

Таблица 1

| № п/п | Темы | Главы учебника | | | Номера задач по настоящему заданию |
|----------------------------------|--|--|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| | | под ред. А. Ф. Смирнова, изда- ния 1975 г. | Дарков А. В., изда- ния Шапиро Г. С., изда- ния 1989 г. | Беляев Н. М., изда- ния 1976 г. | |
| I часть — Простое сопротивление | | | | | |
| 1 | Основные понятия | I | 1 | I | — |
| 2 | Растяжение и сжатие | II, XVIII | 2 | II, III | 1, 2 |
| 3 | Напряженное состояние | III | 3 | IV, VI VII | — |
| 4 | Сдвиг | IV | 4 | X | — |
| 5 | Геометрические характе- ристики плоских фигур | VI | 5 | XIV | 3 |
| 6 | Кручение | VII | 6 | XI | — |
| 7 | Изгиб прямых стержней | VIII | 7 | XII, XIII, XV, XVI | 4 |
| 8 | Определение перемеще- ний в балках при из- гибе | IX | 7 | XVII, XIX, XX | 5, 6 |
| 9 | Статически неопреде- лимые балки и рамы | X | 7 | XXIII | 7 |
| II часть — Сложное сопротивление | | | | | |
| 10 | Сложное сопротивление (косой изгиб, внецент- ренное сжатие, изгиб с кручением). Теория прочности | XI XII | 8, 9 | XXVI, XXIX, XXXVIII | 9, 10 11 |
| 11 | Расчет тонкостенных стержней открытого профиля | XIII | — | XXX | — |
| 12 | Расчет кривых брусьев | XIV | 10 | XXXI | — |
| 13 | Устойчивость сжатых стержней | XV | 13 | XXXIII | 12 |
| 14 | Динамические задачи | XVII | 14 | XXXV, XXXVI | 13, 14 |
| 15 | Напряжения, переме- ные во времени | XIX | 15 | XXXVII | 15 |
| 16 | Работа упругих сил и ее применение к рас- чету сооружений | — | 11, 12 | XXI, XXIII | 16 |
| 17 | Экспериментальные ме- тоды (изучаются в лаборатории) | V | — | — | — |

Например, при шифре 86-С-316345 это будет выглядеть так:

3 4 5 3 4 5
а б в г д е

Тогда цифра над буквой *а* укажет, какую строку следует брать из столбца *а*, над буквой *б* — из столбца *б* и т. д.

Каждую контрольную работу следует выполнять в отдельной тетради нормального формата чернилами, четким почерком, с полями 5 см для пометок рецензента. Страницы в тетради необходимо пронумеровать. В заголовке контрольной работы следует указать ее номер, название дисциплины, фамилию, имя и отчество студента, название факультета и специальности, учебный шифр, дату выполнения работы, точный почтовый адрес, а также название и год издания заданий, по которым выполнялась контрольная работа. Перед решением каждой задачи нужно выписать ее условие с числовыми, а не буквенными данными, и дать чертеж с числовыми размерами, строго соблюдая масштаб.

Прежде чем приступить к решению задач, следует внимательно разобраться в методических указаниях к их решению и ознакомиться с «Методическими указаниями к выполнению контрольных работ».

Решение должно сопровождаться краткими, последовательными и грамотными пояснениями и аккуратными схемами. Однако следует избегать многословия. При затруднениях, встречающихся в ходе выполнения контрольных работ, полезно обращаться к аналогичным задачам, имеющимся в учебниках.

После получения из института проверенной работы студент должен исправить все ошибки с учетом всех сделанных ему указаний. Исправления, выполненные на отдельных листках, следует вложить (или вклеить) в соответствующие места отрецензированной работы. Отдельно от работы исправления не рассматриваются. Студент обязан сохранить до экзамена все выполненные контрольные работы, имеющие пометку рецензента «Зачтена».

Все арифметические вычисления следует вести с достаточной, но не излишней точностью.

В настоящее время все больший круг вопросов требует применения калькуляторов или быстродействующих вычислительных машин. Однако при решении задач из настоящего сборника вполне достаточно точность вычислений до трех значащих цифр (независимо от местоположения запятой).

Шуопр:

011110

а б в г д е

В первой записке взять

$$\gamma = 0 \text{ кг/м}^3$$

В четвертой записке

взять схему V II
среднюю.

ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Перечень задач, входящих в контрольные работы, приведен в табл. 2, 2а, 3 и 4.

Студенты строительных специальностей (МТ, ПГС, С) выполняют пять контрольных работ (табл. 2).

Таблица 2

| Контрольные работы | Задачи | Рекомендуемые сроки выполнения |
|--------------------|------------|--------------------------------|
| I часть | | |
| № 1 | 1, 2, 3 | Октябрь |
| № 2 | 4, 5, 6 | Ноябрь |
| № 3 | 7, 8 | Декабрь |
| II часть | | |
| № 4 | 9, 10, 11 | Март |
| № 5 | 12, 14, 15 | Май |

Студенты специальности ВК выполняют три контрольные работы (табл. 2а).

