

594

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР
Московский автомобильно-механический институт
Кафедра "Сопротивление материалов"

В.И.Балкин, А.Я.Борзыхин, Н.Т.Прилежкин, В.Я.Пономарев,
Н.А.Сгародубен

32

ЗАДАЧИ

и расчётно-графическим работам № 4, 5, 6 по курсу
"Сопротивление материалов"
для студентов всех специальностей

Часть II

Под редакцией А.Я.Борзыхина

Москва - 1987

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

МОСКОВСКИЙ АВТОМЕХАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра "Сопротивление материалов"

В.И.Балкин, А.И.Коданев, И.Т.Прилепин, В.Я.Пономарев,
Н.А.Старолубец

Одобрено методической
комиссией по общетехниче-
ским дисциплинам

" 18 " декабря 1980 г.

З А Д А Ч И

к расчётно-графическим работам № 4, 5, 6 по курсу

"Сопротивление материалов"
для студентов всех специальностей

Часть II

Под редакцией А.Я.Борзыкина

Москва - 1981

Библиотека МАИ
Инв. № _____

Балкин В.И., Коданев А.И., Прилепин И.Т., Новомарев В.Я.,
Стародубец Н.А.

Задачи к расчётно-графическим работам № 4, 5, 6 по курсу

"Сопротивление материалов", часть II. I - 4, рис. 29, табл. 20
МАМИ 1981

Во второй части сборника приведены задачи, которые предназна-
чены для включения их в расчётно-графические работы по курсу
"Сопротивление материалов", выполняемые студентами МАМИ в
весеннем семестре.

Задачи предусматривают расчёты статически-неопределимых балок и
рам, расчёты на прочность при сложном сопротивлении, а также рас-
чёты на прочность при циклически изменяющихся напряжениях и дина-
мических воздействиях. Раздел динамики представлен расчётами на
прочность при действии удара и при колебаниях.

Ряд задач имеет повышенную трудность. Вопрос о содержании и
объёме той или иной расчётно-графической работы, выполняемой сту-
дентами данной специальности, решается кафедрой.

Порядок выдачи и приема работ, их оформление студентами рас-
смотрены в первой части настоящего сборника. Необходимые теорети-
ческие сведения и методические вопросы, связанные с решением за-
дач, кратко изложены в методических указаниях к выполнению рас-
чётно-графических работ по курсу "Сопротивление материалов",
ч. I и II.

АБВГД

- 3 -

ЗАДАЧА № 1

Для заданной статически неопределимой балки (рис. 1) требуется:

- 1) установить степень статической неопределимости;
 - 2) выбрать основную систему;
 - 3) назначить эквивалентную систему, введя лишние неизвест-
ные силовые факторы;
 - 4) написать канонические уравнения (выражающие условие, что
суммарное перемещение от внешних сил и всех лишних неизвестных по
направлению каждого из лишних неизвестных равно нулю);
 - 5) построить эпюры *M* и *Q* от единичных сил и от внешней на-
грузки и вычислить все перемещения, входящие в канонические урав-
нения;
 - 6) найти величины лишних неизвестных, решив уравнения;
 - 7) построить окончательную эпюры *M* и *Q*;
 - 8) проверить правильность построения окончательной
эпюры *M*, умножив ее на каждую из единичных эпюр;
 - 9) подобрать стандартный двутавр, приняв $[σ] = 160 \text{ МПа}$.
- Исходные данные взять из табл. I.

Примечание:

- а) сосредоточенная сила $F = 2,96 \text{ кН}$;
- б) сосредоточенный момент $M = 2,96 \text{ кНм}$.

ЗАДАЧА № 2

Для заданной статически неопределимой рамы (рис. 2) требуется:

- 1) установить степень статической неопределимости;
- 2) выбрать основную систему;
- 3) назначить эквивалентную систему, введя лишние неизвестные
силовые факторы;
- 4) написать канонические уравнения (выражающие условие, что
суммарное перемещение от внешних сил и всех лишних неизвестных

по направлению каждого из лишних неизвестных равно нулю);

5) построить эпюры M и Q от единичных сил и от внешней нагрузки и вычислить все перемещения, входящие в канонические уравнения;

6) найти величины лишних неизвестных, решив уравнения;

7) построить окончательные эпюры M и Q ;

8) проверить правильность построения окончательной эпюры M , умножив ее на каждую из единичных эпюр;

9) подобрать прямоугольное поперечное сечение с размерами сторон $h=28$, приняв $[σ] = 100$ мпа.

Исходные данные взять из табл. I.

Примечание: а) сосредоточенная сила $F = \alpha_1 q l$;
б) сосредоточенный момент $M = \alpha_2 q l^2$.

Таблица I

Номер эпюры	Схема	l [м]	q [кН/м]	α_1	α_2	K_1	K_2	K_3
1	I	0,8	50	1	2	2	8	1
2	II	0,4	45	1,5	1	6	1	2
3	III	0,5	40	1,3	1,2	1	4	3
4	IV	0,6	35	1,4	1	3	3	1
5	V	0,7	30	1	1,4	2	2	2
6	VI	0,8	25	1,5	1	1	2	2
7	VI	0,9	20	1	1,8	2	1	2
8	VII	1,0	15	1,6	1,3	1	2	2
9	IX	1,1	10	2	1,4	2	1	1
0	X	1,2	5	4	1,2	2	2	1
	A	B	B	A	B	B	A	B

