указывать также единицы измерения всех величин.

5. Решение сопровождается краткими пояснениями и схемами.

6. Расчеты выполняются при помощи счетной линейки.

7. Исправления выполняются отдельно от текста задачи и представляются в конце проверенной работы. Не разрешается вносить исправления в проверенный ранее текст.

8. Предпосылкой для допуска на экзамен является зачет всех предусмотренных учебным планом контрольных работ. На экзамене предъявляются зачетные контрольные работы или (если они не возвращаются) справки о зачете контрольных работ.

9. Если в условии задачи характеристики материала отдельно не указываются, то следует принимать следующие данные.

Материал	Допускаемые напряжения		Модули упругости		Коэффициент Пуассона μ	Объемный вес γ	Коэффициент линейного расширения α
	[δ]	[τ]	E	G			
	кг/см ²		кг/см ²		-	г/см ³	1/град
Сталь	1600	1000	$2,1 \cdot 10^6$	$0,84 \cdot 10^6$	0,30	7,8	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Медь	1000	600	$1,1 \cdot 10^6$	$0,40 \cdot 10^6$	0,32	8,9	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Алюминий	700	400	$0,7 \cdot 10^6$	$0,26 \cdot 10^6$	0,35	2,6	$2,6 \cdot 10^{-5}$
Хвойное дерево (вдоль волокон)	100	20	$0,1 \cdot 10^6$	-	-	0,5	$0,3 \cdot 10^{-5}$

1. РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ

Задача № 1

Для ступенчатого стального стержня (рис. 1) требуется:

- 1) составить эпюру продольных сил N (с учетом собственного веса стержня);
- 2) составить эпюру нормальных напряжений σ в поперечных сечениях;
- 3) определить удлинение стержня.

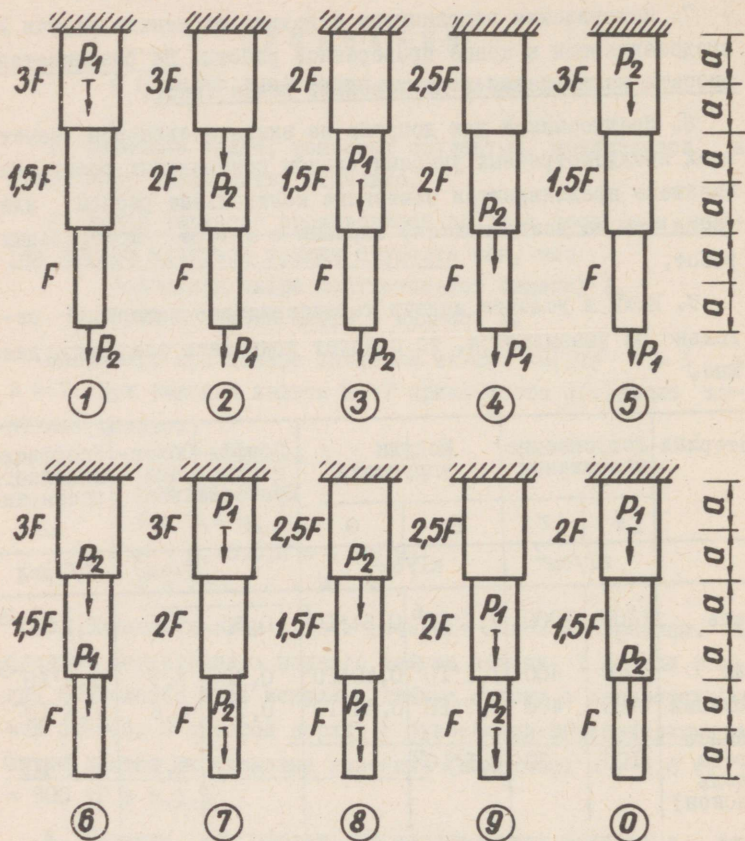


Рис. I.

Данные

Схема стержня соответствует индексу А.

$P_1 = 2000 \text{ кг}$, $P_2 = 1000 \text{ кг}$, $a = 50 \text{ м}$.

Площадь поперечного сечения F нижней ступени взять из таблицы I.

Т а б л и ц а I

В	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$F \text{ (см}^2\text{)}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II

Задача № 2

Определить перемещение сечения I стального стержня (рис. 2) от действия нагрузки P и собственного веса.

Данные взять из таблицы 2.

Т а б л и ц а 2

А	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P (кГ)	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
F (см ²)	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9
В	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a (м)	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4
b (м)	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c (м)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

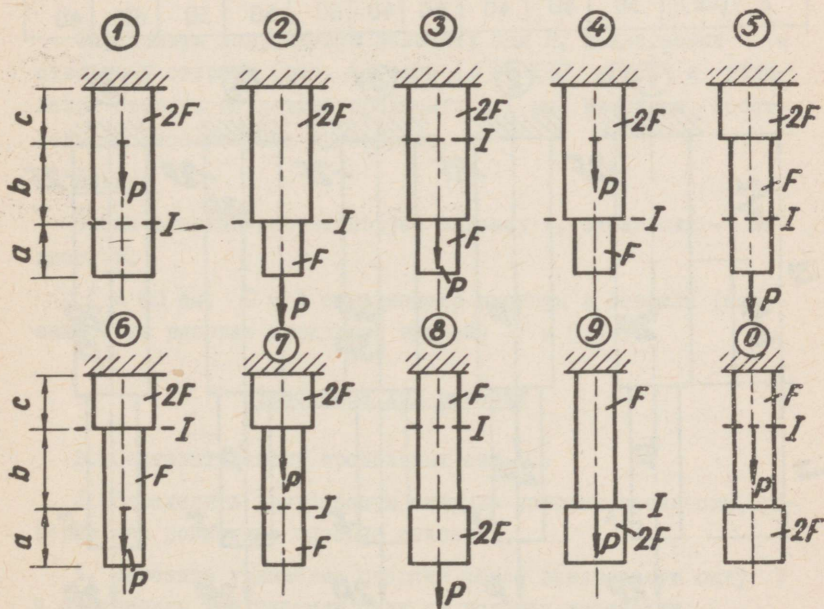


Рис. 2.

Задача № 3

Какие силы можно приложить к стальному ступенчатому стержню (рис. 3), если $[\sigma] = 1600 \text{ кг/см}^2$, и удлинение стержня не должно превысить $0,4 \text{ мм}$?

Влиянием собственного веса стержня пренебречь.

Данные взять из таблицы 3.

Т а б л и ц а 3

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1		2		3		4		5	
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
F (см ²)	2,0	3,0	2,2	3,2	2,4	3,4	2,6	3,6	2,8	3,8
l_1 (см)	20	30	25	50	30	40	35	50	40	60
l_2 (см)	30	40	40	60	40	60	50	50	60	40

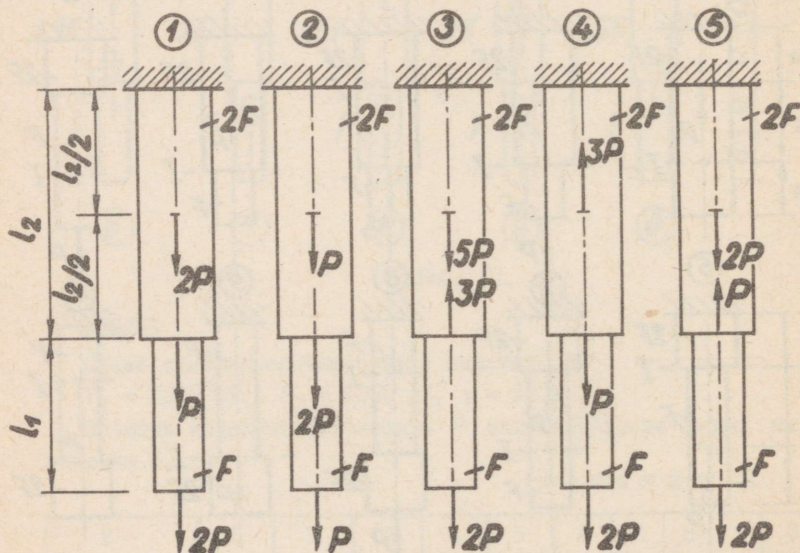


Рис. 3.

Требуемый ход решения

1. Составить эпюру продольных сил в функции силы P .
2. Представить условие прочности для каждого возможного опасного сечения и определить из них допускаемое значение P .
3. Выписать условие жесткости стержня: выразить удлинение в функции силы P и требовать, чтобы оно не превышало заданной величины. Из этого неравенства найти допускаемое значение P .
4. Выбрать значение P , удовлетворяющее как условию прочности, так и условию жесткости, и установить величины сил, прилагаемых к стержню.

Задача № 4

Определить допускаемую величину сил P , прилагаемых к стальному стержню (рис. 4), если $[\sigma] = 1200 \text{ кг/см}^2$ и удлинение стержня не должно превысить $0,1 \text{ мм}$. Влиянием собственного веса стержня пренебречь.

Данные

Схема стержня соответствует индексу А, схема сил - индексу В.

$l = 60 \text{ см}$, $D = 4 \text{ см}$, диаметр пустоты в стержне (показанной на рисунке штриховой линией) $d = 0,5D$.

Требуемый ход решения

1. Составить эпюру продольных сил N .
2. Определить допускаемую силу из условия прочности, проверив все возможные опасные сечения.
3. Выразить удлинение стержня через неизвестную силу P и определить допускаемую силу из условия жесткости.
4. Окончательно установить допускаемые силы.

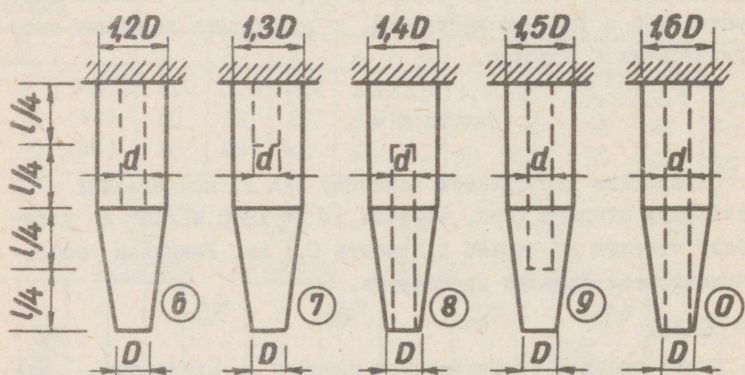
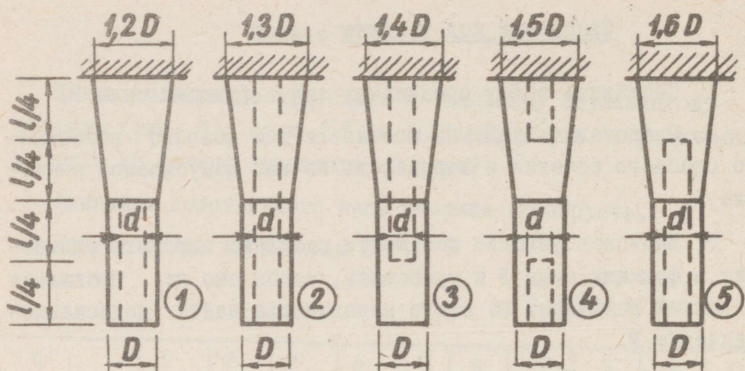


Схема нагрузок

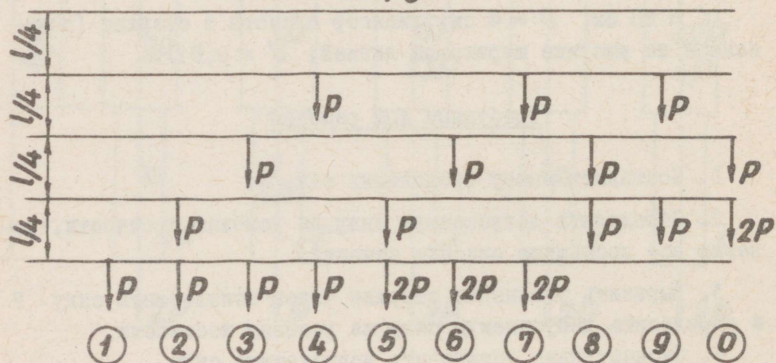


Рис. 4

Задача № 5

Определить размеры поперечного сечения стального (C) и деревянного (D) стержней конструкции, изображенной на рис. 5. Продольный изгиб сжатого стержня (который рассматривается в дальнейших главах курса сопротивления материалов) можно считать исключенным вследствие низкого допускаемого напряжения.

Данные

Допускаемые напряжения:

для стали $[\sigma] = 1200 \text{ кг/см}^2$;

для дерева $[\sigma] = 30 \text{ кг/см}^2$.

Длина $a = 1,20 \text{ м}$. Остальные данные взять из таблицы 5.

Т а б л и ц а 5

А	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
№ схемы	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Р (Т)	II	10	9	8	7	6	5	4	3	2	
В	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
k	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,20	
Поперечное сечение	I	кр	кв	кр	кв	кр	кв	кр	кр	кв	кв
	II	кр	кр	кв	кв	кв	кр	кр	кв	кв	кр

П р и м е ч а н и е: кр — стержень круглого поперечного сечения;

кв — стержень квадратного поперечного сечения.

Требуемый ход решения

1. Вычертить в масштабе схему конструкции.
2. Определить продольные усилия в стержнях.
3. Подобрать поперечные сечения.

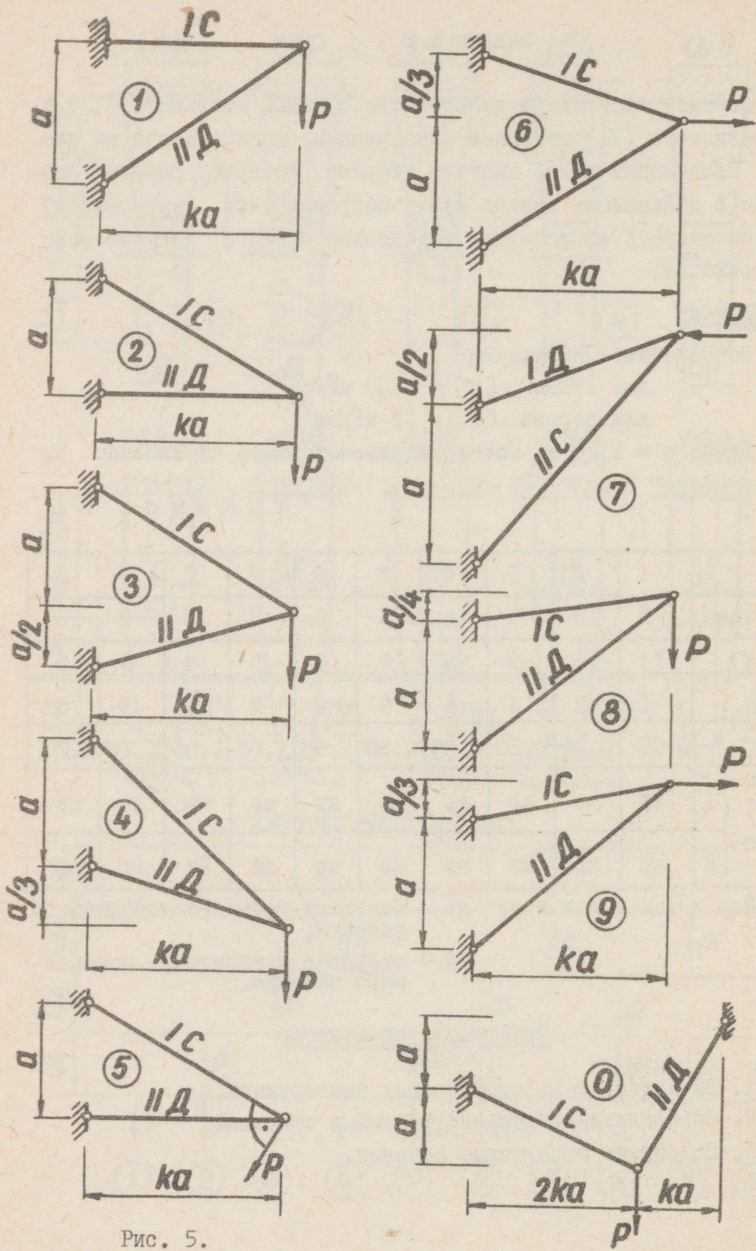


Рис. 5.

Задача № 6

На рис. 5 изображена конструкция, состоящая из стального (С) и деревянного (Д) стержней круглого поперечного сечения. Какой величины силу Р можно приложить к конструкции?

Продольный изгиб сжатого стержня исключается вследствие низкого допускаемого напряжения.

Данные

Допускаемые напряжения:

для стали $[\sigma] = 1200 \text{ кг/см}^2$;

для дерева $[\sigma] = 30 \text{ кг/см}^2$.

Длина $a = 1,20 \text{ м}$. Остальные данные взять из таблицы 6.

Т а б л и ц а 6

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
№ схемы	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
к	1,20	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	
Диаметры стержней (мм)	стального	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
	деревянного	60		80		120		160		200	

Требуемый ход решения

1. Вычертить в масштабе схему конструкции.
2. Определить внутренние усилия в стержнях в функции силы Р.
3. Составить условие прочности для каждого стержня и найти из них допускаемую для конструкции нагрузку.

Задача № 7

Сила $P = 5 T$ приложена к жесткой плите (рис. 7), опирающейся на стержни из стали (C), меди (M) и алюминия (A).

Определить напряжения в стержнях.

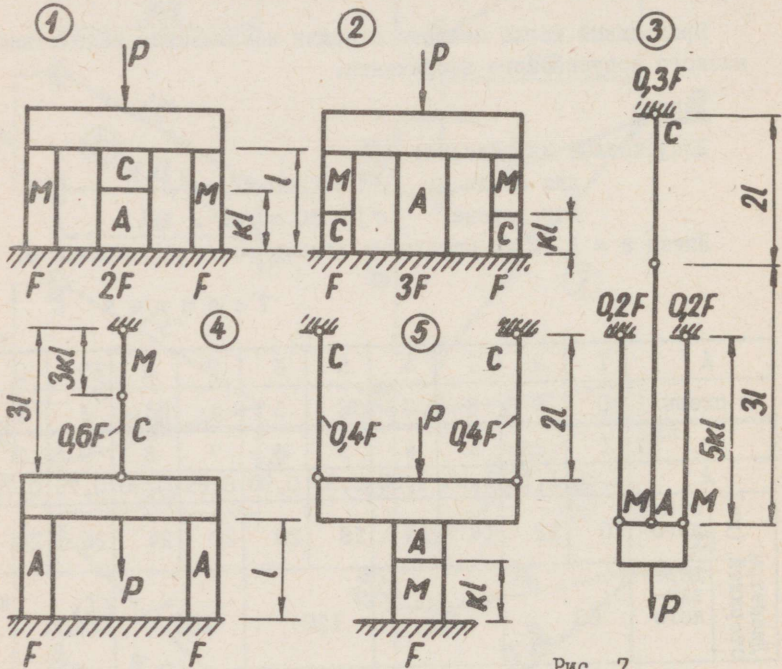


Рис. 7.

Данные взять из таблицы 7.

Таблица 7

A	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
k	0,30	0,45	0,40	0,55	0,50	0,65	0,60	0,75	0,70	0,35
B	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
F (см ²)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
l (см)	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65

Требуемый ход решения

1. Найти степень статической неопределимости.
2. Составить уравнение равновесия.
3. Составить уравнение деформаций, описывающее зависимость между деформациями отдельных частей конструкции.
4. Определить внутренние усилия в стержнях.
5. Определить напряжения в стержнях.

Примечание: Характер продольных усилий и напряжений (п.4 и 5) указать в ответе при помощи знака.

Задача № 8

Между стержнями (рис. 8), составленными из стальных (C) и медных (M) частей, оставлен зазор $a = 0,01$ мм.

Определить напряжения в отдельных частях конструкции, возникающие при приложении силы $P = 5$ Т и последующем повышении температуры на 10^0 .

Данные

Площадь поперечного сечения стальных частей 5 см², медных частей 10 см². Схема соответствует индексу А. Длину l взять из таблицы 8.

Т а б л и ц а 8

В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
l (см)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Требуемый ход решения

1. Выяснить степень статической неопределимости конструкции, изучив состояние после закрытия зазора.
2. Составить уравнения равновесия и деформаций для определения внутренних усилий от действия силы P .

