

ТВЕРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

*Кафедра технической механики и инженерной графики*

## **Сопротивление материалов**

*Методические указания и контрольные задания  
для студентов – заочников*

Тверь  
«АгросферА»  
2009

Составитель: Пугин В. М.  
Доцент кафедры ТМ и ИГ.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы  
к изданию на заседании кафедры ТМ и ИГ 29.04.02.  
(протокол №7).

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ-ЗАОЧНИКОВ

Каждый студент-заочник выполняет то количество контрольных работ, которое предусмотрено учебным графиком. Задачи, входящие в состав контрольных работ, указаны в табл. П.1.

1. Студент обязан взять из таблицы, прилагаемой к условию задачи, данные в соответствии со своим личным номером (шифром) и первыми шестью буквами русского алфавита, которые следует расположить под шифром, например:

шифр — 2 8 3 0 5 2;  
буквы — а б в г д е.

В случае личного номера, состоящего из семи цифр, вторая цифра шифра не учитывается.

Из каждого вертикального столбца любой таблицы, обозначенного внизу определенной буквой, надо взять только одно число, стоящее в той горизонтальной строке, номер которой совпадает с номером буквы. Например, вертикальные столбцы табл. П.5 обозначены буквами: е, г и д. В этом случае, при указанном выше личном номере (шифре) 283052, студент должен взять из столбца е строку номер два (второй тип сечения), из столбца г — строку номер нуль (Швеллер 36) и из столбца д — строку номер пять (Равнобокий уголок 90 × 90 × 6).

Работы, выполненные с нарушением этих указаний, не засчитываются.

Таблица П.1. Номера задач, входящих в контрольные работы

№ контрольной работы	Число контрольных работ согласно графику					
	одна	две	три	четыре	пять	шесть
1	5, 7, 8, 13, 17	4, 5, 7, 8	1, 2, 4	1, 2, 4, 5	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4
2	—	13, 15, 17	5, 7, 8	7, 8, 10	5, 6, 7, 8	5, 6, 7, 8
3	—	—	13, 15, 17	13, 14, 15, 17	9, 10, 11	9, 10, 11
4	—	—	—	18, 19, 21, 22	13, 14, 15, 17	12, 13, 14, 15
5	—	—	—	—	18, 19, 21, 22	16, 17, 18
6	—	—	—	—	—	19, 20, 21, 22

2. Не следует приступать к выполнению контрольных заданий, не изучив соответствующего раздела курса и не решив самостоятельно рекомендованных задач. Если основные положения теории усвоены слабо и студент обратил мало внимания на подробно разобранные в курсе примеры, то при выполнении контрольных работ возникнут большие затруднения. Независимо выполненное задание не даст возможности преподавателю-рецензенту вовремя заметить недостатки в работе сту-



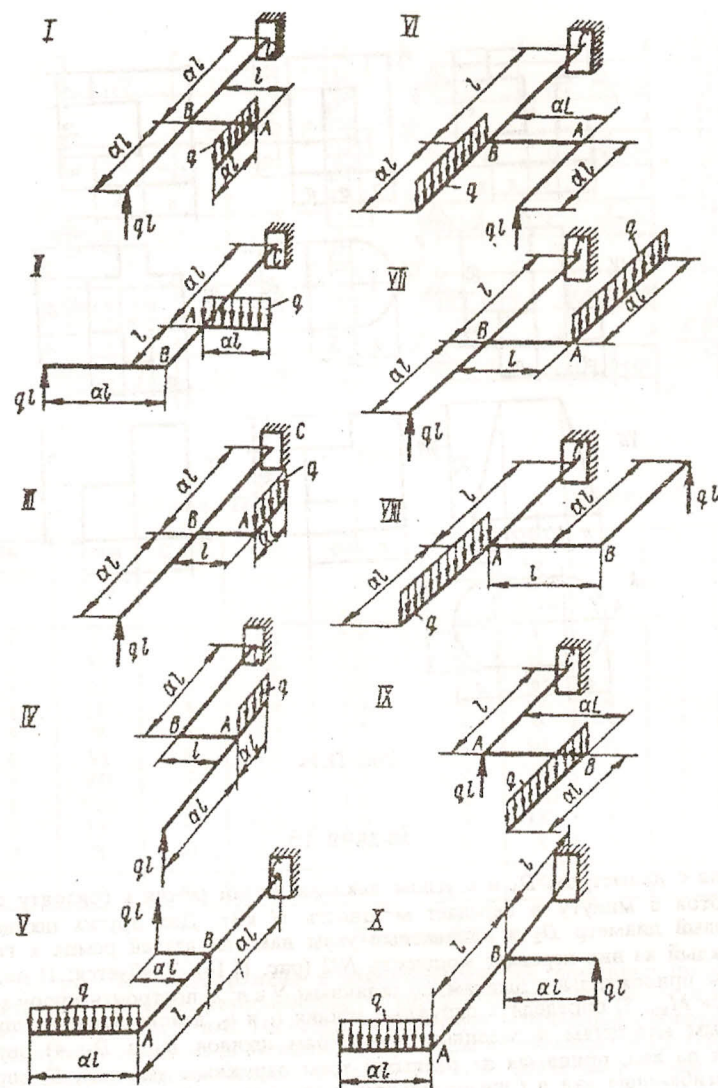


Рис. П.15

Таблица П.12

№ строки	Схема по рис. П.16	N, кВт	n, об/мин	a	b	c	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	α <sub>1</sub> <sup>°</sup>	α <sub>2</sub> <sup>°</sup>
				м						
1	I	10	100	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	10	10
2	II	20	200	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	20	20
3	III	30	300	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	30	30
4	IV	40	400	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	40	40

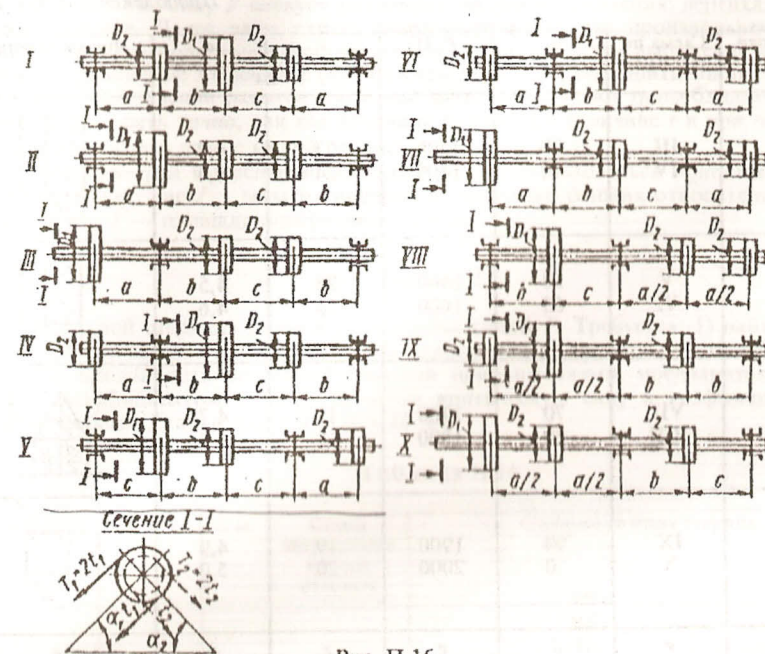


Рис. П.16


Продолжение табл. П.12

№ строки	Схема по рис. П.16	N, кВт	n, об/мин	a	b	c	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	$\alpha_1'$	$\alpha_2'$
				м						
5	V	50	500	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	50	50
6	VI	60	600	1,6	1,6	1,6	0,6	0,6	60	60
7	VII	70	700	1,7	1,7	1,7	0,7	0,7	70	70
8	VIII	80	800	1,8	1,8	1,8	0,8	0,8	80	80
9	IX	90	900	1,9	1,9	1,9	0,9	0,9	90	90
0	X	100	1000	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0
	e	d	e	z	d	e	d	e	d	e





### Задача 16

Построить эпюры  $M$ ,  $N$ ,  $Q$  и найти значения нормальных напряжений в опасном сечении кривого стержня (рис. П. 17). Данные взять из табл. П. 13.

