

ПРИЛОЖЕНИЕ
к методическим указаниям

1. В.Н. Агуленко Сопротивление материалов: Учебное пособие. Ч.II – Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2003.

2. Б.М.Зиновьев, Т.Ф. Карманова. Плоские стержневые статически определимые системы: Учебное пособие.– Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2001.

3. Б.М.Зиновьев, Т.Ф. Карманова. Плоские стержневые статически неопределимые системы: Учебное пособие.– Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2005.

Для студентов специальности СП по дисциплине «Сопротивление материалов»:

КР №1 – задачи 1,2,3,4

КР №2 – задачи 5,6

по дисциплине «Строительная механика»

КР №1 – задачи 7,8

КР №2 – задачи 9,10

Для студентов специальности СА по дисциплине «Строительная механика»

КР №1 – задачи 1,3,4

КР №2 – задачи 6,7

КР №3 – задачи 9,10

Составители:

к.т.н., доц. Агуленко В.Н.,

к.т.н., доц. Карманова Т.Ф.,

к.т.н., доц. Суровин П.Г.

Примеры решения задач 1-4 приведены в [1],
задач 5, 9-10 – в [2],
задач 6-8 – в [3].

В этих же методических указаниях приводятся необходимые теоретические сведения. Более подробно теория изложена в учебниках:

1. Сопротивление материалов : учеб. пособие для вузов / М. Х. Ахметзянов, И. Б. Лазарев ; Сиб. гос. ун-т путей сообщ. - Новосибирск : СГУПС, 1997. - 300 с.

2. Сопротивление материалов : учеб. для вузов по направлению "Строительство" / М. Х. Ахметзянов, П. В. Грес, И. Б. Лазарев. - М. : Высш. шк., 2007. - 334 с.

3. Строительная механика : [учеб. для строит. спец. вузов] / А.В. Дарков ; Н.Н. Шапошников. - 8-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1986. - 606 с.

4. Строительная механика : учебник / А.В. Дарков, Н.Н. Шапошников. - 9-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2004. - 655 с

Исходные данные для выполнения контрольных работ студенту следует выбирать в соответствии с индивидуальным шифром зачетной книжки. Для этого следует записать окончание шифра после буквенного обозначения специальности (последние две цифры, для однозначного шифра необходимо впереди дописать цифру 0) три раза. Затем под этими шестью цифрами подписать буквы *a, б, в, г, д, е*. Например, для шифра 14-СП-5 получим такую запись:

0	5	0	5	0	5
<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>е</i>

Тогда цифра над буквой *a* укажет, какую строку следует взять в колонке *a*, т.е. для приведенного примера это строка 0, над буквой *б* – какую строку в колонке *б*, т.е. строка 5, и т.д.

Задача 1. Расчет статически неопределимой балки.

Задана статически неопределимая балка постоянной жесткости ($EJ = const$).

Требуется

1. Выбрать основную систему.
2. Раскрыть статическую неопределимость.
3. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.
4. Выполнить деформационную проверку.
5. Подобрать поперечное сечение балки прокатного двутавра, если $R_y = 210$ МПа.
6. Найти прогиб сечения A или угол поворота сечения B .

Исходные данные принять по таблице 1.

Таблица 1.

Номер	Расчетная схема	a , м	c	P , кН	q , кН/м
1	1	2	$0,5a$	10	6
2	2	3	a	15	8
3	3	4	$1,5a$	20	10
4	4	3,5	$0,5a$	25	12
5	5	1,5	a	10	14
6	6	2	$1,5a$	15	6
7	7	3	$0,5a$	20	8
8	8	4	a	25	10
9	9	3,5	$1,5a$	10	12
0	10	1,5	a	15	14
	e	a	b	v	z

Задача 2. Внецентренное сжатие колонны.

Колонна сжимается силой P , приложенной в заданной точке поперечного сечения. Собственный вес колонны не учитывать.

