Контрольные задания

по сопротивление материалов

для студентов заочной формы обучения

Составитель: С.Г.Сидорин

Сопротивление материалов. Контрольные работы студентов заочников: Метод. указания /С.Г.Сидорин, Казан. гос. технол. ун-т. Казань, 2004, 62 с.

Указания состоят из двух частей. Первая часть содержит задачи для контрольных работ, выполняемых студентами заочной формы обучения.
Во второй части даются указания к решению задач и приводятся примеры решений.

Предназначены для студентов заочной формы обучения всех специальностей, изучающих дисциплины «Прикладная механика», «Сопротивление материалов», «Техническая механика».

Разработано на кафедре теоретической механики и сопротивления материалов.

Рецензенты: проф. А.Х.Валиуллин

доц. Е.М.Центовский

Каждый студент-заочник выполняет контрольные работы в зависимости от своей специальности:

- студенты **технологических** специальностей выполняют задачи №№ 1, 3, 4, 6а, 6б, 12, 16*;
- студенты **механических** специальностей выполняют задачи:
  Контрольная работа №1 - №№ 2, 3, 4, 5, 6а, 6б;
  Контрольная работа №2 - №№ 8, 9, 12, 15, 16, 19.

1. Студент должен взять исходные данные задач из таблиц в соответствии с номером ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ (шифром) и первыми шестью буквами русского алфавита, которые следует расположить под шифром,

например: **шифр** **2 7 6 0 5 2**

буквы ***а б в г д е***

Из каждого столбца таблицы исходных данных, обозначенного внизу определенной буквой, надо взять только одно число, стоящее в той строке, номер которой совпадает с номером буквы в шифре. Например, вертикальные столбцы табл.4 обозначены буквами «е», «г», «д». В этом случае при указанном выше шифре 276052 студент должен взять из столбца «е» строку номер 2 - второй тип сечения, из столбца «г» - строку номер 0 - швеллер 36 и из столбца «д» - строку номер 5 - равнобокий уголок 9(6).

2. Приступать к выполнению контрольных заданий следует изучив соответствующий раздел дисциплины [2 - 4, 6].

3. Оформление работы должно отвечать принятым требованиям.

На титульном листе контрольной работы должны быть четко написаны: название дисциплины, номер контрольной работы, шифр, фамилия, имя и отчество студента (полностью), название факультета и номер группы, дата регистрации работы в деканате, точный почтовый адрес. Необходимо также указать год издания методических указаний, по которым выполнялась контрольная работа.

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.

Решение должно сопровождаться краткими, но без сокращения слов объяснениями и чертежами, на которых все входящие в расчет величины должны быть показаны в числах. Не следует вычислять большое число значащих цифр, вычисления должны соответствовать необходимой точности, как правило, достаточно трех значащих цифр. Необходимо указать размерность всех величин и подчеркнуть окончательные результаты.

В возвращенной после проверки контрольной работе студент должен исправить все отмеченные ошибки и выполнить все данные ему указания. Исправления должны быть подшиты к первоначальному варианту рецензируемой работы.

---

* Нумерация задач дана по метод. указаниям «Контрольные задания по сопротивлению материалов для студентов заочников» [5].

ЗАДАЧИ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Задача 1. СТЕРЖНЕВАЯ СИСТЕМА

Два стальных стержня, шарнирно соединенных в точке A, находятся под действием силы P (рис. 1). Первый стержень имеет длину c и площадь поперечного сечения F, второй - длину a и площадь - $2F$. Модуль упругости стали принять равным $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Требуется найти:

1) величину нормальных напряжений, действующих в стержнях,
2) абсолютную и относительную деформации стержней.

Данные взять из табл.1.

Таблица 1

Номер строки	Схемы по рис.1,2	F, см^2	P, кН	a, м	b, м	c, м
1	1	11	110	2.1	2.1	1.1
2	2	12	120	2.2	2.2	1.2
3	3	13	130	2.3	2.3	1.3
4	4	14	140	2.4	2.4	1.4
5	5	15	150	2.5	2.5	1.5
6	6	16	110	2.6	2.6	1.6
7	7	17	120	2.7	2.7	1.7
8	8	18	130	2.8	2.8	1.8
9	9	19	140	2.9	2.9	1.9
0	10	20	150	3.0	3.0	2.0
	е	в	д	г	д	е

Задача 2. СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМАЯ СТЕРЖНЕВАЯ СИСТЕМА

Абсолютно жесткий брус шарнирно оперт на неподвижную опору и поддерживается двумя стержнями (рис. 2).

Требуется найти:

1) усилия и напряжения в стержнях, выразив их через силу Q;
2) допускаемую нагрузку $[Q]$, приравняв большее из напряжений в двух стержнях допускаемому напряжению $[\sigma]$=160 МПа;
3) предельную грузоподъемность системы $Q_{пр}$ и допускаемую нагрузку $[Q_{пр}]$, если предел текучести σ_T = 240 МПа и запас прочности n =1,5;
4) сравнить величины допускаемых нагрузок $[Q]$ и $[Q_{пр}]$.

Данные взять из табл. 1

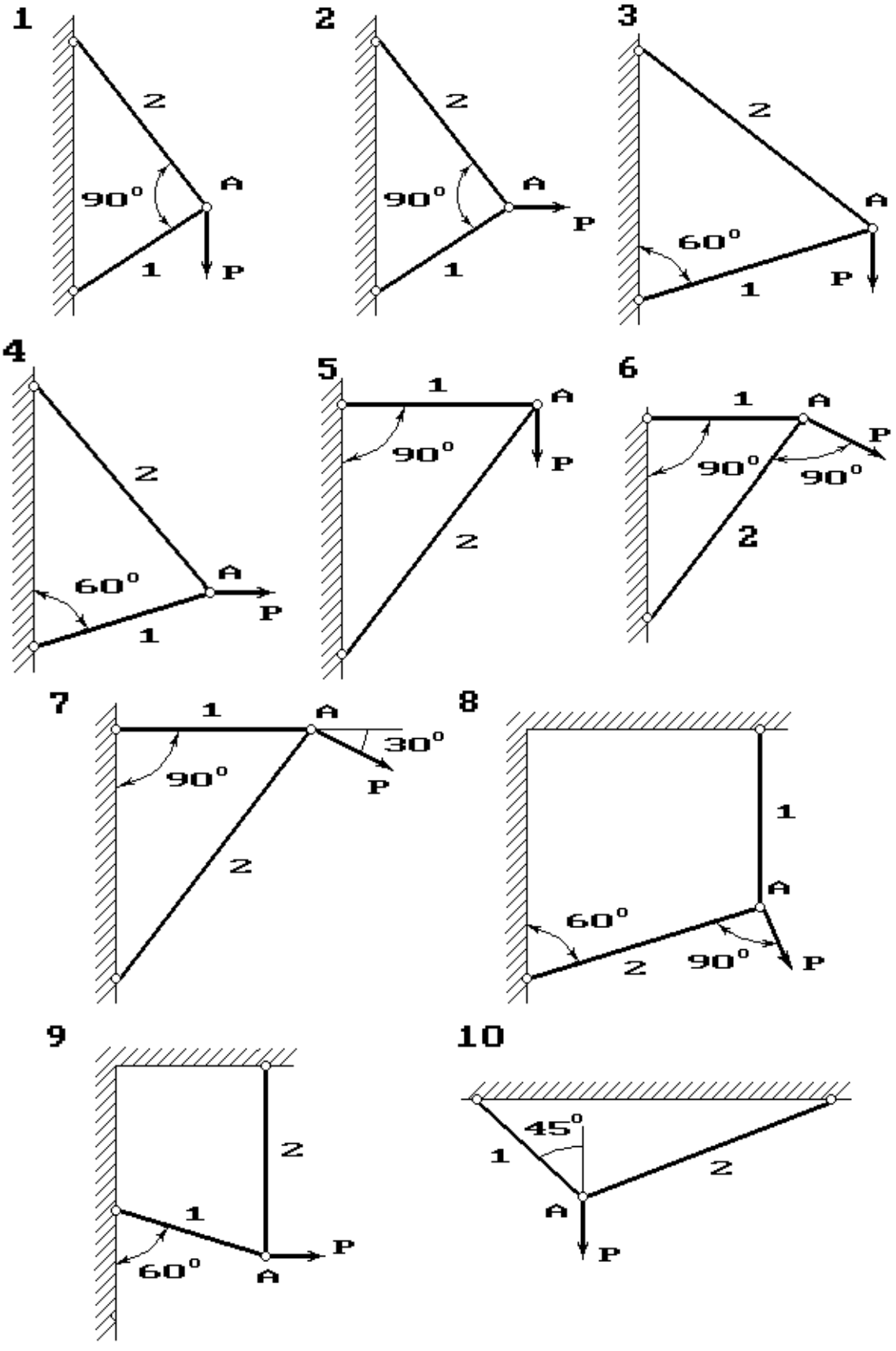

1
2
90°
A
1
P
2
2
90°
A
1
P
3
2
A
60°
1
P
4
2
60°
A
1
P
5
1
A
90°
P
2
6
1
A
P
90°
90°
2
7
1
A
30°
90°
P
2
8
1
A
60°
2
90°
P
9
2
1
P
60°
A
10
45°
1
2
A
P