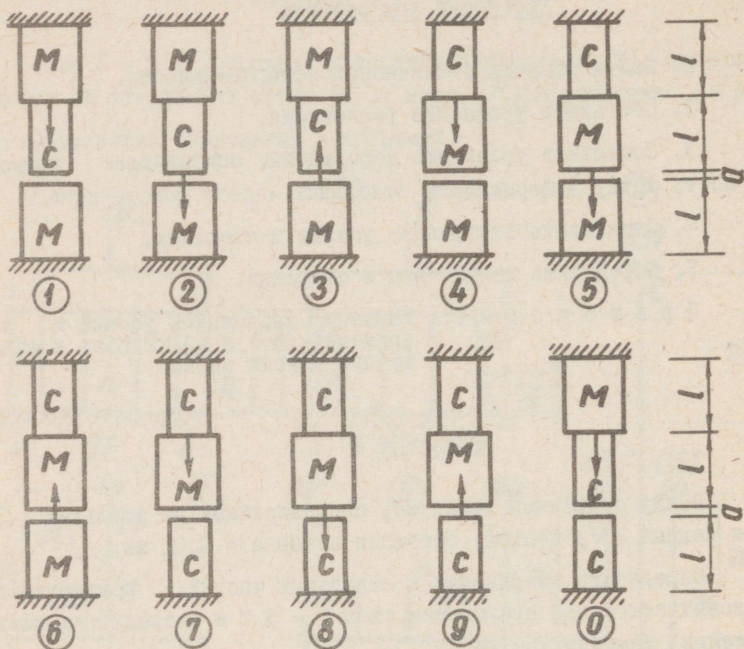


Рис. 8.

3. Определить внутренние усилия в частях стержня. (указывая характер усилия знаком).

4. Определить напряжения в поперечных сечениях.

5. Составить уравнение деформаций для определения внутренних усилий от повышения температуры, предполагая, что зазор закрылся от действия силы P .

6. Определить дополнительные внутренние усилия.

7. Определить изменения нормальных напряжений.

8. Вычислить окончательные нормальные напряжения в частях конструкции и представить результаты в виде эпюры напряжений.

Примечание. Совместное влияние силы P и повышения температуры допускается описать одним уравнением деформаций и получить окончательные внутренние усилия в частях конструкции.

Задача № 9

Стержень длиной l м из углеродистой стали растянут продольной силой $N = 1000$ кг и работает при температуре 538°C . Определить площадь поперечного сечения, если удлинение стержня от ползучести после 1000 часов работы должно превысить a мм.

Допускаемое удлинение a взять из таблицы 9.

Т а б л и ц а 9

a (мм)

В	А									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1,4,7	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
2,5,8,0	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
3,6,9	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2

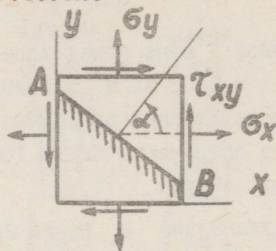
П. Т Е О Р И Я Н А П Р Я Ж Е Н Н О Г О С О С Т О Я Н И Я

Задача № 10

Элементарный кубик (рис. 10) находится в плоском (двухосном) напряженном состоянии. Определить величины, характеризующие данное напряженное состояние.

Направления напряжений взять из рисунка по индексу А. Нормальное напряжение $|\sigma_y| = 300$ кг/см². Остальные данные взять из таблицы 10.

Оси и обозначения



Действительные направления напряжений

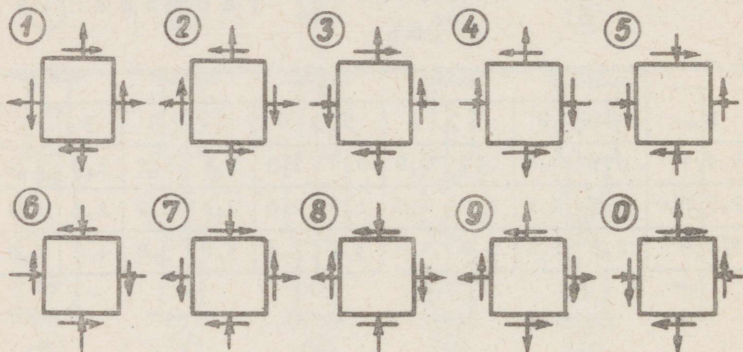


Рис. 10.

Т а б л и ц а 10

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$ \tau_{xy} $ (кг/см ²)	100	150	200	250	350	400	450	500	550	600
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$ \sigma_x $ (кг/см ²)	100	150	200	250	350	400	450	500	550	600
α°	15	30	45	60	75	105	120	135	150	165

Требуемый ход решения

1. Определить аналитически величины и направления главных напряжений. Изобразить на рисунке главные площадки и действующие в них главные напряжения.

2. Определить наибольшие касательные напряжения в элементарном кубике и показать площадки, в которых они действуют. (Не упустить из виду, что эти площадки могут быть наклонены по отношению к плоскости xy .)

3. Найти нормальные и касательные напряжения в наклонной площадке АВ и изобразить их на рисунке.

4. Определить эквивалентное напряжение по теории наибольших касательных напряжений и энергетической теории формоизменения.

Задача № II

Элементарный кубик из стали (рис. 10) находится в плоском (двухосном) напряженном состоянии. Определить величины, характеризующие данное напряженное состояние.

Данные взять из задачи № 10.

Требуемый ход решения

1. Определить аналитически величины и направления главных напряжений. Изобразить на рисунке главные площадки и действующие в них главные напряжения.

2. Определить наибольшие касательные напряжения в элементарном кубике и показать площадки, в которых они действуют. (Не упустить из виду, что эти площадки могут быть наклонены по отношению к плоскости xy .)

3. Найти нормальные и касательные напряжения в наклонной площадке АВ тремя различными способами:

- аналитически, исходя из напряжений σ_x , σ_y и τ_{xy} ;
- аналитически, считая заданными найденные в п.1 главные напряжения;

в) по главным напряжениям при помощи круга Мора.

4. Определить главные деформации.

5. Определить относительное изменение объема.

6. Определить удельную потенциальную энергию деформации.

7. Найти эквивалентное напряжение по теории наибольших касательных напряжений и энергетической теории формоизменения.

Ш. С Д В И Г

Задача № 12

Стальные листы (рис. 12) соединяются при помощи заклепок ϕ 20 мм.

Определить допускаемую для заклепочного соединения силу P , приняв следующие допускаемые напряжения:

для листов $[\sigma] = 1600 \text{ кг/см}^2$;

для заклепок $[\tau] = 1000 \text{ кг/см}^2$;

$[\sigma]_{с.м} = 3200 \text{ кг/см}^2$.

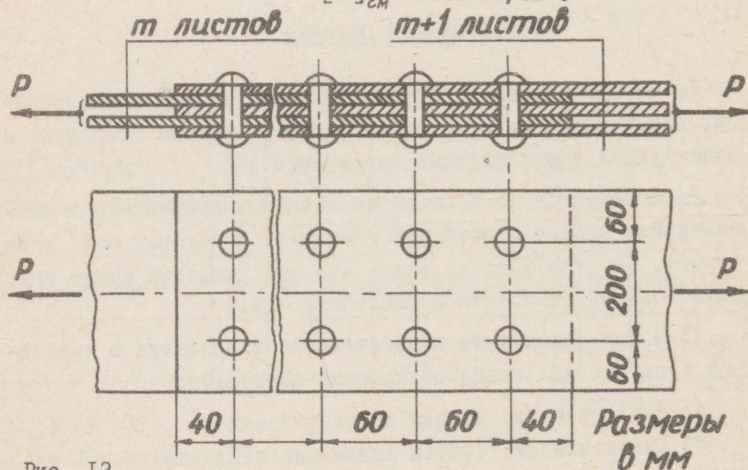


Рис. 12.

Данные

Толщину листа δ , число листов m в левой части соединения и количество заклепок n взять из таблицы 12.

Т а б л и ц а 12

A	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
m	I		2		3		4		5	
δ (мм)	14	10	13	8	12	9	11	8	10	7
B	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
n	4		6		8		10		12	

Требуемый ход решения

1. Вычертить схему соединения.
2. Определить допускаемую силу из условия прочности на срез.
3. Определить допускаемую силу из условия прочности на смятие.
4. Определить допускаемую силу из условия прочности соединяемых листов.
5. Выбрать окончательно допускаемую силу, удовлетворяющую всем условиям прочности.

Задача № 13

Соединение (рис. 13), выполненное из двух равнобоких уголков и листа, находится под действием силы P . Определить размеры заклепочного и сварного вариантов соединения.

Данные

$$[\sigma] = 1600 \text{ кг/см}^2; \quad [\tau] = 1000 \text{ кг/см}^2;$$

$$[\sigma]_{см} = 3500 \text{ кг/см}^2.$$

Силу P взять из таблицы I3.

Т а б л и ц а I3

A	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P (T)	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57

Требуемый ход решения

а) Заклепочное соединение

1. Определить приблизительно площадь поперечного сечения уголков, приняв ослабление сечения отверстиями равным 15% от всей площади, и подобрать из таблицы сортамента уголки.

2. Назначить диаметр заклепки d и расстояние a от кромки уголка по следующей таблице.

Ширина уголка (мм)	70	75	80	90	100	110	125
d (мм)	20	20	23	23	26	26	26
a (мм)	40	40	45	50	55	60	70

3. Определить число заклепок из условия прочности на срез.

4. Проверить растягивающие напряжения в ослабленном сечении уголка. В случае перенапряжения или недонапряжения (более чем $\pm 5\%$) подобрать новый уголок.

5. Определить толщину листа δ из условия прочности на смятие.

6. Определить из условия прочности на растяжение ширину листа b_1 в сечении, проходящем через последнюю заклепку.

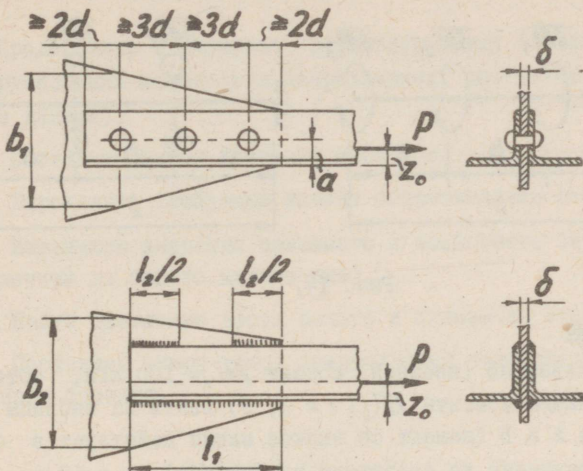


Рис. 13.

б) Сварное соединение

1. Определить площадь поперечного сечения уголков и подобрать уголки.

2. Приняв высоту сварного шва равной толщине уголка, определить длины швов l_1 и l_2 .

3. Определить из условия прочности на растяжение ширину листа b_2 у торца уголков.

Оба соединения вычертить в масштабе с нанесением всех необходимых для изготовления размеров.

IV. К Р У Ч Е Н И Е

Задача № 14

Подобрать из условия прочности поперечное сечение стального стержня (рис. 14) в двух вариантах: а) сплошное круглое, б) кольцевое с отношением внутреннего и наружного диаметров

$$\alpha = d_{в} / d_{н} = 0,85.$$



Рис. I4.

Данные

Скручивающий (внешний) момент $M_1 = 100$ кгм; остальные скручивающие моменты M_i ($i = 2; 3$) взять из таблицы I4 по индексам А и В (момент с знаком минус действует в обратном направлении по сравнению с рисунком). $a = 60$ см, $b = 50$ см и $c = 70$ см.

Т а б л и ц а I4

M_i (кгм)

В	i	А									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1;6	2	50	-150	120	-60	-120	-40	20	50	-140	80
	3	30	30	-60	-80	70	-30	-80	-210	200	-80
2;7	2	-80	-130	60	-210	80	-70	-60	-20	50	40
	3	120	130	40	80	-40	-60	30	-50	-120	-160
3;8	2	60	80	-120	120	50	-180	100	-120	-100	-30
	3	-120	-250	150	-120	70	50	-30	-50	40	-80
4;9	2	-60	-40	80	60	-90	-70	40	-160	140	-80
	3	40	-20	-150	-190	130	70	20	40	-80	-70
5;0	2	60	-50	-120	-20	40	70	-110	150	120	-170
	3	-30	-120	80	-30	-120	-210	140	-150	60	20

Требуемый ход решения

1. Представить в масштабе расчетную схему (с изображением скручивающих моментов в направлениях, соответствующих исходным данным).

2. Составить эпюру крутящих моментов.

3. Определить требуемый момент сопротивления сечения.

4. Назначить диаметры сплошного и кольцевого сечений (с округлением до целого миллиметра).

5. Найти отношение весов полого и сплошного стержней.

6. Составить эпюру углов закручивания относительно заданного сечения.

Задача № 15

Спроектировать стальной брус, изображенный на рис. I4, как брус равного сопротивления при кручении (наибольшие касательные напряжения во всех сечениях одинаковы).

Данные взять из задачи № I4.

Требуемый ход решения

1. Представить в масштабе расчетную схему (с изображением скручивающих моментов в направлениях, соответствующих исходным данным).

2. Составить эпюру крутящих моментов.

3. По крутящим моментам, действующим в отдельных частях бруса, определить требуемые моменты сопротивления и диаметры (с округлением до целого миллиметра).

4. Составить эпюру углов закручивания относительно заданного сечения.

5. Определить скручивающий момент, который необходимо приложить к свободному концу бруса с тем, чтобы концевое

сечение не повернулось по отношению к заделке. Составить эпюру крутящих моментов, соответствующую этому случаю.

Задача № 16

Стальной вал с насаженными на него шкивами (рис. 16) вращается со скоростью 500 оборотов в минуту. К шкивам приложены скручивающие моменты M_i , которые передают мощность N_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$).

Определить диаметр вала из условий прочности и жесткости, а также угол закручивания между концами вала. Изгибом вала пренебречь, т.к. он косвенно учтен при выборе допускаемого напряжения.

Данные

Схема вала соответствует индексу А.

$a = 40$ см. Допускаемое напряжение при кручении $[\tau] = 800$ кг/см², допускаемый угол закручивания $[\theta] = 1$ °/м.

Остальные данные взять из таблицы 16.

Т а б л и ц а 16

В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
N_1 (квт)	5	8	6	7	9	12	4	11	10	7
N_2 (квт)	12	6	9	15	5	4	13	7	10	8
N_3 (л.с.)	7	14	11	4	8	7	6	5	8	9
N_4 (л.с.)	10	7	3	9	8	11	15	6	4	10

Требуемый ход решения

I. Определить скручивающие моменты, приложенные к шкивам 1, 2, 3 и 4.

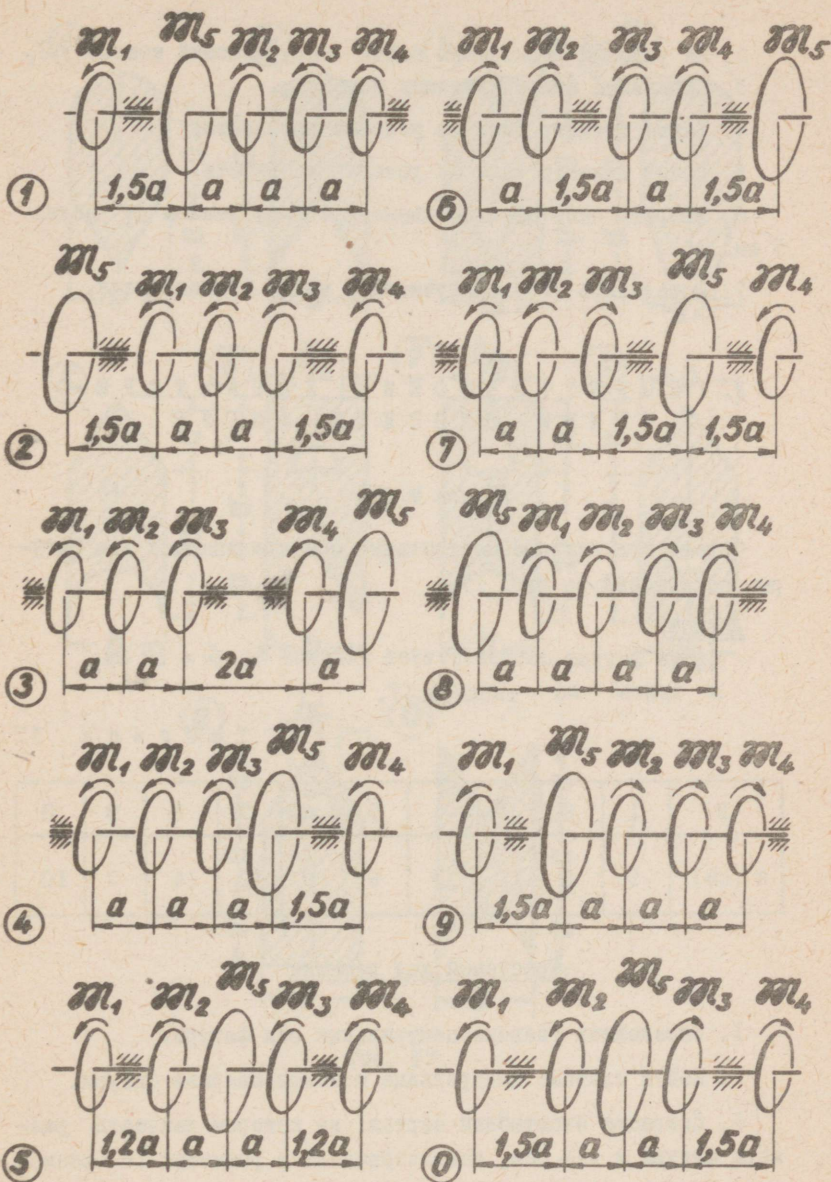


Рис. 16.

2. Из условия равновесия найти скручивающий момент M_5 .
3. Составить эпюру крутящих моментов.
4. Найти диаметр вала из условия прочности.
5. Найти диаметр вала из условия жесткости.
6. Выбрать окончательно диаметр с округлением до целых 5 мм.
7. Определить угол закручивания между концами вала.

У. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ ФИГУР

Задача № 17

Определить главные центральные моменты инерции для фигуры, показанной на рис. 17.

Данные

Схема фигуры соответствует индексу А; $\rho = 12$ см;
 a взять из таблицы 17.

Т а б л и ц а 17

В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
а (см)	5	8	11	13	6	9	12	14	7	10

Требуемый ход решения

1. Определить главные центральные оси фигуры.
2. Найти главные центральные моменты инерции фигуры.
3. Привести масштабный чертеж, на котором показать размеры фигуры и все оси, использованные в расчетах (с размерами, описывающими их положение).

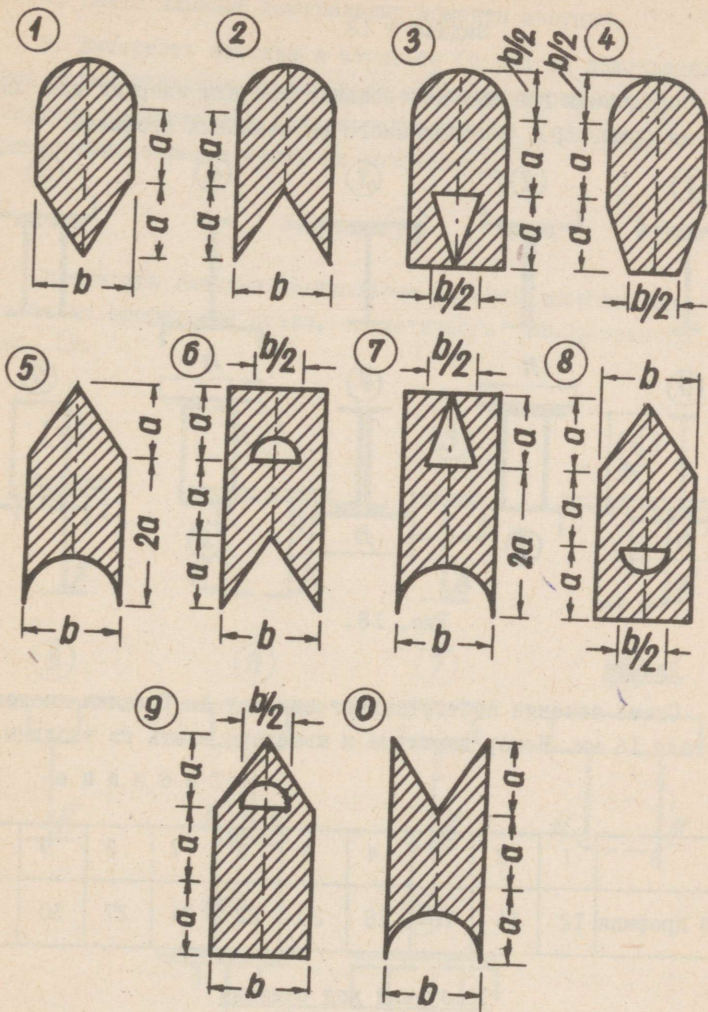


Рис. 17.