Требуется

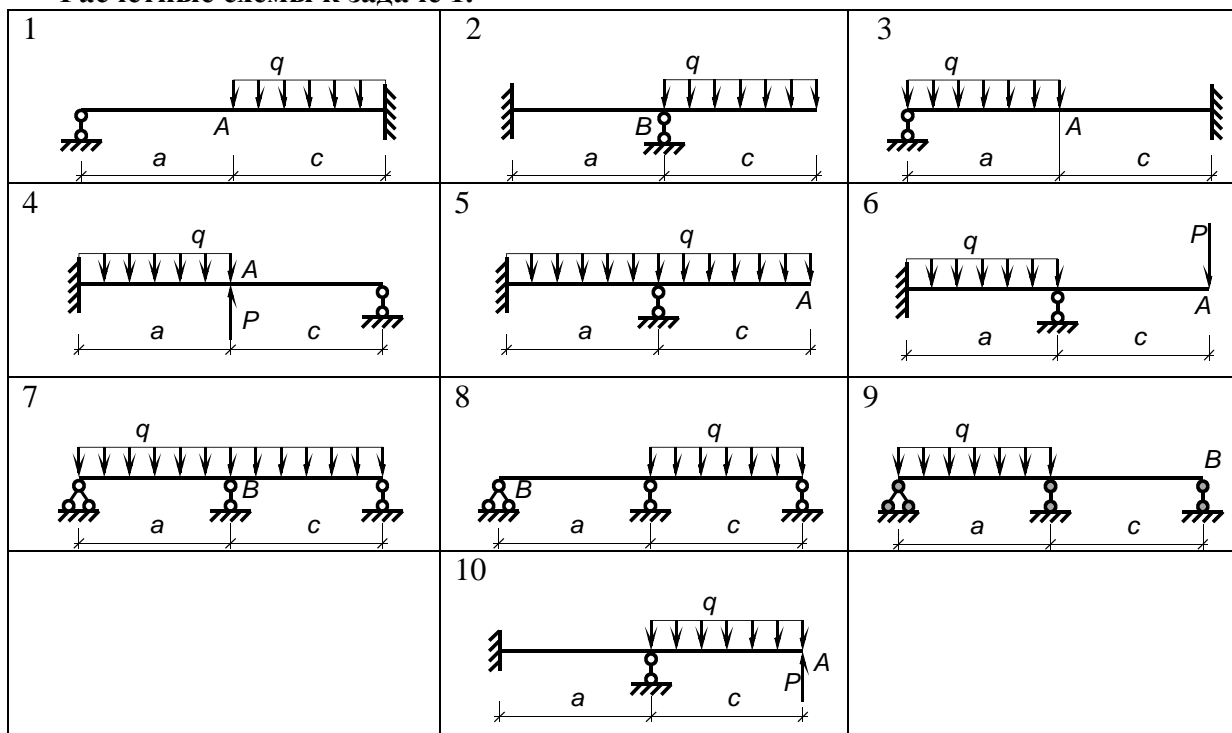
1. Найти площадь, центр тяжести, главные моменты инерции и радиусы инерции сечения.
2. Определить положение нулевой линии.
3. В опасных точках определить нормальные напряжения и построить их эпюру.
4. Построить ядро сечения.

Исходные данные принять по таблице 2.

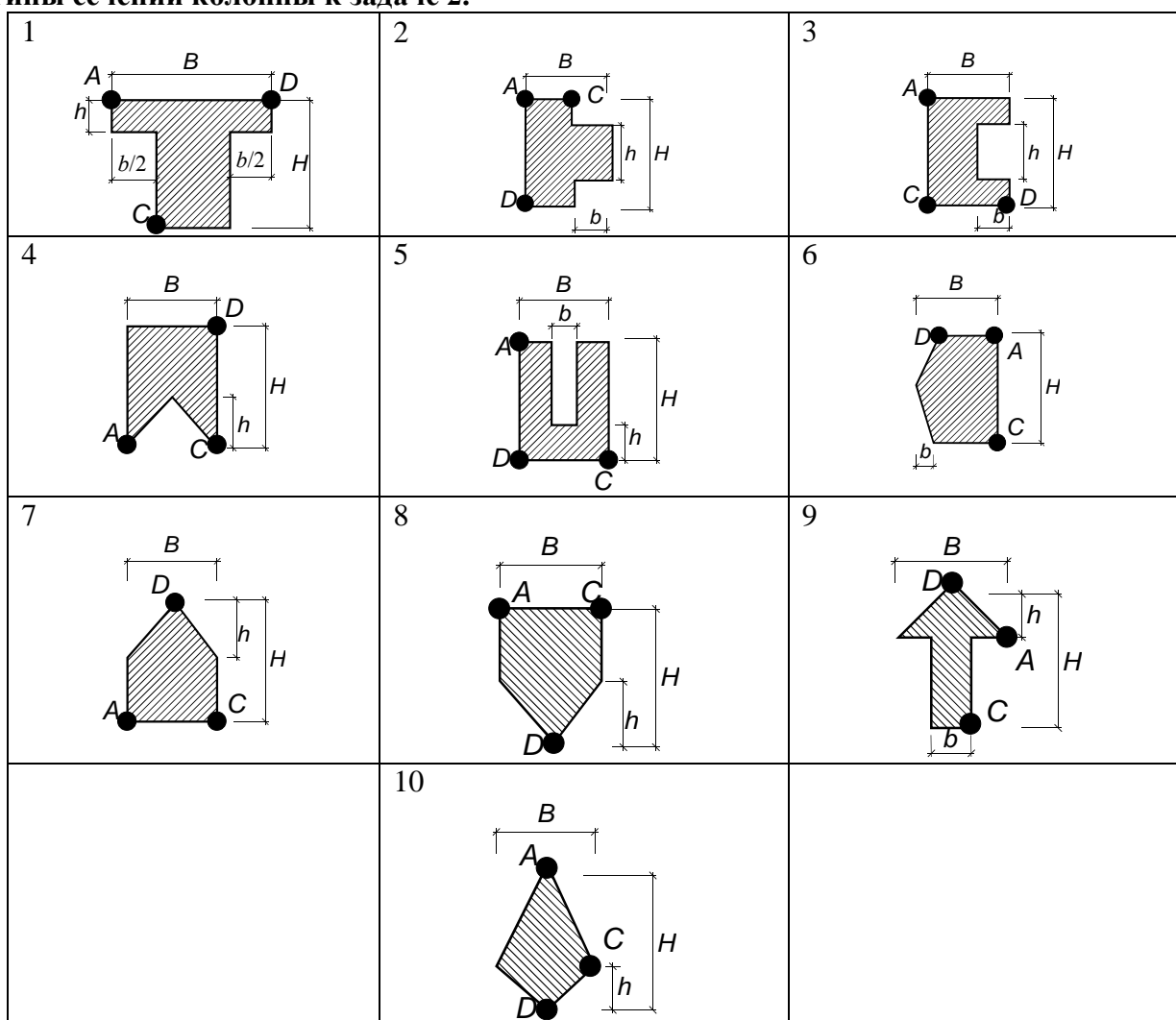
Таблица 2.