Рис. 1

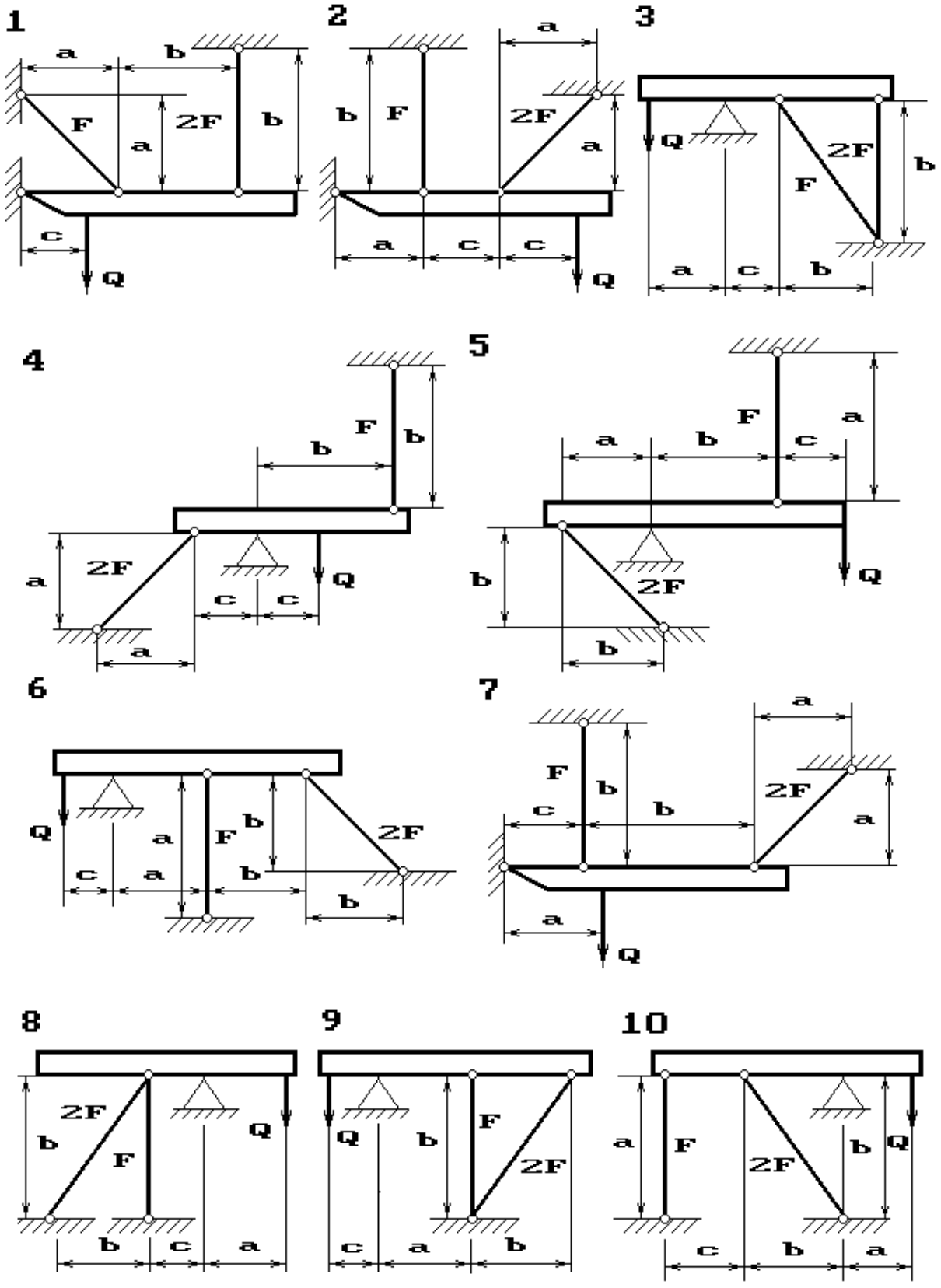

1
a
b
F
2F
a
b
c
Q
2
a
b
F
2F
a
a
c
c
Q
3
Q
2F
F
b
a
c
b
4
F
b
b
2F
a
Q
c
c
a
5
F
a
a
b
c
b
2F
Q
b
b
6
Q
a
F
b
2F
c
a
b
b
7
a
F
b
2F
c
b
a
a
Q
8
2F
b
F
Q
b
c
a
9
Q
b
F
2F
c
a
b
10
a
F
2F
b
Q
c
b
a

Рис. 2

Задача 3. ТЕОРИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

Элементарный параллелепипед, находящийся в произвольном месте стальной конструкции подвергается действию системы напряжений, лежащих в одной плоскости (рис.3).

Требуется найти:

1) главные напряжения и положение главных площадок;
2) максимальные касательные напряжения;
3) главные деформации $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$;
4) эквивалентное напряжение $\sigma_{экв}^{IV}$ по четвертой (энергетической) теории прочности;
5) относительное изменение объема;
6) удельную потенциальную энергию деформации.

Данные взять из табл. 2.

Таблица 2

Номер строки	Схемы по рис. 3	Напряжение, МПа		
		σ_x	σ_y	τ_{xy}
1	1	10	10	10
2	2	20	20	20
3	3	30	30	30
4	4	40	40	40
5	5	50	50	50
6	6	60	60	60
7	7	70	70	70
8	8	80	80	80
9	9	90	90	90
0	10	100	100	100
	е	г	д	е

Задача 4. КРУЧЕНИЕ

К стальному валу приложены скручивающие моменты: M_1, M_2, M_3, M_4, (рис.4).

Требуется:

1) построить эпюру крутящих моментов;
2) при заданном значении $[\tau]$ определить диаметр вала из расчета на прочность и округлить его величину до ближайшего большего значения из данного ряда диаметров 30, 35, 40,45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм;
3) построить эпюру углов закручивания;
4) найти наибольший относительный угол закручивания.

Данные взять из табл. 3.

Таблица 3

Номер строки	Схема по рис.4	Расстояние, м			Моменты, кНм		[τ], МПа
		a	*b*	*c*	M_1; M_3	M_2; M_4	
1	1	1,1	1,1	1,1	2,1	1,1	35
2	2	1,2	1,2	1,2	2,2	1,2	40
3	3	1,3	1,3	1,3	2,3	1,3	45
4	4	1,4	1,4	1,4	2,4	1,4	50
5	5	1,5	1,5	1,5	2,5	1,5	55
6	6	1,6	1,6	1,6	1,6	0,6	60
7	7	1,7	1,7	1,7	1,7	0,7	65
8	8	1,8	1,8	1,8	1,8	0,8	70
9	9	1,9	1,9	1,9	1,9	0,9	75
0	10	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	80
	е	г	д	е	г	д	в

Задача 5. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ

Для составного поперечного сечения (рис.5), состоящего из двутавра (швеллера) и уголка, требуется:

1) определить положение центра тяжести;
2) найти величину осевых и центробежных моментов инерции относительно центральных осей;
3) определить направление главных центральных осей;
4) найти величину моментов инерции относительно главных центральных осей
5) вычертить сечение в масштабе 1:2 и указать на нем все оси и размеры в числах.