Задача № 18

Определить главные центральные моменты инерции для сечения (рис. 18), составленного из стальных профилей.

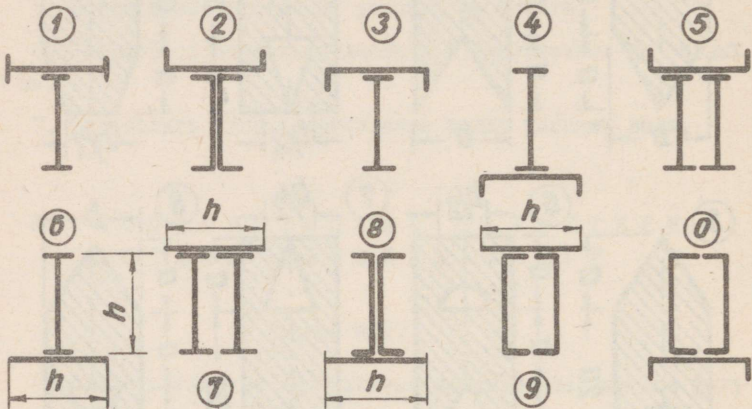


Рис. 18.

Данные

Схема сечения соответствует индексу А. Толщина листовой стали 16 мм. Номер двутавра и швеллера взять из таблицы 18.

Т а б л и ц а 18

В	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
№ профиля	I2	I4	I6	I8	20	22	24	27	30	33

Требуемый ход решения

1. По таблицам сортамента представить необходимые для решения данные стальных профилей.
2. Определить положение центра тяжести.
3. Провести главные центральные оси.

4. Найти главные центральные моменты инерции.

5. Вычертить сечение в масштабе (с учетом действительной формы стальных профилей по таблицам сортамента). На чертеже показать все оси, использованные в расчетах (с размерами, определяющими их положение).

Задача № 19

Определить главные центральные моменты инерции для сечения из профильной стали, схематически изображенного на рис. 19.

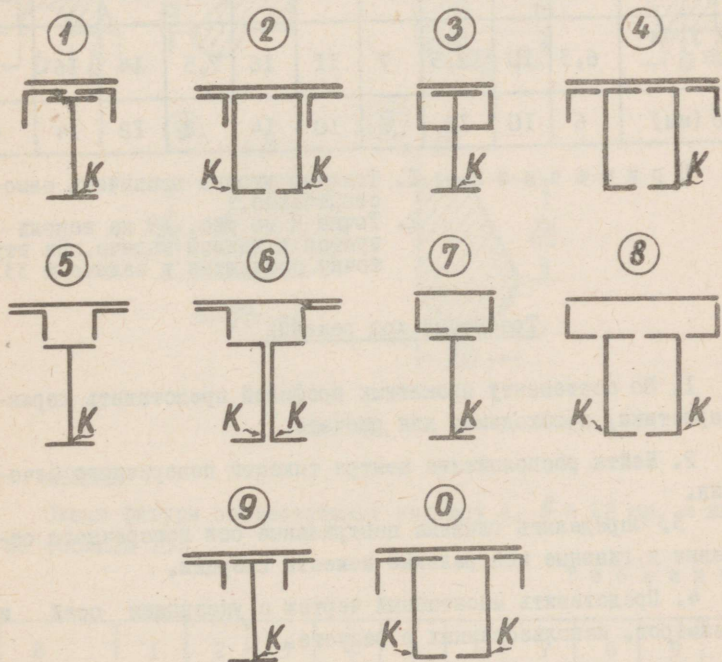


Рис. 19.

Данные

Схема поперечного сечения соответствует индексу А. Номер двутавра, швеллера и равнобокого уголка, а также толщину листовой стали δ взять из таблицы 19.

Т а б л и ц а 19

В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
№ двутавра	16	24	40	18	27	50	20	30	60	22
№ швеллера	16	24	33	18	27	36	20	30	40	22
№ уголка	6,3	10	12,5	7	11	16	7,5	14	16	8
δ (мм)	6	10	12	6	10	14	8	12	14	8

- П р и м е ч а н и е: 1. Толщину уголка назначить самостоятельно.
2. Точка К на рис. 19 не используется в данной задаче. На эту точку ссылаются в задаче № 33.

Требуемый ход решения

1. По сортаменту прокатных профилей представить характеристики, необходимые для расчета.
2. Найти расположение центра тяжести поперечного сечения.
3. Определить главные центральные оси поперечного сечения и главные центральные моменты инерции.
4. Представить масштабный чертеж с указанием осей и размеров, использованных в расчете.

Задача № 20

Определить положение главных центральных осей и главные центральные моменты инерции для фигуры, изображенной на рис. 20.

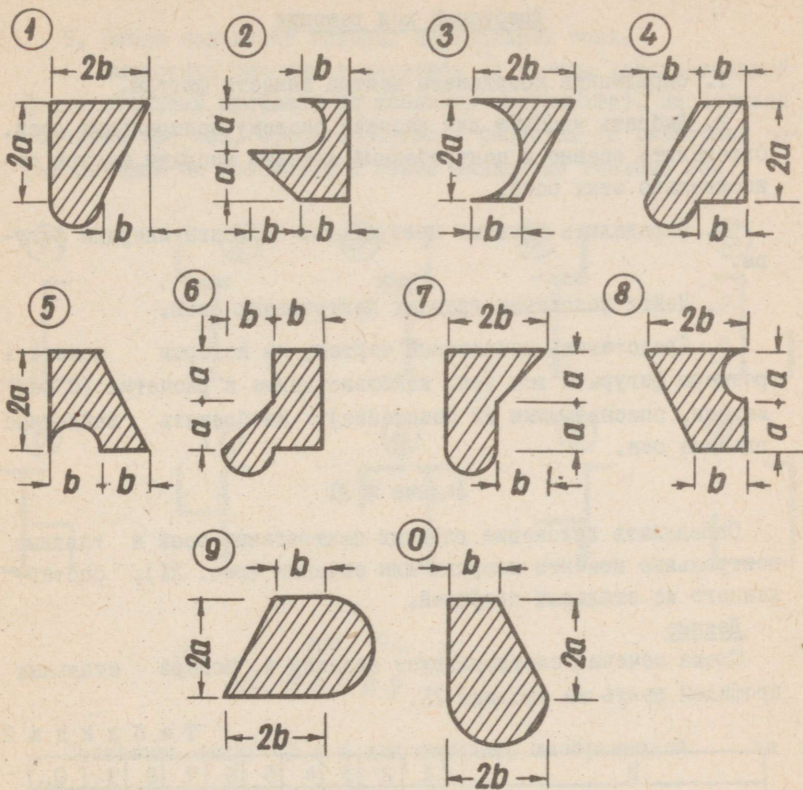


Рис. 20.

Данные

Схема фигуры соответствует индексу А, $b = 12$ см, a взять из таблицы 20.

Т а б л и ц а 20

В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
а (см)	4	7	10	13	5	8	11	6	9	12

Требуемый ход решения

1. Определить координаты центра тяжести фигуры.
2. Выбрать удобную для расчета систему центральных осей. Определить осевые и центробежные моменты инерции фигуры относительно этих осей.
3. Определить главные центральные моменты инерции фигуры.
4. Найти положение главных центральных осей.
5. Представить масштабный чертеж, на котором показать размеры фигуры и все оси, использованные в расчетах (с размерами, описывающими их положение). Изобразить найденные главные оси.

Задача № 2I

Определить положение главных центральных осей и главные центральные моменты инерции для сечения (рис. 2I), составленного из стальных профилей.

Данные

Схема сечения соответствует индексу А. Номера стальных профилей взять из таблицы 2I.

Т а б л и ц а 2I

В	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
№ двутавра или швеллера	I4	I6	I8	20	22	24	27	30	33	36
№ равнобокого уголка	7	7,5	8	9	10	11	12,5	14	16	18

Требуемый ход решения

1. По таблицам сортамента представить необходимые для решения данные стальных профилей.
2. Определить положение центра тяжести сечения.
3. Выбрать удобную для расчета систему центральных осей. Определить осевые и центробежные моменты инерции сечения относительно этих осей.
4. Определить главные центральные моменты инерции сечения.

5. Найти положение главных центральных осей.

6. Вычертить сечение в масштабе (с учетом действительной формы стальных профилей по таблицам сортамента). На чертеже показать все оси, использованные в расчетах (с размерами определяющими их положение, а также найденные главные оси.

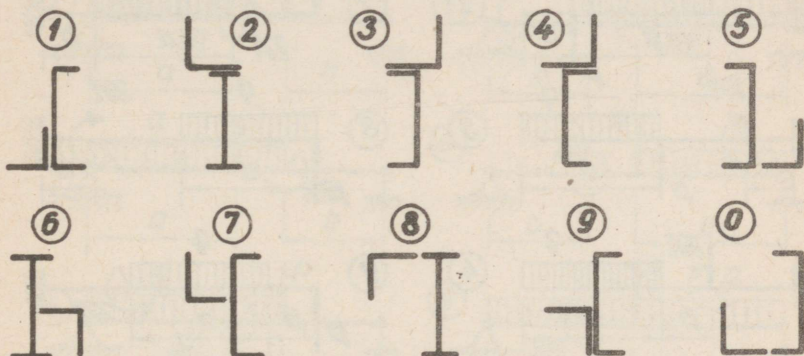


Рис. 21.

У. И З Г И Б

Составить эпюры Q и M для консоли, изображенной на рис. 22.

Данные

Схема консоли соответствует индексу А.

$$P = 0,2 q \ell, \quad M = 0,1 q \ell^2, \quad a = 0,5 \ell, \quad b = 0,2 \ell.$$

Остальные данные взять из таблицы 22.

Т а б л и ц а 22

В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ℓ (м)	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9
q (кГ/м)	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100

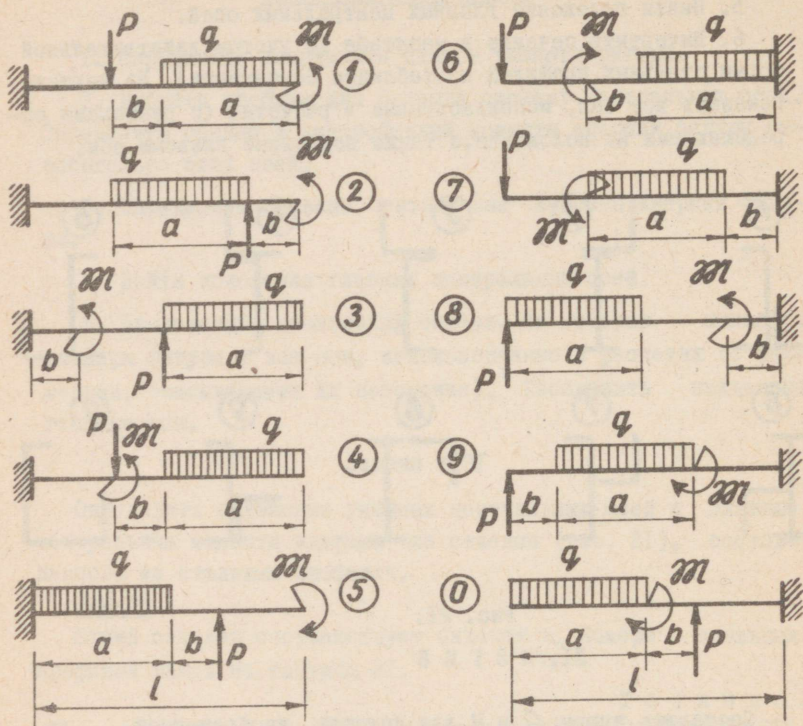


Рис. 22.

Задача № 23

Составить эпюры Q и M для балки, изображенной на рис. 23.

Данные

Схема балки соответствует индексу А.

$$P = 0,4ql, \quad M = 0,1ql^2; \quad a = 0,5l, \quad b = 0,3l.$$

Остальные данные взять из таблицы 23.

Таблица 23

В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
l (м)	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6
q (Т/м)	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0

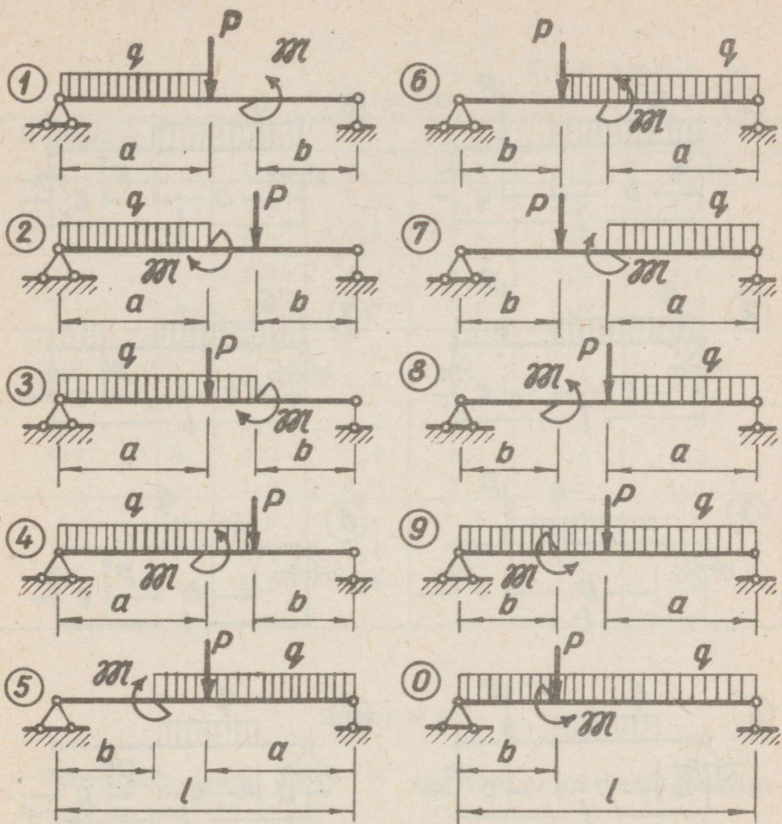


Рис. 23.

Задача № 24

Составить эпюры Q и M для балки, изображенной на рис. 24.

Данные

Схема балки соответствует индексу А. $P = 600 \text{ кг}$ и $q = P/6$. $l = 6 \text{ м}$. a , b и c взять из таблицы 24.

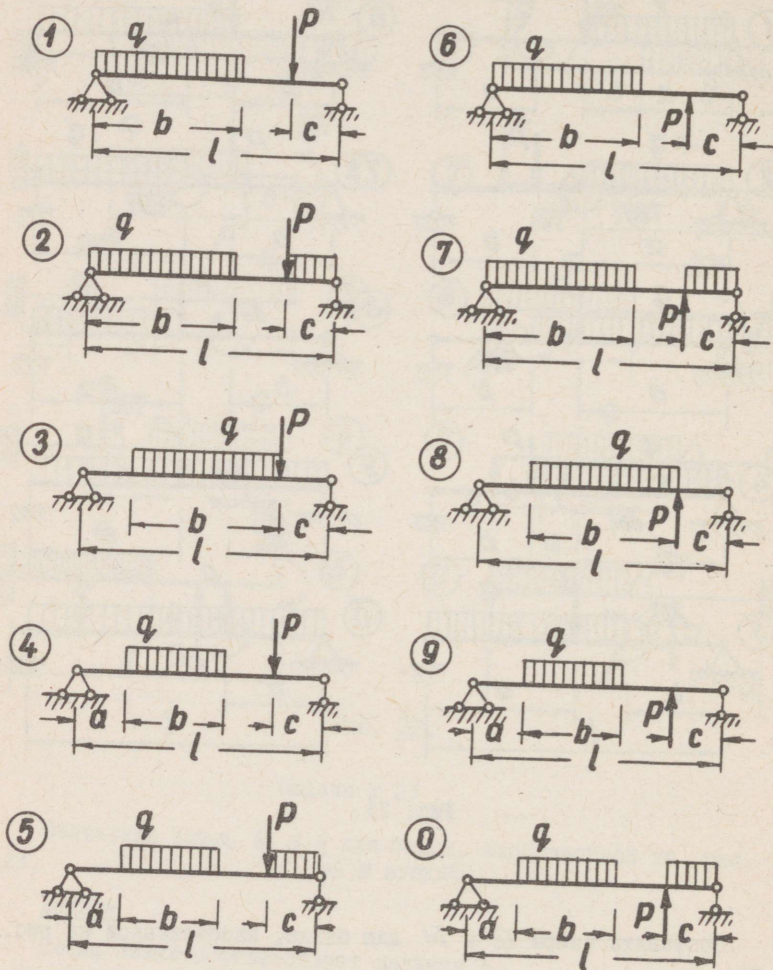


Рис. 24.

Таблица 24

а, б, с (м)

№ схемы		В				
		1;6	2;7	3;8	4;9	5;0
1;6	б	3,6	3,6	4,8	4,2	4,2
	с	1,2	0,6	0,6	1,2	0,6
2;7	б	4,2	4,2	4,8	3,6	3,6
	с	1,2	0,6	0,6	0,6	1,2
3;8	б	3,6	3,0	4,2	2,4	3,6
	с	1,8	1,8	1,2	1,8	1,2
4;9	а	0,6	1,2	0,6	0,6	1,2
	б	3,0	2,4	3,0	3,6	3,0
	с	1,8	1,8	1,2	1,2	1,2
5;0	а	0,6	1,2	0,6	1,2	0,6
	б	2,4	2,4	3,0	3,0	2,4
	с	1,2	0,6	1,2	0,6	1,2

Задача № 25

Составить эпюры Q и M для консольной балки, изображенной на рис. 25.

Данные

Схема балки соответствует индексу А. $P = 1 \text{ Т}$ и $q = P/l$;
 $l = 8 \text{ м}$. а, б и с взять из таблицы 25.

а, б, с (м)

Таблица 25

№ схемы		В				
		1;6	2;7	3;8	4;9	5;0
1;6	а	1,6	0,8	0,8	1,6	0,8
	б	4,8	6,4	4,8	4,0	5,6
	с	1,6	2,0	2,0	1,6	2,0
2;7	а	0,8	0,8	1,6	0,8	1,6
	б	4,8	6,4	5,6	5,6	4,8
	с	1,6	1,6	2,0	1,6	2,0

3;8	b	5,6	6,4	7,2	6,0	6,8
	c	1,2	1,6	2,0	1,6	2,0
4;9	b	7,2	6,4	5,6	6,8	6,0
	c	1,6	2,0	2,0	1,6	2,0
5;0	b	5,6	6,4	7,2	6,0	6,8
	c	1,6	1,6	2,0	1,6	2,0

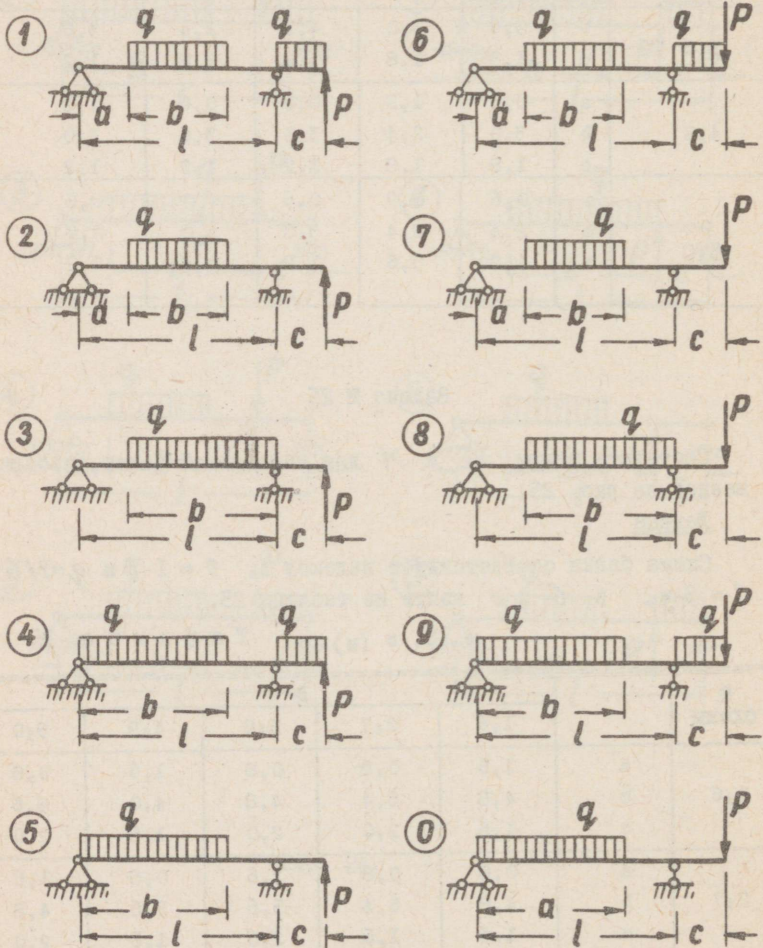


Рис. 25.