Таблица П. 13

№ строки	Схема по рис. П.17	$\alpha^\circ$	P, Н	$r_m$	d	Форма сечения
				см		
1	I	10	1100	21	4,1	
2	II	20	1200	22	4,2	



№ строки	Схема по рис. II.17	$\alpha^\circ$	$P, \text{H}$	$r$	$d$	Форма сечения
				см		
3	III	30	1300	23	4,3	
4	IV	40	1400	24	4,4	
5	V	50	1500	25	4,5	
6	VI	60	1600	26	4,6	
7	VII	70	1700	17	4,7	
8	VIII	80	1800	18	4,8	
9	IX	90	1900	19	4,9	
0	X	0	2000	20	5,0	
	$e$	$d$	$e$	$e$	$d$	$e$

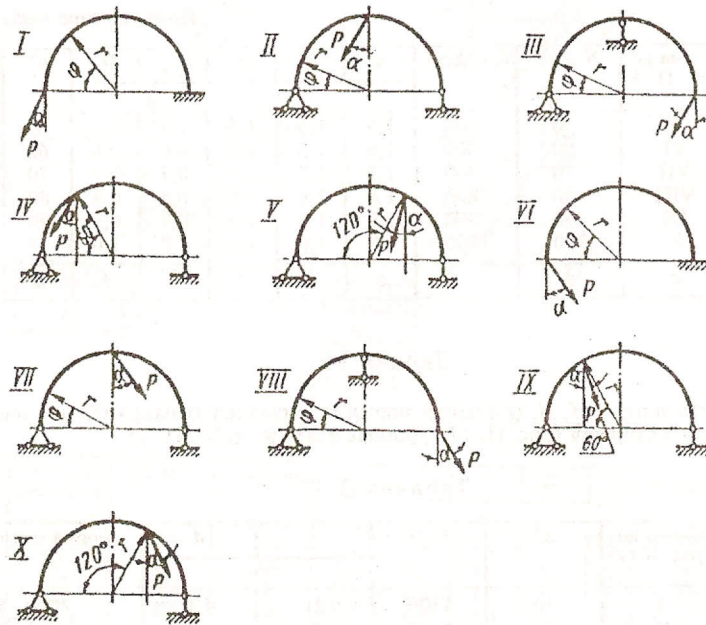


Рис. II.17



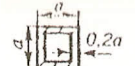


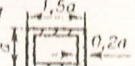


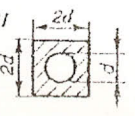

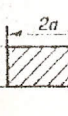
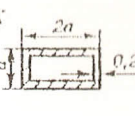
Указания. Силу  $P$  следует разложить на два направления: вертикальное и горизонтальное. Далее надо найти опорные реакции; для произвольного сечения, определяемого полярными координатами  $r$  и  $\varphi$ , написать выражения  $M$ ,  $N$ ,  $Q$  и, задавая различные значения  $\varphi$  (не реже чем через  $30^\circ$ ), построить эпюры по точкам. При определении радиуса кривизны нейтрального слоя  $r_0$  необходимо вычислять производные точно, так как величина  $r_0$  близка к величине  $r$  и при определении с придется иметь дело с малой разностью величин  $r$  и  $r_0$ .




Для проверки вычислений рекомендуется воспользоваться приближенной формулой  $e = I/rF$ , где  $J$  — момент инерции поперечного сечения относительно центральной оси;  $F$  — площадь поперечного сечения.

### Задача 17

Стальной стержень длиной  $l$  сжимается силой  $P$ . Требуется: 1) найти размеры поперечного сечения при допуске напряжении на простое сжатие  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$  (расчет производить последовательными приближениями, предварительно задавшись коэффициентом  $\varphi = 0,5$ ); 2) найти критическую силу и коэффициент запаса устойчивости. Данные взять из табл. II. 14.

Таблица II.14

№ строки	$P, \text{кН}$	$l, \text{м}$	Схема закрепления концов стержня	Форма сечения стержня	
1	100	2,1		I	
2	200	2,2		VI	
3	300	2,3		II	
4	400	2,4		VII	
5	500	2,5		III	
6	600	2,6		VIII	
7	700	2,7		IV	
8	800	2,8		IX	

№ строки	$P$ , кН	$l$ , м	Схема закрепления концов стержня	Форма сечения стержня
9 0	900 1000	2,9 3,0		$\nu$  $\chi$ 
	$z$	$\partial$	$\partial$	$e$

## Сопротивление материалов

Методические указания и контрольные задания  
для студентов – заочников

Формат 60×48 1/16. Бумага типографская.  
Гарнитура шрифта «Times» Печать ризографическая  
Усл. печ. л. 1. Тираж 200 экз. Заказ 376.

Издательство ТГСХА «АГРОСФЕРА»  
Россия, 170904, г. Тверь, п. Сахарово,  
Ул. Василевского, д. 7.  
Тел. (4822) 53-12-36



дента-заочника. В результате студент не приобретает необходимых знаний и оказывается неподготовленным к экзамену.

3. Не рекомендуется также присылать в институт сразу несколько выполненных заданий. Это не дает возможности рецензенту своевременно указать студенту на допущенные ошибки и задерживает рецензирование.

4. В заголовке контрольной работы должны быть четко написаны: номер контрольной работы, название дисциплины, фамилия, имя и отчество студента (полностью), название факультета и специальности, учебный шифр, дата отсылки работы, точный почтовый адрес. Необходимо также указывать год издания методических указаний, по которым выполнялась контрольная работа.

5. Каждую контрольную работу следует выполнять в особой тетради или на листах, сшитых в тетрадь нормального формата, чернилами (не красными), четким почерком, с полями в 5 см для замечаний рецензента.

6. Перед решением каждой задачи надо выписать полностью ее условие с числовыми данными, составить аккуратный эскиз в масштабе и указать на нем в числах все величины, необходимые для расчета.

7. Решение должно сопровождаться краткими, последовательными и грамотными, без сокращения слов, объяснениями и чертежами, на которых все входящие в расчет величины должны быть показаны в числах. Надо избегать многословных пояснений и пересказа учебника; студент должен знать, что язык техники — формула и чертеж. При пользовании формулами или данными, отсутствующими в учебнике, необходимо кратко и точно указывать источник (автор, название, издание, страницу, номер формулы).

8. Необходимо указывать единицы всех величин и подчеркивать окончательные результаты.

9. Не следует вычислять большое число значащих цифр, вычисления должны соответствовать необходимой точности. Нет необходимости длину деревянного бруса в стропилах вычислять с точностью до миллиметра, но было бы ошибкой округлять до целых миллиметров диаметр вала, на который будет насажен шариковый подшипник.

10. По получении из института контрольной работы студент должен исправить в ней все отмеченные ошибки и выполнить все сделанные ему указания. В случае требования рецензента следует в кратчайший срок послать ему выполненные на отдельных листах исправления, которые должны быть вложены в соответствующие места рецензированной работы. Отдельно от работы исправления не рассматриваются.