Данные взять в табл. 4

При расчете все данные приведены в таблицах сортамента (см. [6]).

Таблица 4

Номер строки	Сечение по рис. 5	Швеллер №	Равнобокий уголок №	Двутавр №
1	1	14	8(8)	12
2	2	16	8(6)	14
3	3	18	9(8)	16
4	4	20	9(7)	18
5	5	22	9(6)	20а
6	6	24	10(8)	20
7	7	27	10(10)	22а
8	8	30	10(12)	22
9	9	33	12,5(10)	24а
10	10	36	12,5(12)	24
	е	г	д	е

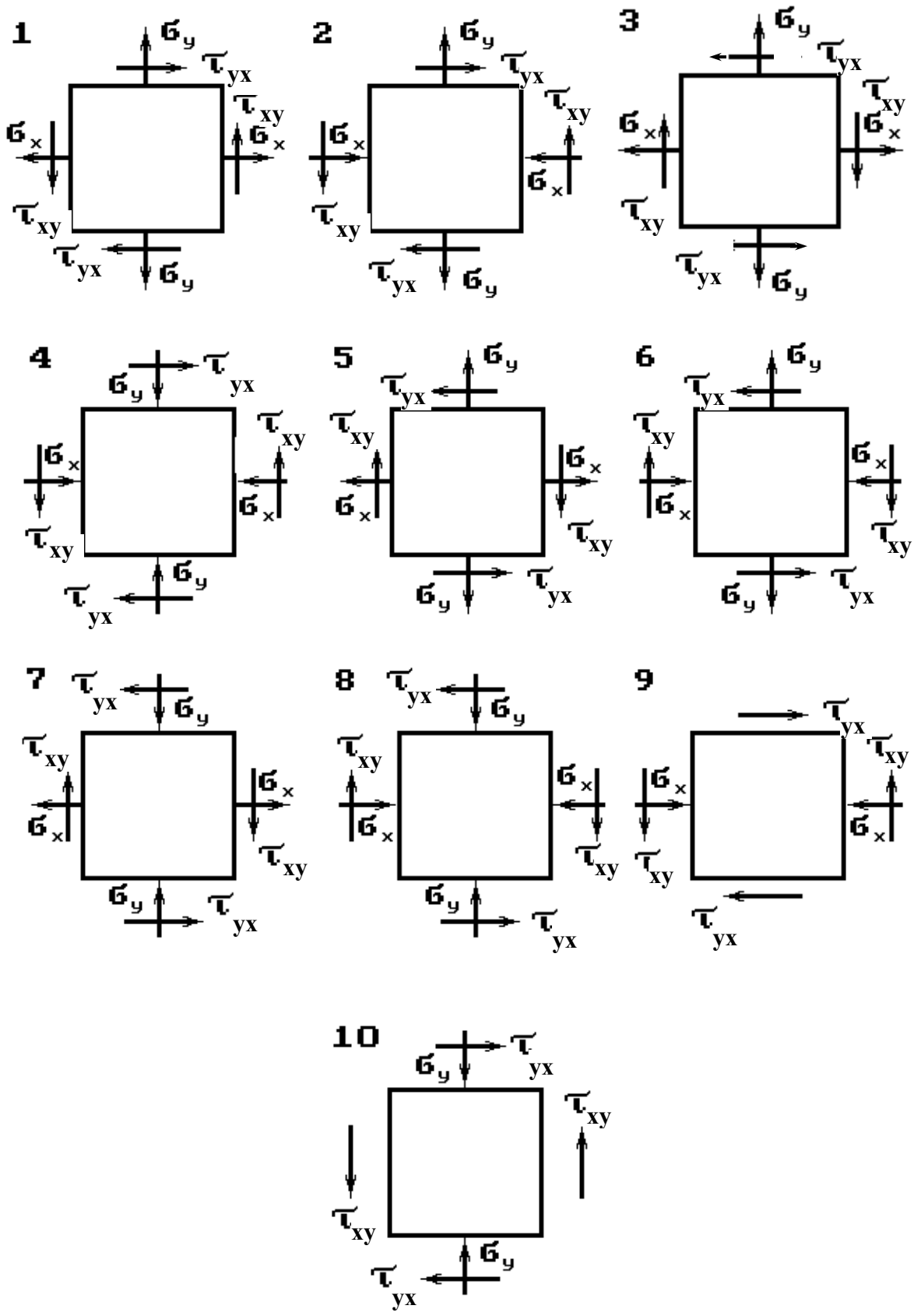

1
σy
τyx
τxy
σx
σx
τxy
τyx
σy
2
σy
τyx
τxy
σx
σx
τxy
τyx
σy
3
σy
τyx
τxy
σx
σx
τxy
τyx
σy
4
σy
τyx
τxy
σx
σx
τxy
τyx
σy
5
σy
τyx
τxy
σx
σx
τxy
σy
τyx
6
σy
τyx
τxy
σx
σx
τxy
σy
τyx
7
τyx
σy
τxy
σx
σx
τxy
σy
τyx
8
τyx
σy
τxy
σx
σx
τxy
σy
τyx
9
τyx
τxy
σx
σx
τxy
τyx
10
σy
τyx
τxy
τxy
σy
τyx