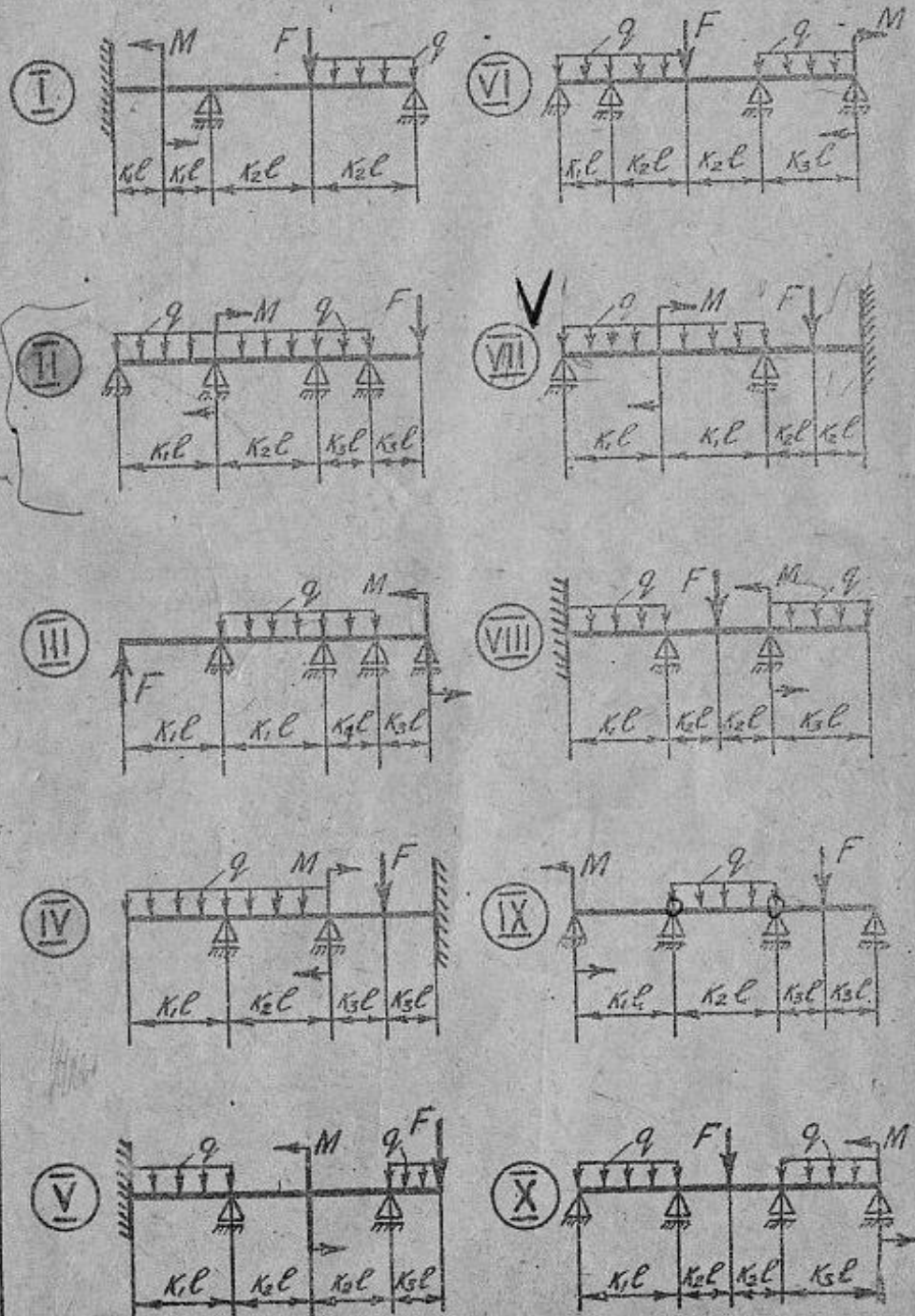


Рис. I

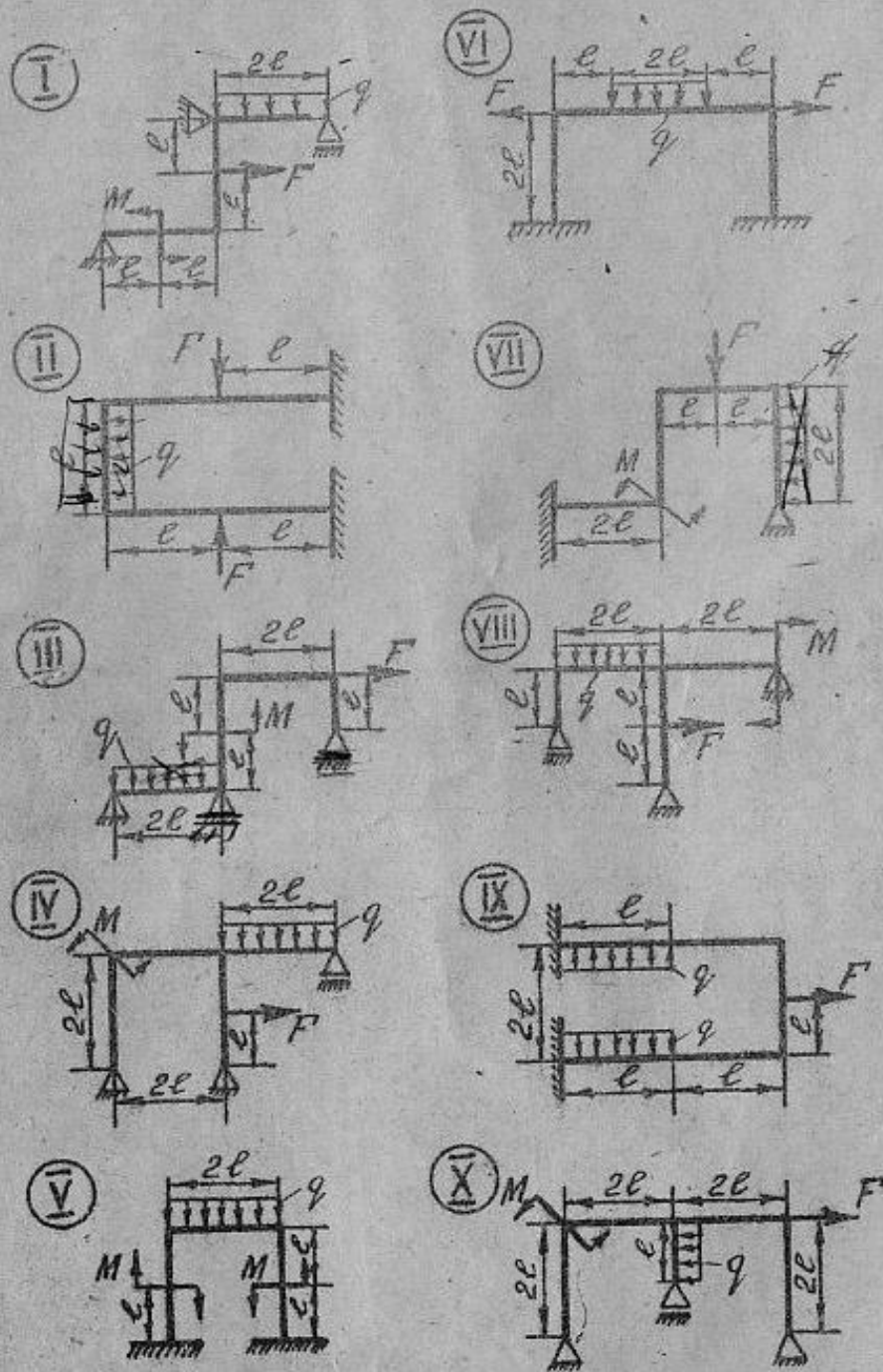


Рис. 2

ЗАДАЧА №3

По граниям элементарного параллелепипеда, выделенного из тела, действуют нормальные σ_x, σ_y и касательные τ напряжения (рис. 3). На чертеже показаны направления напряжений, принятые положительными.

Требуется аналитически и графически с помощью круга Мора:

1. Определить значения главных напряжений и положение главных площадок;
2. Проверить свойство инвариантности суммы нормальных напряжений для двух произвольных взаимноперпендикулярных площадок;
3. Определить величину τ_{max} и положение площадок, по которым они действуют.

Исходные данные взять из таблицы 2.

ЗАДАЧА №4

Пространственный брус с ломаным очертанием осевой линии и со взаимноперпендикулярными участками нагружен силами и моментами, как показано на рис. 4.

Вертикально расположенные участки бруса длиной b имеют круглое поперечное сечение диаметром d , горизонтальные длиной c имеют прямоугольное сечение с размерами сторон $h \times 2h$.

Требуется:

1. Построить в аксонометрии эпюры внутренних силовых факторов;

2. В опасных сечениях бруса указать наиболее напряженные точки и выявить напряженное состояние в них (напряжениями от Q_x, Q_y и N_x можно пренебречь).

3. Используя гипотезу максимальных касательных напряжений, подобрать размеры поперечных сечений каждого участка бруса.

Номер строки	σ_z (МПа)	σ_y (МПа)	τ (МПа)
1	100	200	100
2	-120	150	100
3	140	140	50
4	160	-130	80
5	180	100	100
6	150	-120	120
7	-200	140	140
8	210	160	160
9	220	-180	200
0	-230	150	180
	A	B	B

Вариант 78999
АБВГД

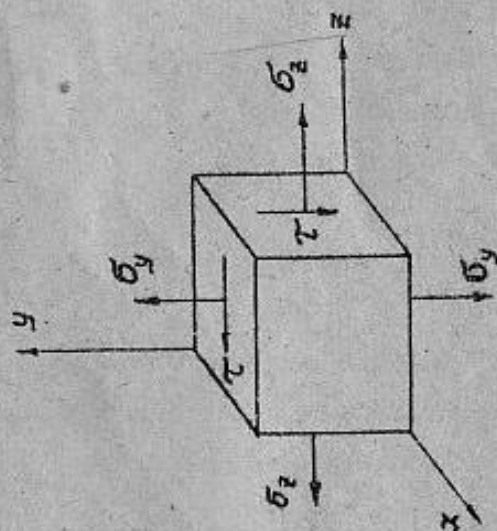


Рис. 3

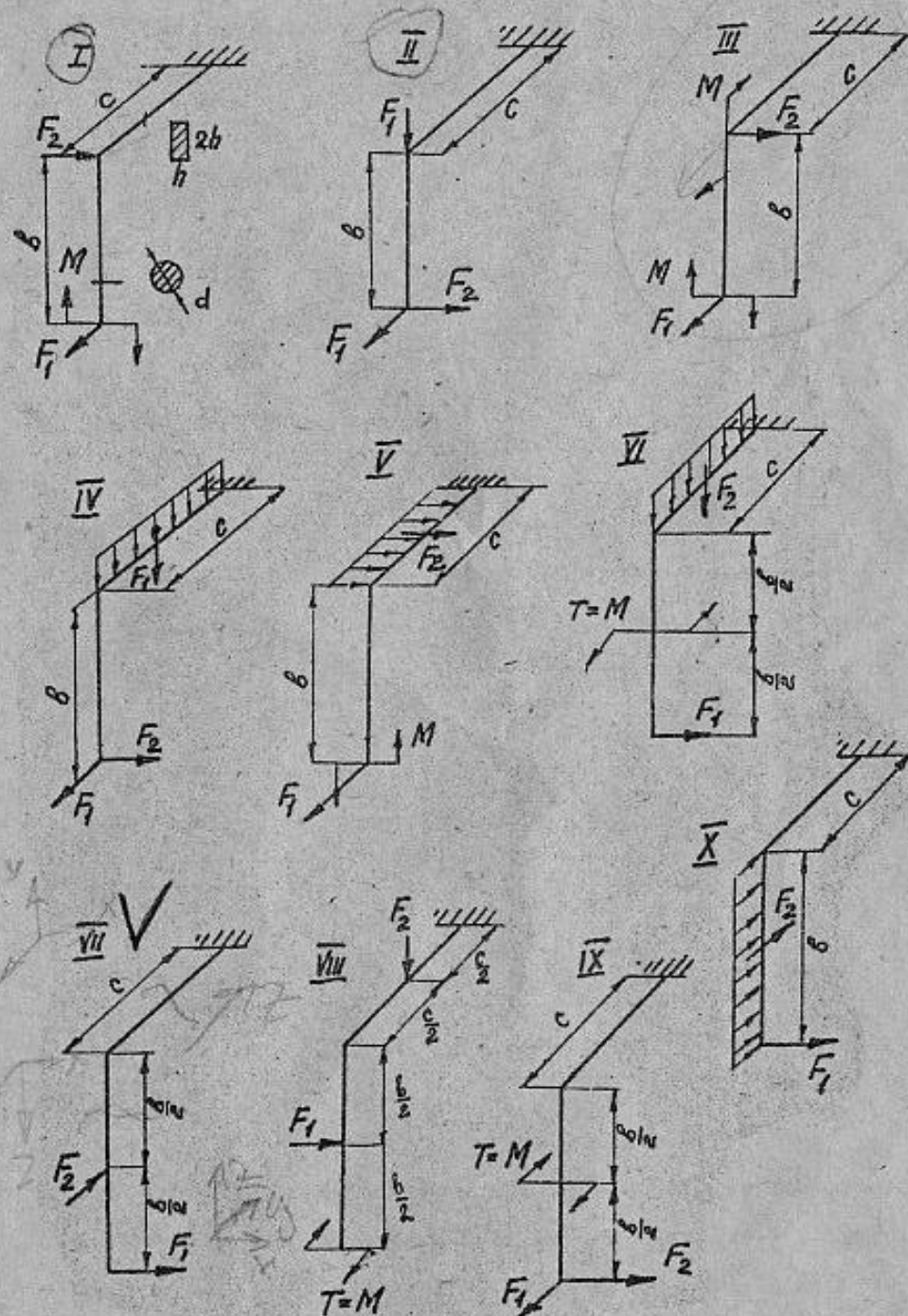


Рис. 4

Материал бруса - сталь; $[σ] = 160 \text{ МПа}$.