## ЗАДАЧИ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

### Задача 1

Стальной стержень ( $E=2 \cdot 10^5$  МПа) находится под действием продольной силы  $P$ . Постройте эпюры продольных сил  $N$ , напряжений  $\sigma$ , перемещений  $\Delta$ . Проверьте прочность стержня. Данные взять из табл. П.2.

Пример решения задачи № 1 см. на с. 50 (пример 2.14) ( $a=b=c=l$ ).

### Задача 2

Абсолютно жесткий брус опирается на шарнирно неподвижную опору и прикреплен к двум стержням при помощи шарниров (рис. П.2). Требуется: 1) найти усилия и напряжения в стержнях, выразив их через силу  $Q$ ; 2) найти допускаемую нагрузку  $Q_{\text{доп}}$ , приняв большее из напряжений в двух стержнях допускаемому напряжению  $[\sigma]=160$  МПа; 3) найти предельную грузоподъемность системы  $Q_x^*$  и допускаемую нагрузку  $Q_{\text{доп}}$ , если предел текучести  $\sigma_T=240$  МПа и запас прочности  $k=1,5$ ; 4) сравнить величины  $Q_{\text{доп}}$ , полученные при расчете по допускаемым напряжениям (см. п. 2) и допускаемым нагрузкам (см. п. 3). Данные взять из табл. П.2.

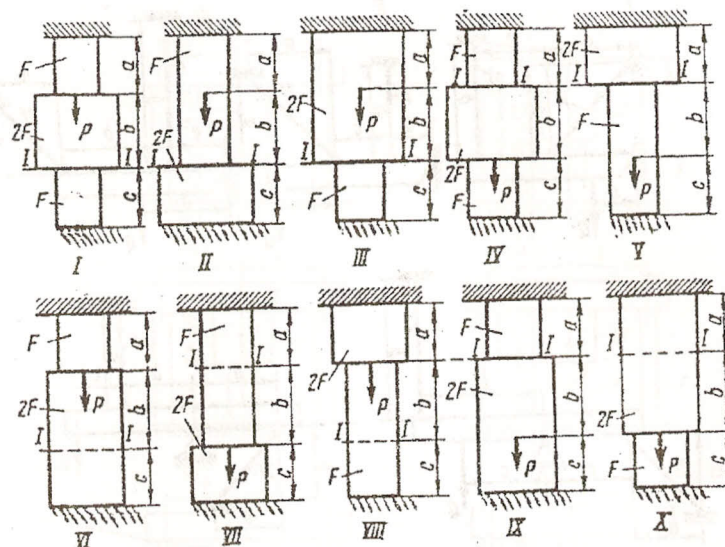


Рис. П.1

Таблица П.2

№ стро- ки	Схема по рис. П1, П2, П3, П4	F, см <sup>2</sup>	a	b	c	P · 10 <sup>2</sup> , Н	Н, кН	10 <sup>3</sup> β	Напряжения, МПа		
			м						σ <sub>x</sub>	σ <sub>y</sub>	τ <sub>x</sub>
1	I	11	2,1	2,1	1,1	1100	110	5	10	10	10
2	II	12	2,2	2,2	1,2	1200	120	4	20	20	20
3	III	13	2,3	2,3	1,3	1300	130	3	30	30	30
4	IV	14	2,4	2,4	1,4	1400	140	2	40	40	40
5	V	15	2,5	2,5	1,5	1500	150	1	50	50	50
6	VI	16	2,6	2,6	1,6	1600	110	5	60	60	60
7	VII	17	2,7	2,7	1,7	1700	120	4	70	70	70
8	VIII	18	2,8	2,8	1,8	1800	130	3	80	80	80
9	IX	19	2,9	2,9	1,9	1900	140	2	90	90	90
0	X	20	3,0	3,0	2,0	2000	150	1	100	100	100
	e	a	z	δ	e	z	δ	e	z	δ	e

Указания. Для определения двух неизвестных сил в стержнях надо составить одно уравнение статики и одно уравнение деформаций.

Для ответа на третий вопрос задачи следует иметь в виду, что в одном из стержней напряжение больше, чем в другом. При увеличении нагрузки напряжение в первом стержне достигнет предела текучести ранее, чем во втором. Когда это произойдет, напряжение в первом стержне не будет некоторое время расти даже при увеличении нагрузки, система станет как бы статически определяемой, нагруженной силой  $Q$  (пока еще неизвестной) и усилием в первом стержне:

$$N_1 = \sigma_T F_1. \quad (1)$$



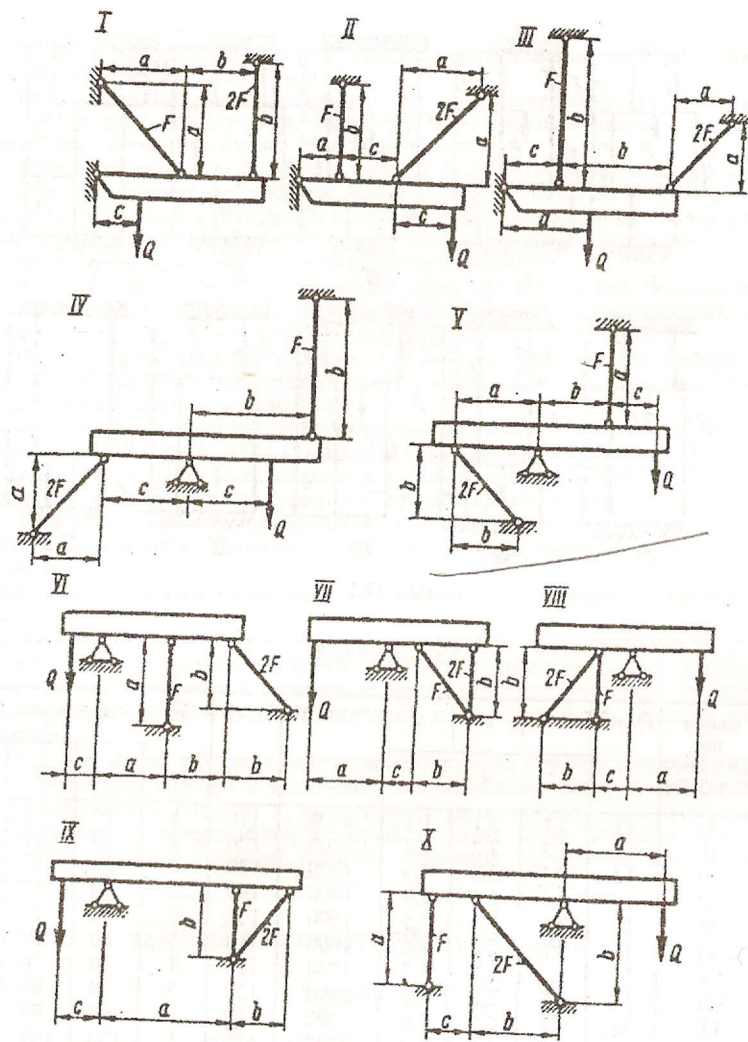


Рис. П.2

При дальнейшем увеличении нагрузки напряжение в во втором стержне достигнет предела текучести:

$$N_2 = \sigma_T F_2. \quad (2)$$

Написав уравнение статики и подставив в него значения усилий (1) и (2), найдем из этого уравнения предельную грузоподъемность  $Q_T^*$ .