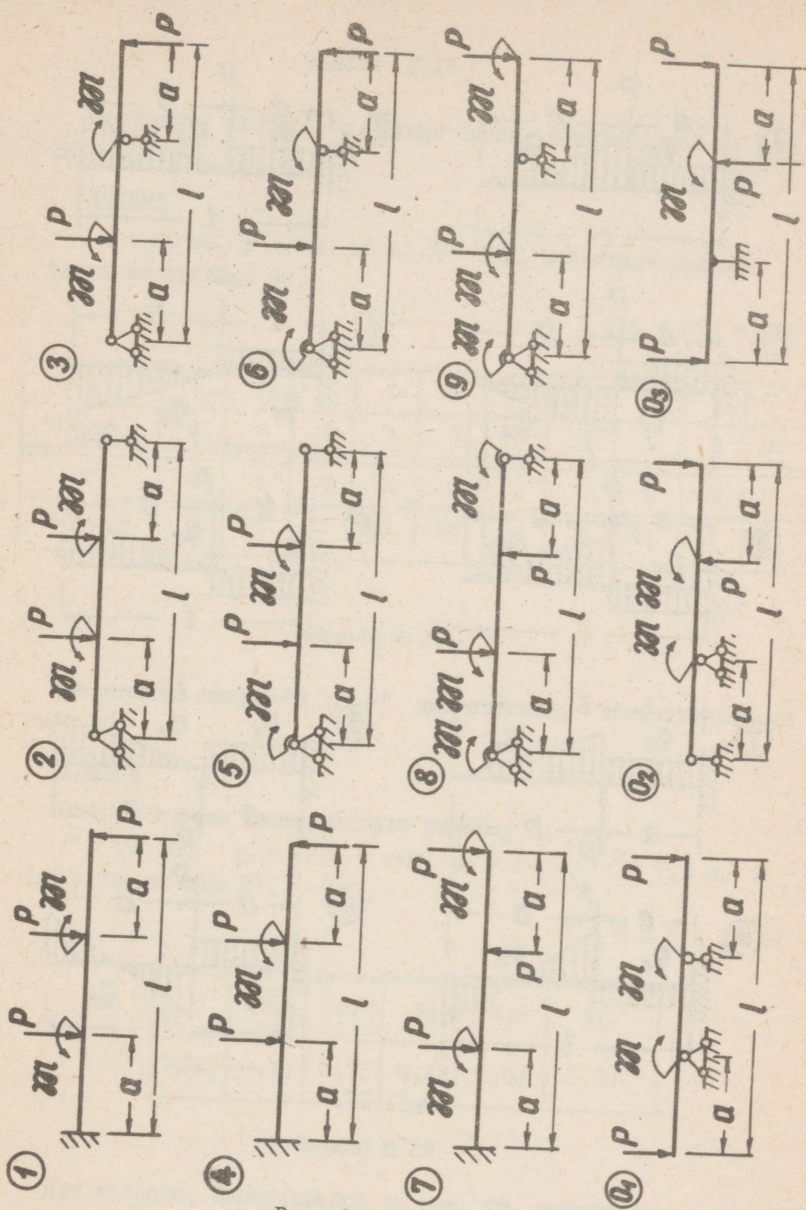


Рис. 26.

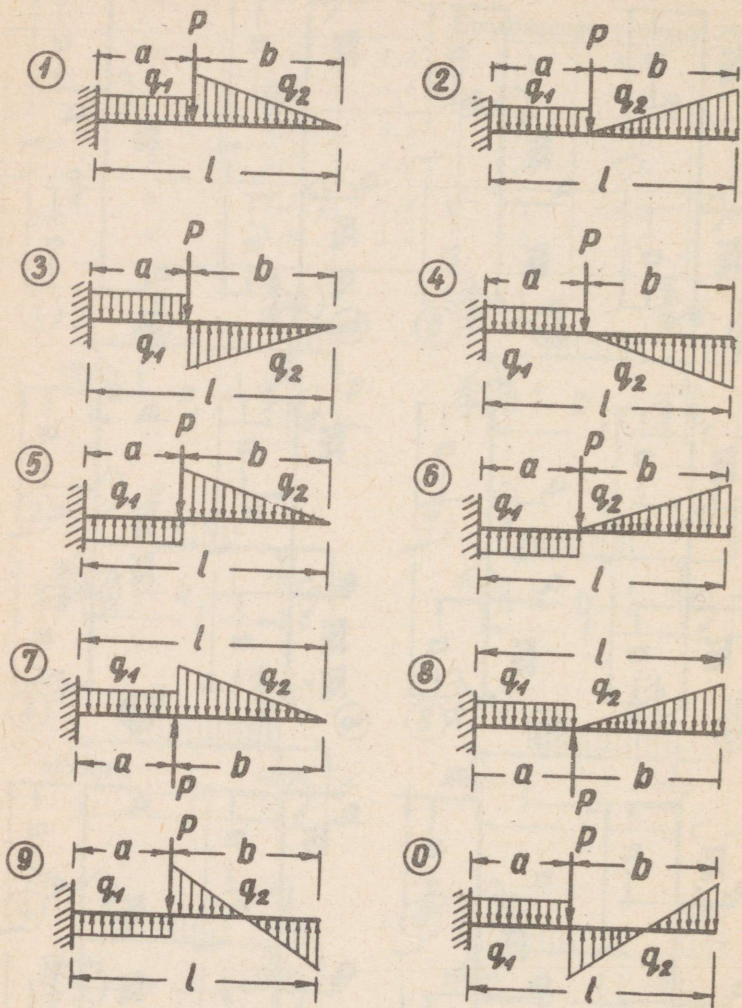


Рис. 27.

Задача № 26

Составить эпюры Q и M для балки, изображенной на рис. 26.

Данные

$l = 60$ см, $P = 400$ кг и $M = 2aP$. Остальные данные взять из таблицы 26.

Т а б л и ц а 26

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0_1
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
а (см)	9	15	21	12	18	9	15	21	12	18

Задача № 27

Составить эпюры Q и M для консоли, изображенной на рис. 27.

Данные

Схема консоли соответствует индексу А.

$P = 500$ кг, $q_1 = P/a$, $\max q_2 = 2q_1$, $l = 1,5$ м. a взять из таблицы 27.

Т а б л и ц а 27

В	1;6	2;7	3;8	4;9	5;0
а(м)	0,30	0,75	0,45	0,90	0,60

Задача № 28

Для консоли, изображенной на рис. 28, подобрать сечение, состоящее из двух стальных швеллеров.

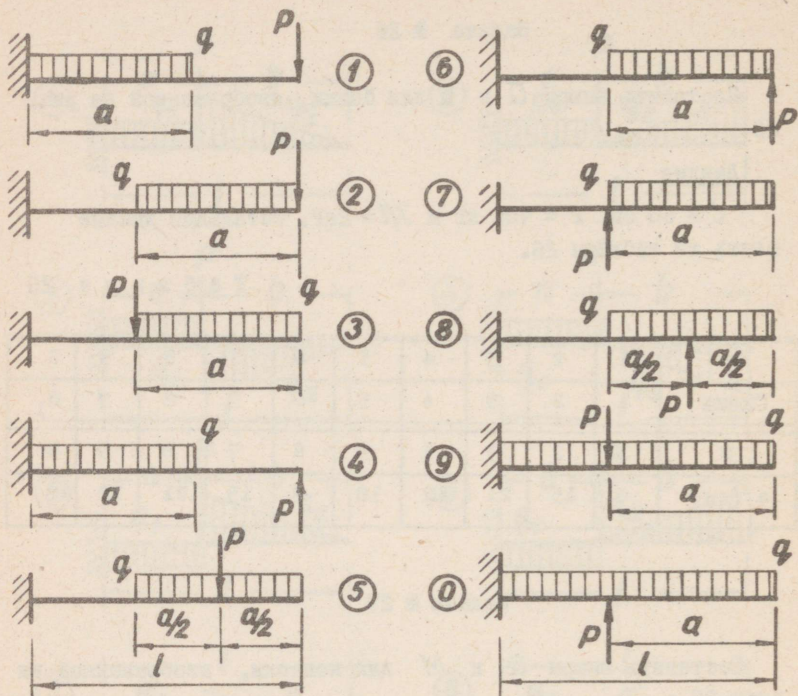


Рис. 28.

Данные

Схема консоли соответствует индексу А.

$a = 0,6 \ell$. Остальные данные взять из таблицы 28.

Т а б л и ц а 28

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ℓ (м)	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Р (Т)	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
q (Т/м)	1;2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2

Требуемый ход решения

1. Составить эпюры Q и M .
2. По наибольшему изгибающему моменту подобрать швеллеры.
3. Определить наибольшее касательное напряжение в поперечном сечении и сравнить с допусковым значением.

Задача № 29

Подобрать размеры прямоугольного сечения с отношением сторон $h/b = 1,5$ для деревянной балки (рис. 24).

Данные

Схему балки взять из таблицы 29 I, размеры из таблицы 29 II. $l = 4$ м, $P = 1$ Т и $q = P/l$.

Т а б л и ц а 29 I

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5

а, в и с (м) Т а б л и ц а 29 II

№ схемы		В				
		1;6	2;7	3;8	4;9	5;0
1;6	b	3,2	2,8	2,8	2,4	2,4
	c	0,4	0,8	0,4	0,8	0,4
2;7	b	3,2	2,4	2,4	2,8	2,8
	c	0,4	0,4	0,8	0,8	0,4
2;8	b	2,8	1,6	2,4	2,0	2,4
	c	0,8	1,2	0,8	1,2	1,2
4;9	a	0,4	0,4	0,8	0,4	0,8
	b	2,0	2,4	2,0	2,0	1,6
	c	0,8	0,8	0,8	1,2	1,2
5;0	a	0,4	0,8	0,4	0,4	0,8
	b	2,0	2,0	2,4	1,6	1,6
	c	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4

Требуемый ход решения

1. Для определения наибольших Q и M составить их эпюры.
2. Подобрать размеры поперечного сечения по допускаемому нормальному напряжению (размеры округлить до целого сантиметра).
3. Составить эпюру σ в опасном сечении балки (с учетом назначенных размеров).
4. Составить эпюру τ в сечении, где действует наибольшая поперечная сила. Сравнить наибольшее касательное напряжение с допускаемым значением.

Задача № 30

Подобрать стальной двутавр для схемы, изображенной на рис. 25.

Данные

Схему взять из таблицы 30 I, размеры из таблицы 30 II.
 $l = 6$ м, $P = 4$ Т и $q = P/l$.

Т а б л и ц а 30 I

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5

а, в с (м) Т а б л и ц а 30 II

№ схемы	а	в				
		1;6	2;7	3;8	4;9	5;0
1;6	а	0,6	1,2	0,6	1,2	0,6
	б	3,6	3,0	4,2	3,6	4,8
	с	1,5	1,2	1,5	1,2	1,5
2;7	а	1,2	0,6	1,2	0,6	0,6
	б	4,2	4,2	3,6	3,6	4,8
	с	1,5	1,2	1,5	1,2	1,2
3;8	б	5,4	4,5	5,1	4,2	4,8
	с	1,5	1,2	1,5	1,5	1,2
4;9	б	4,2	5,1	4,5	5,4	4,8
	с	1,5	1,2	1,5	1,2	1,5
5;0	б	5,4	4,5	5,1	4,2	4,8
	с	1,5	1,2	1,5	1,2	1,2

Требуемый ход решения

1. Для определения наибольших Q и M составить их эпюры.
2. По допускаемому нормальному напряжению подобрать из таблицы сортамента двутавр.
3. Составить эпюру σ в опасном сечении выбранного двутавра.
4. Определить наибольшее τ в том сечении, где действует наибольшая поперечная сила, и сравнить с допускаемым значением.

Задача № 3I

Подобрать круглое поперечное сечение для стальной балки, изображенной на рис. 26.

Данные

$l = 80$ см, $P = 300$ кг и $M = 2aP$. Схему и значение a взять из таблицы 3I.

Т а б л и ц а 3I

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	2	3	1	5	6	4	8	9	7	0 ₂
B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a (см)	28	16	24	12	20	28	16	24	12	20

Требуемый ход решения

1. Для определения наибольших Q и M составить их эпюры.
2. По допускаемому нормальному напряжению подобрать диаметр балки (с округлением до 5 мм).
3. Составить эпюру σ в опасном сечении балки.
4. Определить наибольшее τ в том сечении, где действует

наибольшая поперечная сила, и сравнить с допускаемым значением.

Задача № 32

Чугунная балка с поперечным сечением, изображенным на рис. 17, используется как консоль длиной $l = 15$ а. К концу консоли прилагается сосредоточенная сила P , действующая в плоскости симметрии. Определить допускаемую величину этой силы.

Данные взять из задачи 17.

Допускаемые напряжения для чугуна:

при растяжении 400 кг/см^2 ,

при сжатии 1400 кг/см^2 .

Требуемый ход решения

1. Представить чертеж поперечного сечения балки и его характеристики, необходимые для расчета на изгиб.

2. По допускаемым напряжениям при растяжении и сжатии определить допускаемый изгибающий момент. Привести соответствующую эпюру нормальных напряжений.

3. Определить допускаемую силу P .

4. Найти касательные напряжения на нулевой линии.

Задача № 33

Составной стержень из мягкой стали с поперечным сечением по рис. 19 нагружается в вертикальной плоскости симметрии.

Определить допускаемые внутренние силовые факторы $[M]$ и $[Q]$ и дать заключение о допустимости их совместного действия.

Данные

Предел текучести стали $\sigma_T = 2400 \text{ кг/см}^2$, коэффициент запаса назначить самостоятельно. Данные о поперечном сечении взять из задачи № 19.

Требуемый ход решения

1. Представить чертёж поперечного сечения и привести его характеристики, необходимые для расчёта на изгиб.
2. По допускаемому напряжению при изгибе определить допускаемый изгибающий момент (предполагая, что другие внутренние силовые факторы отсутствуют). Построить соответствующую эпюру напряжений.
3. По допускаемому напряжению при сдвиге определить допускаемую поперечную силу (предполагая, что остальные внутренние силовые факторы отсутствуют). Построить соответствующую эпюру τ в пределах стенки.
4. Вычертить кубик напряжений в точке К поперечного сечения от совместного действия $[M]$ и $[Q]$. Определить главные напряжения и главные площадки в этой точке и изобразить их на рисунке.
5. Найти эквивалентное напряжение в точке К и дать оценку о допустимости совместного действия $[M]$ и $[Q]$.

Задача № 34

Спроектировать стальную балку круглого переменного поперечного сечения (рис. 34) и определить экономию материала по сравнению с балкой постоянного сечения.

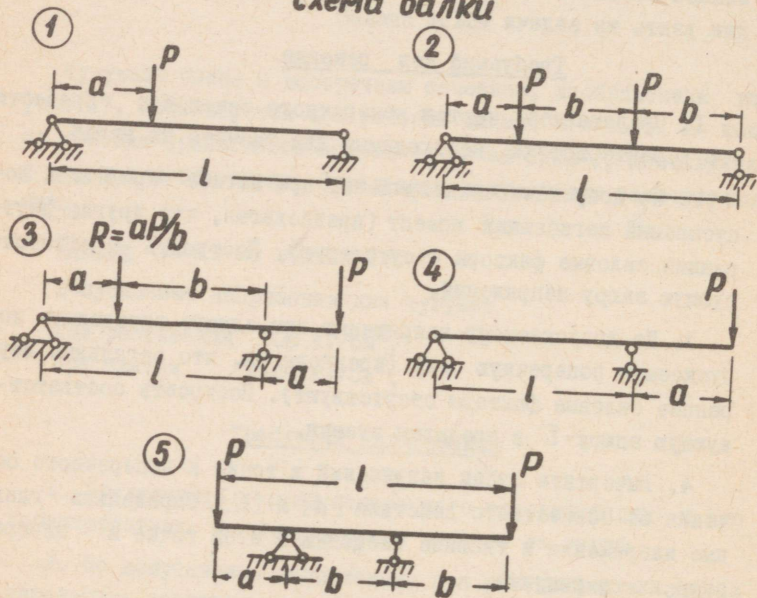
Данные

$l = 100 \text{ см}$ и $P = 2000 \text{ кг}$. Остальные данные взять из таблиц 34 I и 34 II.

Требуемый ход решения

1. Составить эпюры Q и M .

Схема балки



Пример решения

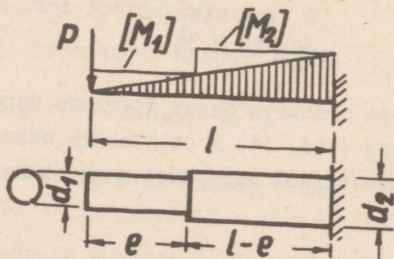


Рис. 34.

Таблица 34 I

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Таблица 34 II
а (см)

B	1;6		2;7		3;8		4;9		5;0	
A	1-5	6-0	1-5	6-0	1-5	6-0	1-5	6-0	1-5	6-0
Схема 1	45	35	25	40	30	45	35	25	40	30
Схема 2	30	40	35	25	20	30	40	35	25	20
Схема 3	45	35	25	40	30	45	25	25	40	30
Схема 4	30	40	35	25	20	30	35	35	25	20
Схема 5	20	30	40	25	35	20	40	40	25	35

2. Подобрать по условию прочности два различных поперечных сечения с отношением диаметров $d_1/d_2 = 4/3$.

3. Определить допускаемый изгибающий момент для каждого сечения и нанести на эпюру изгибающих моментов эпюру допускаемых моментов (см. пример на рис. 34). Показать на схеме длину частей с большей и меньшей жесткостями.

4. Найти экономию материала по сравнению с балкой постоянного сечения.

5. Определить прогиб балки в точке приложения силы P .

Задача № 35

Подобрать из условий прочности и жесткости поперечное сечение для балки (рис. 35) в трех вариантах:

а) круглое из дерева;

б) прямоугольное (с отношением сторон $h/b = 1,5$) из дерева;

в) двутавровое стальное.

Данные взять из таблицы 35. $\ell = 3$ с. Допускаемый прогиб $[f]$ для простой балки $\ell/500$, для консоли $\ell/250$.

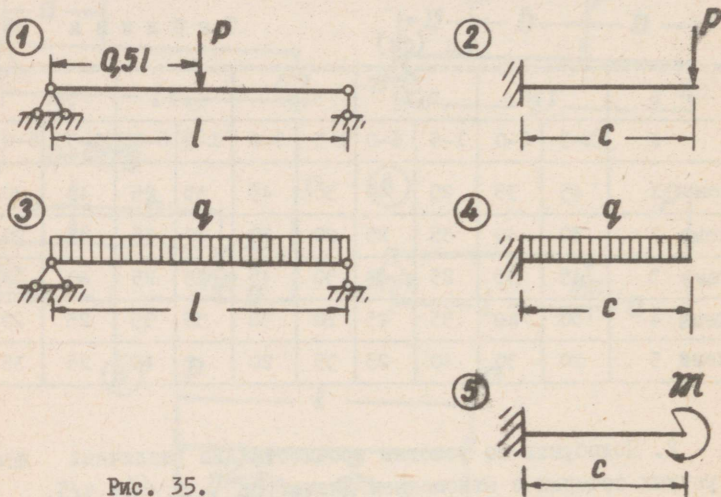


Рис. 35.

Таблица 35

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ℓ (м)	3	1,5	3	1,5	3	5	2,5	5	2,5	5
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P (кГ)	600	800	1000	700	900	600	800	1000	700	900
q (кГ/м)	500	700	900	600	800	400	600	800	500	700

Требуемый ход решения

I. Составить эпюры Q и M .

2. Подобрать сечения из условия прочности.

3. Проверить, удовлетворяется ли условие жесткости при подобранных сечениях. Если нет, то подобрать новое сечение.

Примечание. Прогибы разрешается определять по формулам, приведенным в справочниках (с обязательным указанием источника).

Задача № 36

Подобрать круглое поперечное сечение для деревянной балки, изображенной на рис. 24. Определить поворот и вертикальное перемещение сечения, в котором приложена сосредоточенная сила.

Данные взять из задачи № 24.

Требуемый ход решения

1. Представить эпюры Q и M .

2. Определить из условия прочности диаметр поперечного сечения.

3. Найти перемещения поперечного сечения.