Исходные данные взять из таблицы 3.

Примечание:

1. сосредоточенные силы $F_1 = k_1 qa$; $F_2 = k_2 qa$;

2. сосредоточенный момент $M = k_3 qa^2$

3. размеры $b = k_4 a$; $c = k_5 a$;

длина $a = 1 \text{ м}$; нагрузка $q = 1 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$

33543
654

63419
A581D

Таблица 3

номер строки	Схема	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1	I	10	1	1	1	1,4
2	II	5	2	1,5	0,9	1,3
3	III	2	3	2	0,8	1,2
4	IV	8	4	2,5	0,7	1,1
5	V	4	5	3	0,6	1,0
6	VI	6	6	3,5	0,5	0,9
7	VII	8	7	4	1,1	0,8
8	VIII	9	8	4,5	1,2	0,7
9	IX	1	9	5	1,3	0,6
0	0	11	10	6	1,4	0,5
	Б	А	В	Г	Д	А

Задача №5

Для тонкостенной трубы (схемы I-V) или бруса (схемы VI-IX), нагруженных как показано на рис.5, определить запас прочности

материал трубы и бруса-сталь У-8 незакаленная

$σ_{Tp} = 250 \text{ МПа}$; $σ_{Tc} = 430 \text{ МПа}$.

Исходные данные взять из таблицы 4.

2.105

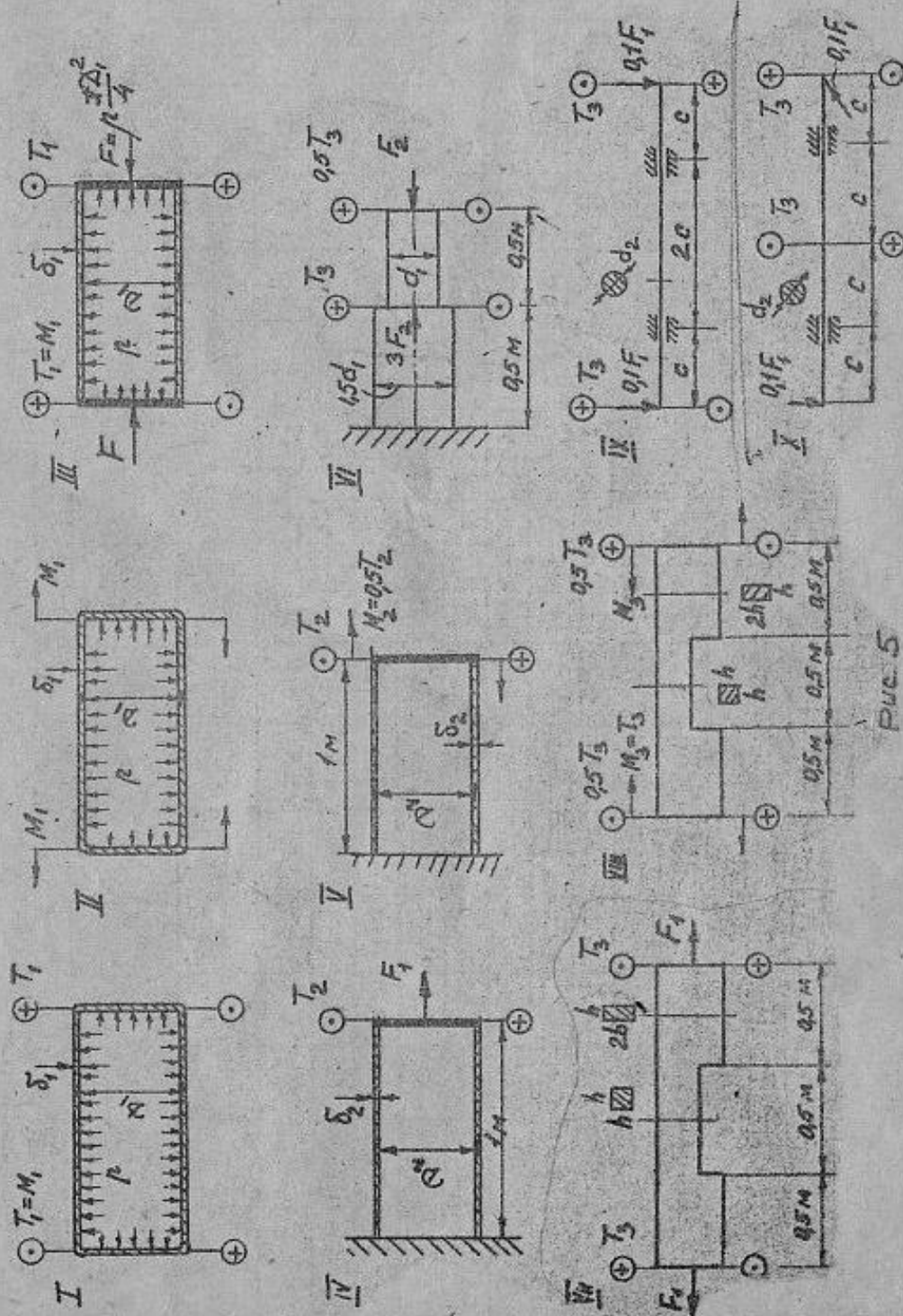


Таблица 4

номер строки	Схема	M_1 кМ	T_2 кНМ	T_3 кНМ	F_1 кН	F_2 кН	ρ МПа	D_1 см	D_2 см	δ_1 см	δ_2 см	d_1 см	d_2 см	c м	h см
1	I	50	1	4	100	90	3,5	2	7,6	0,12	0,5	5	10	0,5	5
2	II	48	2	3	90	100	3,0	2,1	8,6	0,13	0,6	5,5	10,2	0,6	5,2
3	III	44	3	5	80	110	2,5	2,2	6,5	0,14	0,7	6	10,4	0,7	5,4
4	IV	42	4	6	70	120	2,2	2,3	7,5	0,15	0,55	6,5	10,6	0,8	5,6
5	V	46	5	3	60	95	3,0	2,4	8,5	0,16	0,65	4,5	10,8	0,9	5,8
6	VI	45	3,5	4,5	55	115	2,0	2,5	9,5	0,17	0,75	5,2	11	1	6
7	VII	40	2,5	6,5	65	125	1,8	2,6	7	0,18	0,8	6,3	11,2	0,55	6,2
8	VIII	35	5,2	4,8	75	130	1,5	2,7	8	0,19	0,85	5,8	11,4	0,63	6,4
9	IX	25	4,5	7	85	140	3,0	2,8	9	0,2	0,9	6,4	11,6	0,75	6,6
0	0	20	5,5	3,5	95	135	3,4	3	10	0,1	0,95	5,3	12	0,85	7
	B	A	B	B	B	B	A	Г	Д	А	Б	В	А	Г	Д

01023
АВРГА

ЗАДАЧА № 6

Для одной из схем (см. табл. 5) произвести расчёт на устойчивость

Таблица 5

Номер строки	Схема
1	I
2	II
3	III
4	IV
5	V
6	VI
7	VII
8	VIII
9	IX
0	X
	A

Схема 1. Определить допускаемую нагрузку для стойки из стали Ст.3. Принять, что швеллеры, из которых состоит стойка (рис. 6), надёжно связаны между собой, и сечение работает как монолитное.

Расстояние "С" между швеллерами выбрать на условия равноустойчивости стойки.

С каким коэффициентом запаса устойчивости работает стойка при нагрузке равной допускаемой?

Исходные данные для задачи взять из табл. 6 и 7: вид закрепления стойки, номер швеллера, длину стойки l , допускаемое напряжение на сжатие.

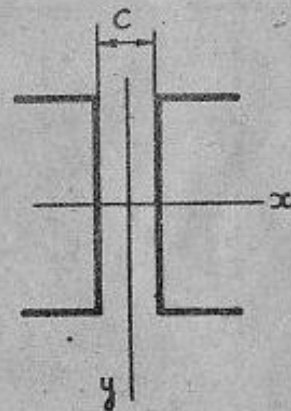




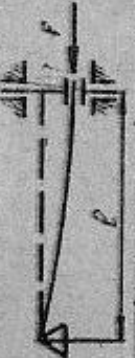


Рис. 6

Таблица 6

Номер стойки	Вид закрепления стойки	Швеллер №	Двутавр №	Равнобокий уголок	Неравнобокий уголок	F, F _к		[σ_y]	[σ_c] МПа
						кН	кН		
1		5	10	62*62*4	62*24*4	150	200	1,8	135
2		6,5	12	66*66*4	40*25*4	200	250	2,0	140
3		8	14	40*40*5	45*28*4	250	300	2,2	145
4		10	16	50*50*5	50*32*4	300	350	2,4	150
5		12	18	60*60*6	55*38*5	350	400	2,6	155
	В	В	Г	А	Б	А	Б	В	Г

Продолжение таблицы 6



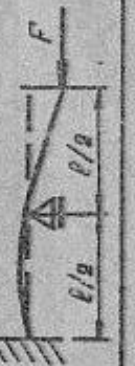

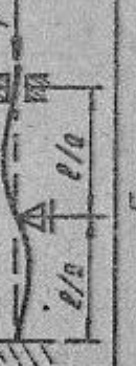
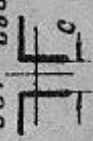

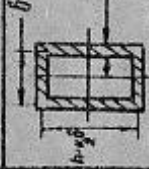
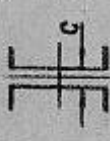
Номер строки	Вид отойки	Швеллер №	Двутавр №	Равнобокий уголок	Неравнобокий уголок	F, F _к		[σ_y]	[σ_c] МПа
						кН	кН		
6		14	18а	25*25*4	65*40*4	400	450	2,8	160
7		16	20	45*45*5	65*40*8	450	500	3,0	165
8		18	20а	50*50*5	70*45*5	500	550	3,2	170
9		20	22	70*70*7	75*50*8	550	600	3,4	175
0		22	24	75*75*7	80*50*8	600	650	3,6	180
	Б АСДГ В	В	Г	А	Б	А	Б	В	Г