Рис. 3

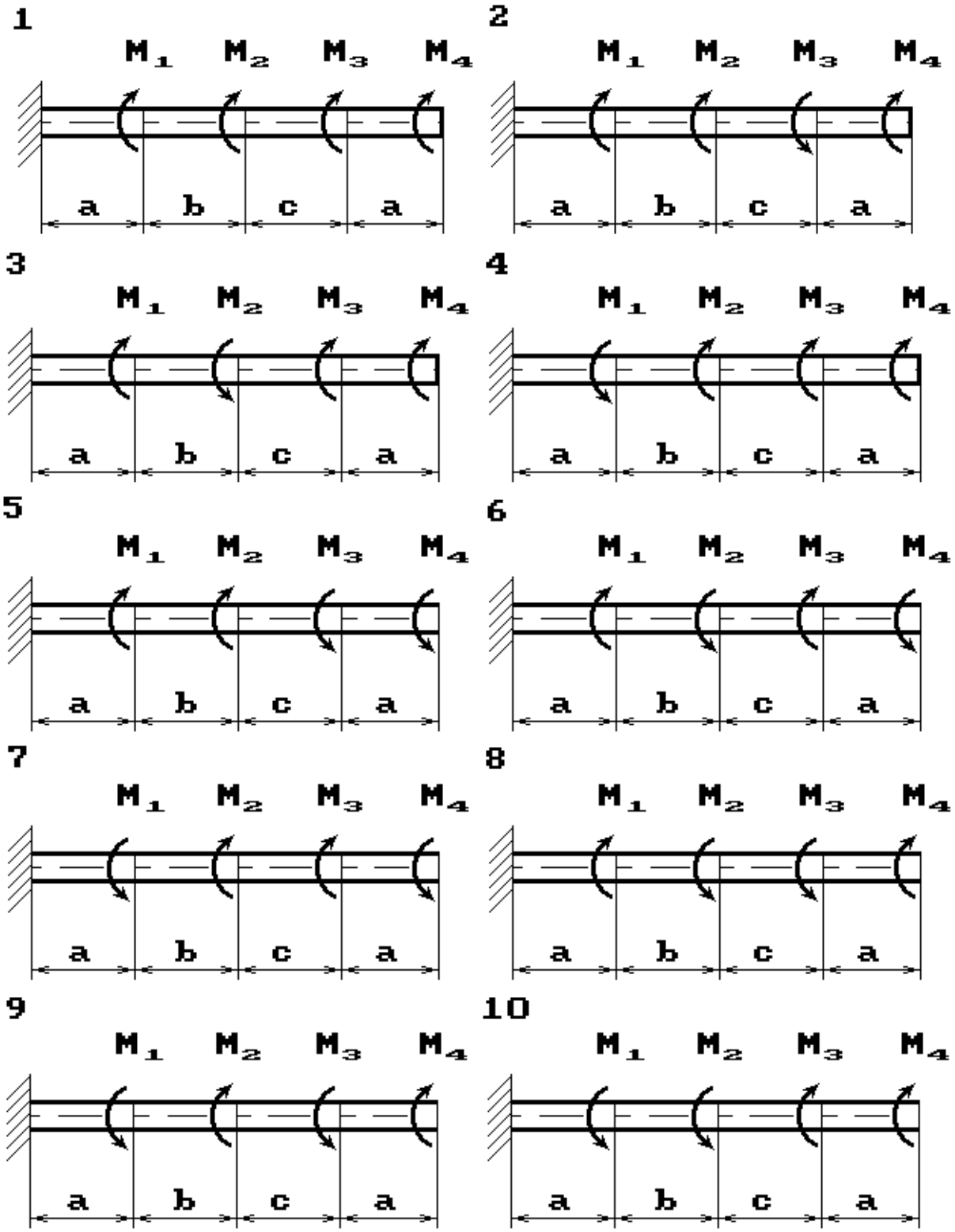

1
M1 M2 M3 M4
a b c a
2
M1 M2 M3 M4
a b c a
3
M1 M2 M3 M4
a b c a
4
M1 M2 M3 M4
a b c a
5
M1 M2 M3 M4
a b c a
6
M1 M2 M3 M4
a b c a
7
M1 M2 M3 M4
a b c a
8
M1 M2 M3 M4
a b c a
9
M1 M2 M3 M4
a b c a
10
M1 M2 M3 M4
a b c a

Рис. 4

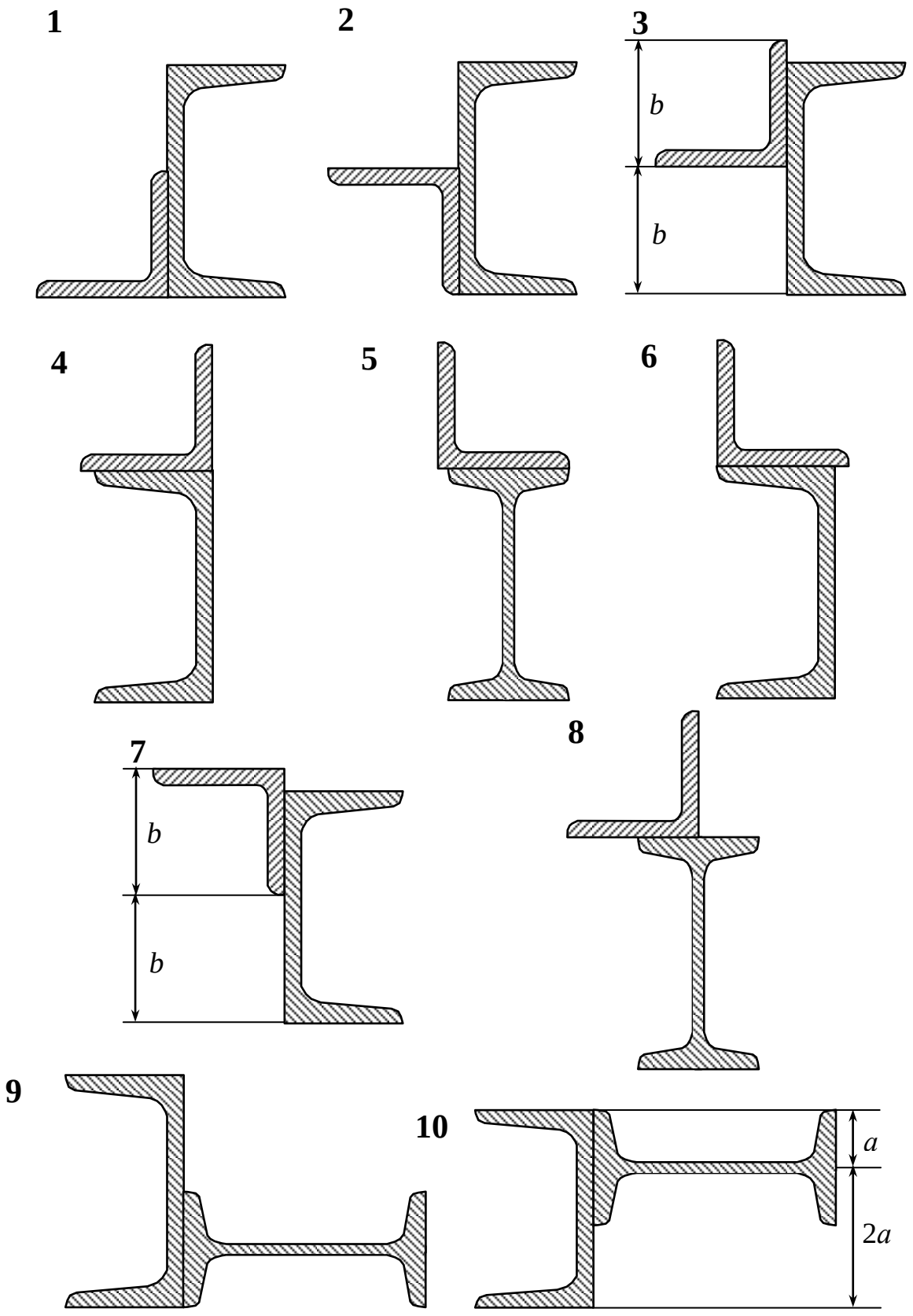


Рис. 5

Задача 6. ПЛОСКИЙ ИЗГИБ

Для заданных двух схем балок (рис.6) требуется написать выражение Q_y и M_x для каждого участка в общем виде, построить эпюры Q_y и M_x, найти $M_{x\ max}$ и подобрать для схемы (а) деревянную балку круглого поперечного сечения при $[\sigma]$=8 МПа; для (б) стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma]$=160 МПа. $l_1 = 10 \cdot a$, $l_2 = 10 \cdot a$.

Данные взять из табл. 5.

Таблица 5

Номер строки	Схема по рис.6	l_1, м	l_2, м	Расстояние в долях пролета			M, кНм	P, кН	q, кН/м
				a_1/a	a_2/a	a_3/a			
1	1	1,1	6	1	9	1	10	10	10
2	2	1,2	7	2	8	2	20	20	20
3	3	1,3	3	3	7	3	3	3	3
4	4	1,4	4	4	6	4	4	4	4
5	5	1,5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	1,6	6	6	6	1	6	6	6
7	7	1,7	7	7	7	2	7	7	7
8	8	1,8	8	8	8	3	8	8	8
9	9	1,9	9	9	9	4	9	9	9
0	10	2,0	10	10	10	5	10	10	10
	е	д	е	г	д	е	г	д	е

Задача 8. ВНЕЦЕНТРЕННОЕ СЖАТИЕ

Короткий чугунный стержень, поперечное сечение которого изображено на рис. 7, сжимается силой P, приложенной в точке A.

Требуется:

1) вычислить наибольшее растягивающее и наибольшее сжимающее напряжения в поперечном сечении, выразив величины этих напряжений через P;
2) найти допускаемую нагрузку P при заданных размерах сечения и допускаемых напряжениях для чугуна на сжатие $[\sigma_c]$ и на растяжение $[\sigma_p]$.

Данные взять из табл. 6.