Задача № 37

Подобрать стальной двутавр для балки, изображенной на рис. 25. Определить перемещения поперечного сечения, в котором приложена сосредоточенная сила, а также наибольший прогиб между опорами.

Данные взять из задачи № 25.

Требуемый ход решения

1. Представить эпюры Q и M .

2. Определить по допускаемому напряжению при изгибе номер двутавра.

3. Определить угловое и линейное перемещения поперечного сечения.

4. Определить наибольший прогиб между опорами.

Указание. Наибольший прогиб имеет место в той точке балки, в которой поворот сечения равен нулю. Для нахождения этой точки приравнять нулю выражения углов поворота для тех участков, на которых предполагается наличие наибольшего прогиба, и решить полученные уравнения путем последовательных попыток. На искомом участке решение имеет вещественное и положительное значение.

Задача № 38

Подобрать равностороннее треугольное сечение для стальной балки (рис. 26) и составить схему упругой линии.

Данные

Схему балки взять из таблицы 38. $l = 120$ см, $P = 200$ кг и $M = 2aP$. Нагрузка действует в плоскости симметрии.

Т а б л и ц а 38

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	3	1	2	6	4	5	9	7	8	0 ₃
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
а (см)	36	24	42	30	18	36	24	42	30	18

Требуемый ход решения

1. Представить эпюры Q и M .

2. Определить по допускаемому напряжению при изгибе размеры поперечного сечения (с округлением до целого миллиметра).

3. Вычислить угловые и линейные перемещения сечений, в которых приложены нагрузки.

4. По найденным перемещениям составить схему упругой линии балки.

Задача № 39

Определить размеры стального квадратного профиля для консоли (рис. 27), если нагрузка действует по диагонали сечения. Найти угловое и линейное перемещения конца консоли.

Данные

Схему консоли и длину a взять из таблицы 39. $l = 2$ м,
 $P = 300$ кГ, $q_1 = P/a$ и $\max q_2 = 2q_1$.

Т а б л и ц а 39

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
а (м)	1,0	0,5	1,2	0,7	0,6	0,9	0,4	1,3	0,8	0,5

Требуемый ход решения

1. Составить эпюры Q и M .
2. Подобрать из условия прочности сечение.
3. Определить угловое и линейное перемещения конца консоли.

Задача № 40

Составить эпюру изгибающих моментов для статически неопределимой балки (рис. 40) и подобрать стальной двутавр.

Данные

Схема балки соответствует индексу А. $l = 6$ м. Остальные данные взять из таблицы 40.

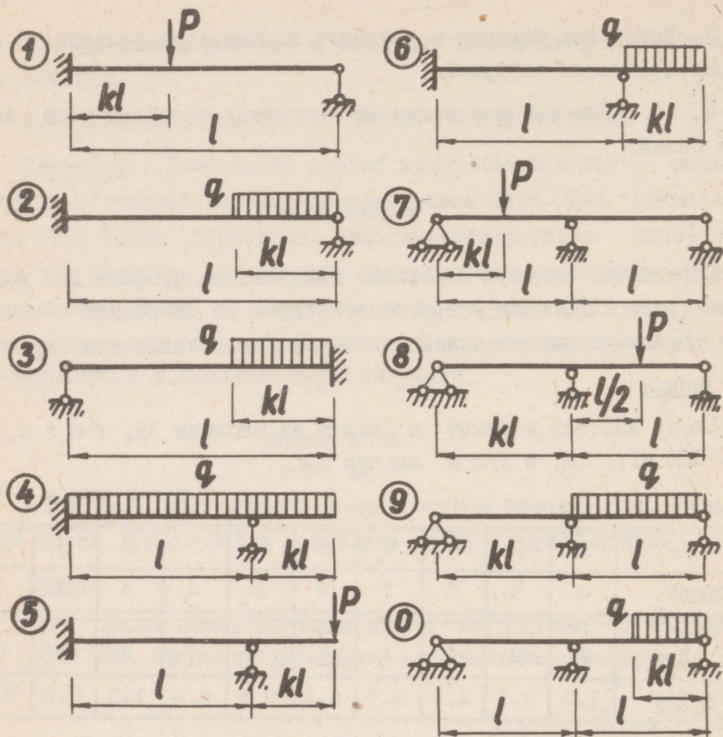


Рис. 40.

Таблица 40

В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
к	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Р (Т)	3					6				
q (Т/м)	2					4				

Требуемый ход решения

I. Выбрать статически определимую основную схему. Для этого устранить из заданной схемы одну подвижную шарнирную опору (которая ниже обозначается буквой С).

2. Определить вертикальное перемещение сечения С основной схемы от заданной нагрузки.

3. Определить вертикальное перемещение сечения С основной схемы от опорной реакции R_C .

Для нахождения перемещений можно пользоваться любым методом (а также готовыми формулами из справочника, но с обязательным указанием источника и страницы).

4. Составить и решить уравнение для определения реакции R_C . (Смысл уравнения: суммарное вертикальное перемещение сечения С от нагрузки и реакции равно нулю)

5. Нагрузив основную схему заданной нагрузкой и найденной опорной реакцией R_C , составить эпюру изгибающих моментов.

6. По наибольшему изгибающему моменту подобрать стальной двутавр.

УП. СЛОЖНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Задача № 4I

Консоль из хвойного дерева (рис. 4I) нагружена равномерно распределенной нагрузкой q , действующей в вертикальной плоскости, и сосредоточенными силами $P = ql$, направленными перпендикулярно к оси.

Подобрать поперечное сечение консоли в двух вариантах:

а) прямоугольное с отношением сторон $h/b = 2$;

б) круглое.

Данные взять из таблицы 4I.

Требуемый ход решения

I. Разложить нагрузку на составляющие, действующие в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

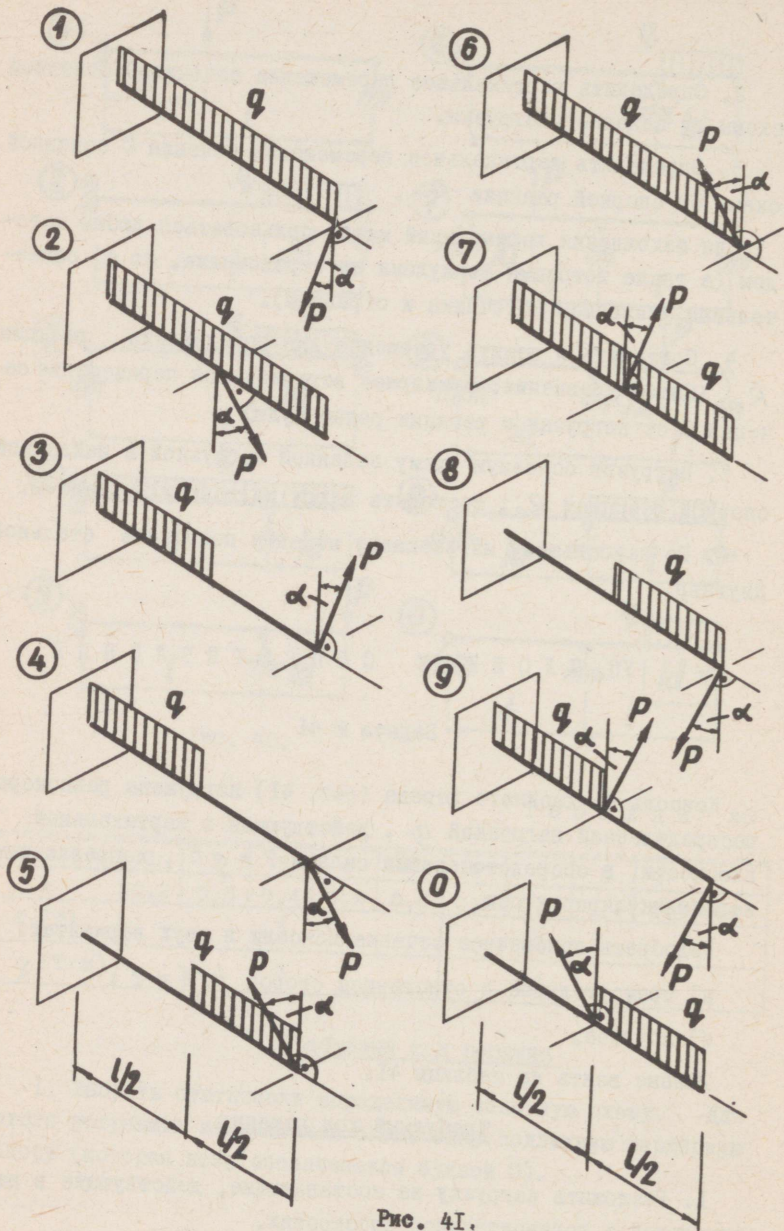


Рис. 41.

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
q (кГ/м)	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
l (м)	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
α°	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65

2. Составить эпюры Q и M в главных плоскостях инерции.

3. Определить размеры поперечных сечений из условия прочности по нормальным напряжениям (размеры округлить до целого сантиметра).

4. Найти наибольшие σ и τ в балке и сравнить с допускаемыми напряжениями.

Задача № 42

Балка (рис. 42) нагружена вертикальной силой P в точке C и горизонтальной силой такой же величины в точке D . На опорах балки могут возникать как вертикальные, так и горизонтальные реакции.

Определить наибольшие нормальные напряжения в поперечном сечении.

Данные

Номер поперечного сечения соответствует индексу А, схема балки индексу В. $c = 0,4l$. Остальные данные взять из таблицы 42.

Требуемый ход решения

I. Составить эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной главной плоскостях инерции.

Поперечное сечение

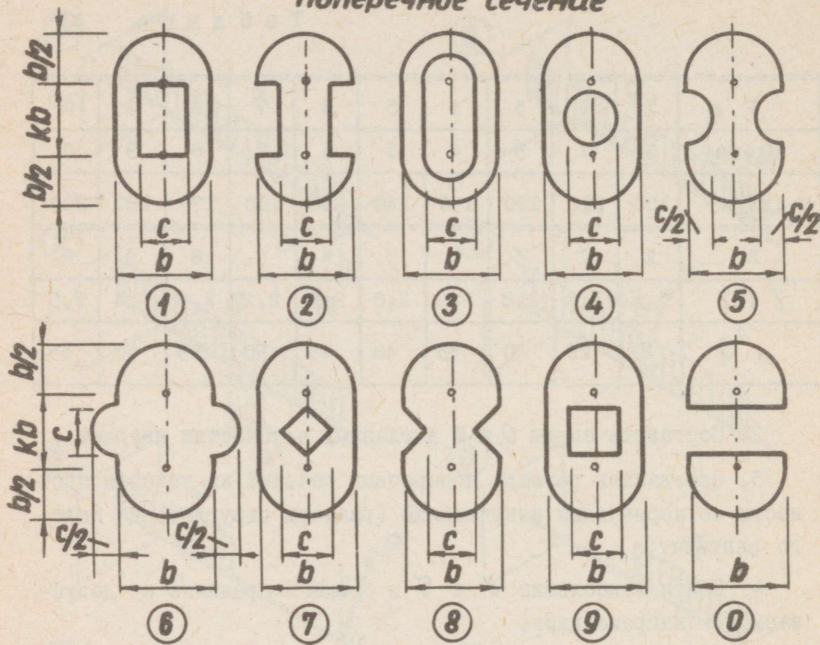


Схема балки

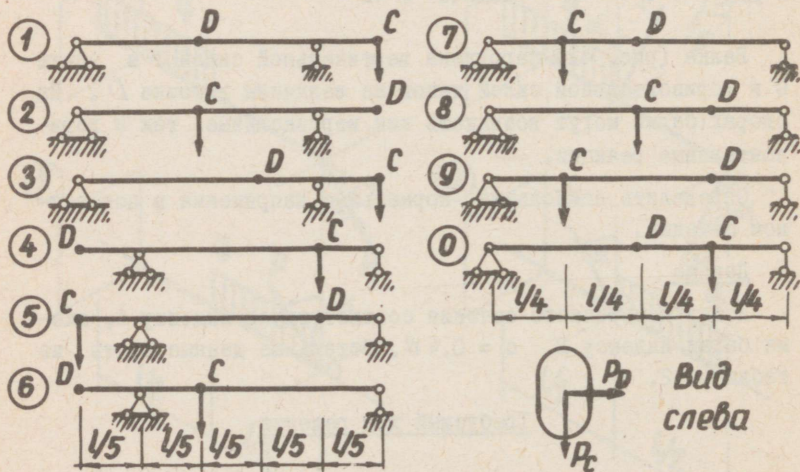


Рис. 42.

Таблица 42

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
l (м)	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
Р (кГ)	550	500	450	400	350	300	250	200	150	100
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
к	1,10	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
в (см)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

2. Определить главные моменты инерции поперечного сечения.

3. Выписать уравнения нулевой линии для возможных опасных сечений.

4. Вычертить поперечное сечение в масштабе и нанести на него нулевую линию (линии).

5. Замерить на рисунке координаты опасной точки (точек).

6. Определить наибольшие нормальные напряжения в поперечном сечении.

Задача № 43

Для поперечного сечения (рис. 43) даны координаты v_p и w_p точки приложения сжимающей силы Р.

Определить допускаемую для стержня силу, если $[\sigma]_p = = 300 \text{ кГ/см}^2$, $[\sigma]_c = 1200 \text{ кГ/см}^2$.

Ввиду малой длины стержня можно не учитывать изменения эксцентриситета от искривления.

Данные взять из таблицы 43.

Требуемый ход решения

I. Найти геометрические характеристики поперечного сечения.

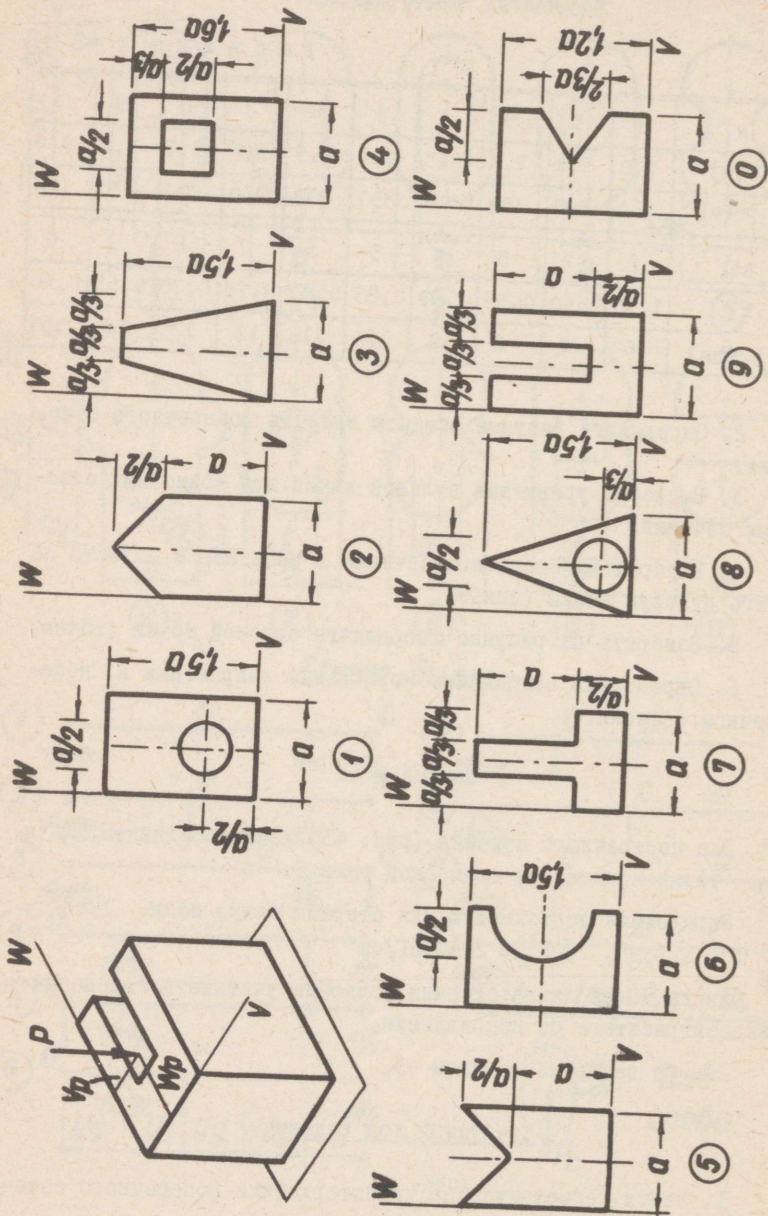


Рис. 43.

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
v_p (см)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a (см)	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40
w_p (см)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45

2. Оценить расположение возможных опасных точек.

3. Определить допускаемую нагрузку по условию прочности в наиболее опасной точке.

4. Определить напряжения в характерных точках поперечного сечения и представить эпюру суммарных напряжений.

Задача № 44

К невысокому столбу приложена сила $P = 6$ Т (рис. 43). Определить наибольшее сжимающее и наибольшее растягивающее напряжения в поперечном сечении.

Данные взять из таблицы 44.

Таблица 44

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	0	9	8	7	6	5	4	3	2	I
v_p (см)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
B	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a (см)	40	35	30	25	20	40	35	30	25	20
w_p (см)	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0

1. Найти геометрические характеристики поперечного сечения.
2. Определить напряжения в характерных точках поперечного сечения от каждого внутреннего силового фактора в отдельности и представить результаты в виде эпюр.
3. Определить расположение нулевой линии.
4. Найти наибольшее сжимающее и наибольшее растягивающее напряжения и представить результаты в виде суммарной эпюры напряжений.

Задача № 45

Через трансмиссионный вал (рис. 45) передается со шкива I на шкив 2 мощность N квт.

Определить диаметр вала, если $[\sigma] = 800 \text{ кг/см}^2$.

Данные

Диаметры шкивов 30 и 50 см. Длина $a = 30 \text{ см}$. Скорость вращения вала $n = 1000 \text{ об/мин}$. Остальные данные взять из таблицы 45.

Т а б л и ц а 45

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
N (квт)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
α_1°	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270
α_2°	270	240	210	180	150	120	90	60	30	0

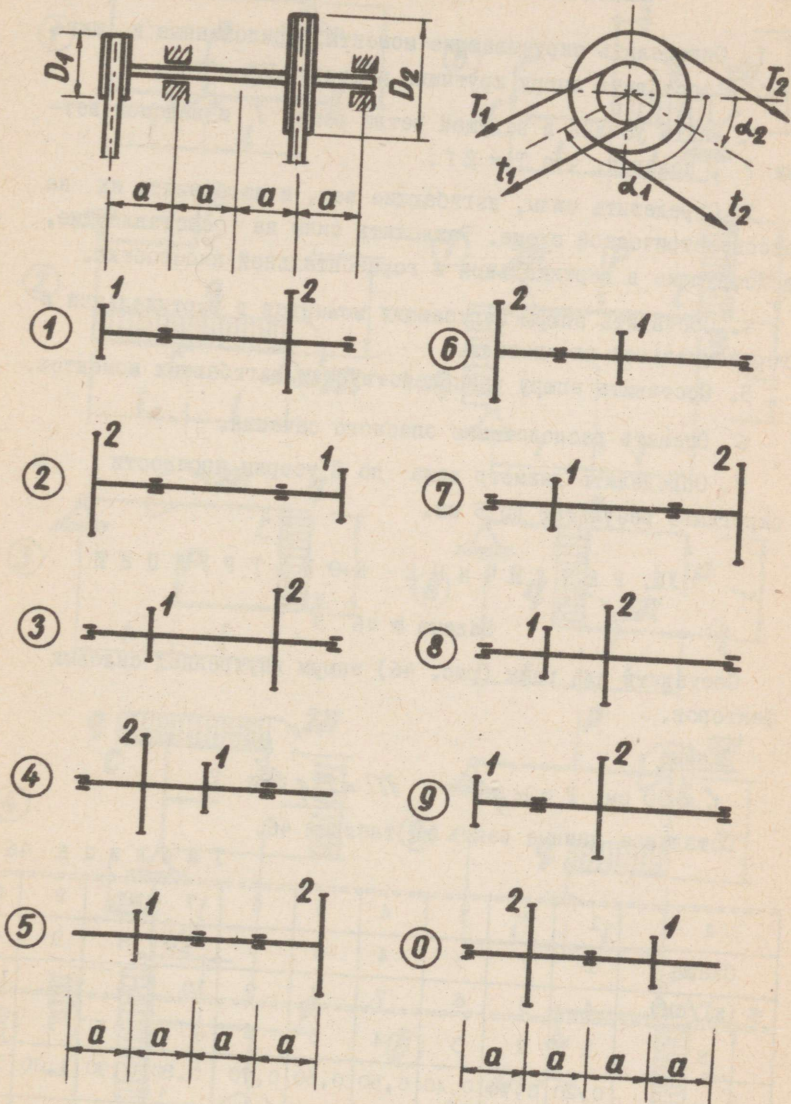


Рис. 45.