Таблица 7

Номер статки	Сечение	м			l	c	d		b	K ₁	K ₂	Угол град	1		2
		m	n	p			м	мм					Сталь Ст.3	материал стержней	
1	Равнобокие уголки ГОСТ 8509-72 	2,0	1,5	5,0	10	20	20	20	0,10	2,0	20	20	Сталь Ст.3	Сталь Ст.3	Сталь Ст.3
2		2,5	1,75	3,5	12	25	25	25	0,12	2,2	2,2	25	Сталь Ст.3	Сталь Ст.3	Сталь Ст.3
3	Двутавр ГОСТ 8239-72	3,0	2,0	4,0	14	30	30	30	0,14	2,4	2,4	30	Сталь Ст.3	Медь Ст.5	Медь Ст.5
4		3,5	2,25	4,5	16	35	35	35	0,16	2,6	2,6	35	Сталь Ст.3	Сталь Ст.3	Сталь Ст.3
5	Швеллер ГОСТ 8240-72 	4,0	2,5	5,0	18	40	40	40	0,18	2,8	2,8	40	Дюраль Ст.5	Сталь Ст.3	Сталь Ст.3
	A	Б	В	Г	А	Б	Г	Г	Б	В	В	Г	Б	Б	В

Продолжение таблицы 7

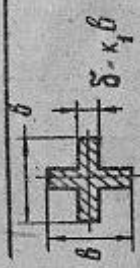
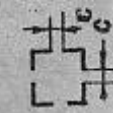

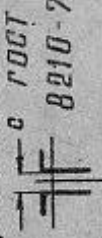
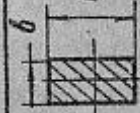
Номер строки	Сечение	м			l ₀	c	мм		δ	κ ₁	κ ₂	Угол град	1	2
		m	n	δ			d							
								Материал стержней						
6	 ГОСТ 8509-72	4,5	2,75	5,5	20	45	45	0,20	1	45	медь	сталь Ст.3		
7	 Равнобокий уголок ГОСТ 8509-72	5,0	3,00	6,0	2,2	50	50	0,22	1,2	50	медь	дюраль		
8	 δ = κ ₁ d	5,5	3,25	6,5	24	55	55	0,24	1,4	50	дюраль	медь		
9	 Неравнобокий уголок ГОСТ 8210-72	6,0	3,50	7,0	26	60	60	0,26	1,6	60	медь	медь		
0	 h = κ ₂ δ	6,5	3,75	7,5	28	65	65	0,28	1,8	65	дюраль	дюраль		
	A	Б	В	Г	А	Б	Г	Б	В	Г	Б	В		

Схема II. Подобрать сечение стального сжатого элемента AC фермы (рис. 7). Определить коэффициент запаса устойчивости при принятых размерах сечения.

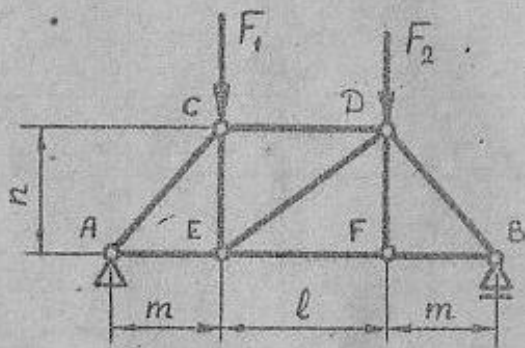


Рис. 7

Значения сил F_1 и F_2 , допускаемое напряжение на сжатие $[\sigma]_c$ взять из табл. 6; форму сечения и размеры фермы - из табл. 7. Материал стойки - сталь Ст.3.

Схема III. Определить допускаемое значение силы F , если стержни 1 и 2, поддерживающие абсолютно жесткую балку AB, имеют одинаковые поперечные сечения (рис. 8).

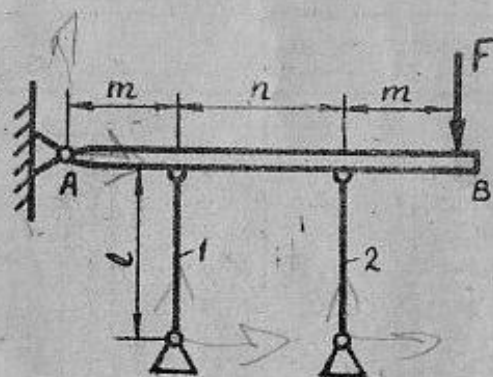


Рис. 8

Значение допускаемого напряжения материала стержней на сжатие $[\sigma]_c$ взять из табл. 6; поперечное сечение стержней 1 и 2, раз-

меры m, n и l - из табл. 7. Материал стержней-сталь Ст.3.

Схема IV. Определить значение допускаемой нагрузки на кронштейн, исходя из условия прочности балки AB и устойчивости

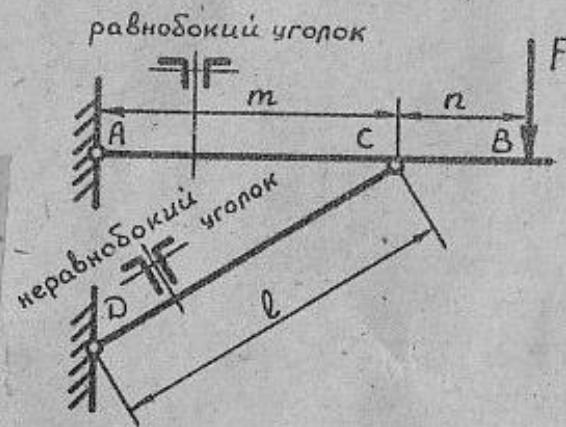


Рис. 9

подкоса CD (рис. 9). При нагрузке, равной допускаемой, определить σ_{max} в поперечном сечении балки AB и нормальное напряжение в поперечном сечении подкоса CD.

Материал балки и подкоса-сталь Ст.3. Номера равнобокого и неравнобокого

уголков взять из табл. 6; размеры балки и подкоса - из табл. 7.

Схема V. Определить коэффициент запаса прочности n_T и коэффициент запаса устойчивости n_y стойки (рис. 10). При раскры-

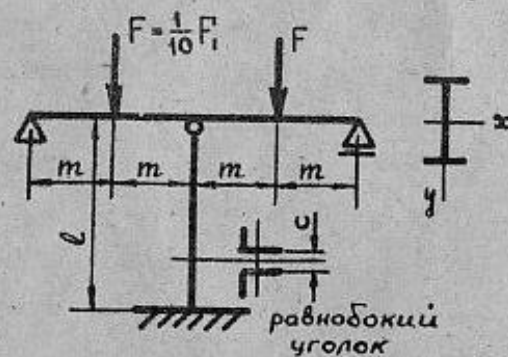


Рис. 10

Материал балки и стойки-сталь Ст.3, $\sigma_T = 240$ МПа.

ти статической неопределимости деформации сжатия стойки не учитывать. Подсчитать на сколько (в процентах) изменятся указанные коэффициенты, если при раскрытии статической неопределимости учесть деформации сжатия стойки.

Номера двутавра и равнобокого уголка, F_1 взять из табл. 6;

l, m и c - из табл. 7.

Схема VI. Определить из условия устойчивости допускаемое понижение температуры $[\Delta t]$ стержней, поддерживающих абсолютно жесткую балку (рис. II). Материал стержней-сталь Ст.5.

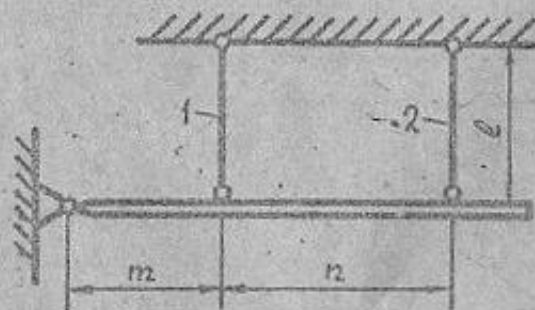


Рис. II

Требуемый коэффициент запаса устойчивости $[n_y]$ взять из табл. 7; поперечные сечения стержней 1 и 2, размеры l, m и n - из табл. 7.

Схема VII. Определить допускаемое значение нагрузки $[q]$ из условия устойчивости стойки (рис. I2), если $[n_y] = 2$. При определении усилия в стойке ее сжатием пренебречь. Материал балки и стойки - сталь Ст.3. Проверить прочность балки при найденном значении $[q]$, если $[\sigma] = 160$ МПа. Во сколько раз увели-

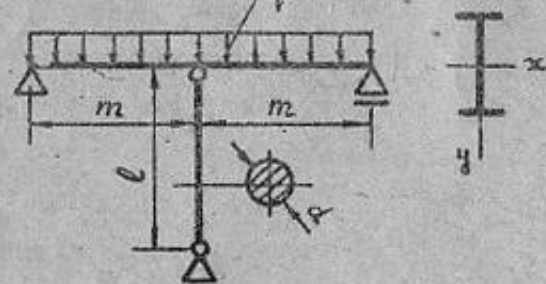


Рис. I2

чится значение $[q]$, если нижний конец стойки закрепить жестко? Будет ли при новом значении $[q]$ обеспечена прочность балки?

Номер двутавра взять из табл. 6; l, m и d - из табл. 7.