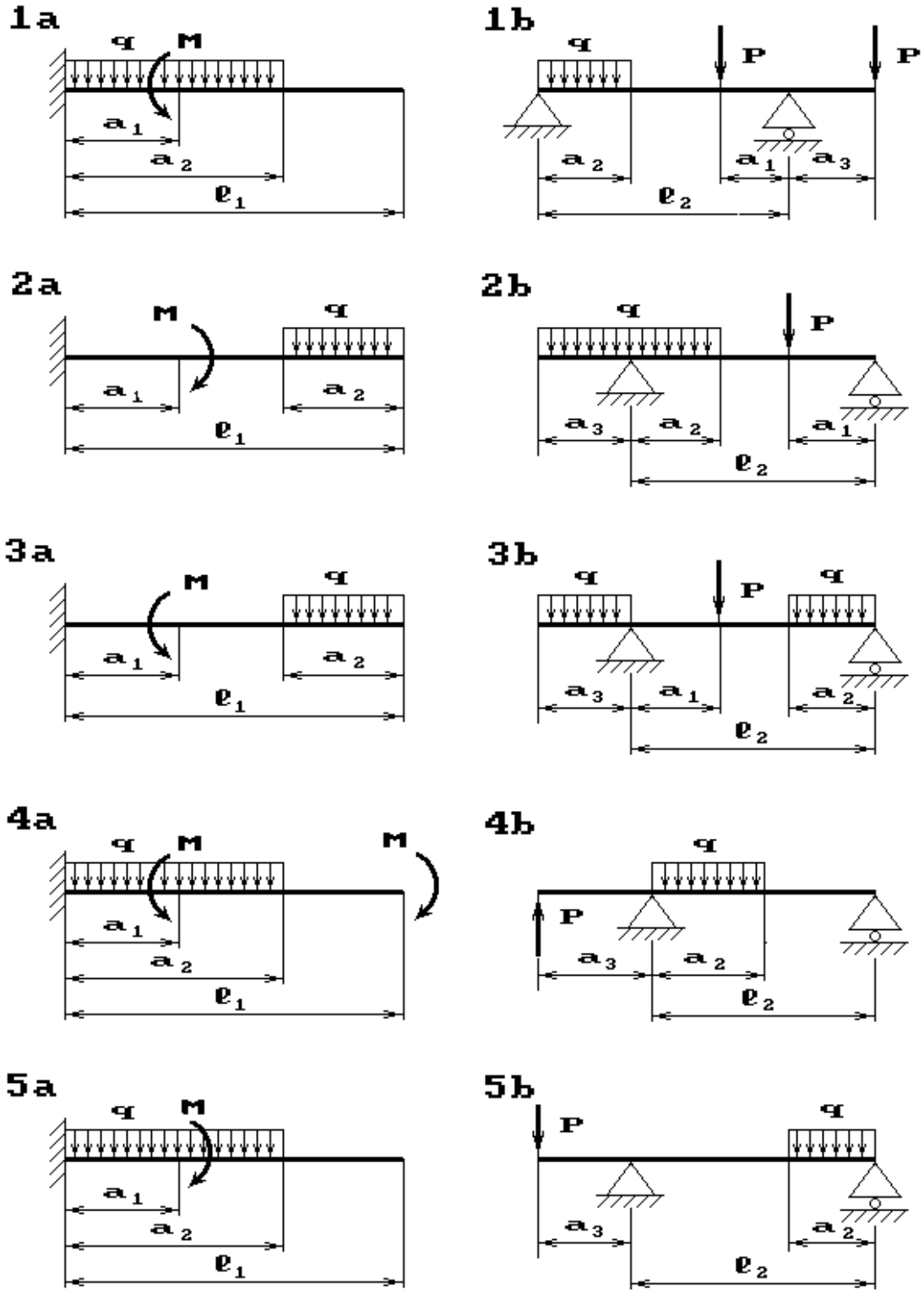

1a
q
M
a1
a2
ℓ1
1b
q
P
P
a2
a1
a3
ℓ2
2a
M
q
a1
a2
ℓ1
2b
q
P
a3
a2
a1
ℓ2
3a
M
q
a1
a2
ℓ1
3b
q
P
q
a3
a1
a2
ℓ2
4a
q
M
M
a1
a2
ℓ1
4b
q
P
a3
a2
ℓ2
5a
q
M
a1
a2
ℓ1
5b
P
q
a3
a2
ℓ2

Рис. 6

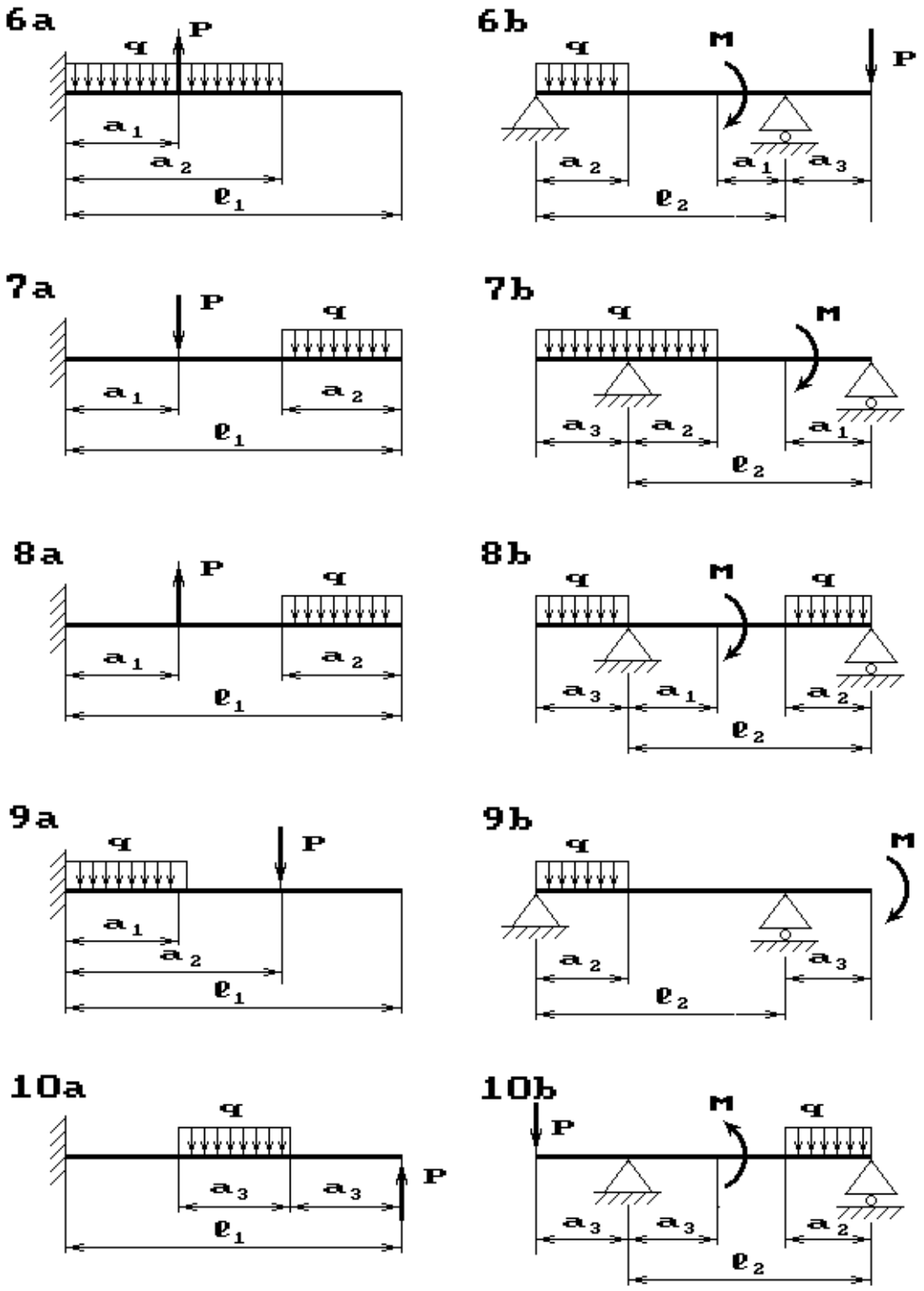


Рис. 6 (окончание)