Требуемый ход решения

1. Определить скручивающие моменты, приложенные к шкивам, и составить эпюру крутящих моментов.
2. Найти усилия в ведущей ветви ремня T и ведомой ветви t , полагая, что $T = 2t$.
3. Определить силы, изгибающие вал, и изобразить их на аксонометрической схеме. Разложить силы на составляющие, действующие в вертикальной и горизонтальной плоскостях.
4. Составить эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях.
5. Составить эпюру равнодействующих изгибающих моментов.
6. Оценить расположение опасного сечения.
7. Определить диаметр вала по III теории прочности и округлить результат до 5 мм.

УШ. РАЗЛИЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Задача № 46

Составить для рамы (рис. 46) эпюры внутренних силовых факторов.

Данные

$$l = 50 \text{ см}, P = \alpha q l \text{ и } M = \beta q l^2.$$

Остальные данные взять из таблицы 46.

Т а б л и ц а 46

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
q (кГ/см)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
α	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10
β	1,20	1,10	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30

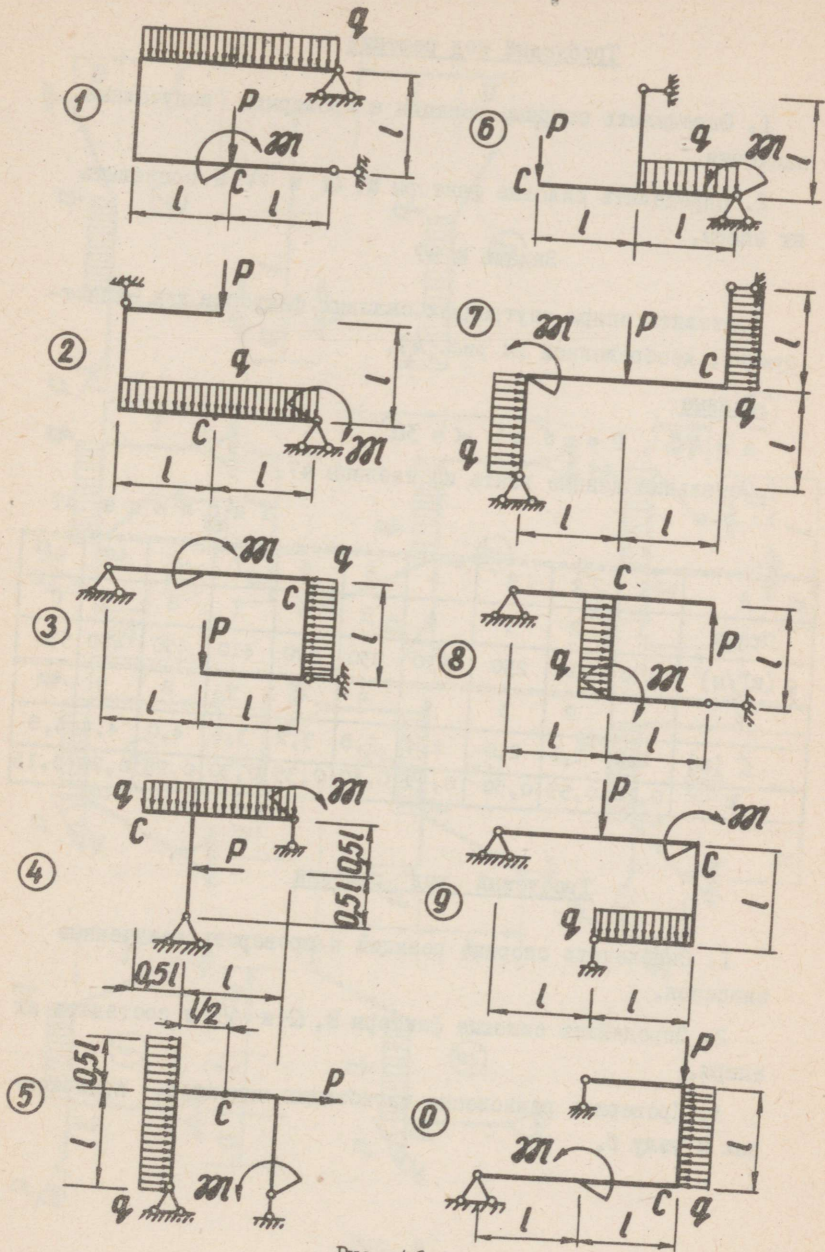


Рис. 46.

Требуемый ход решения

1. Определить опорные реакции и проверить полученные значения.

2. Определить силовые факторы M , Q и N и составить их эпюры.

Задача № 47

Составить эпюры внутренних силовых факторов для конструкции, изображенной на рис. 47.

Данные

$$a = k\ell, \quad P = q\ell \quad \text{и} \quad \alpha = 30^\circ.$$

Остальные данные взять из таблицы 47.

Т а б л и ц а 47

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
q (кГ/м)	170	210	250	290	330	370	410	450	490	530
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ℓ (м)	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8
к	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15

Требуемый ход решения

1. Определить опорные реакции и проверить полученные значения.

2. Определить силовые факторы M , Q и N и составить их эпюры.

3. Проверить равновесие изгибающих моментов, приложенных к узлу С.

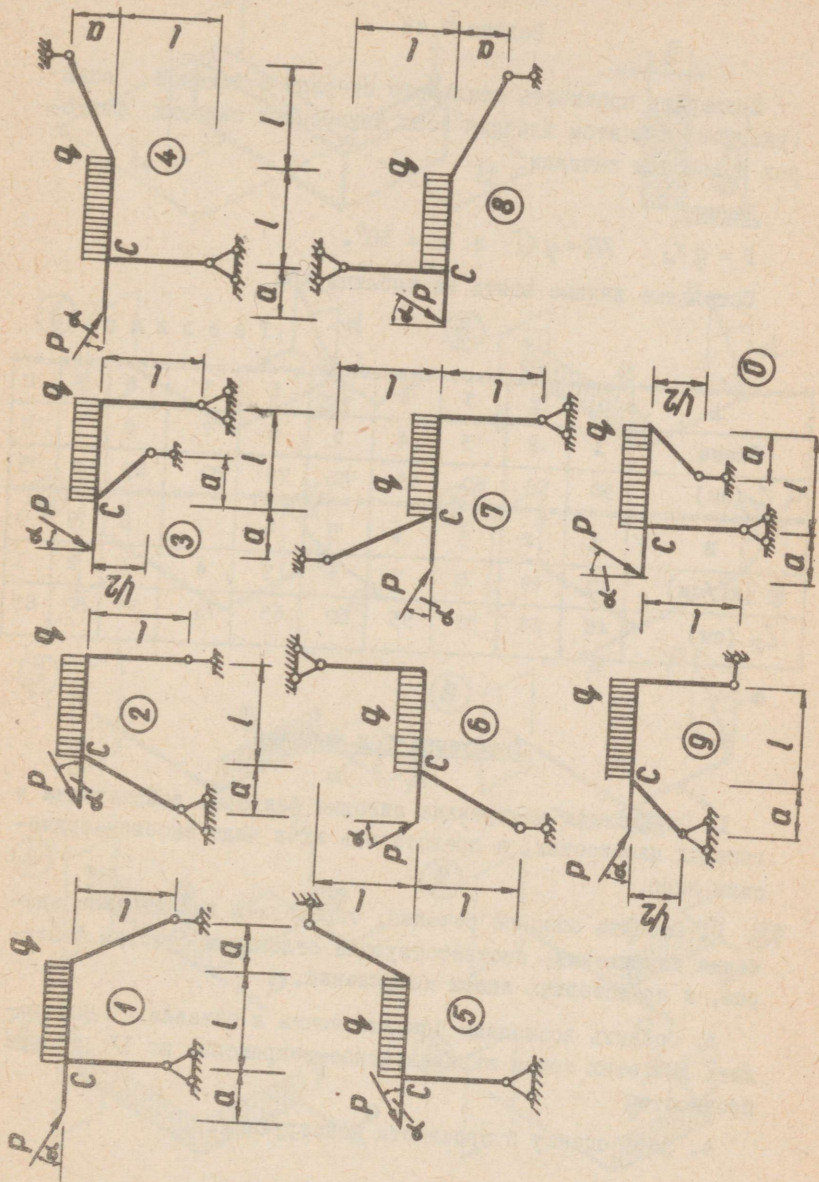


Рис. 47.

Задача № 48

Проверить прочность стального стержня с ломаной осью (рис. 48) с учетом влияния всех внутренних силовых факторов в опасном сечении.

Данные

$$P = q \ell_2, \quad M = q \ell_2^2 \quad \text{и} \quad \alpha = 30^\circ.$$

Остальные данные взять из таблицы 48.

Т а б л и ц а 48

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ℓ_1 (см)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
q (кг/см)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ℓ_2 (см)	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85

Требуемый ход решения

1. Определить внутренние силовые факторы, действующие в главных плоскостях, и представить их в виде аксонометрических эпюр.

2. Оценить опасное сечение, определить характерные значения напряжений, соответствующие отдельным силовым факторам, и представить эпюры напряжений.

3. Оценить возможные опасные точки в сечении. Определить для этих точек эквивалентное напряжение по IV теории прочности.

4. Дать оценку о прочности конструкции.

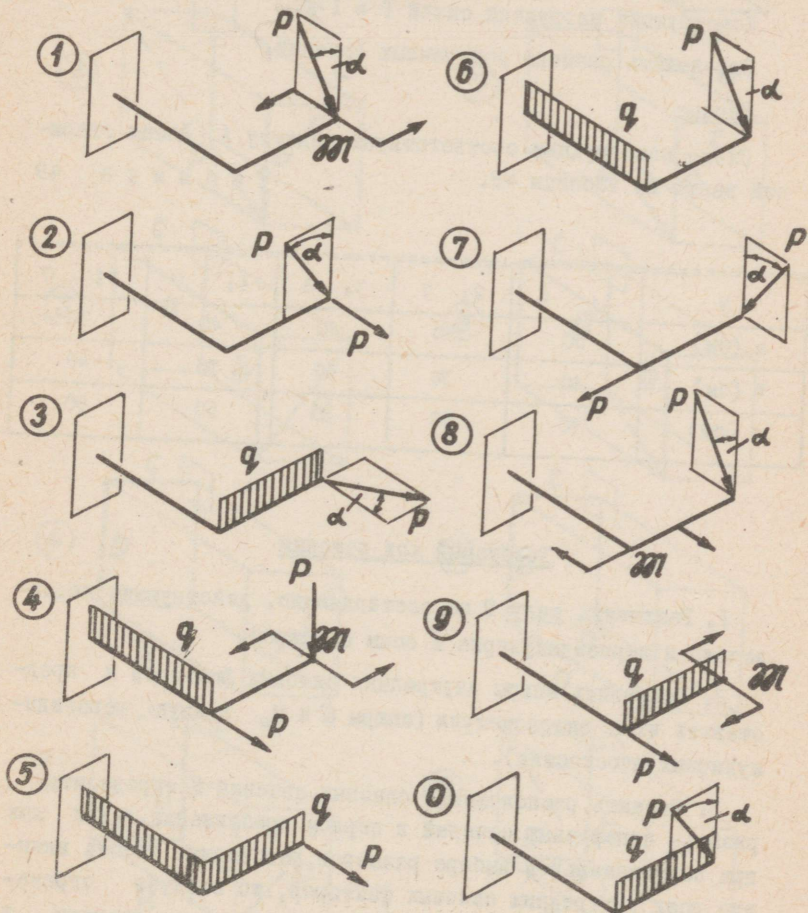
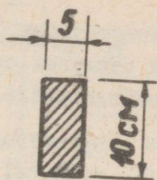
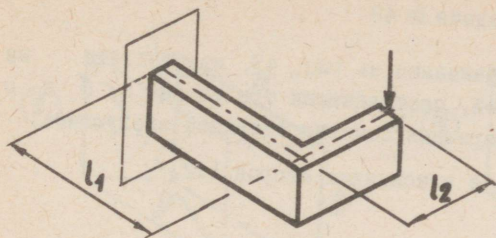


Рис. 48.

Задача № 49

Конструкция, изображенная на рис. 49, изготовлена из трех стальных стержней, составляющих три ребра a , b и c параллелепипеда. Поперечные сечения стержней следующие:

- a - прямоугольное с отношением сторон $1:2$,
- b - круглое,
- c - квадратное.

Конструкция нагружена силой $P = 1 \text{ Т}$.

Определить размеры поперечных сечений.

Данные

Схема конструкции соответствует индексу А. Длины стержней взять из таблицы 49.

Т а б л и ц а 49

В	1; 6	2; 7	3; 8	4; 9	5; 10
a (см)	50	50	40	40	30
b (см)	40	30	50	30	40
c (см)	30	40	30	50	50

Требуемый ход решения

1. Разложить силу P на составляющие, действующие параллельно и перпендикулярно к осям стержней.

2. Составить эпюры внутренних силовых факторов и представить их в аксонометрии (эпюры Q и M_x в двух перпендикулярных плоскостях).

3. Оценить расположение опасных сечений и определить размеры поперечных сечений в первом приближении. Так как при первоначальном выборе размеров невозможно учесть влияние всех внутренних силовых факторов, то следует ограничиться одними моментами и округлить полученные размеры в большую сторону.

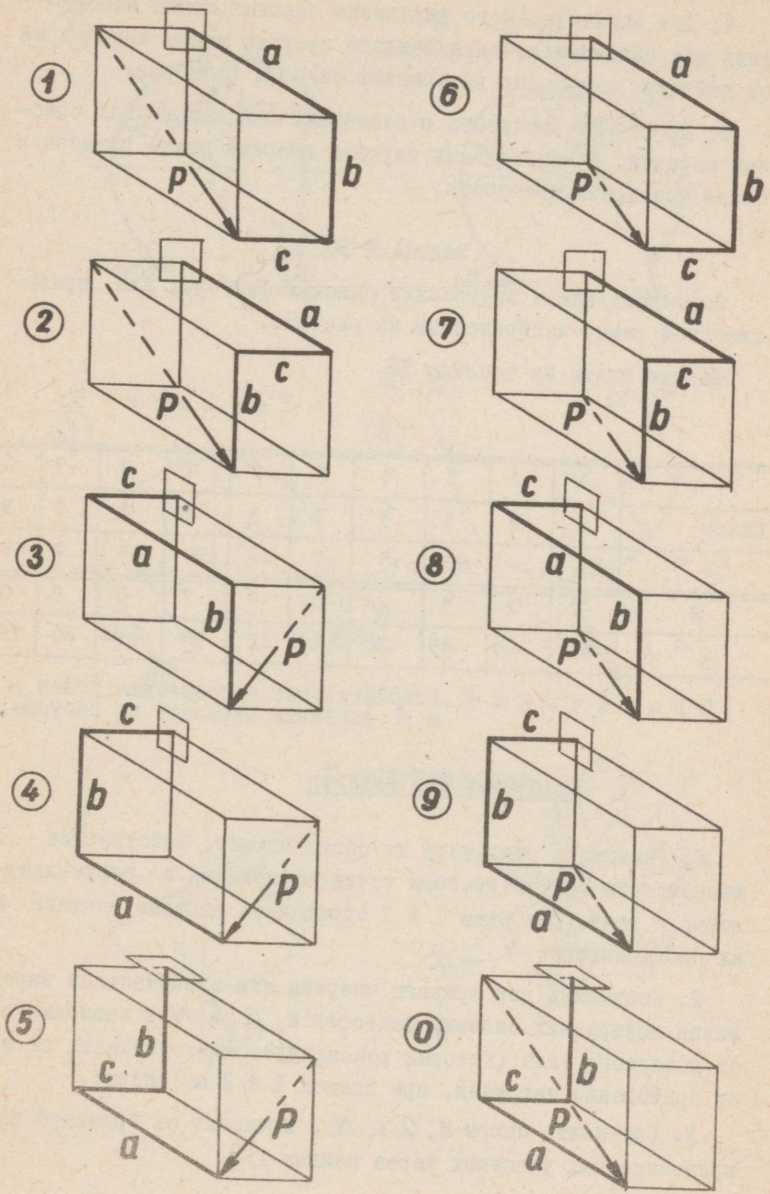


Рис. 49.

4. Для окончательного выяснения опасных точек изобразить для опасного сечения каждого стержня эпюры напряжений от действия отдельных внутренних силовых факторов.

5. Проверить прочность в возможных опасных точках опасных сечений. В необходимых случаях выбрать новые размеры и снова проверить прочность.

Задача № 50

Составить эпюры внутренних силовых факторов для криволинейной рамы, изображенной на рис. 50.

Данные взять из таблицы 50.

Т а б л и ц а 50

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1	2	3	3	3	3	3	4	5	5
α°	-	-	-90	-45	0	45	90	45	0	45
B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
β°	-75	-60	-45	-30	-15	15	30	45	60	75

П р и м е ч а н и е. Положительные направления углов α и β показаны стрелкой на рисунке.

Требуемый ход решения

1. Разложить нагрузку на составляющие, действующие в направлении радиус-вектора точки приложения и перпендикулярно к нему. Для схем 1 и 2 определить опорные реакции и их составляющие.

2. Составить для кривого стержня или его участков выражения внутренних силовых факторов M , Q и N в зависимости от полярного угла (который рекомендуется отсчитывать от точки приложения нагрузки, при схемах 1 и 2 от опоры).

3. Составить эпюры M , Q и N , вычислив их ординаты на криволинейных участках через каждые 15° .

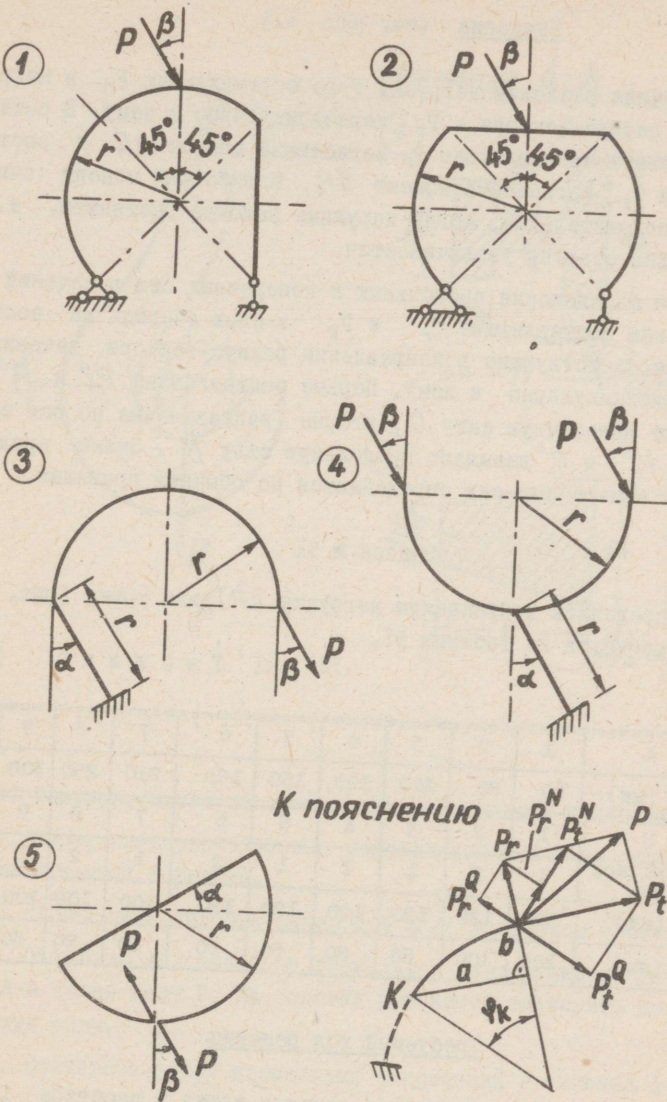


Рис. 50.

Сначала разложим нагрузку P на составляющую P_r в направлении радиус-вектора и P_t перпендикулярно к нему. В сечении K вызывает составляющая P_r изгибающий момент aP_r и составляющая P_t изгибающий момент ϵP_t . Изгибающий момент считается положительным, когда наружные волокна растянуты, т.е. кривизна стержня увеличивается.

Для определения продольных и поперечных сил в сечении K разложим составляющие P_r и P_t в свою очередь на составляющие, действующие в направлении радиус-вектора сечения K и перпендикулярно к нему. Первые составляющие P_r^a и P_t^a вызывают поперечную силу Q , вторые (направленные по оси стержня) P_r^N и P_t^N вызывают продольную силу N . Знаки продольных и поперечных сил определяются по обычным правилам.