Схема VIII. Проверить из условия устойчивости стойки (рис. I3)

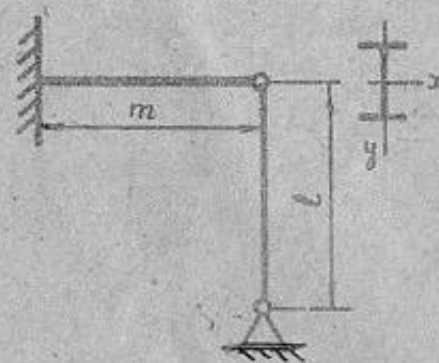


Рис. I3

табл. 6; сечение стойки, длины l и m - из табл. 7.

Схема IX. Упругие стержни равной длины l образуют шарнирный четырехзвездник ABCD, скрепленный диагональным стержнем BD (рис. I4). Конструкция подвергается действию сил F , направ-

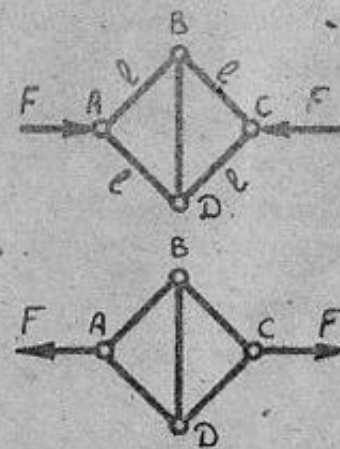


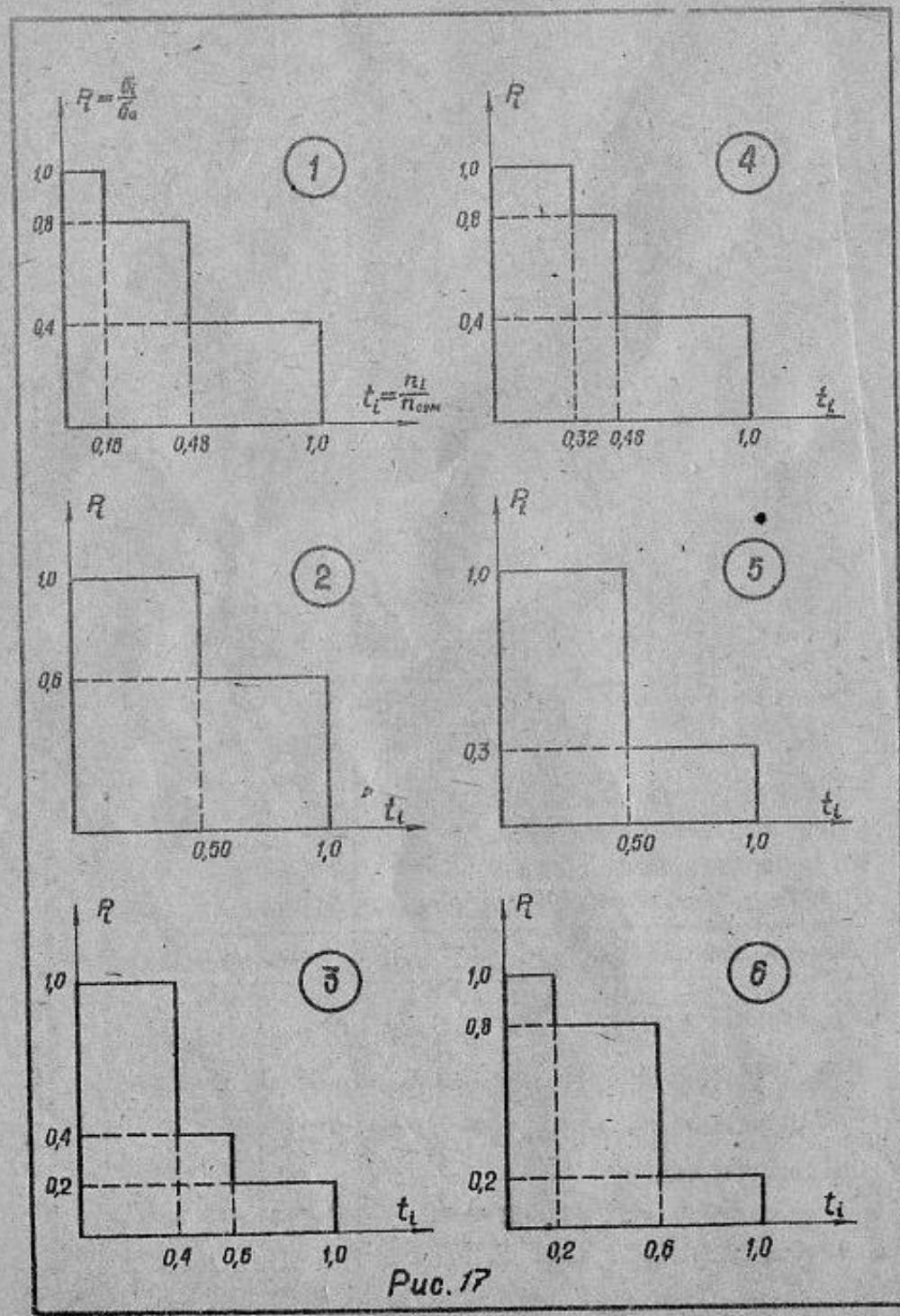
Рис. I4

допускаемое повышение температуры $[\Delta t]$, если материал стойки-сталь Ст.3. Во сколько раз изменится результат решения, если принять, что балка абсолютно жесткая?

Поперечное сечение балки-двутавр. Номер двутавра и допускаемый запас устойчивости $[n_y]$ взять из

табл. 6; сечение стойки, длины l и m - из табл. 7.

При какой минимальной величине сил F отдельные элементы конструкции потеряют устойчивость? Длину стержня и его сечение взять из табл. 7.



62063
ABBPB

Таблица 8

25025
ABBPB

номер строки	Марка стали	Условия кН					мм				Режим на- грузки рис. 17	
		F_{1k}	F_{1e}	F_{1x}	F_{2n}	F_{2e}	R_1	R_2	e_1	e_2		
1	Ст 5	3,1	1,155	0,655	6,2	2,26	100	50	75	140	1	
2	Ст 6	3,0	1,120	0,630	6,0	2,18	110	55	80	145	2	
3	20	2,8	1,045	0,60	5,6	2,04	120	60	85	150	3	
4	45	2,6	0,970	0,55	5,2	1,90	130	65	90	155	4	
5	20 X	2,2	0,820	0,465	4,4	1,60	140	70	95	160	5	
6	40 X	1,6	0,60	0,340	3,2	1,165	150	75	100	165	6	
7	40XH	1,5	0,56	0,320	3,0	1,09	160	80	105	170	Условно- нормальный режим	
8	18XIT	1,4	0,525	0,298	2,8	1,02	170	85	110	175		
9	30XIT	1,2	0,45	0,254	2,4	0,874	180	90	115	180		
0	12XH3	2,6	0,970	0,55	5,2	1,90	130	55	100	165		
	Б	В					Г	II				

Примечание: Для определения суммарного числа циклов напряжений изгиба за весь срок работы вала при ступенчатом его нагружении принять:

- а) число оборотов вала равно $n = 0,5 \text{ об/сек};$
 - б) время работы в сутки $t = 6 \text{ часов};$
 - в) число рабочих дней в году $D = 100 \text{ дней};$
 - г) количество лет работы $L = 10 \text{ лет};$
 - е) показатель степени кривой усталости $m = 9;$
 - ж) базовое число циклов нагружения $N_0 = 10^7 \text{ циклов};$
- исходные данные взять из табл. 8.

ЗАДАЧА № 8

Для одной из схем, указанных в табл. 9, провести расчёт на прочность при циклических видах нагружения.

Таблица 9

Номер строки	Номер схемы	Номер строки	Номер схемы
1	I	6	VI
2	II	7	VII
3	III	8	VIII
4	IV	9	IX
5	V	0	X
	A		A

Схема 1. Определить запас прочности полуоси (рис.18), изготовленной из стали 40X. Касательные напряжения, возникающие в полуоси, изменяются по графику (см.рис.19 и 19а). Средняя повторяемость перегрузочных напряжений - 70 раз в минуту. В течение года полуось работает 850 часов. Срок службы - 8 лет. Показатель степени кривой усталости $m = 6$, $N_0 = 3 \cdot 10^6 \text{ циклов}$. Данные взять из таблицы 10.

Таблица 10

Номер строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
коэффициент нагрузки	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	Б
Номер рисунка	19						19а				В

Примечание. Коэффициент нагрузки α означает, какую долю касательных напряжений от указанных на рис.19 следует принимать при выполнении заданного варианта.

Например, при $Б = I$ $\alpha = 0,8$. При расчёте величины касательных напряжений по рис.19 необходимо принимать равными $40 \cdot 0,8 = 48 \text{ МПа}$, $70 \cdot 0,8 = 56 \text{ МПа}$, $80 \cdot 0,8 = 64 \text{ МПа}$, т.е. все значения числовой оси умножить на коэффициент $\alpha = 0,8$.

Схема II. Определить наибольшую допустимую величину $M_{из}^{max}$ и $T_{кр}^{max}$ для вала с галтелью (рис.20). Напряжения изгиба изменяются по симметричному циклу, а напряжения кручения - по асимметричному циклу.

Данные для решения задачи взять из табл.11, где η_T - коэффициент запаса текучести, а η_y - коэффициент запаса усталости.