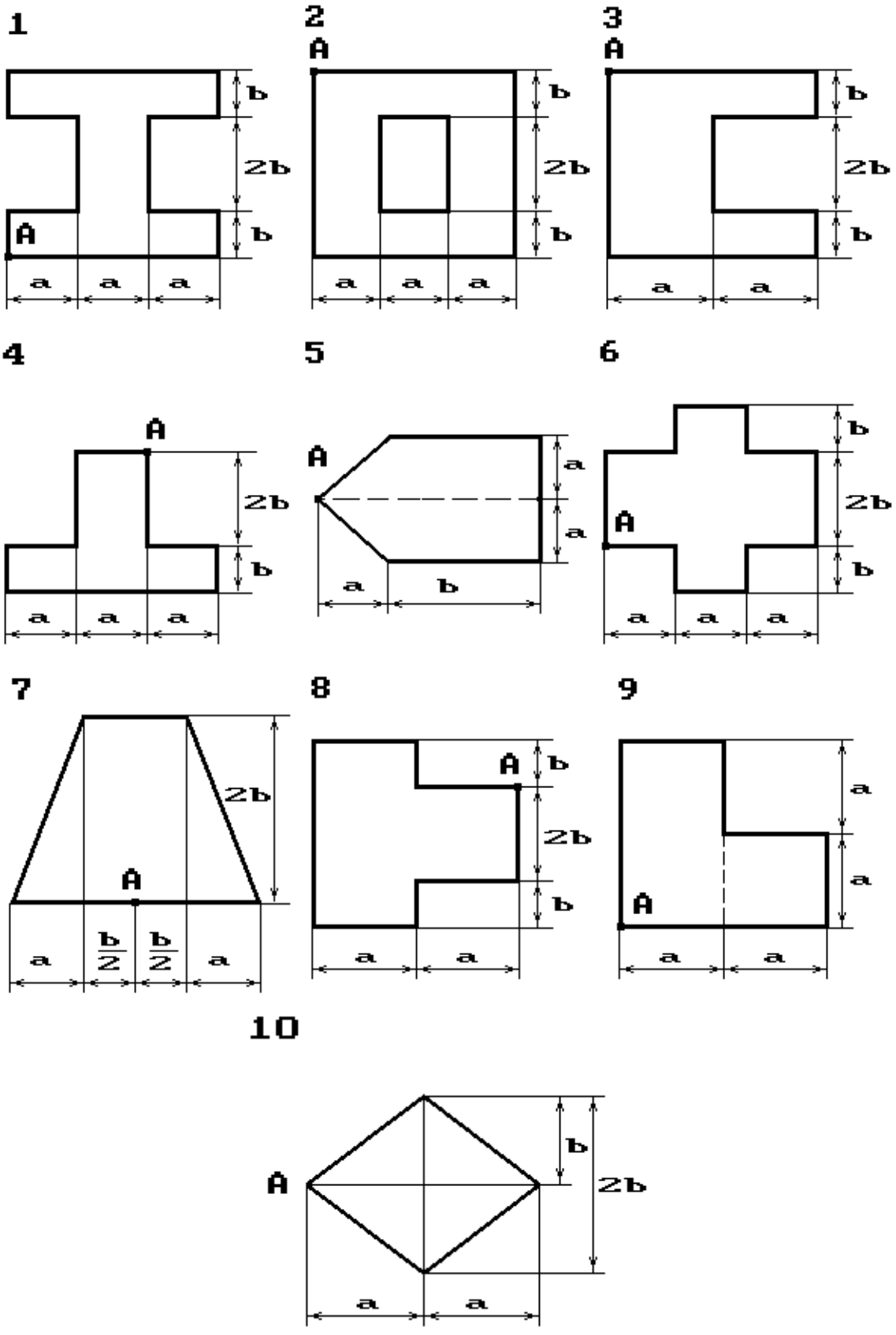

1
A
b
2b
b
a
a
a
2
A
b
2b
b
a
a
a
3
A
b
2b
b
a
a
4
A
2b
b
a
a
a
5
A
a
a
a
b
6
b
2b
A
b
a
a
a
7
2b
A
a
b/2
b/2
a
8
A
b
2b
b
a
a
9
a
a
A
a
a
10
A
b
2b
a
a

Рис. 7

Таблица 6

№ строки	Сечение (рис. 7)	*a,* см	*b,* см	$[\sigma_c]$, МПа	$[\sigma_p]$, МПа
1	1	6	6	110	21
2	2	2	2	120	22
3	3	3	3	130	23
4	4	4	4	140	24
5	5	5	5	150	25
6	6	6	6	60	26
7	7	2	2	70	27
8	8	3	3	80	28
9	9	4	4	90	29
0	10	5	5	100	30
	е	г	д	г	д

Задача 9. ИЗГИБ С КРУЧЕНИЕМ

Шкив с диаметром D_1 и углом наклона ветвей ремня к горизонту α_1 делает n оборотов в минуту и передает мощность N кВт. Два других шкива имеют одинаковый диаметр D_2 и одинаковые углы наклона ветвей к горизонту α_2 и каждый из них передает мощность $0{,}5 \cdot N$ (рис.8).

Требуется:

1) определить моменты, приложенные к шкивам, по заданным величинам N и n;
2) построить эпюру крутящих моментов $M_к$;
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 ($M_{гор}$) и вертикальных ($M_{верт}$) сил;
7) построить эпюру суммарных изгибающих моментов, пользуясь формулой $M_и = \sqrt{M_{гор}^2 + M_{верт}^2}$;
8) при помощи эпюр $M_к$ и $M_и$ найти опасное сечение и определить величину максимального расчетного момента (по третьей теории прочности);
9) подобрать диаметр вала d при $[\sigma]$=70 МПа и округлить его величину (см. задачу 4).

Данные взять из табл. 7.