Таблица 2а

| Контрольные работы | Задачи | Рекомендуемые сроки выполнения |
|--------------------|----------------|--------------------------------|
| № 1 | 1, 2, 3 | Ноябрь |
| № 2 | 5, 6, 7 | Декабрь |
| № 3 | 11, 12, 13, 15 | Март |

Студенты механических специальностей (Т, В и СМ) выполняют пять контрольных работ (табл. 3).

Таблица 3

| Контрольные работы | Задачи | Рекомендуемые сроки выполнения |
|--------------------|------------|--------------------------------|
| I часть | | |
| № 1 | 1, 2, 3 | Октябрь |
| № 2 | 4, 5, 6 | Ноябрь |
| № 3 | 7, 8 | Декабрь |
| II часть | | |
| № 4 | 9, 10, 11 | Март |
| № 5 | 12, 13, 15 | Май |

Студенты механических специальностей (Т, В, СМ), обучающиеся по сокращенным учебным планам 1989 г., выполняют четыре контрольные работы (табл. 4).

Таблица 4

| Контрольные работы, № | Задачи | Рекомендуемые сроки |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | 1, 2, 4 | Ноябрь |
| 2 | 4, 5 (Сх. II, III), 6 | Декабрь |
| 3 | 7 (Сх. I), 11 | Март |
| 4 | 12, 13, 15 | Май |

ЛИТЕРАТУРА

1. Сопротивление материалов. Учебник для вузов. / Под ред. А. Ф. Смирнова. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1975. Авт.: Смирнов А. Ф., Александров А. В., Монахов Н. И. и др. 480 с.
2. Дарков А. В., Широ Г. С. Сопротивление материалов: Учебник для студентов заочных вузов и факультетов. Изд. 5-е, перераб. М.: Высшая школа, 1989, 654 с.
3. Беляев Н. М. Сопротивление материалов: Учебное пособие для вузов. Изд. 14-е. М.: Наука, 1976, 607 с. (и издания предыдущих лет).
4. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов: Учебник для вузов. Изд. 9-е, перераб. М.: Наука, 1986, 512 с.
5. Биргер И. А., Мавлютов Р. Р. Сопротивление материалов: Учебное пособие. М.: Наука, 1986, 560 с.
6. Степин П. А. Сопротивление материалов. Учебник для машиностроительных вузов. 8-е изд. М.: Высшая школа, 1988, 366 с.

ЗАДАЧА № 1

Один конец вертикального стального бруса закреплен, другой — от закрепления свободен. Общая длина бруса L (рис. 1). Одна часть бруса, длина которой l , имеет постоянную по длине площадь поперечного сечения F_1 , другая часть — постоянную площадь F_2 . В сечении, отстоящем от свободного конца бруса на расстоянии s , действует сила P . Вес единицы объема материала $\gamma = 78 \text{ кН/м}^3$, модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

$$\gamma = 0 \text{ (взять за 0)}$$

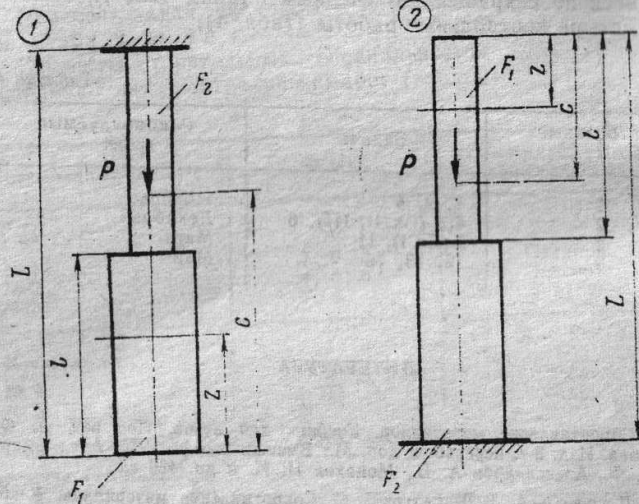


Рис. 1

Требуется:

1. Сделать схематический чертеж бруса по заданным размерам, соблюдая масштаб длин по вертикальной оси.
2. Составить для каждого участка бруса в сечении с текущей координатой z ($0 \leq z \leq L$) аналитические выражения изменения продольного усилия N_z и нормального напряжения σ_z с учетом собственного веса бруса.
3. Построить эпюры продольных усилий N_z и напряжений σ_z .
4. Вычислить с учетом собственного веса бруса перемещение сечения, отстоящего от свободного конца бруса на расстоянии l .

Исходные данные взять из табл. 4 а.