### Задача 3

Жесткий брус прикреплен к двум стальным стержням с площадью поперечного сечения  $F$ , опирающимся на неподвижное основание. К брусу прикреплен средний ступенчатый стальной стержень с зазором  $\Delta = \beta c$  (рис. П.3). Требуется (без учета

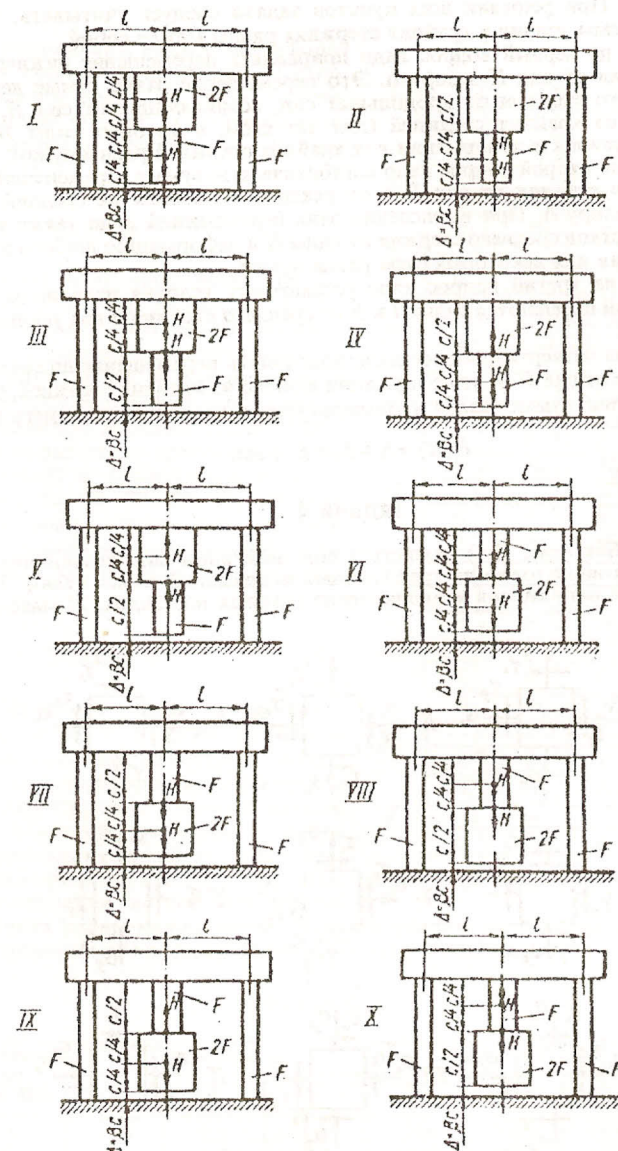


Рис. П.3

собственного веса): 1) установить, при какой силе  $H$  зазор закроется; 2) найти реакцию основания в нижнем сечении среднего стержня при заданной силе  $H$  и построить эпюру продольных сил для среднего стержня; 3) найти усилия и напряжения в крайних стержнях при заданной силе  $H$ ; 4) установить, на сколько градусов надо охладить средний стержень, чтобы реакция основания в нижнем сечении среднего стержня при заданной силе  $H$  обратилась в нуль. Данные взять из табл. П.2.



Указания. При решении всех пунктов задачи следует учитывать, что ввиду симметрии системы усилия в крайних стержнях равны между собой.

Для ответа на первый вопрос надо приравнять перемещение нижнего сечения среднего стержня от сил  $H$  зазору  $\Delta$ . Это перемещение равно сумме деформаций участков среднего стержня от продольных сил, возникающих от сил  $H$ , и деформации любого из крайних стержней (для тех схем, в которых силы  $H$  взаимно уравновешены, усилия и деформации для крайних стержней равны нулю).

Для ответа на второй вопрос надо алгебраическую сумму перемещений нижнего сечения среднего стержня от сил  $H$  и от реакции основания на средний стержень  $R$  приравнять зазору  $\Delta$ . При вычислениях этих перемещений надо также учитывать деформации участков среднего стержня от силы  $H$  и деформацию любого из крайних стержней (которая для некоторых схем равна нулю).

Для ответа на третий вопрос надо рассмотреть условия равновесия верхнего бруса, на который передаются силы  $H$  и  $R$  от среднего стержня и два усилия крайних стержней.

Для ответа на четвертый вопрос надо приравнять перемещение нижнего сечения среднего стержня от сил  $H$  (и от деформации любого из крайних стержней, если силы  $H$  не уравновешены) сумме зазора и температурного укорочения среднего стержня:

$$\Delta(H) = \Delta + \Delta_t = \beta c + \alpha \Delta t.$$

#### Задача 4

Стальной кубик (рис. П.4) находится под действием сил, создающих плоское напряженное состояние (одно из трех главных напряжений равно нулю). Требуется найти: 1) главные напряжения и направление главных площадок; 2) максимальные

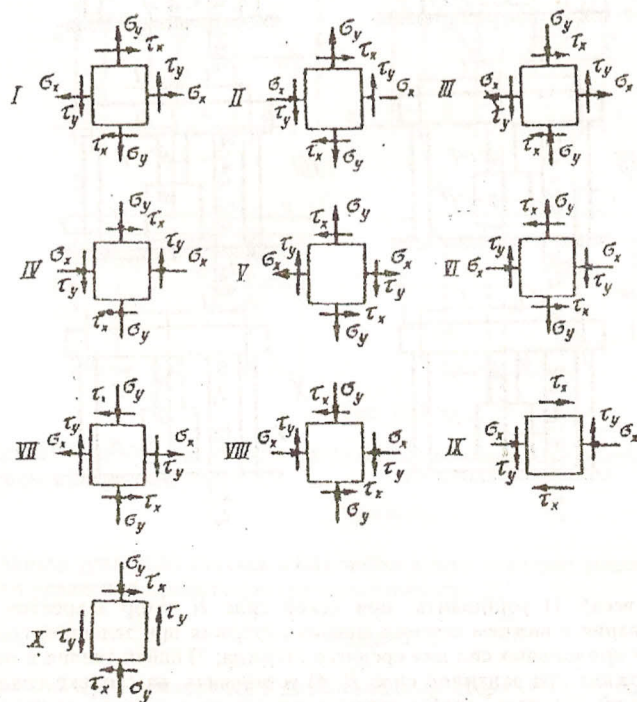


Рис. П.4

касательные напряжения, равные наибольшей полуразности главных напряжений; 3) относительные деформации  $\epsilon_x$ ,  $\epsilon_y$ ,  $\epsilon_z$ ; 4) относительное изменение объема; 5) удельную потенциальную энергию деформаций. Данные взять из табл. П.2.

#### Задача 5

К стальному валу приложены три известных момента:  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  (рис. П.5). Требуется: 1) установить, при каком значении момента  $X$  угол поворота правого концевого сечения вала равен нулю; 2) для найденного значения  $X$  построить эпюру крутящих моментов; 3) при заданном значении  $[\tau]$  определить диаметр вала из расчета на прочность и округлить его значение до ближайшего, равного: 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм; 4) построить эпюру углов закручивания; 5) найти наибольший относительный угол закручивания (на 1 м). Данные взять из табл. П.3.

#### Задача 6

Жесткий брус прикреплен к шарнирно-неподвижной опоре и к двум пружинам с одинаковым средним диаметром витков  $D$  и с одинаковым диаметром круглой проволоки  $d$  (рис. П.6). Пружина 1 имеет  $m$  витков, пружина 2 —  $n$  витков. Требуется: 1) найти усилия и напряжения в обеих пружинах; 2) найти осадки обеих пружин; 3) установить, при каком отношении витков  $m/n$  усилия в обеих пружинах равны между собой; 4) найти усилия, напряжения и осадки при найденном отношении  $m/n$  и заданной величине  $m$  (или  $n$ ). Данные взять из табл. П.4.