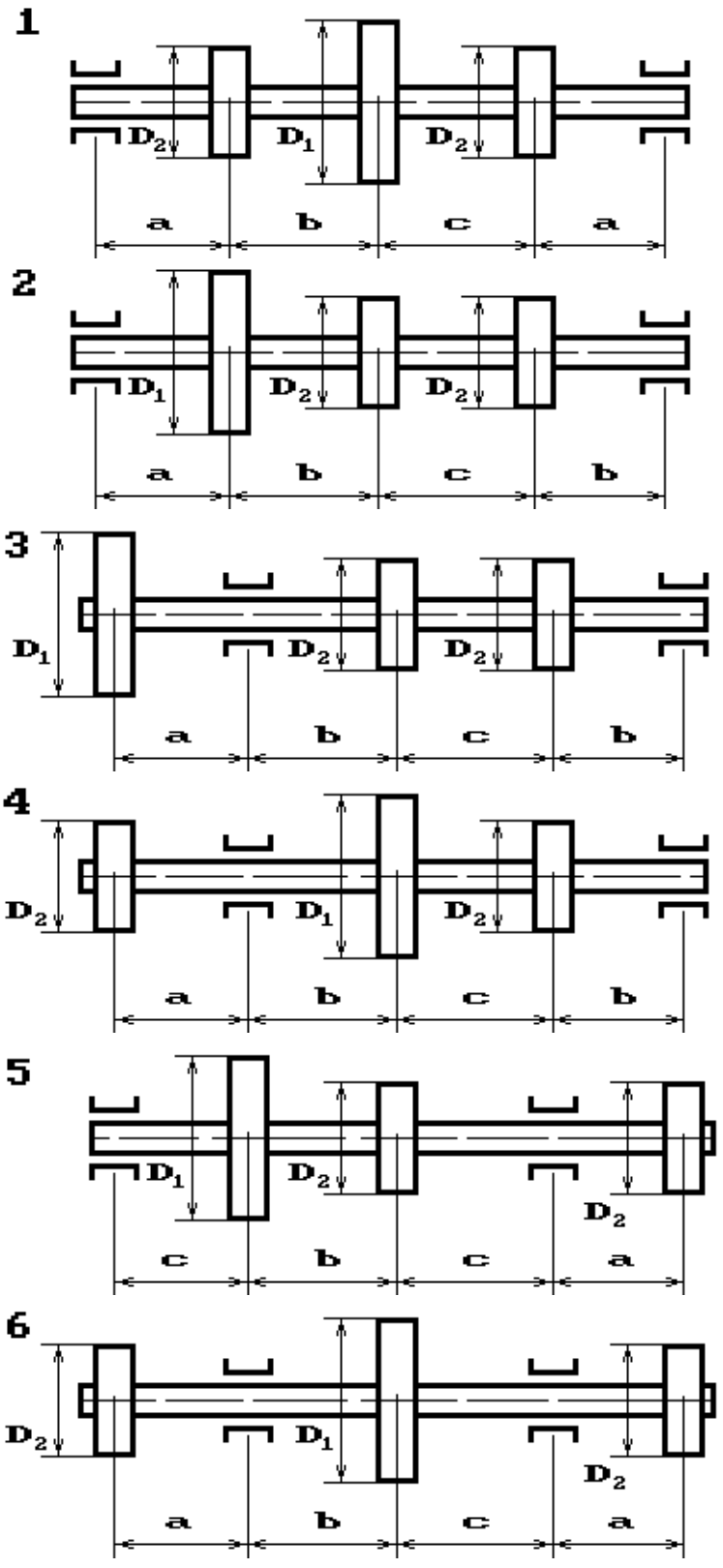

1
D2
D1
D2
a
b
c
a
2
D1
D2
D2
a
b
c
b
3
D1
D2
D2
a
b
c
b
4
D2
D1
D2
a
b
c
b
5
D1
D2
D2
c
b
c
a
6
D2
D1
D2
a
b
c
a

Рис. 8

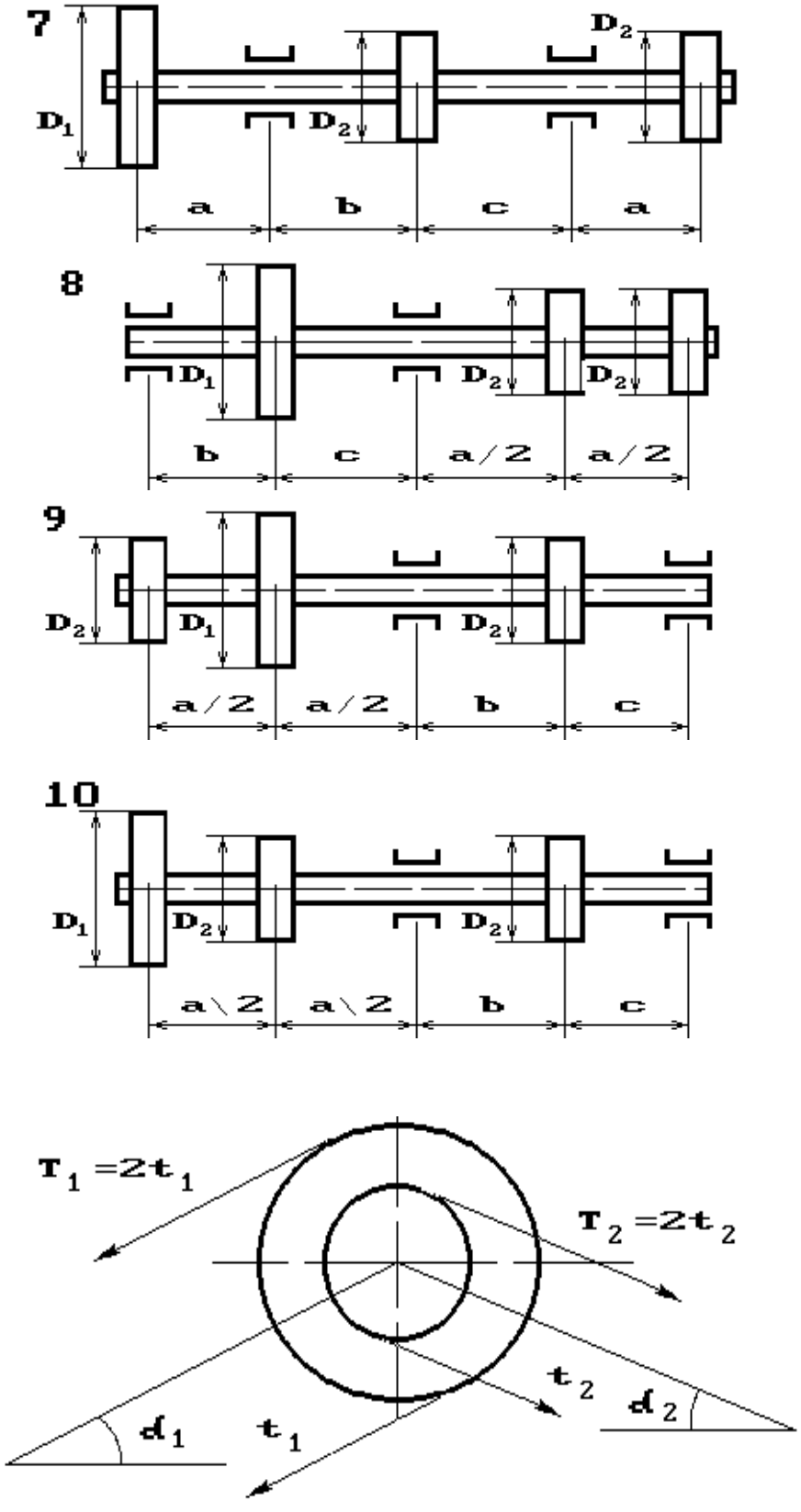


Рис. 8 (окончание)

Таблица 7

Номер строки	Схема по рис.8	N, кВт	n, об/мин	a, м	b, м	c, м	D_1, м	D_2, м	α_1	α_2
1	1	1,0	100	0,11	0,11	0,11	0,31	0,21	10^o	10^o
2	2	2,0	200	0,12	0,12	0,12	0,32	0,22	20^o	20^o
3	3	3,0	300	0,13	0,13	0,13	0,33	0,23	30^o	30^o
4	4	4,0	400	0,14	0,14	0,14	0,34	0,24	40^o	40^o
5	5	5,0	500	0,15	0,15	0,15	0,35	0,25	50^o	50^o
6	6	6,0	600	0,16	0,16	0,16	0,36	0,26	60^o	60^o
7	7	7,0	700	0,17	0,17	0,17	0,37	0,27	70^o	70^o
8	8	8,0	800	0,18	0,18	0,18	0,38	0,28	80^o	80^o
9	9	9,0	900	0,19	0,19	0,19	0,39	0,29	90^o	90^o
0	10	10,0	1000	0,20	0,20	0,20	0,40	0,30	0^o	0^o
	е	д	е	г	д	е	д	е	д	е

Задача 12. УСТОЙЧИВОСТЬ

Стальной стержень длиной l сжимается силой P.

Требуется найти:

1) размеры поперечного сечения при допускаемом напряжении на сжатие $[\sigma]$=160 МПа (расчет производить последовательными приближениями, предварительно задаваясь величиной коэффициента $\varphi = 0{,}5$);
2) величину критической силы и коэффициент запаса устойчивости.

Данные взять из табл. 8

Задача 15. СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМАЯ РАМА

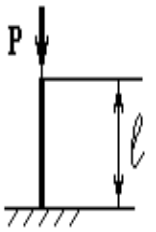
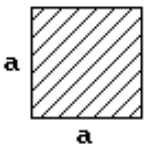
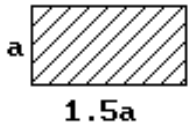
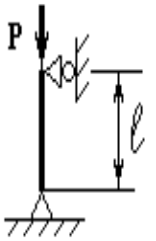
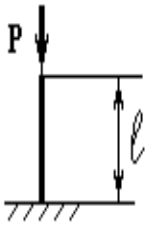
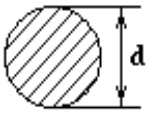
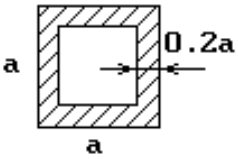
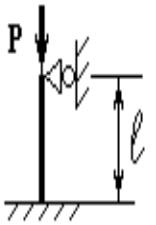
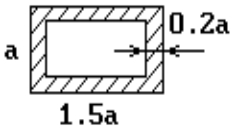
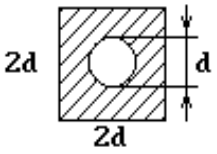
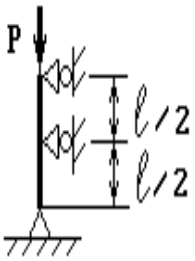
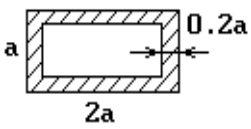
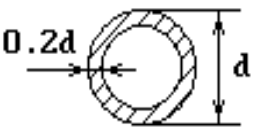
На рис. 9 изображена нагруженная в своей плоскости рама, вертикальные элементы которой имеют моменты инерции J, а горизонтальные элементы $k \cdot J$.

Требуется:

1) установить степень статической неопределимости и выбрать основную систему;
2) написать канонические уравнения;
3) построить эпюры M_u от единичных сил и от заданной нагрузки;
4) найти коэффициенты канонических уравнений;
5) найти величины «лишних» неизвестных X;
6) построить эпюры внутренних силовых факторов N, Q_y, M_x.