Таблица 4 а

| Номер строки | схемы (см. рис. 1) | L, м | e, м | l/L | F ₁ , см ² | F ₂ , см ² | P, кН |
|-----------------|-----------------------|------|------|------|----------------------------------|----------------------------------|-------|
| | | | | | | | |
| 1 | 1 | 6 | 1 | 0,80 | 40 | 100 | 0,6 |
| 2 | 2 | 4 | 2 | 0,75 | 60 | 120 | 0,7 |
| 3 | 1 | 5 | 3 | 0,70 | 80 | 160 | 0,8 |
| 4 | 2 | 6 | 1 | 0,60 | 100 | 180 | 0,9 |
| 5 | 1 | 4 | 2 | 0,50 | 120 | 200 | 1,0 |
| 6 | 2 | 5 | 3 | 0,40 | 100 | 140 | 1,1 |
| 7 | 1 | 6 | 1 | 0,30 | 80 | 120 | 1,2 |
| 8 | 2 | 4 | 2 | 0,25 | 60 | 160 | 1,3 |
| 9 | 1 | 5 | 3 | 0,20 | 80 | 180 | 1,4 |
| 0 | 2 | 6 | 1 | 0,10 | 40 | 200 | 1,5 |

e d z a e e z

ЗАДАЧА № 2

Абсолютно жесткий брус (рис. 2), имеющий одну шарнирно-неподвижную опору и прикрепленный двумя тягами из упруго-пластического материала, нагружен переменной по значению силой P . Площадь поперечного сечения тяг F_1 и F_2 , модуль упругости и предел текучести материала тяг $E=2 \cdot 10^5$ МПа и $\sigma_T=240$ МПа; допускаемое напряжение $[\sigma] = \frac{\sigma_T}{k}$,

где коэффициент запаса прочности $k=1,5$.

Требуется:

1. Сделать чертеж всей конструкции по заданным размерам, соблюдая масштаб.
2. Найти в зависимости от силы P значения усилий в тягах.
3. Определить в процессе увеличения силы P ее значение, при котором напряжение в одной из тяг достигнет предела текучести.
4. Определить в процессе дальнейшего увеличения силы P ее предельное значение в предположении, что несущая способность обеих тяг исчерпана.

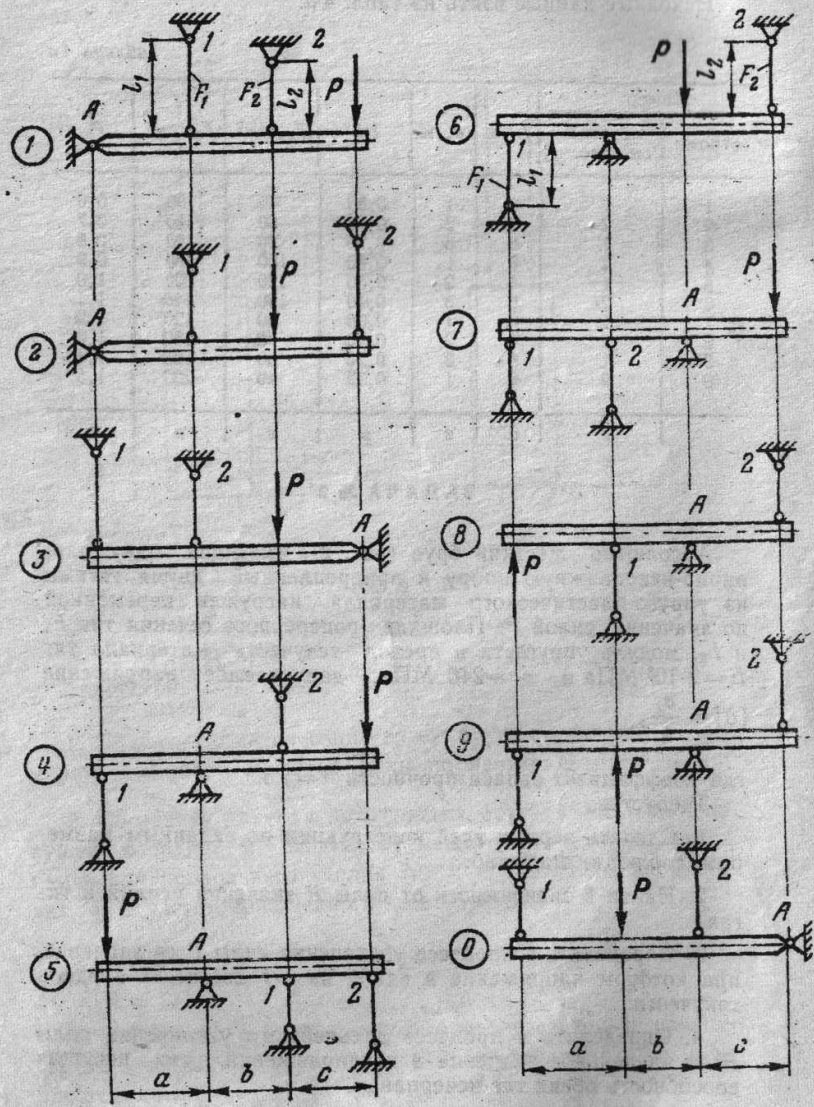


Рис. 2

5. Найти значения грузоподъемности из расчета по методам допускаемых напряжений и разрушающих нагрузок при одном и том же коэффициенте запаса прочности. Сопоставить результаты и сделать вывод.
Исходные данные взять из табл. 5.