Номер	Тип сечения	Точка приложения силы	P , кН	H , см	h , см	B , см	b , см
1	10	A	100	100	40	90	40
2	9	C	150	120	44	94	45
3	8	D	200	140	48	98	50
4	7	A	250	160	52	100	48
5	6	C	300	180	54	104	44
6	5	D	350	200	60	102	40
7	4	A	330	190	50	100	38
8	3	C	290	170	40	96	34
9	2	D	240	150	30	92	30
0	1	A	200	130	20	90	28
	e	a	b	v	z	d	e

Расчетные схемы к задаче 1.



Типы сечений колонны к задаче 2.



Задача 3. Расчет на устойчивость сжатого стержня.

Расчетная схема и тип сечения сжатого стального стержня заданы. Принять $R_y = 160 \text{ МПа}$, $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, для формулы Ясинского $a = 310 \text{ МПа}$, $b = 1,14 \text{ МПа}$.

Требуется

1. Определить продольную силу в сжатом стержне.
2. Из условия устойчивости определить размеры поперечного сечения.
3. Определить критическую и допускаемую силы.

Исходные данные принять по таблице 3.

Таблица 3.

Номер	Расчетная схема	l , м	P , кН	Тип сечения	h/b	$\alpha = d/D$	$\beta = t/D$
1	1	2,0	600	1	1	0,4	0,10
2	2	2,5	650	2	1,2	0,45	0,09
3	3	3,0	500	3	1,4	0,5	0,08
4	4	3,2	550	4	1,6	0,55	0,07
5	5	3,5	600	5	1,8	0,6	0,06
6	6	2,8	650	6	2,0	0,65	0,05
7	7	2,6	700	7	1,9	0,7	0,04
8	8	2,4	750	8	1,7	0,75	0,03
9	9	2,2	400	9	1,5	0,8	0,02
0	10	2,0	450	10	1,3	0,85	0,01
	e	a	b	$в$	z	d	e

Задача 4. Расчет балки на действие удара.

На двутавровую балку падает груз P . При расчете вес балки не учитывать.

Требуется

1. Построить эпюру изгибающих моментов в балке при статическом приложении силы P и вычислить наибольшие нормальные напряжения в опасном сечении.
2. Вычислить динамический коэффициент и максимальные динамические напряжения.
3. Определить динамический прогиб сечения B и угол поворота сечения C .
4. Вычислить динамический коэффициент и максимальные напряжения, если на балку в точке падения груза поставить пружину с коэффициентом осадки α .
5. Оценить влияние пружины на величину нормальных напряжений.

Таблица 4.

Шифр	Схема	Номер двутавра	a , м	b , м	h , см	P , кН	α , мм/кН
1	10	16	2,0	3,5	10	1,0	1,0
2	9	18	2,4	3,3	12	1,2	1,2
3	8	20	2,8	3,1	14	1,4	1,4
4	7	22	3,0	3,0	16	1,6	1,6
5	6	24	3,2	2,8	18	1,8	1,8
6	5	27	3,5	2,6	20	2,0	2,0
7	4	30	3,3	2,5	19	1,9	1,9
8	3	27а	3,1	2,4	17	1,7	1,7
9	2	24а	2,9	2,2	15	1,5	1,5
0	1	22а	2,7	2,0	13	1,3	1,3
	e	a	b	$в$	z	d	e