Таблица П.3

№ строки	Схема по рис. П.5	Расстояния, м			Моменты, Н·м			[ $\tau$ ], МПа
		$a$	$b$	$c$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	
1	I	1,1	1,1	1,1	1100	1100	1100	35
2	II	1,2	1,2	1,2	1200	1200	1200	40
3	III	1,3	1,3	1,3	1300	1300	1300	45
4	IV	1,4	1,4	1,4	1400	1400	1400	50
5	V	1,5	1,5	1,5	1500	1500	1500	55
6	VI	1,6	1,6	1,6	1600	1600	1600	60
7	VII	1,7	1,7	1,7	1700	1700	1700	65
8	VIII	1,8	1,8	1,8	1800	1800	1800	70
9	IX	1,9	1,9	1,9	1900	1900	1900	75
0	X	2,0	2,0	2,0	2000	2000	2000	80
	$e$	$z$	$d$	$e$	$z$	$d$	$e$	$a$

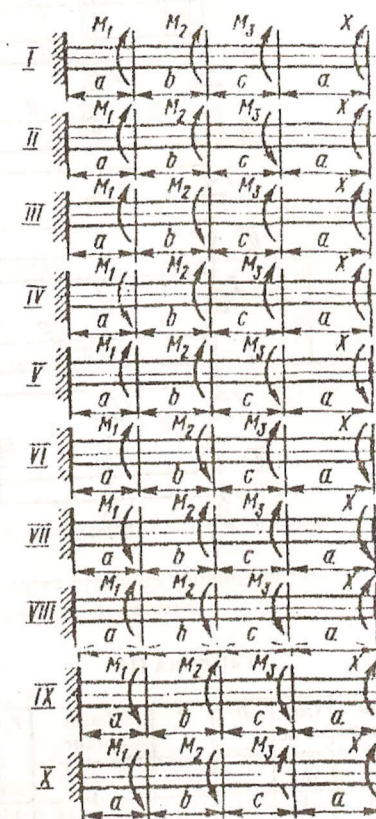


Рис. П.5



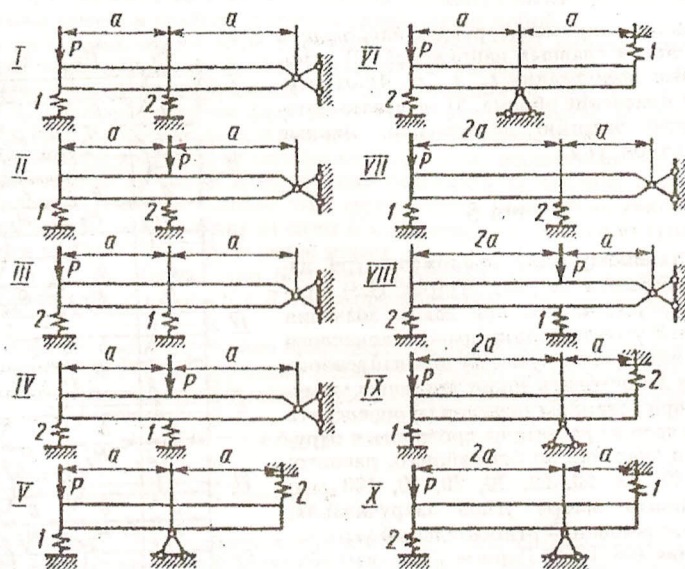


Рис. 11.6

Таблица 11.4

№ строки	Схема по рис. 11.6	D		Число витков		P, Н
		см	см	m	n	
1	I	11	1,1	11	11	110
2	II	12	1,2	12	12	120
3	III	13	1,3	13	13	30
4	IV	14	1,4	14	14	40
5	V	15	1,5	15	15	50
6	VI	6	1,6	6	6	60
7	VII	7	1,7	7	7	70
8	VIII	8	0,8	8	8	80
9	IX	9	0,9	9	9	90
0	X	10	1,0	10	10	100
	e	d	d	d	e	e

### Задача 7

Для заданного в табл. 11.5 поперечного сечения, состоящего из швеллера и равнобокого уголка или из двутавра и равнобокого уголка, или из швеллера и двутавра (рис. 11.7), требуется: 1) определить положение центра тяжести; 2) найти осевые (экваториальные) и центробежные моменты инерции относительно случайных осей, проходящих через центр тяжести ( $z_c$  и  $y_c$ ); 3) определить направление главных центральных осей ( $u$  и  $v$ ); 4) найти моменты инерции относительно главных

Таблица 11.5

№ строки	Тип сечения по рис. 11.7	Швеллер	Равнобокий уголок	Двутавр
1	I	14	80 × 80 × 8	12
2	II	16	80 × 80 × 6	14
3	III	18	90 × 90 × 8	16
4	IV	20	90 × 90 × 7	18
5	V	22	90 × 90 × 6	20a
6	VI	24	100 × 100 × 8	20
7	VII	27	100 × 100 × 10	22a
8	VIII	30	100 × 100 × 12	22
9	IX	33	125 × 125 × 10	24a
0	X	36	125 × 125 × 12	24
	e	g	d	e

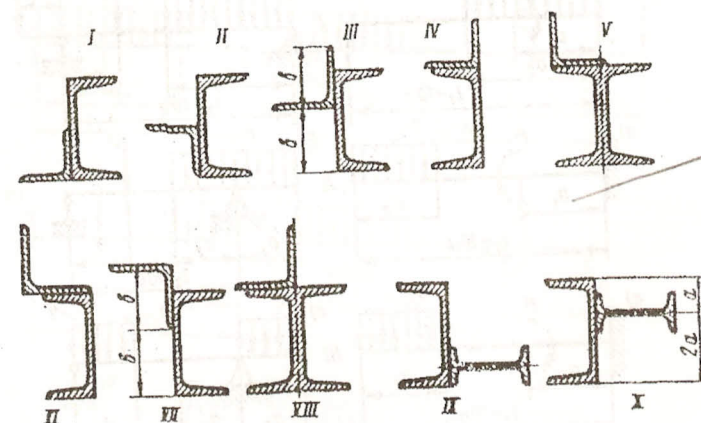


Рис. 11.7

центральных осей; 5) вычертить сечение в масштабе 1 : 2 и указать на нем все размеры в числах и все оси.

При расчете все необходимые данные следует брать из таблиц сортамента и ни в коем случае не заменять части профилей прямоугольниками.

### Задача 8

Для заданных двух схем балок (рис. 11.8) требуется написать выражения  $Q$  и  $M$  для каждого участка в общем виде, построить эпюры  $Q$  и  $M$ , найти  $M_{\max}$  и подобрать: а) для схемы (а) деревянную балку круглого поперечного сечения при  $[\sigma] = 8$  МПа; б) для схемы (б) стальную балку двутаврового поперечного сечения при  $[\sigma] = 180$  МПа. Данные взять из табл. 11.6.