Таблица 5

| строки | Номер | | $F_1, \text{см}^2$ | $F_2, \text{см}^2$ | $a, \text{м}$ | $b, \text{м}$ | $c, \text{м}$ | $l_1, \text{м}$ | $l_2, \text{м}$ |
|--------|-------|--------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | схемы | (см. рис. 2) | | | | | | | |
| 1 | 1 | 2 | 1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 0,6 | 0,6 | |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 0,8 | 0,8 | |
| 3 | 3 | 4 | 3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | |
| 4 | 4 | 5 | 4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | |
| 5 | 5 | 6 | 5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | |
| 6 | 6 | 7 | 6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | |
| 7 | 7 | 8 | 7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | |
| 8 | 8 | 9 | 8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | |
| 9 | 9 | 10 | 9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | |
| 0 | 0 | 11 | 10 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 2,2 | 2,2 | |

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ № 2

Уруго-пластический материал характеризуется зависимостью между напряжением и удлинением, которая изображается диаграммой Прандтля. По этой диаграмме напряжение изменяется от нуля до предела текучести по обычной наклонной прямой (закон Гука: $\sigma = E \cdot \epsilon$), а дальше — по горизонтальной прямой (рис. 3).

По п. 2 задания следует решать статически неопределимую задачу. Для ее решения кроме уравнений равновесия необходимо составить дополнительное уравнение совместности деформаций всей системы.

В последующих пунктах рассматриваются явления, связанные с пластическими свойствами материала.

С увеличением внешней нагрузки напряжение в одной из тяг достигнет предела текучести. Это является предельным напряженным состоянием для метода допускаемых напряжений. При дальнейшем увеличении внешней нагрузки напря-

жение в этой тяге не изменится (см. рис. 3), а в другой тяге будет расти и тоже достигнет предела текучести. В этот момент несущая способность всей системы будет исчерпана. Это является предельным напряженным состоянием для метода разрушающих нагрузок.

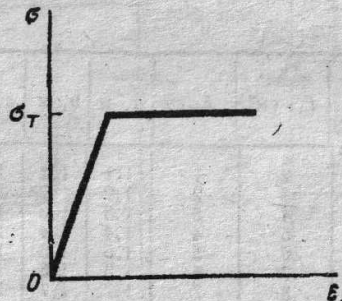


Рис. 3

ЗАДАЧА № 3

Поперечное сечение бруса (рис. 4) состоит из двух частей, соединенных в одно целое.

Требуется:

1. Вычертить схему сечения в масштабе 1:2, на которой указать положение всех осей и все размеры.
2. Найти общую площадь сечения.
3. Определить положение центра тяжести всего сечения.
4. Определить осевые и центробежные моменты инерции сечения относительно осей, проходящих через центр тяжести параллельно полкам.
5. Найти положение главных центральных осей, значения главных центральных моментов инерции, главных радиусов инерции и проверить правильность вычисления моментов инерции.

Исходные данные взять из табл. 6.