Задача № 5I

Определить допускаемую нагрузку $[P]$ для крюка (рис. 5I).
Данные взять из таблицы 5I.

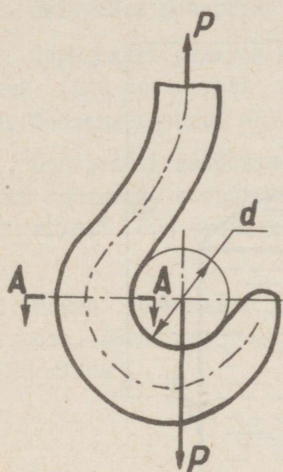
Т а б л и ц а 5I

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
d (мм)	60	80	100	120	150	180	200	250	300	400
B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Поперечное сечение	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
h (мм)	120	120	120	120	120	120	100	100	100	100
b (мм)	100	100	80	80	60	60	60	80	60	60

Требуемый ход решения

1. Вычертить поперечное сечение крюка в масштабе 1:2.

2. Определить геометрические характеристики поперечного сечения: площадь, расположение центра тяжести и главный центральный момент инерции.



Сечение А-А

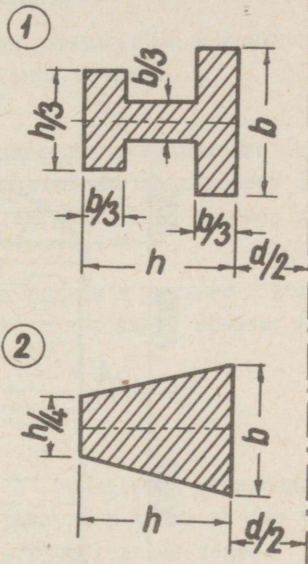
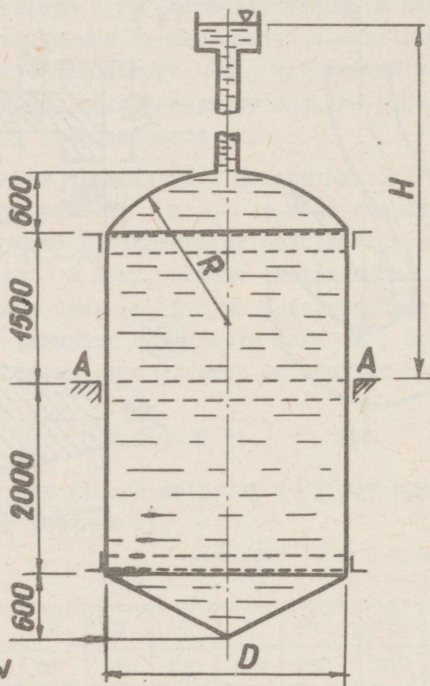


Рис. 5I.

3. Оценить, имеет ли криск малую или большую кривизну.
4. Определить расположение нейтральной линии по точной и приближенной формулам.
5. Определить силовые факторы M и N в опасном сечении.
6. Выразить максимальное нормальное напряжение в сечении А-А через силу P . Из условия прочности вычислить допускаемую силу.
7. Составить эпюру нормальных напряжений в сечении А-А:
 - а) по теории изгиба кривого стержня;
 - б) по теории изгиба прямого стержня.

Задача № 52

Рассчитать резервуар, изображенный на рис. 52.



Размеры
в мм

Рис. 52.

Данные

Толщина стенки резервуара $\delta = 4$ мм. Удельный вес жидкости $\gamma = 0,8$ Г/см³. Диаметр резервуара D и высоту переливного бачка H взять из таблицы 52.

Т а б л и ц а 52

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
· D (м)	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0
В	1,6	2,7	3,8	4,9	5,0					
Н (м)	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5					

Требуемый ход решения

1. Вычертить резервуар в масштабе.
2. Определить радиусы кривизны сферической и конической частей (для последней в отдельных точках).
3. Составить эпюры σ_m и σ_t .
4. Определить наибольшее эквивалентное напряжение по IУ теории прочности и сравнить с допускаемым напряжением $[\sigma] = 500 \text{ кг/см}^2$. При необходимости выбрать новую толщину стенки.
5. Найти внутреннее усилие в нижнем и верхнем кольцах жесткости. Подобрать номер уголка для кольца, приняв $[\sigma] = 1000 \text{ кг/см}^2$.

Указание

Расчет напряжений начинается с определения меридиональных напряжений σ_m . Для этого резервуар делят на две части сечением, перпендикулярным к оси и проходящим через рассматриваемую точку. Сумма проекций на ось резервуара внешних и внутренних усилий, действующих на любую половину, должна равняться нулю. К внешним усилиям относятся:

- а) вес жидкости в рассматриваемой части;
- б) давление жидкости в плоскости сечения;
- в) у одной части (нижней или верхней) опорная реакция (резервуар опирается по окружности А-А).

Собственным весом резервуара и весом жидкости в переливной трубе можно пренебречь, однако непременно следует учитывать влияние жидкости в переливной трубе на давление в жидкости.

После определения меридиональных напряжений σ_m можно найти окружные напряжения σ_t из уравнения Лапласа.

Задача № 53

Определить требуемую стрелу провисания провода при монтаже и растягивающее усилие в проводе.

Данные

Точки подвеса расположены на одном уровне с расстоянием между ними (пролетом) l . Провод — одножильный, стальной диаметром d мм. Допускаемое напряжение $[\sigma] = 1000 \text{ кг/см}^2$. Монтаж выполняется при температуре t °С. Минимальная возможная температура — 30°С. Дополнительная нагрузка от обледенения I Г/см.

Значения l , d и t взять из таблицы 53.

Т а б л и ц а 53

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
l (м)	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
В	1;6		2;7		3;8		4;9		5;0	
d (мм)	4		4		5		5		5	
t °С	10		20		0		10		20	

Требуемый ход решения

1. Определить минимальную стрелу провисания для наиболее опасного состояния.

2. Определить минимальную начальную стрелу провисания при монтаже.

3. Найти растягивающее усилие в проводе, соответствующее минимальной начальной стреле провисания.

Задача № 54

Определить поперечное сечение балки (рис. 54) и найти с помощью интеграла Мора перемещения (вертикальное и угловое) двух сечений: в конце консольной части и в точке приложения сосредоточенной силы (в случае отсутствия силы в точке приложения момента). При расчете перемещений ограничиться влиянием на деформации одних изгибающих моментов.

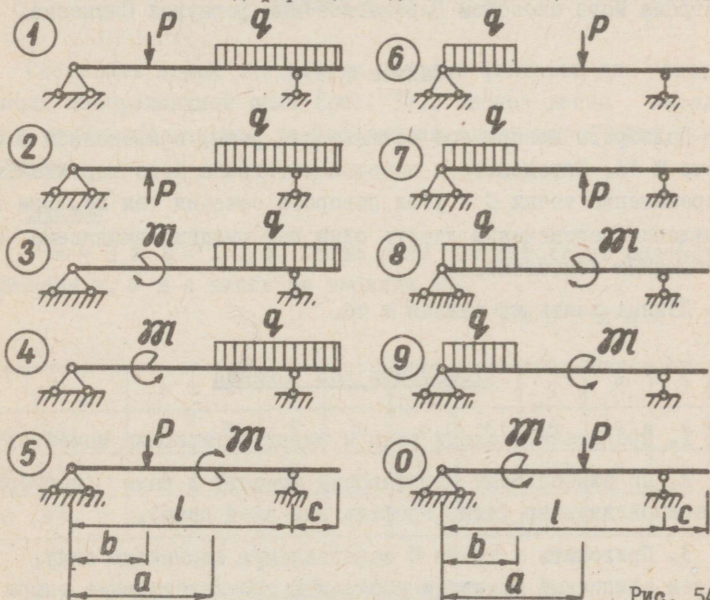


Рис. 54.

Данные

$P = 8 \text{ Т}$, $q = 3 \text{ Т/м}$, $M = 5 \text{ Тм}$, $l = 5 \text{ м}$ и $c = 1 \text{ м}$. Схема нагрузки соответствует индексу А. Остальные данные взять из таблицы 54.

Таблица 54

В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
а (м)	1,4	1,4	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,6	3,6
в (м)	2,4	3,6	1,0	3,0	4,0	1,0	2,0	4,0	1,4	2,6

Требуемый ход решения

1. Составить эпюры Q и M .
2. По наибольшему изгибающему моменту подобрать стальной двутавр.
3. Приложить единичную силу или единичный момент соответственно в тех сечениях, в которых определяются линейное или угловое перемещения, и составить эпюры изгибающих моментов.
4. Определить перемещения, пользуясь при вычислении интеграла Мора способом Верещагина или формулой Симпсона.

Задача № 55

Подобрать поперечное сечение для рамы, приведенной в задаче № 46. Определить с помощью интеграла Мора вертикальное перемещение точки C и угол поворота сечения там же. При нахождении перемещений учесть одни деформации, вызванные изгибающими моментами.

Данные взять из задачи № 46.

Требуемый ход решения

1. Представить схему рамы и эпюру изгибающих моментов.
2. По наибольшему изгибающему моменту в раме подобрать стальной двутавр (один профиль для всей рамы).
3. Приложить в точке C вертикальную единичную силу, а затем единичный момент и составить соответствующие эпюры изгибающих моментов.
4. Определить требуемые перемещения.

Задача № 56

Определить с помощью интеграла Мора вертикальное перемещение свободного конца конструкции, приведенной в задаче № 49. Учесть влияние на деформации всех внутренних силовых факторов.

Требуемый ход решения

1. Представить схему конструкции и эпюры всех внутренних силовых факторов.
2. Приложить к свободному концу рамы вертикальную единичную силу и составить эпюры внутренних силовых факторов.
3. Определить вертикальное перемещение свободного конца от каждого внутреннего силового фактора в отдельности и сложить результаты.

Задача № 57

Составить эпюры внутренних силовых факторов для статически неопределимой рамы (рис. 57). Расчет вести методом сил, учитывая влияние на деформации одних изгибающих моментов.

Данные

$P = 4 \text{ Т}$ и $q = 1 \text{ Т/м}$. Схема рамы соответствует индексу А. Размеры a , b и c взять из таблицы 57.

Т а б л и ц а 57

В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a (м)	6	6	5	5	4	4	6	5	4	4
b (м)	5	4	6	4	5	6	6	5	4	5
c (м)	4	3	4	3	3	3	4	3	3	2

Требуемый ход решения

1. Выяснить степень статической неопределимости рамы.
2. Выбрать статически определимую основную схему (на схеме показать усилия, соответствующие удаленным связям).
3. Составить эпюры изгибающих моментов для основной схемы от нагрузки и единичных неизвестных.
4. Определить коэффициенты и свободные члены системы уравнений метода сил.

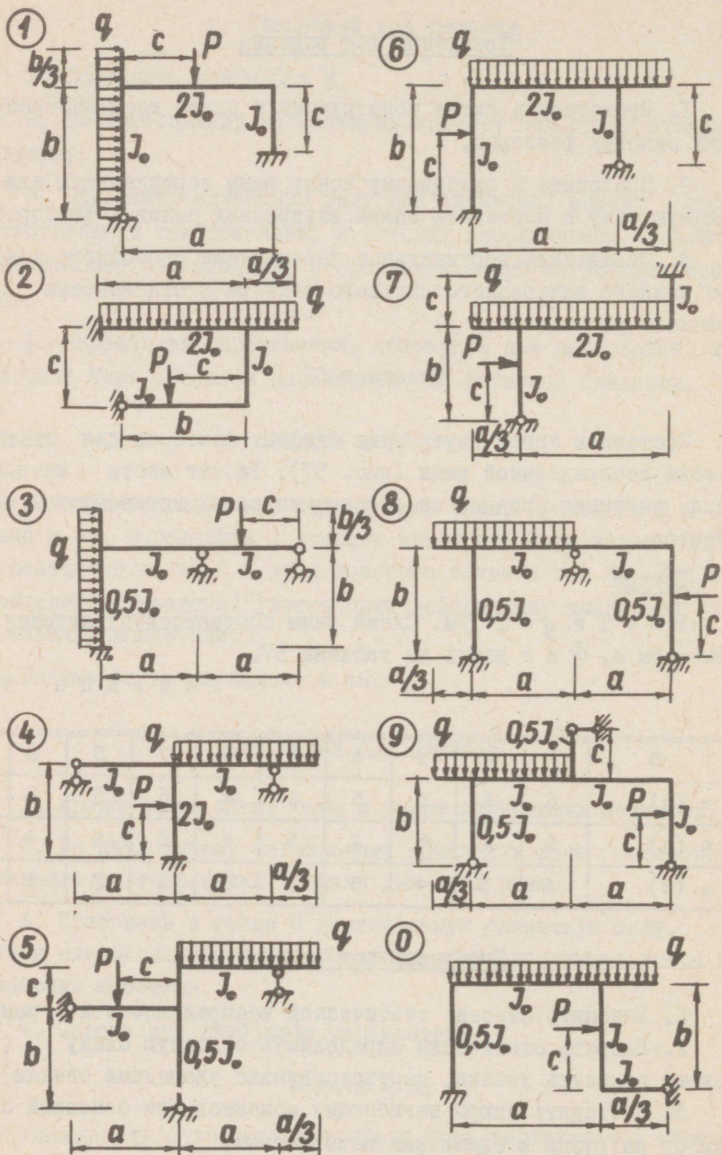


Рис. 57.

5. Выписать каноническую систему уравнений и решить ее.

6. Составить эпюры внутренних силовых факторов для статически неопределимой рамы.

Задача № 58

Составить эпюры внутренних силовых факторов для неразрезной балки (рис. 58) и подобрать сечение.

Данные

$P = 4 \text{ Т}$, $q = 1,2 \text{ Т/м}$ и $a = 1,8 \text{ м}$. Схема балки соответствует индексу А. Расстояния l_1 и l_2 взять из таблицы 58.

Т а б л и ц а 58

В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
l_1 (м)	4,2	4,8	5,4	6,0	4,2	4,8	5,4	4,8	5,4	6,0
l_2 (м)	5,4	4,2	4,2	4,2	6,0	5,4	4,8	6,0	6,0	4,8

Требуемый ход решения

1. Выяснить степень статической неопределимости балки.

2. Разделить неразрезную балку на ряд простых балок и составить для них эпюры изгибающих моментов.

3. Составить систему уравнений трех моментов и решить ее. Для проверки решения подставить найденные значения опорных моментов в исходные уравнения.

4. Вычертить эпюру изгибающих моментов M .

5. Вычертить эпюру поперечных сил Q .

6. Определить опорные реакции в неразрезной балке.

7. По наибольшему изгибающему моменту подобрать стальной двутавр.

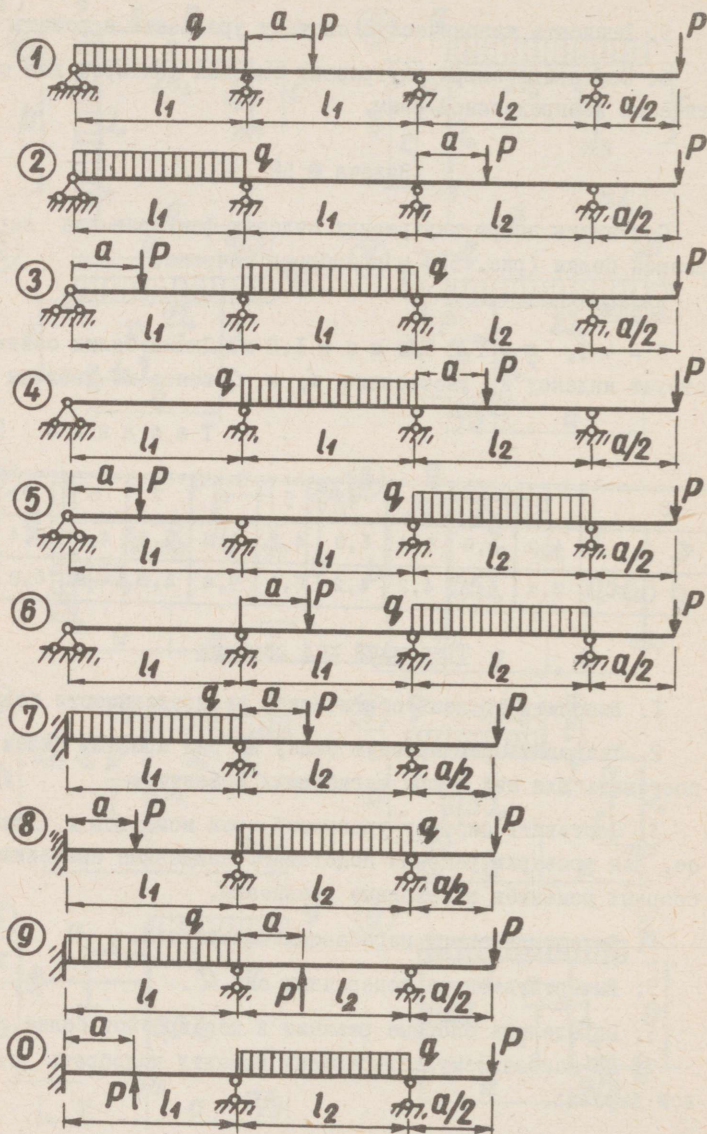


Рис. 58.

X. П Р О Д О Л Ь Н Ы Й И З Г И Б

Задача № 59

Стальной столб длиной 5 м заземлен в обоих концах; поперечное сечение выполнено по рис. 18.

Какую осевую нагрузку можно приложить к столбу?

Данные

Схема поперечного сечения соответствует индексу А. Поперечное сечение составлено из профилей № 20 и листовой стали толщиной 16 мм.

Требуемый ход решения

1. Определить геометрические характеристики поперечного сечения.

2. Найти максимальную гибкость колонны и соответствующее значение коэффициента φ .

3. Определить допустимую нагрузку.

Задача № 60

Подобрать размеры поперечного сечения для стального столба (рис. 60). Данные взять из таблицы 60.

Т а б л и ц а 6 0

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Поперечное сечение	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Р (Т)	20	15	20	40	15	30	30	40	15	30
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Условия крепления	I	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV
l (м)	2,2	1,0	3,0	5,0	1,2	3,7	3,0	1,5	2,3	4,0

Требуемый ход решения

1. Подобрать размеры поперечного сечения в первом приближении, приняв $\varphi = 0,5 \div 0,7$.

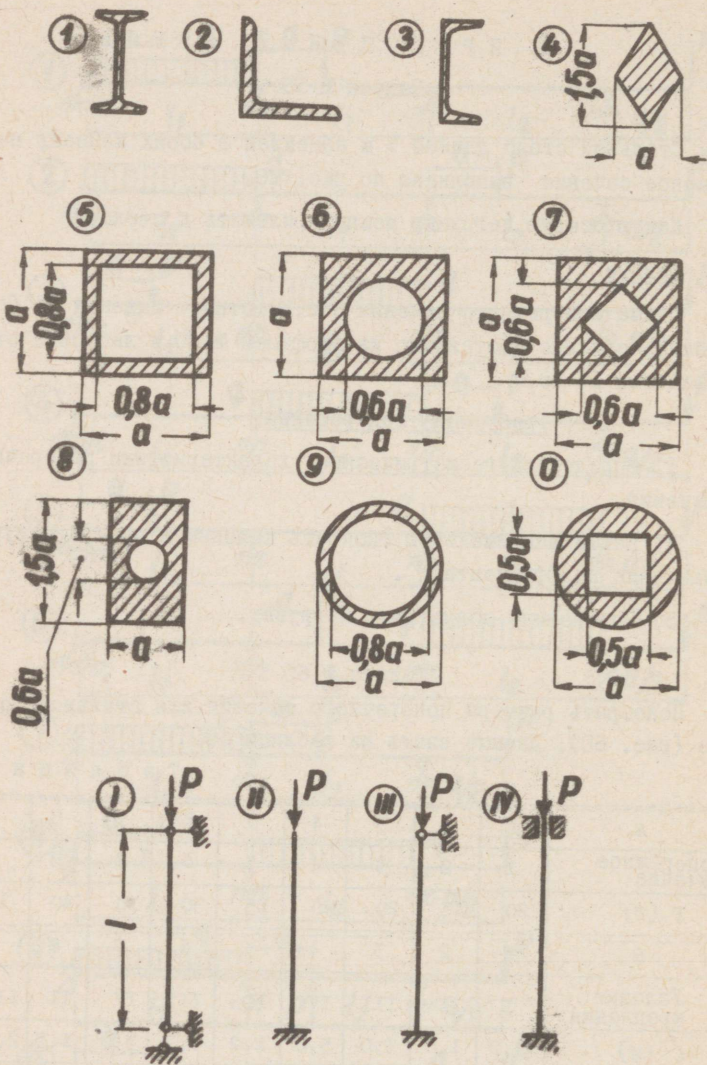


Рис. 60.