### Задача 9

Стальная балка пролетом  $l$  (в метрах) имеет сечение, состоящее из двутавра и двух приваренных к нему горизонтальных листов (рис. 11.9). По двум балкам, уложенным параллельно, перемещается двухосная тележка крана, несущая полезную нагрузку и собственный вес, в сумме составляющие  $2P$ , причем на одну ось (на два колеса) передается давление  $\frac{n-1}{n} 2P$ , на другую  $\frac{1}{n} 2P$ , где коэффициент  $n$  характеризует распределение общей нагрузки между осями. Таким образом, нагрузки на каждую из балок равны:

$$P_1 = \frac{n-1}{n} P \text{ и } P_2 = \frac{1}{n} P.$$

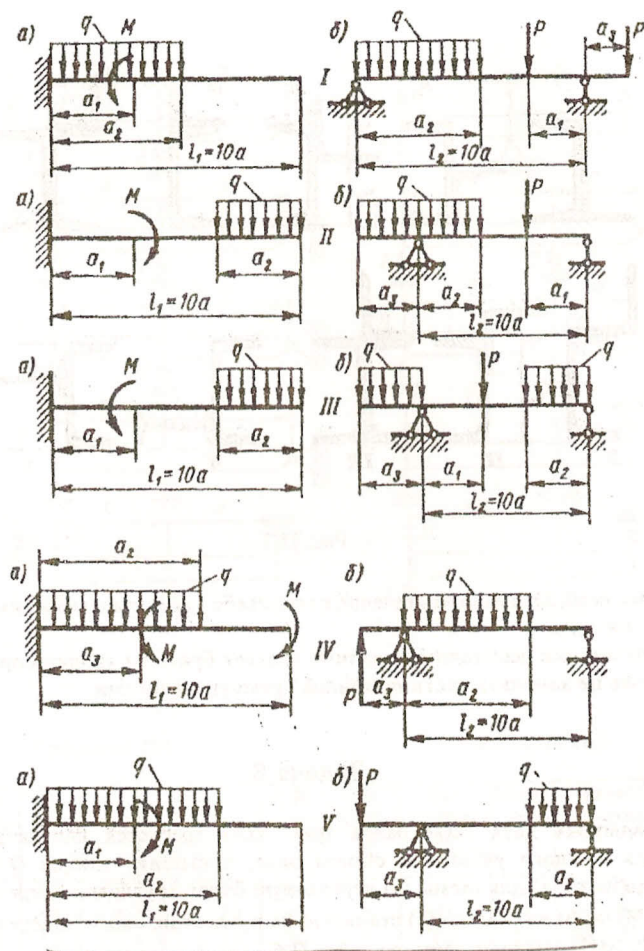
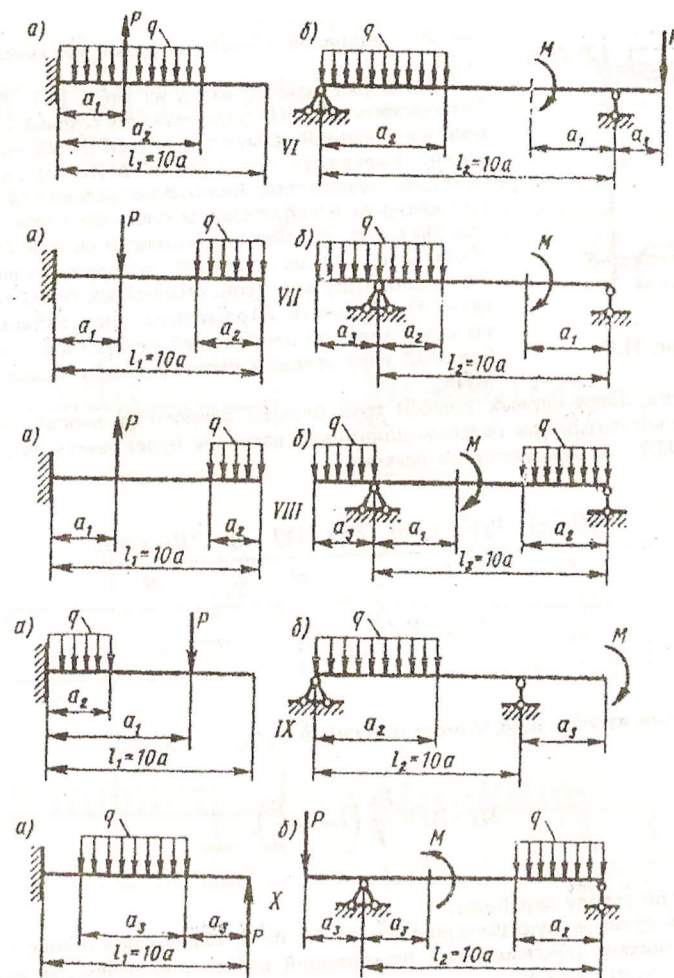


Рис. 11.8

Таблица 11.6

№ строки	Схема по рис. 11.8	$l_1$	$l_2$	Расстояния в долях пролета			$M$ , кН·м	Сосредоточенная сила $P$ , кН	$q$ , кН/м
				$\frac{a_1}{a}$	$\frac{a_2}{a}$	$\frac{a_3}{a}$			
1	I	1,1	6	1	9	1	10	10	10
2	II	1,2	7	2	8	2	20	20	20
3	III	1,3	3	3	7	3	3	3	3
4	IV	1,4	4	4	6	4	4	4	4
5	V	1,5	5	5	5	5	5	5	5
6	VI	1,6	6	6	6	1	6	6	6



Продолжение рис. 11.8

Продолжение табл. 11.6

№ строки	Схема по рис. 11.8	$l_1$	$l_2$	Расстояния в долях пролета			$M$ , кН·м	Сосредоточенная сила $P$ , кН	$q$ , кН/м
				$\frac{a_1}{a}$	$\frac{a_2}{a}$	$\frac{a_3}{a}$			
7	VII	1,7	7	7	7	2	7	7	7
8	VIII	1,8	8	8	8	3	8	8	8
9	IX	1,9	9	9	9	4	9	9	9
10	X	2,0	10	10	10	5	10	10	10
	e	d	e	z	d	e	z	d	e



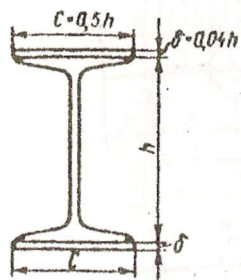


Рис. П.9

где  $P$  — половина общей нагрузки на тележку (рис. П.10).

Остальные данные взять из табл. П.7. Требуется: 1) вычислить момент сопротивления сечения и наибольший изгибающий момент, который балка может безопасно выдержать при  $[\sigma] = 160$  МПа; 2) определить наиболее невыгодное положение тележки в пролете, при котором изгибающий момент получает наибольшее значение; 3) найти наибольшую силу  $P$  (половину общей нагрузки на тележку), которую балка может безопасно выдержать (собственный вес балки не учитывать); 4) рассчитать сварные швы, прикрепляющие листы к двутавру, по наибольшей поперечной силе (когда больший груз тележки стоит у опоры балки);  $[\tau] = 90$  МПа.

Указания. Если первый (левый) груз больше второго (правого), то эпюра изгибающих моментов при опасном положении нагрузки будет иметь вид, указанный на рис. П.10, б. Левая опорная реакция

$$A = \frac{P_1(l-x)}{l} + \frac{P_2(l-x-a)}{l} = \frac{P(n-1)(l-x)}{nl} + \frac{P(l-x-a)}{nl} = \frac{P}{l} \left( l - x - \frac{a}{n} \right)$$

Наибольший изгибающий момент под силой  $P_1$

$$M_1 = Ax = \frac{Px}{l} \left( l - x - \frac{a}{n} \right)$$

он изменяется по закону параболы.

Приравняв нулю первую производную от  $M_1$  по  $x$ , найдем положение сечения, в котором возникает максимальный изгибающий момент, и вычислим величину  $M_1$  в зависимости от силы  $P$ .