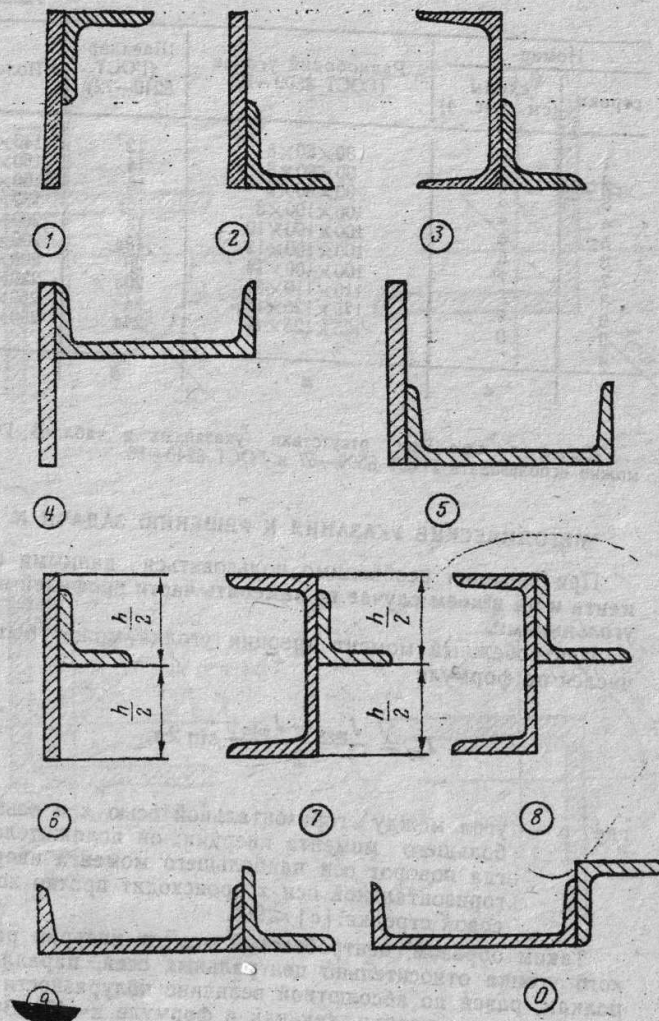


Рис. 4

Таблица 6

| Номер | | Равнобокий уголок (ГОСТ 8509-72) | Швеллер (ГОСТ 8240-72) | Полоса |
|--------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------|
| строки | схемы (см. рис. 4) | | | |
| 1 | 1 | 80×80×8 | 12 | 140×8 |
| 2 | 2 | 90×90×8 | 14 | 160×8 |
| 3 | 3 | 90×90×9 | 16 | 160×10 |
| 4 | 4 | 100×100×8 | 16а | 180×10 |
| 5 | 5 | 100×100×10 | 18 | 200×8 |
| 6 | 6 | 100×100×12 | 18а | 200×10 |
| 7 | 7 | 100×100×14 | 20 | 200×12 |
| 8 | 8 | 110×110×8 | 20а | 220×10 |
| 9 | 9 | 125×125×10 | 24 | 250×10 |
| 0 | 0 | 125×125×12 | 24а | 250×12 |
| | е | а | д | б |

Примечание. При отсутствии указанных в табл. 6 ГОСТов можно использовать ГОСТ 8509-57 и ГОСТ 8240-56.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ № 3

При решении необходимо пользоваться данными сортамента и ни в коем случае не заменять части профилей прямоугульниками.

Центробежный момент инерции уголка может быть вычислен по формуле

$$J_{xy} = \frac{J_{\max} - J_{\min}}{2} \sin 2\alpha,$$

где α — угол между горизонтальной осью x и осью наибольшего момента инерции; он положителен, когда поворот оси наибольшего момента инерции к горизонтальной оси x происходит против хода часовой стрелки: $|\alpha| \leq 90^\circ$.

Таким образом, центробежный момент инерции равнобокого уголка относительно центральных осей, параллельных полкам, равен по абсолютной величине полуразности главных моментов инерции, так как в формуле $\alpha=45^\circ$. Знак же центробежного момента уголка зависит от расположения его относительно осей и может быть либо положительным (рис. 5, а), либо отрицательным (рис. 5, б).

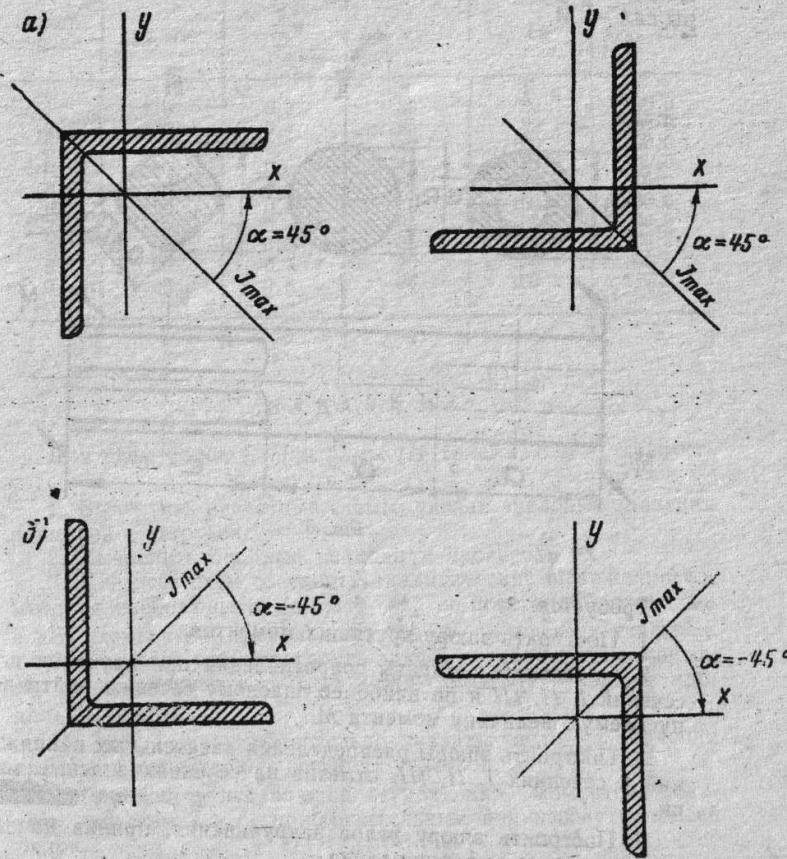


Рис. 5

ЗАДАЧА № 4

Стальной валик (рис. 6) закручивается двумя парами сил, действующими в крайних сечениях. Момент каждой пары сил — M .