2. Выполнить проверку устойчивости для полученного сечения. (Для сечений с порядковыми номерами от 4 до 0 предварительно вывести зависимость между F и $\min i$.)

3. Если необходимо, то подобрать новое сечение (или новое значение φ) и повторять расчет, пока условие устойчивости будет выполнено с достаточной точностью (для сечений с порядковыми номерами от 4 до 0 с точностью $\pm 5\%$).

4. Для сравнения определить коэффициент запаса $n_y = \sigma_{кр} / \sigma$ по формуле Эйлера или Ясинского (в зависимости от гибкости столба):

если $\lambda > 105$, то $\sigma_{кр} = \pi^2 E / \lambda^2$;

если $60 < \lambda \leq 105$, то $\sigma_{кр} = 3100 - 11,4\lambda$ (кг/см²);

если $\lambda \leq 60$, то $\sigma_{кр} = \sigma_T = 2400$ кг/см².

Задача № 6I

На рис. 6I изображено поперечное сечение столба из профильной стали, а также условия закрепления. Так как условия закрепления в двух главных плоскостях инерции различны, то столб изображен в двух проекциях. Столб сжимается осевой силой P . Определить допускаемую величину этой силы, расположив предварительно поперечное сечение относительно опор так, чтобы столб выдержал наибольшую нагрузку.

Поперечное сечение столба взять по индексу А, условия закрепления по индексу В.

Требуемый ход решения

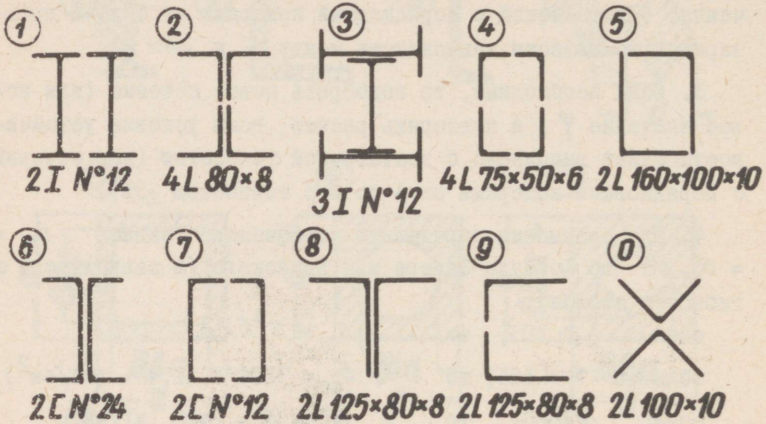
1. Вычертить в масштабе поперечное сечение.

2. Определить геометрические характеристики поперечного сечения.

3. Расположить поперечное сечение относительно опор и найти гибкость столба в каждой главной плоскости.

В схемах 4, 7, 9 и 0 столб имеет в середине опору, которая уменьшает расчетную длину в соответствующей плоскости в два раза.

Поперечное сечение



Условия крепления

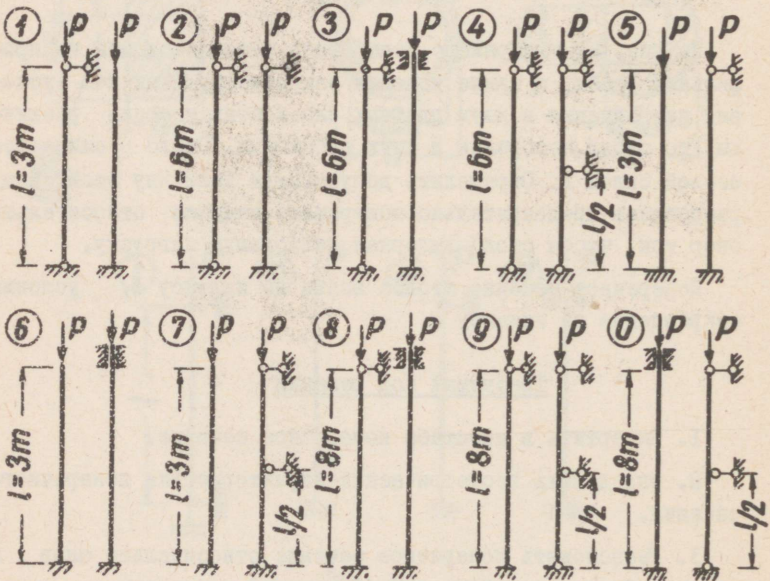


Рис. 61.

4. Определить по наибольшей гибкости коэффициент φ и вычислить допустимую нагрузку.

Задача № 62

Определить наибольшие нормальные напряжения, возникающие при продольно-поперечном изгибе балки (рис. 62).

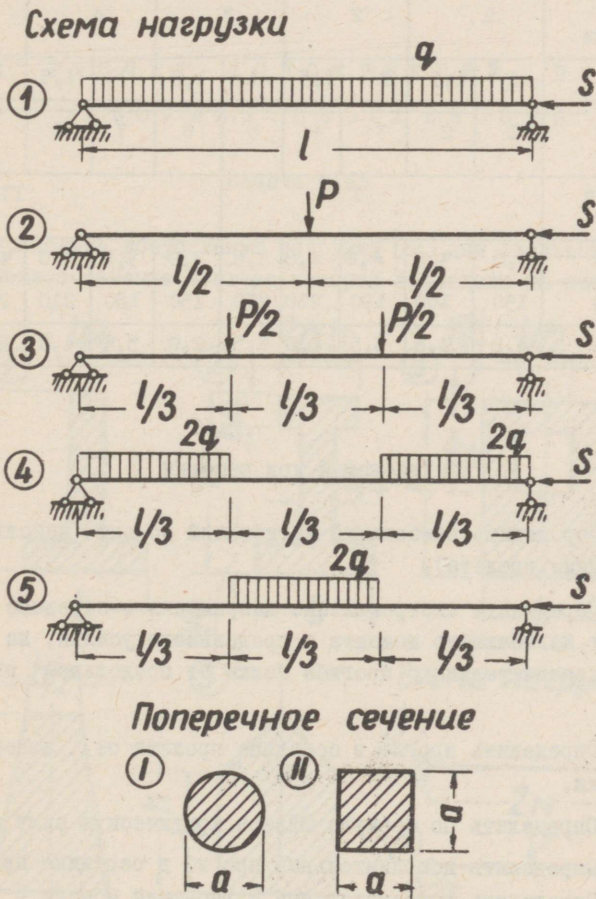


Рис. 62.

Данные взять из таблицы 62. $S = nS_0$, $P = 250 a^3 / \ell$ (кГ),
 $q = 500 a^3 / \ell^2$ (кГ/см). (В этих формулах величины a и ℓ
 подставить в сантиметрах.)

Т а б л и ц а 62

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема нагрузки	1		2		3		4		5	
n	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Поперечное сечение	I					II				
a (см)	3,0	3,6	4,2	4,8	5,6	3,0	3,6	4,0	4,5	5,0
ℓ (см)	130	160	190	210	250	150	180	210	230	260
S ₀ (Т)	1,8	2,5	3,5	5,0	6,5	2,0	3,5	4,0	5,0	6,3

Требуемый ход решения

1. Определить наибольший изгибающий момент (действующий в середине пролета).

2. Определить экстремальные напряжения в середине пролета от изгибающего момента и продольного усилия, не учитывая дополнительного прогиба балки от продольной нагрузки S .

3. Определить прогиб в середине пролета от поперечной нагрузки.

4. Определить по формуле Эйлера критическую силу балки.

5. Определить дополнительный прогиб в середине пролета.

6. Определить дополнительный изгибающий момент в середине пролета от продольной нагрузки и вычислить соответствующие напряжения.

7. Вычертить эпюру нормальных напряжений для поперечного сечения в середине пролета в двух вариантах:

а) без учета изгибающего момента от продольной нагрузки (см. п.2);

б) с учетом дополнительного изгибающего момента от продольной нагрузки.

XI. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Задача № 63

Определить допускаемую нагрузку $[P]$ для стальной балки, поперечное сечение и схема которой приведены на рис. 63.

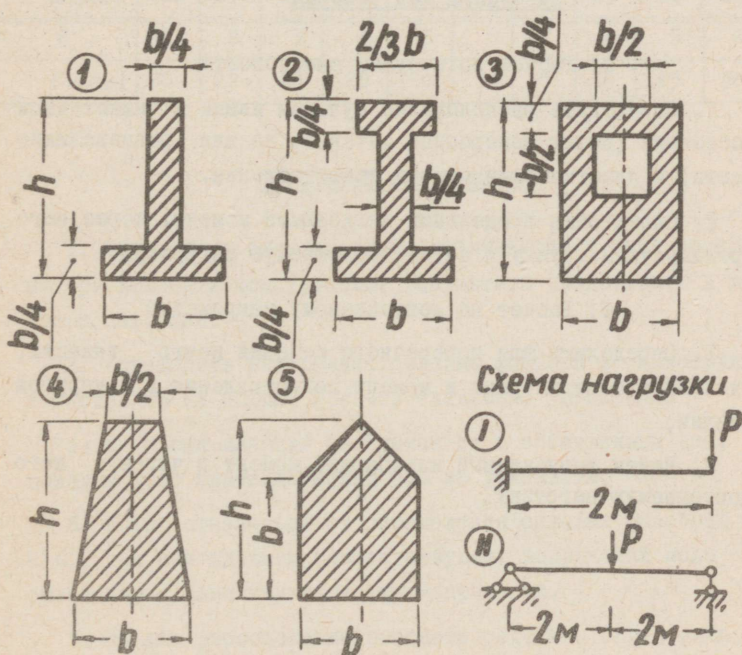


Рис. 63.

Расчет выполнить по двум различным способам:

а) по несущей способности (приняв предел текучести $\sigma_T = 2400 \text{ кг/см}^2$ и коэффициент запаса $n = 1,5$);

б) по допускаемому напряжению $[\sigma] = 1600 \text{ кг/см}^2$.

Данные взять из таблицы 63.

Т а б л и ц а 63

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Попер.сеч.	1		2		3		4		5	
h (мм)	120	100	120	100	120	100	120	100	120	100
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема нагр.	I					II				
ь (мм)	60	65	70	75	80	60	65	70	75	80

Требуемый ход решения

а) Расчет по несущей способности

1. Определить расположение нулевой линии в пластичном состоянии (делит поперечное сечение на две равновеликие части) и пластический момент сопротивления.

2. Определить предельный изгибающий момент, через него предельную нагрузку и затем допускаемую нагрузку.

б) Расчет по допускаемому напряжению

1. Определить для поперечного сечения центр тяжести, главный момент инерции и момент сопротивления в упругой стадии.

2. Найти допускаемый изгибающий момент и через него допускаемую нагрузку.

XII. Д И Н А М И Ч Е С К А Я Н А Г Р У З К А

Задача № 64

Конструкция, состоящая из стального вала диаметром d и жестко соединенного с ним ломаного стержня (рис. 64) того же диаметра, вращается на двух подшипниках с постоянной скоростью.

Определить допустимое число оборотов.

Данные взять из таблицы 64.

Т а б л и ц а 64

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
d (мм)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
В	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
l (см)	20	22	25	28	30	34	37	40	45	50

Требуемый ход решения

1. Определить силы инерции, возникающие в ломаном стержне при вращении конструкции. Результаты представить в виде эпюры нагрузки.

2. Определить внутренние силовые факторы в конструкции и составить их эпюры. Принять следующие упрощения:

а) с силами инерции складывается и собственный вес, но ввиду малого значения можно его не учитывать;

б) можно отказаться от определения силовых факторов M и Q , так как влияние соответствующих напряжений мало по сравнению с влиянием изгибных напряжений.

3. Оценив расположение опасного сечения, определить число оборотов, при котором нормальные напряжения не превышают допустимого значения.

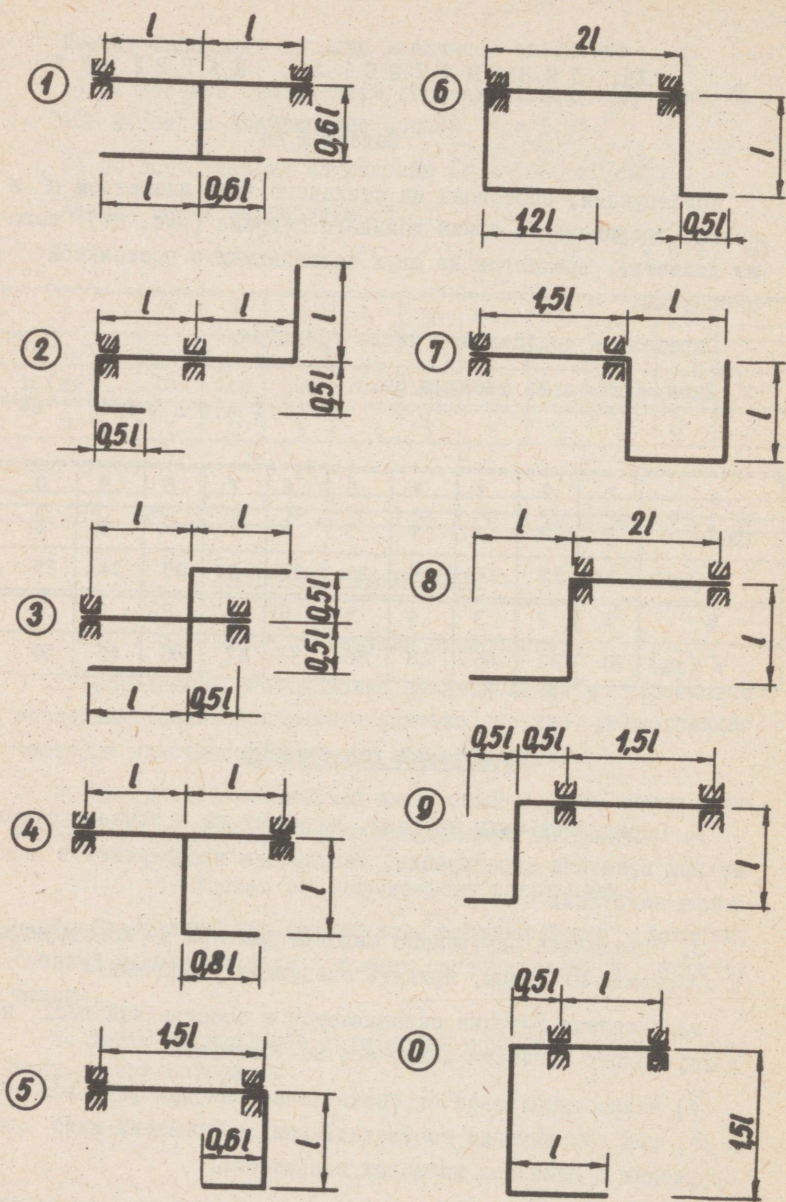


Рис. 64.

Задача № 65

На конструкцию из круглой стали (рис. 65) падает груз $P = 100 \text{ кг}$ с высоты $h = 1 \text{ см}$.

Определить наибольшие напряжения, возникающие в конструкции от удара, и перемещение точки приложения удара.

Данные взять из таблицы 65.

Т а б л и ц а 65

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1		2		3		4		5	
B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
l (см)	100	160	140	200	180	240	220	280	260	120
d (мм)	50	59	56	65	62	71	68	77	74	53

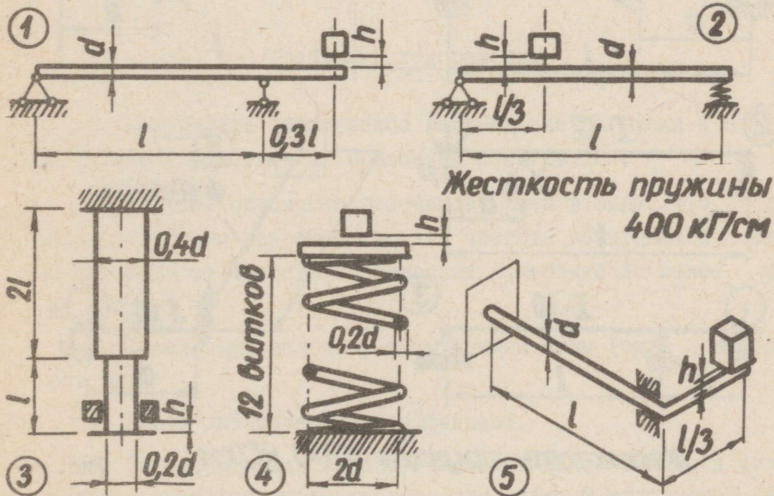


Рис. 65.

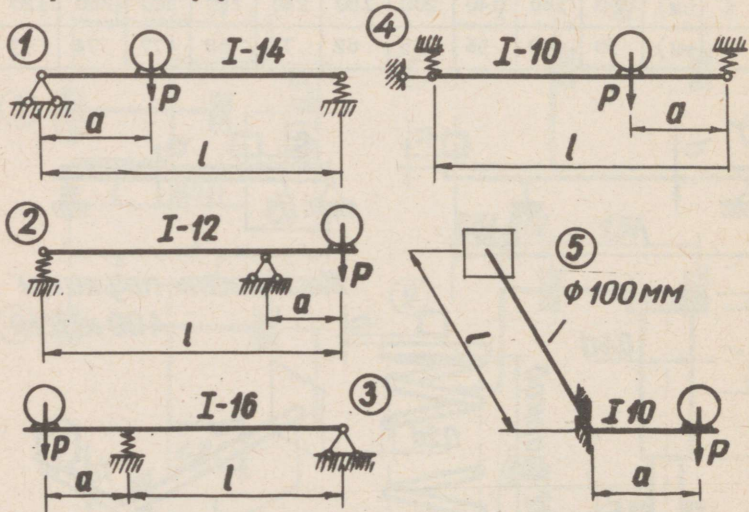
Примечание к рис. 65: жесткость цилиндрической витой пружины измеряется силой, вызывающей изменение длины пружины на 1 см.

Требуемый ход решения

1. Определить перемещение точки приложения удара при статическом нагружении.
2. Определить наибольшие статические напряжения в конструкции.
3. Найти значение динамического коэффициента (пренебрегая влиянием массы конструкции).
4. Определить наибольшие динамические напряжения в конструкции и перемещение точки приложения удара.

Задача № 66

Машина с весом P установлена на конструкции, изображенной на рис. 66. Ротор машины с весом $R = 0,2 P$ располагается на валу с эксцентриситетом $e = 2$ мм и совершает n оборотов в минуту.



Жесткость пружин 1000 кг/см

Рис. 66.

Примечание к рис. 66: жесткость цилиндрической витой пружины измеряется силой, вызывающей изменение длины пружины на 1 см.

Проверить конструкцию на резонанс (пренебрегая ее массой) и определить экстремальные напряжения в опасном сечении.

Данные

$l = 4$ м. Остальные данные взять из таблицы 66.

Т а б л и ц а 66

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема	1		2		3		4		5	
a/l	0,30	0,47	0,33	0,50	0,36	0,53	0,40	0,57	0,44	0,60
B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P (кГ)	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
n(об/мин)	750	700	650	600	550	500	450	400	350	300

Требуемый ход решения

1. Определить статическое перемещение нагрузки и по нему частоту собственных колебаний конструкции.

2. Оценить опасность резонанса, имея в виду, что для предотвращения резонанса должна частота возмущающей силы отличаться от частоты собственных колебаний не менее чем на 25%.

3. Определить величину возмущающей силы (силы инерции ротора).

4. Найти динамический коэффициент.

5. Определить для опасного сечения максимальное и минимальное значения изгибающего (для схемы 5 крутящего) момента. Соответственно найти максимальное и минимальное напряжения в опасной точке и важнейшие характеристики переменного напряжения (среднее значение, амплитуду, коэффициент асимметрии).

С о д е р ж а н и е

Стр.

Программа курса сопротивления материалов	3
Указания о порядке выполнения контрольных работ	8
Контрольные задачи	
I. Растяжение и сжатие.	9
II. Теория напряженного состояния	21
III. Сдвиг.	24
IV. Кручение.	27
У. Геометрические характеристики плоских фигур	32
UI. Изгиб.	39
UII. Сложное сопротивление	61
UIII. Различные конструкции.	70
IX. Интеграл Мора. Метод сил.	85
X. Продольный изгиб.	91
XI. Расчет конструкций по несущей способности .	97
XII. Динамическая нагрузка.	99

TARTU TÜ

Бесплатно

XI
1A-19709
250 149

TÜ RAAMATUKOGU

1 0300 01043136 1