Данные взять из табл. 9

Таблица 8

№	Вариант формы сечения	*P*, кН	*l*, м	Схема закрепления стержня	Форма сечения стержня	
1 2	I II	100 200	2,1 2,2		I 	II 
3 4	III IV	300 400	2,3 2,4		III 	IV
5 6	V VI	500 600	2,5 2,6		V 	VI 
7 8	VII VIII	700 800	2,7 2,8		VII 	VIII 
9 0	IX X	900 1000	2,9 3,0		IX 	X 
	е	г	д	д	е	

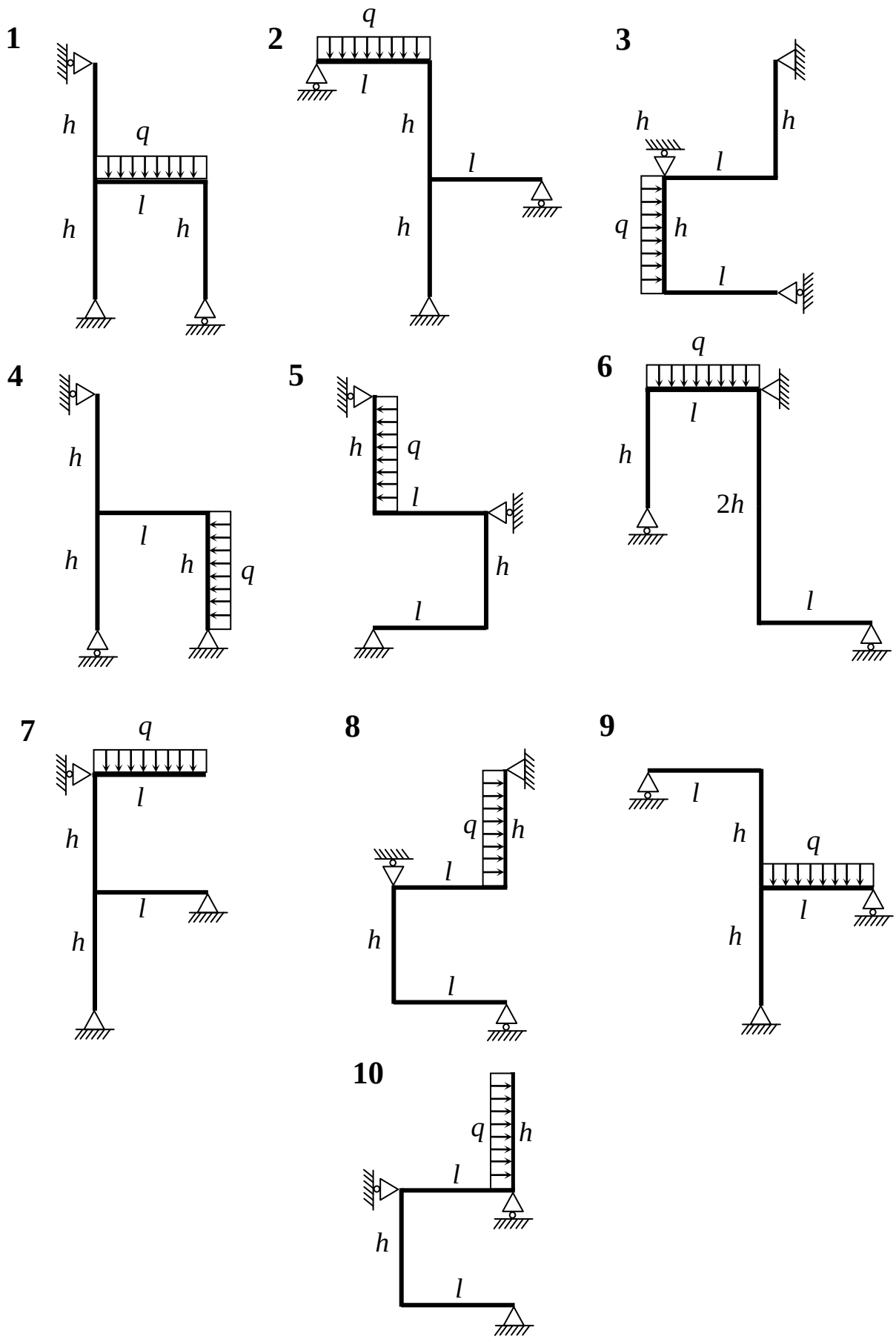

1
h
q
l
h
h
2
q
l
h
l
h
3
h
h
l
q
h
l
4
h
l
h
h
q
5
h
q
l
h
l
6
q
l
h
2h
l
7
q
l
h
l
h
8
q
h
l
h
l
9
l
h
q
l
h
10
q
h
l
h
l

Рис. 9

Таблица 9

Номер строки	Схема (рис.9)	*l*, м	*h*, м	*q*, кН/м	*k*
1	1	11	2	15	1,1
2	2	12	3	20	1,2
3	3	3	4	30	1,3
4	4	4	5	4	1,4
5	5	5	6	5	1,5
6	6	6	2	6	1,6
7	7	7	3	7	1,7
8	8	8	4	8	1,8
9	9	9	5	9	1,9
0	10	10	6	10	2,0
	е	г	д	е	в

Задача 16. ТОНКОСТЕННАЯ ОБОЛОЧКА

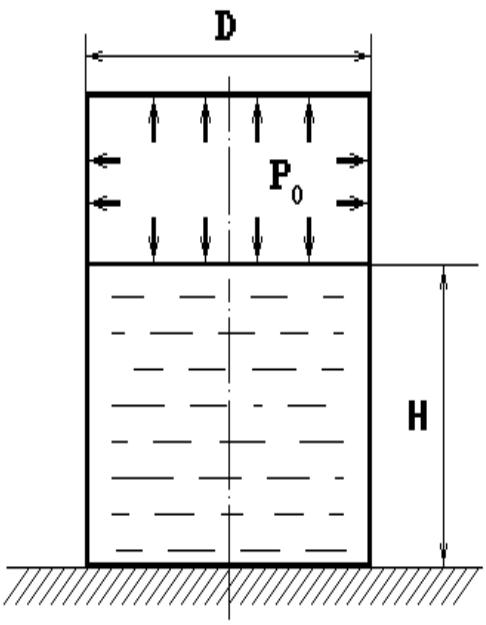


Рис. 10

Тонкостенный цилиндрический резервуар диаметра *D* заполнен на высоту *H* жидкостью, плотность которой $\rho = 1 \cdot 10^3$ кг/м^3. В резервуаре над жидкостью создано избыточное давление p_0 (рис.10).

Требуется:

1) найти толщину стенки резервуара из условия прочности в нижнем сечении, если [σ] = 160 МПа, (использовать четвертую теорию прочности);

2) построить эпюры окружных и меридиональных нормальных напряжений (вдоль меридиана).

Данные взять из табл. 10.

Задача 19. РАСЧЕТ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ

В опасном сечении вала диаметра *d* действует крутящий момент $M_к$ и изгибающий момент $M_и$. Вал из углеродистой стали (предел прочности - $\sigma_в$, предел текучести $\sigma_Т$) и не имеет резких переходов, выточек, канавок; поверхность его чисто обработана резцом.

Требуется:

Определить коэффициент запаса прочности в опасном сечении вала, приняв нормальное напряжение изгиба изменяющимся по симметричному

циклу, а касательные напряжения кручения - по пульсирующему циклу (от нуля до максимального значения).

Данные взять из табл. 11

Таблица 10

Номер строки	H, м	D, м	p_0, МПа
1	11	11	0,11
2	12	12	0,12
3	13	13	0,13
4	14	14	0,14
5	15	15	0,15
6	16	6	0,16
7	17	7	0,17
8	18	8	0,18
9	19	9	0,19
0	20	10	0,20
	е	д	г

Таблица 11

№ строки	d, мм	$M_к$, Нм	$M_и$, Нм	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_т$, МПа
1	31	210	210	510	240
2	32	220	220	520	240
3	33	230	230	530	250
4	34	240	240	540	250
5	35	250	250	550	260
6	36	260	260	560	260
7	37	270	270	570	270
8	38	288	288	588	278
9	39	290	290	590	280
0	40	300	300	600	280
	е	д	е	д	д