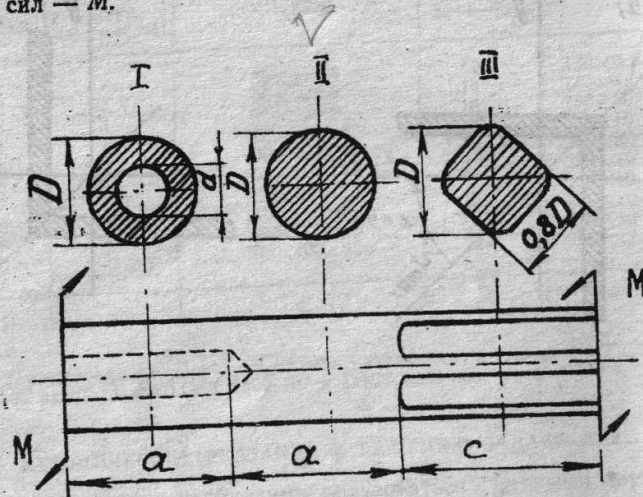


Рис. 6

Требуется:

1. Построить эпюру крутящих моментов.
2. Определить моменты сопротивления при кручении для сечений I, II, III и по наиболее опасному сечению найти допускаемую величину момента M .
3. Построить эпюры распределения касательных напряжений в сечениях I, II, III, отметив на сечениях опасные точки.
4. Построить эпюру углов закручивания, приняв начало отсчета на левом торце валика.
Модуль упругости при сдвиге для материала валика $G = 8 \cdot 10^4$ МПа.

Примечание. Сечение III можно приближенно считать квадратным со стороной $0,8 D$, так как срезы углов весьма незначительны.

Исходные данные взять из табл. 7.

Таблица 7

| Номер строки | D , мм | $\frac{d}{D}$ | a , см | c , см | $R_{ср}$, МПа |
|--------------|----------|---------------|----------|----------|----------------|
| 1 | 110 | 0,3 | 30 | 80 | 90,0 |
| 2 | 120 | 0,4 | 35 | 90 | 95,0 |
| 3 | 130 | 0,5 | 40 | 100 | 100,0 |
| 4 | 40 | 0,6 | 45 | 120 | 105,0 |
| 5 | 50 | 0,8 | 50 | 140 | 110,0 |
| 6 | 60 | 0,3 | 55 | 150 | 90,0 |
| 7 | 70 | 0,4 | 60 | 160 | 95,0 |
| 8 | 80 | 0,5 | 65 | 170 | 100,0 |
| 9 | 90 | 0,6 | 70 | 175 | 105,0 |
| 0 | 100 | 0,8 | 75 | 180 | 110,0 |

ЗАДАЧА № 5

Для схем балок I, II и рамы III (рис. 7, 8 и 9) требуется:

1. Вычертить расчетные схемы, указав числовые значения размеров и нагрузок.
2. Вычислить опорные реакции и проверить их.
3. Для всех схем составить аналитические выражения изменения изгибающего момента M_x и поперечной силы Q_y , а для схемы III и продольной силы N_x — на всех участках.
4. Для всех схем построить эпюры изгибающих моментов M_x и поперечных сил Q_y , а для схемы III — эпюру продольных сил N_x .

На всех эпюрах обязательно указать числовые значения ординат в характерных сечениях участков.

5. Руководствуясь эпюрой изгибающих моментов, показать для схем I и II приблизительный вид изогнутых осей балок.

6. По опасному сечению подобрать поперечные сечения:
 - а) для схемы I — прямоугольное $h \times b$ при расчетном сопротивлении $R_n = 16$ МПа (клееная древесина); $h:b = 1,5$;
 - б) для схемы II — двутавровое (ГОСТ 8239—72) при расчетном сопротивлении $R_n = 200$ МПа (сталь).

Исходные данные взять из табл. 8.