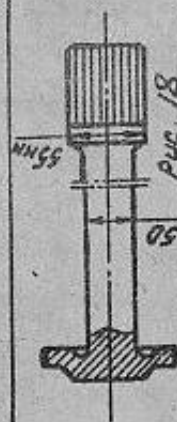
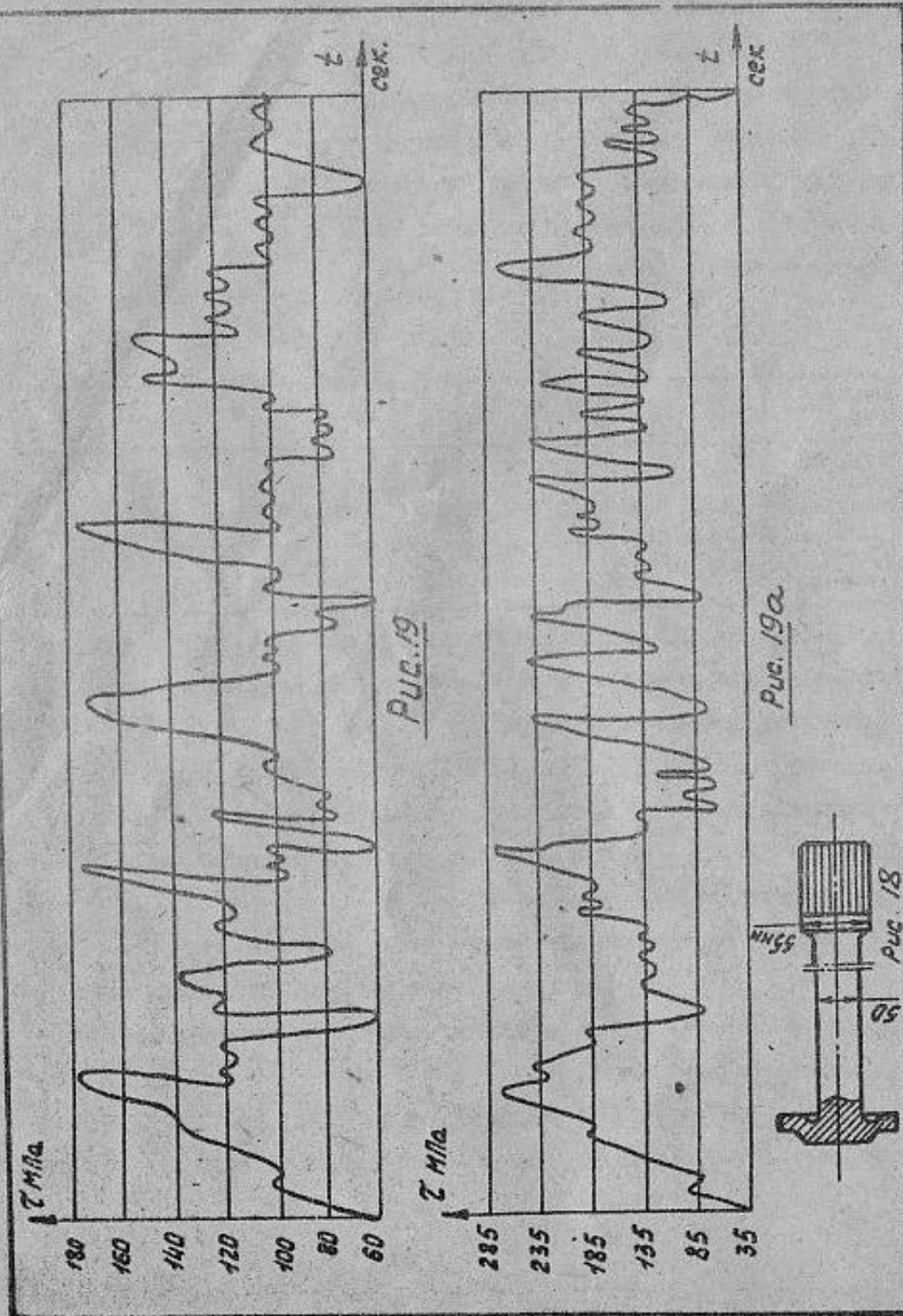


Таблица II

Номер строки	Марки стали	n_T	n_y	$T_{кр}^{max}$	$T_{кр}^{min}$
1	Ст 5	1,8	1,9	$1,5 M_{uz}^{max}$	$0,75 M_{uz}^{max}$
2	Ст 6	1,9	2,0	1,4 ---	0,70 ---
3	45	2,0	2,1	1,3 ---	0,65 ---
4	40X	2,1	2,2	1,2 ---	0,60 ---
5	40XH	2,2	2,3	1,1 ---	0,55 ---
6	20	2,3	2,4	1,5 ---	0,45 ---
7	20 X	2,4	2,5	1,4 ---	0,35 ---
8	18XГТ	2,5	2,6	1,3 ---	0,65 ---
9	12XНЗ	2,6	2,7	1,2 ---	0,60 ---
0	30XГТ	2,7	2,8	1,1 ---	0,55 ---
	Б	В		Д	

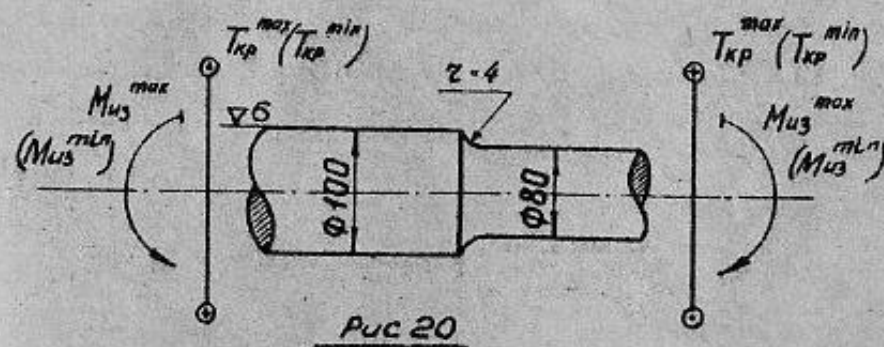
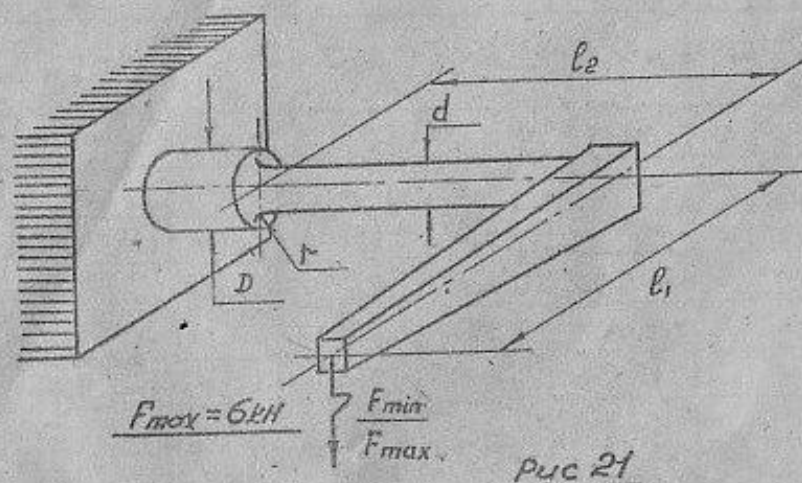


Схема III. Консольно закрепленный вал (рис.21) испытывает воз-



действие переменных напряжений. Определить диаметр вала "d" из условия статической прочности при коэффициенте запаса "n". Максимально допустимая нагрузка $F_{max} = 6 \text{ кН}$.

Провести проверку выбранного диаметра вала "d" на усталостную прочность.

Суммарное влияние на предел выносливости вала концентрации напряжений (K_σ ; K_τ), масштабоного эффекта (ε_σ ; ε_τ), качества обработки поверхности (β_σ ; β_τ) и технологического фактора упрочнения ($\beta(\sigma)_{упр}$; $\beta(\tau)_{упр}$) определить по формулам (см. А.В.Александров, Б.П.Державин и др. "Сборник задач по сопротивлению материалов", 1977 год)

$$K_{\sigma A} = \left(\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} + \frac{1}{\beta_\sigma} - 1 \right) \frac{1}{\beta(\sigma)_{упр}};$$

$$K_{\tau A} = \left(\frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau} + \frac{1}{\beta_\tau} - 1 \right) \frac{1}{\beta(\tau)_{упр}};$$

где $\beta(\sigma)_{упр} = \beta(\tau)_{упр} = 1$. Минимально допустимый нормативный коэффициент запаса усталостной прочности принять равным

$n_{уст} = 2,4$. Данные взять из таблицы 12.

Таблица 12

номер строки	Марка стали	n_T	$\frac{D}{d}$	$\frac{r}{d}$	$\frac{F_{min}}{F_{max}}$	l_1, l_2	
						метр	
1	Ст 5	2,5	1,05	0,05	0,1	0,25	0,3
2	Ст 6	2,4	1,10	0,02	0,2	0,30	0,25
3	45	2,3	1,25	0,05	0,3	0,40	0,30
4	40X	2,2	1,50	0,10	0,4	0,50	0,35
5	40XH	2,3	1,05	0,15	0,5	0,60	0,40
6	20	2,4	1,10	0,20	0,6	0,70	0,50
7	20X	2,5	1,25	0,02	0,7	0,80	0,60
8	18XIT	2,6	1,50	0,05	0,8	0,70	0,60
9	12XНЗ	2,7	1,10	0,10	0,2	0,80	0,70
0	30XIT	2,8	1,25	0,20	0,4	0,60	0,50
		Б	В	Г	Д		

Схема IV. Определить допустимое значение силы F_{max} (рис.22)

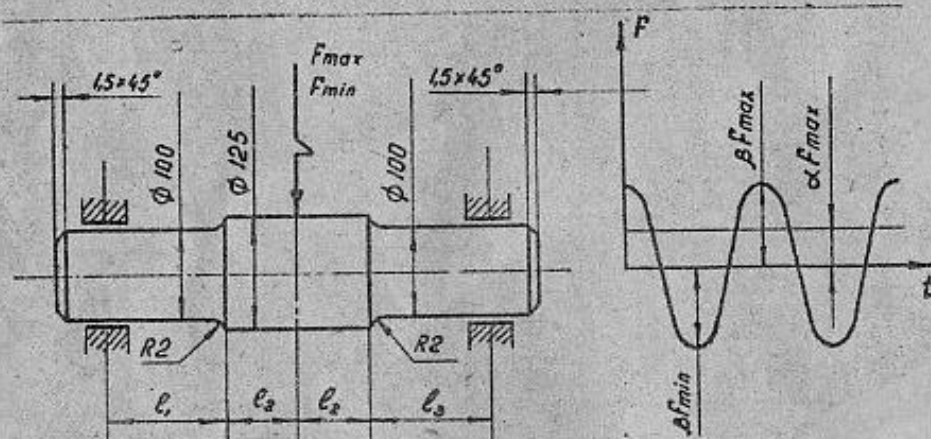
Данные взять из таблицы 13.