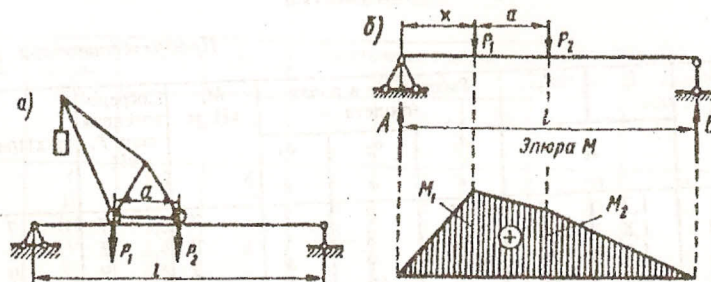


Рис. П.10

## Задача 10

Для балки, изображенной на рис. П.11 требуется: 1) найти изгибающий момент на левой опоре (в долях  $ql^2$ ); 2) построить эпюры  $Q$  и  $M$ ; 3) построить эпюру прогибов, вычислив три ординаты в пролете и две на консоли. Данные взять из табл. П.8.

Указания. Для ответа на первый вопрос нужно выбрать основную систему в виде свободно лежащей на двух опорах балки и составить уравнение деформаций, выражающее мысль, что суммарный угол поворота на левой опоре от заданной нагрузки и от опорного момента равен нулю.

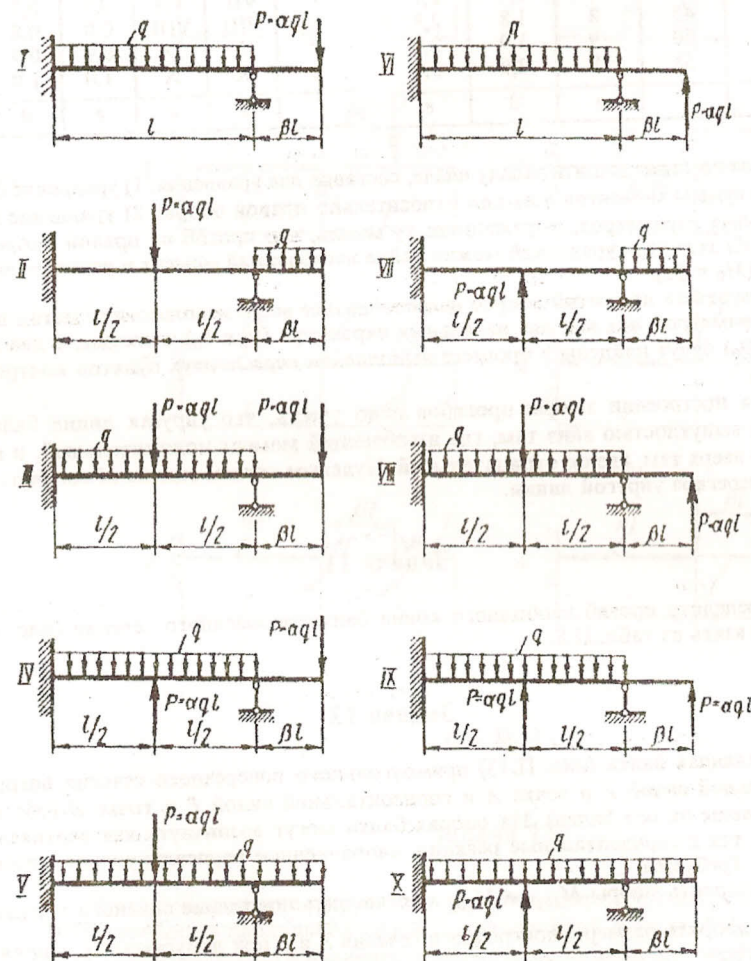


Рис. П.11



Таблица II.7

№ строки	№ двутавра	Пролет балки $l$ , м	Расстояние между осями тележки $a$ , м	Коэффициент, $n$
1	60	11	2,1	2,1
2	65	12	2,2	2,2
3	70	13	2,3	2,3
4	30	4	2,4	2,4
5	33	5	2,5	2,5
6	36	6	1,6	2,6
7	40	7	1,7	2,7
8	45	8	1,8	2,8
9	50	9	1,9	2,9
0	55	10	2,0	3,0
	$z$	$z$	$d$	$e$

Таблица II.8

№ строки	Схема		$\alpha$	$\beta$	$k$
	по рис. II.11	по рис. II.12			
1	I	I	0,1	0,1	1,5
2	II	II	0,2	0,2	2
3	III	III	0,3	0,3	3
4	IV	IV	0,4	0,4	4
5	V	V	0,5	0,5	5
6	VI	VI	0,6	0,6	6
7	VII	VII	0,7	0,7	7
8	VIII	VIII	0,8	0,8	8
9	IX	IX	0,9	0,9	9
0	X	X	1,0	1,0	10
	$e$	$e$	$z$	$d$	$e$

Можно также решить задачу иначе, составив два уравнения: 1) уравнение статики в виде суммы моментов всех сил относительно правой опоры; 2) уравнение метода начальных параметров, выражающее ту мысль, что прогиб на правой опоре равен нулю. Из этих двух уравнений можно найти изгибающий момент и реакцию на левой опоре ( $M_0$  и  $Q_0$ ).

Для ответа на третий вопрос целесообразнее всего использовать метод начальных параметров, так как два начальных параметра ( $y_0$  и  $\theta_0$ ) известны, а два других ( $M_0$  и  $Q_0$ ) будут найдены в процессе выполнения первых двух пунктов контрольной работы.

При построении эпюры прогибов надо учесть, что упругая линия балки обращена выпуклостью вниз там, где изгибающий момент положительный, и выпуклостью вверх там, где он отрицательный. Нулевым точкам эпюры  $M$  соответствуют точки перегиба упругой линии.

### Задача 11

Определить прогиб свободного конца балки переменного сечения (рис. II.12). Данные взять из табл. II.8.

### Задача 12

Деревянная балка (рис. II.13) прямоугольного поперечного сечения нагружена вертикальной силой  $P$  в точке  $A$  и горизонтальной силой  $P$  в точке  $B$  (обе точки расположены на оси балки). На опорах балки могут возникнуть как вертикальные реакции, так и горизонтальные реакции, направленные перпендикулярно плоскости чертежа. Требуется:

- 1) построить эпюры  $M_{\text{верт}}$  и  $M_{\text{гор}}$  и установить положение опасного сечения;
- 2) подобрать размеры поперечного сечения  $h$  и  $b$  при допуске напряжении  $[\sigma] = 8 \text{ МПа}$ ;
- 3) определять положение нейтральной линии в опасном сечении балки и построить для этого сечения эпюру нормальных напряжений в аксонометрии. Данные взять из табл. II.9.