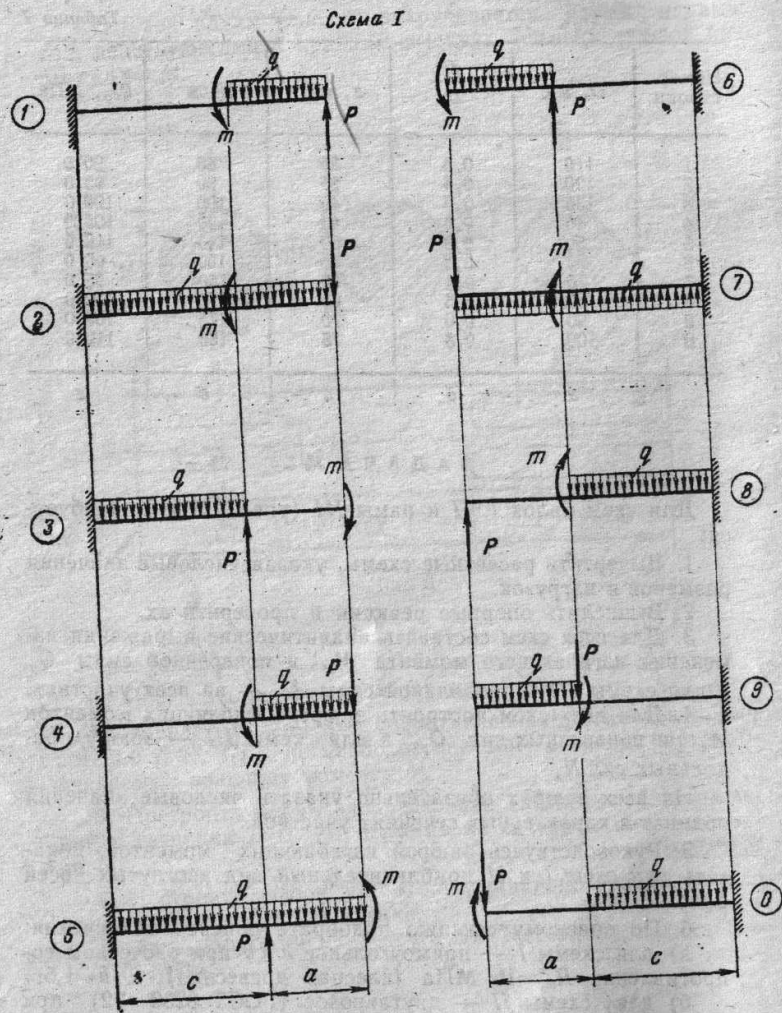


Рис. 7

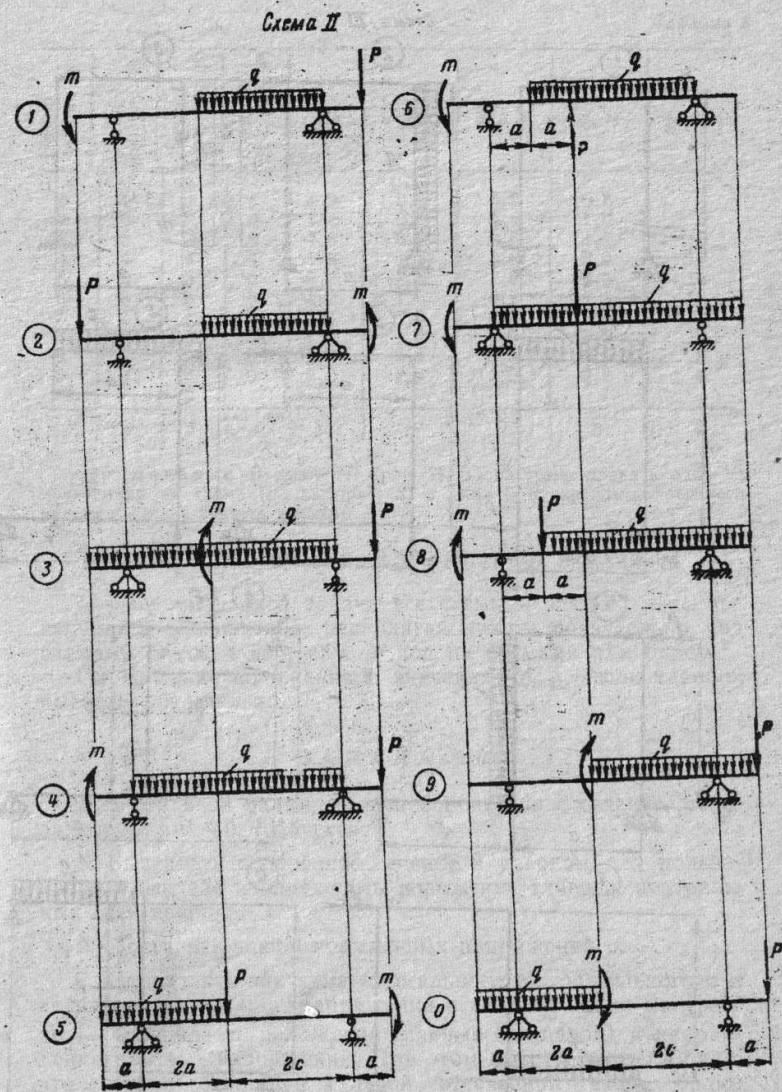


Рис. 8

011110
а8в2ге

Таблица 8

| Номер строки | Схема I (см. рис. 7) | Схема II (см. рис. 8) | Схема III (см. рис. 9) | c/a | P/qa | m/qa^2 | $a, м$ | $q, кН/м$ |
|--------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------|--------|----------|--------|-----------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1,2 | 0,6 | 0,2 | 0,5 | 6 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 1,4 | 0,5 | 0,4 | 1,0 | 8 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 1,6 | 0,8 | 0,6 | 1,5 | 10 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 1,8 | 1,2 | 0,8 | 2,0 | 12 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 2,0 | 1,5 | 1,0 | 2,5 | 14 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 1,2 | 1,6 | 0,2 | 1,5 | 16 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 1,4 | 1,0 | 0,4 | 2,0 | 12 |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 1,6 | 1,8 | 0,6 | 1,0 | 10 |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 1,8 | 2,4 | 0,8 | 2,5 | 8 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 2,0 | 2,0 | 1,0 | 0,5 | 6 |