Таблица 13

Номер строки	Марка стали	Коэф. запаса n	αF_{max}	βF_{max}	Длина, м		
					l_1	l_2	l_3
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ст 5	1,60	0,1	$\pm 0,9$	0,2	0,1	0,6
2	Ст 6	1,65	0,15	$\pm 0,85$	0,25	0,1	0,55
3	45	1,70	0,20	$\pm 0,80$	0,30	0,1	0,50
4	40 X	1,75	0,25	$\pm 0,75$	0,35	0,1	0,45
5	40XH	1,80	0,30	$\pm 0,70$	0,40	0,1	0,40
6	20	1,85	0,35	$\pm 0,65$	0,45	0,2	0,35

Продолж. табл. I3

I	2	3	4	5	6	7	8
7	20 X	1,90	0,40	$\pm 0,60$	0,50	0,2	0,30
8	18XГТ	1,95	0,45	$\pm 0,55$	0,55	0,2	0,25
9	12XнЗ	2,00	0,50	$\pm 0,50$	0,60	0,2	0,30
0	30XГТ	2,10	0,55	$\pm 0,45$	0,65	0,2	0,30
	В	В	Г			Д	



Обработка кругом $\nabla 6$

Постоянная нагрузка αF_{max}

Переменная нагрузка βF_{max}

$$F_{max} = \alpha F_{max} + \beta F_{max} \quad F_{min} = \alpha F_{max} - \beta F_{max}$$

Рис. 22

Схема У. Определить запас прочности пружины, если в процессе работы ее перемещения равны соответственно h_1 и h_2 (см. рис. 23). Материал пружины имеет характеристики: $\sigma_T = 600 \text{ МПа}$; $\sigma_{-1} = 300 \text{ МПа}$; $\sigma_0 = 550 \text{ МПа}$; $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$. Суммарный коэффициент снижения предела выносливости $K_{\Sigma} = 1,4$. Найти значения F_{max} , F_{min} . Данные взять из таблицы I4.

Таблица I4

Номер строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
h_1 мм	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	В
h_2	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	
Число витков	6	8	10	12	14	12	10	8	6	8	В
$\frac{\alpha}{\beta}$ "	0,5	0,6	0,8	1,0	0,8	0,6	0,4	0,5	0,6	0,8	
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	

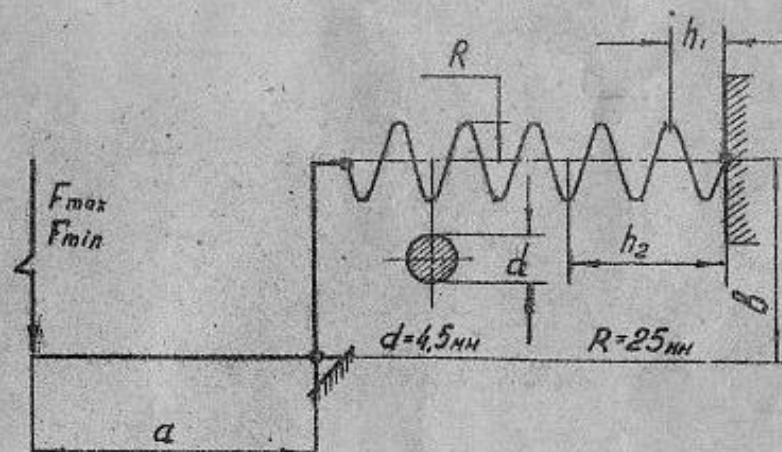


Рис. 23

Схема У1. нагрузка, действующая на пружину АВ (см. рис. 24) изменяется в зависимости от характера работы по следующим трем циклам:

- 1) симметричному ($y_{max} = y_{min} = 1 \text{ см}$);
- 2) пульсационному (отнулевому $y_{max} = 1 \text{ см}$; $y_{min} = 0$);
- 3) асимметричному циклу с коэффициентом асимметрии "R"

и максимальным прогибом $y_{max} = 1 \text{ см}$.

Определить запас прочности пружины для трех случаев нагружения.

Какой цикл является наиболее опасным?

Данные взять из таблицы 15.

Таблица 15

Номер строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
R	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	В
$h, мм$	6	7	8	9	10	9	8	7	6	6	В
$\ell, м$	0,30	0,35	0,40	0,45	0,40	0,35	0,30	0,35	0,40	0,45	В
Марка стали	50ХГ	50ХГА	55С2	60С2	50ХГ	50ХГА	55С2	60С2	50ХГ	55С2	В
$\sigma_{-1}, МПа$	580	530	450	420	530	580	450	420	530	450	В
ψ_{σ}	0,1		0,2		0,1		0,2		0,1		В

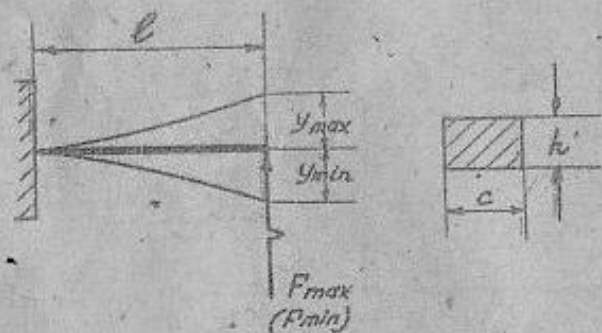


Рис. 24

Схема УП. При испытании стального образца на выносливость при симметричном изгибе были получены следующие эксплуатационные данные:

напряжение изгиба σ_{α} МПа	300	280	260	250	240	230
число циклов нагружения N (млн)	0,52	1,21	3,44	4,82	5,85	10^x)

x) Образец не разрушился.

По данным испытаний построить кривую выносливости:

- в координатах $\sigma_{\alpha} - N$ и определить предел выносливости материала (σ_{-1}). Определить предел выносливости материала при коэффициенте асимметрии R и $\psi_{\sigma} = 0,15$;
- в координатах $\lg \sigma_{\alpha} - \lg N$ и определить показатель степени m уравнения кривой усталости

$$(\sigma_{\alpha})^m N = \text{const}$$

Данные взять из таблицы 16.

Таблица 16

номер строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
R	0,8	0,4	0,5	0,6	0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	Д

Схема УД. Кривая предельных амплитуд (см. рис. 25) приближенно описывается уравнением:

$$\sigma_{\alpha} = 200 \left[1 - \left(\frac{\sigma_m}{400} \right) \right] \text{ МПа}$$

- Определить предел выносливости стального образца при коэффициенте асимметрии цикла R ;
- Провести спрямление кривой предельных амплитуд методом Серенсена-Кинасомвили, используя данные таблицы.
- Пользуясь построенной диаграммой Серенсена-Кинасомвили, определить предел выносливости

а) при $\sigma_{min} = 100$ МПа, в) при $\sigma_{\alpha} = 1,56 \sigma_m$, с) при $\beta = 60^\circ$.

Данные взять из таблицы 17.

Таблица 17

Номер строки	R	σ_T	σ_m	ψ_σ
		МПа		
1	0,40	370	80	0,10
2	0,45	550	100	0,05
3	0,50	650	120	0,05
4	0,55	650	140	0,10
5	0,60	700	150	0,10
6	0,65	750	160	0,10
7	0,70	750	170	0,15
8	0,75	800	180	0,15
9	0,80	850	200	0,10
0	0,60	750	170	0,10
	Б	В		Г

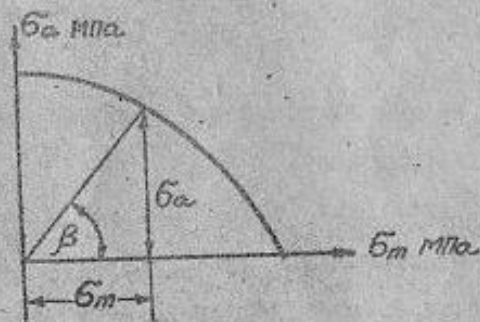


Рис. 25

Схема IX. Угол закручивания стального вала переменного сечения (см. рис. 26) изменяется по графику, представленному рис. 27. Моменты инерции изменяются по закону $J_{px} = J_p^I \cdot \alpha x$ (см. рис. 26).

Определить коэффициент запаса усталостной прочности вала. Данные взять из таблицы 18.