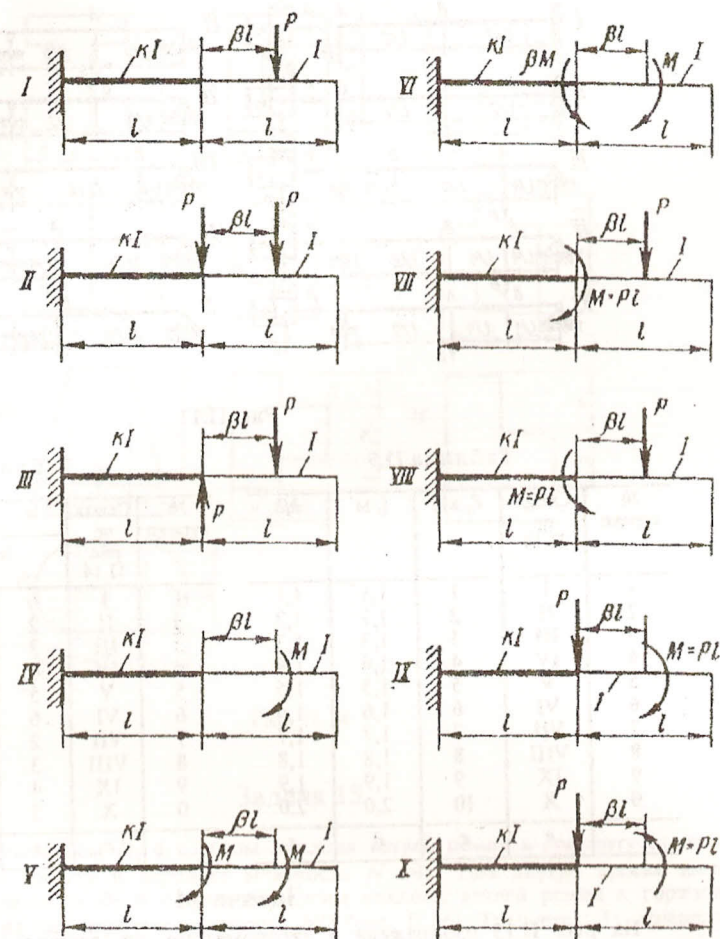


Рис. II.12

### Задача 13

Чугунный короткий стержень, поперечное сечение которого изображено на рис. II.14, сжимается продольной силой  $P$ , приложенной в точке  $A$ . Требуется: 1) вычислить наибольшее растягивающее и наибольшее сжимающее напряжения в поперечном сечении, выразив эти напряжения через  $P$ , и размеры сечения; 2) найти допускаемую нагрузку  $P$  при заданных размерах сечения и допусках напряжений для чугуна на сжатие  $[\sigma_c]$  и на растяжение  $[\sigma_p]$ . Данные взять из табл. II.10.



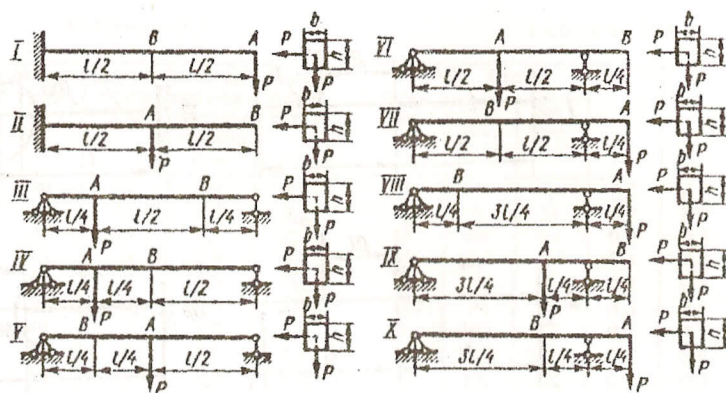


Рис. П.13

Таблица П.9

№ строки	Схема по рис. П.13	P, кН	L, м	h/b
1	I	1	1,1	1,1
2	II	2	1,2	1,2
3	III	3	1,3	1,3
4	IV	4	1,4	1,4
5	V	5	1,5	1,5
6	VI	6	1,6	1,6
7	VII	7	1,7	1,7
8	VIII	8	1,8	1,8
9	IX	9	1,9	1,9
0	X	10	2,0	2,0
	e	e	d	e

Таблица П.10

№ строки	Схема по рис. П.14	a	b	[σ <sub>c</sub> ]	[σ <sub>p</sub> ]
		см		МПа	
1	I	6	6	110	21
2	II	2	2	120	22
3	III	3	3	130	23
4	IV	4	4	140	24
5	V	5	5	150	25
6	VI	6	6	60	26
7	VII	2	2	70	27
8	VIII	3	3	80	28
9	IX	4	4	90	29
0	X	5	5	100	30
	e	g	d	g	d

#### Задача 14

На рис. П.15 изображена в аксонометрии ось ломаного стержня круглого поперечного сечения, расположенная в горизонтальной плоскости и имеющая прямые углы в точках A и B. На стержень действует вертикальная нагрузка. Требуется: 1) построить отдельно (в аксонометрии) эпюры изгибающих и крутящих моментов; 2) установить опасное сечение и найти для него расчетный момент по четвертой теории прочности. Данные взять из табл. П.11.

Таблица П.11

№ строки	Схема по рис. П.15	a	№ строки	Схема по рис. П.15	a
1	I	1,1	6	VI	0,6
2	II	1,2	7	VII	0,7
3	III	1,3	8	VIII	0,8
4	IV	1,4	9	IX	0,9
5	V	1,5	0	X	1,0
		d			e

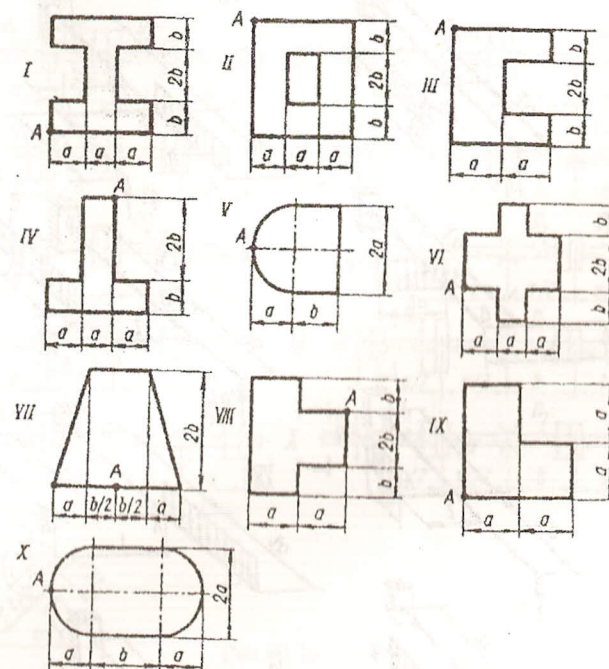


Рис. П.14

#### Задача 15

Шкив с диаметром  $D_1$  и с углом наклона ветвей ремня к горизонту  $\alpha_1$  делает  $n$  оборотов в минуту и передает мощность  $N$  кВт. Два других шкива имеют одинаковый диаметр  $D_2$  и одинаковые углы наклона ветвей ремня к горизонту  $\alpha_2$  и каждый из них передает мощность  $N/2$  (рис. П.16). Требуется: 1) определить моменты, приложенные к шкивам, по заданным  $N$  и  $n$ ; 2) построить эпюру крутящих моментов  $M_{кр}$ ; 3) определить окружные усилия  $t_1$  и  $t_2$ , действующие на шкивы, по найденным моментам и заданным диаметрам шкивов  $D_1$  и  $D_2$ ; 4) определить давления на вал, принимая их равными трем окружным усилиям; 5) определить силы, изгибающие вал в горизонтальной и вертикальной плоскостях (вес шкивов и вала не учитывать); 6) построить эпюры изгибающих моментов от горизонтальных сил  $M_{гор}$  и от вертикальных сил  $M_{верт}$ ; 7) построить эпюру суммарных изгибающих

моментов, пользуясь формулой  $M_{лог} = \sqrt{M_{гор}^2 + M_{верт}^2}$  (для каждого поперечного сечения вала имеется своя плоскость действия суммарного изгибающего момента, но для круглого сечения можно совместить плоскости  $M_{лог}$  для всех поперечных сечений и построить суммарную эпюру в плоскости чертежа; при построении эпюры надо учесть, что для некоторых участков вала она не будет прямолинейной); 8) при помощи эпюр  $M_{кр}$  (см. п. 2) и  $M_{лог}$  (см. п. 7) найти опасное сечение и определить максимальный расчетный момент (по третьей теории прочности); 9) подобрать диаметр вала  $d$  при  $[\sigma] = 70$  МПа и округлить его значение (см. задачу 5). Данные взять из табл. П.12.