Примечание. В схеме III (рис. 9): 1) нагрузки принять одну из показанных на схеме (по выбору); 2) в раме 6 прикрепление верхнего ригеля к стойке считать жестким.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ № 5

В решении данной задачи все схемы и эпюры надо вычерчивать в масштабе, располагая эпюры обязательно под схемами балок, а для рам — под их схемами или рядом. Определение положения и значения M_{max} , если таковой имеется, обязательно.

ЗАДАЧА № 6

Для стальной балки, имеющей поперечное сечение, показанное на рис. 10, требуется:

1. Вычертить поперечное сечение в удобном для пользования масштабе и определить положение главных центральных осей инерции.
2. Построить эпюру нормальных напряжений σ .
3. Определить значения нормального σ , касательного τ и главных σ_{max} и σ_{min} напряжений в сечении балки на уровне I—I (показать положение главных площадок) и направления главных напряжений. При этом следует иметь в виду, что сечение относится к левой отсеченной части балки (рис. 11).

Схема III

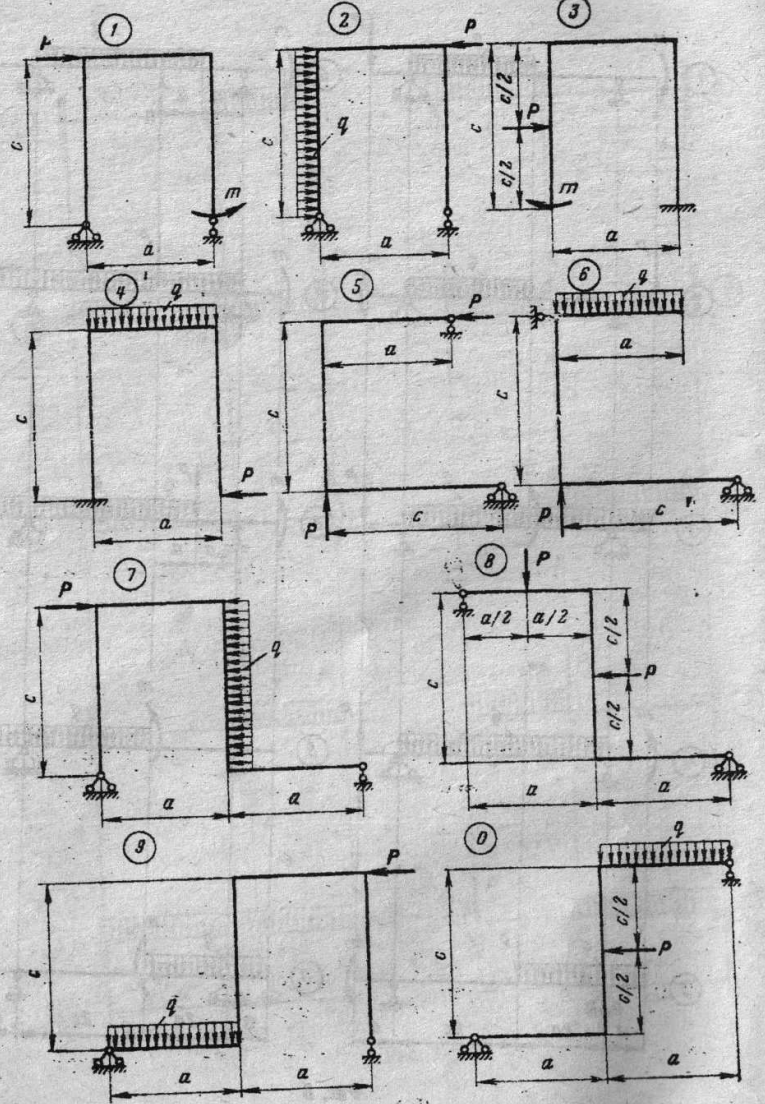


Рис. 9