Таблица 18

номер строки	Марка стали	K_{σ}	φ_{max}	φ_{min}	D	d	l	ψ_{σ}
			градус/метр			мм		
1	Ст 5	1,8	0,15	0,10	0,24	0,15	2,0	0,05
2	Ст 6	1,9	0,20	0,10	0,26	0,16	2,1	
3	20	2,0	0,25	0,15	0,28	0,18	2,2	
4	45	2,1	0,30	0,20	0,30	0,20	2,3	
5	20 X	2,2	0,35	0,25	0,32	0,22	2,4	0,01
6	40 X	2,3	0,40	0,30	0,35	0,25	2,5	
7	45 XH	2,4	0,45	0,35	0,40	0,30	2,6	
8	18 XГТ	2,3	0,50	0,40	0,45	0,35	2,7	
9	12 XH3	2,2	0,55	0,30	0,40	0,30	2,6	
0	30 XГТ	2,1	0,60	0,20	0,30	0,20	2,5	
	Б	В	Г		Д		А	

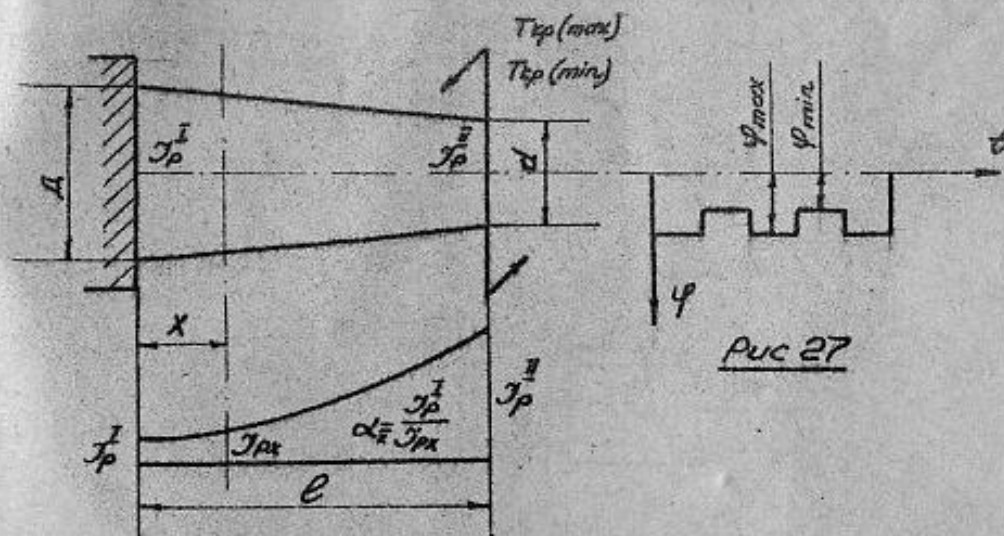


Рис 26

Рис 27

Схема X. Определить предел выносливости детали $\sigma_{\text{д}}$ при различных коэффициентах асимметрии (рис.28). Суммарное влияние на предел выносливости детали концентрации напряжений (K_{σ}), масштаба эффекта (ε_{σ}), качества обработки поверхности β_{σ} и технологического фактора упрочнения $\beta_{\text{упр}}$ определить по формуле:

$$K_{\sigma_{\text{д}}} = \left(\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} + \frac{1}{\beta_{\sigma}} - 1 \right) \frac{1}{\beta_{\text{упр}}}, \text{ где } \frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} = \frac{\sigma_{\sigma}}{F\left(\frac{r}{\rho}; \rho_{\sigma}\right)}$$

Величину, характеризующую чувствительность материала к концентрации напряжений и влияние абсолютных размеров, принять равной

$\rho_{\sigma} = 0,1$. Данные взять из таблицы 19.

Таблица 19

Номер отгрузки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
марка стали	20	35	45	60	40XH	20	35	45	60	40XH	Б
$\sigma_{\text{вп}}, \text{ МПа}$	120	170	190	220	290	120	170	190	220	290	
ρ	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	В
ρ_{σ}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	Б
$\beta_{\text{упр}}$	1,1	1,2	1,8	1,4	1,5	1,4	1,8	1,2	1,8	1,4	Г

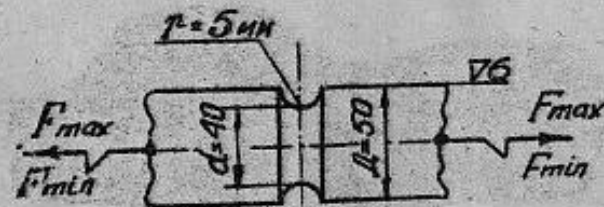


Рис 28

ЗАДАЧА № 9

Определить максимальное нормальное напряжение в упругой системе и перемещение под грузом при ударе падающим грузом массой M (рис.29). Массу упругой системы не учитывать. Модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа. Данные взять из табл. 20.

ЗАДАЧА №10

Определить круговую частоту свободных колебаний системы (рис.29), предполагая, что масса M после удара будет совершать движения вместе с упругой системой. Массу упругой системы не учитывать. Модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа. Данные взять из табл. 20.

Таблица 20

Номер строки	Схема	m [кг]	ℓ [м]	n [см]	Сечения
1	I	50	1,8	5	Двутавр № 16
2	II	55	2,0	6	Двутавр № 18
3	III	60	2,2	7	Двутавр № 18а
4	IV	65	2,4	8	Двутавр № 16
5	V	70	2,6	9	Двутавр № 20
6	VI	75	2,8	10	Два швеллера № 12
7	VII	72	2,6	9	Два швеллера № 14
8	VIII	68	2,4	8	Два швеллера № 14а
9	IX	64	2,2	10	Два швеллера № 16
0	X	60	2,0	7	Два швеллера № 14
	А	Б	Б	В	Г

23444
1566А
37201

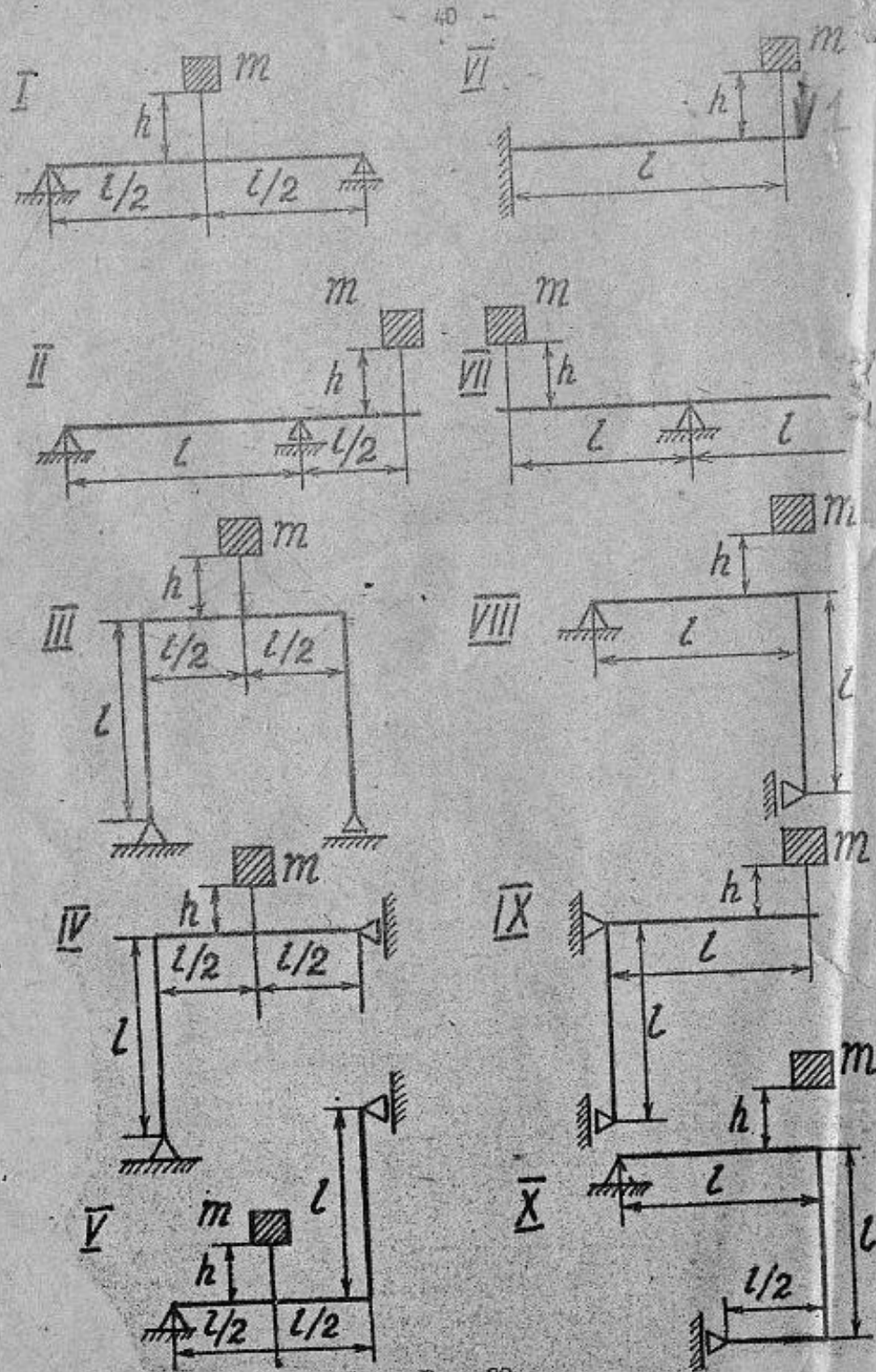


Рис. 29

Виктор Иванович Балкин, Анатолий Ильич Коданев,
Иван Тихонович Прилепин, Виктор Яковлевич Пономарев,
Николай Александрович Стародубец

Задачи к расчётно-графическим работам № 4, 5, 6 по
курсу "Сопротивление материалов" для студентов
всех специальностей. Часть II. Под редакцией
Анатолия Яковлевича Борзыкина.

Подписано к печати " " января 1981 года
Тираж экз. Бумага типографская, формат 60x90 1/1.
Бесплатно. Уч. изд. л. - 1,8 Усл. п. л. - 1,4

Ретанпринт МАИ, Москва 105023, Б. Семеновская, 38.