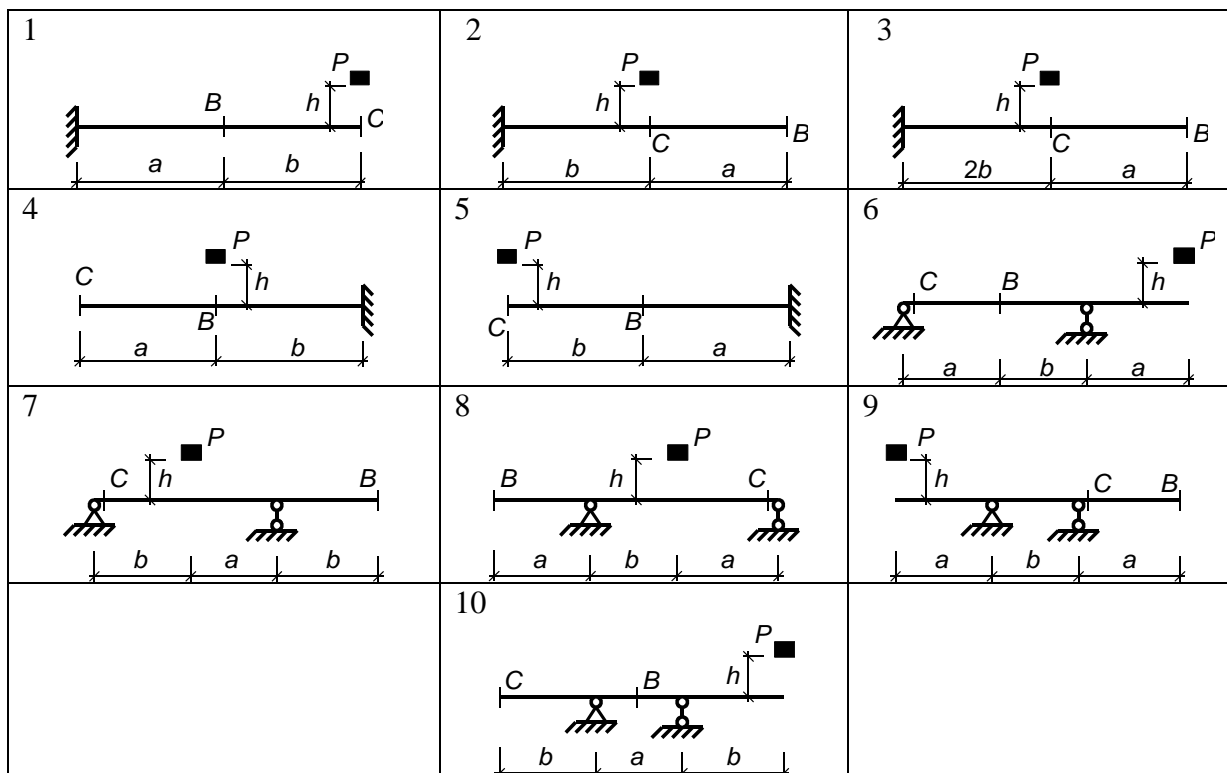
Расчетные схемы к задаче 3.

<p>1</p>	<p>2</p>	<p>3</p>
<p>4</p>	<p>5</p>	<p>6</p>
<p>7</p>	<p>8</p>	<p>9</p>
	<p>10</p>	

Типы сечений к задаче 3.

<p>1</p> <p>Два швеллера</p>	<p>2</p> <p>Прямоугольник</p>	<p>3</p> <p>Тонкостенная труба</p>	<p>4</p> <p>Двутавр</p>
<p>5</p> <p>Неравнополочные уголки</p>	<p>6</p> <p>Толстостенная труба</p>	<p>7</p> <p>Два двутавра</p>	<p>8</p> <p>Равнополочные уголки</p>
<p>9</p> <p>Круг</p>	<p>10</p> <p>Два швеллера</p>		

Расчетные схемы к задаче 4.



Задача 5. Определение перемещений в статически определимой раме.

Задана статически определимая рама.

Требуется

1. Построить грузовую эпюру изгибающих моментов.
2. В заданном сечении приложить единичные силы (вертикальную, горизонтальную, и момент) и построить единичные эпюры изгибающих моментов.
3. Найти вертикальное, горизонтальное перемещения и угол поворота заданного сечения (отдельно от нагрузки и от осадки опор).

Исходные данные принять по таблице 5.

Таблица 5.

Номер	Схема	l , м	l/h	J_p/J_c	q_1 , кН/м	q_2 , кН/м	m , кНм	Сечение	C_1	C_2
1	1	2	0,5	1,0	0	6	10	1	0,02	0,02
2	2	3	0,6	1,5	8	0	15	2	0,01	0,01
3	3	4	0,8	2,0	0	10	20	3	0,03	0,03
4	4	3,5	1,0	2,5	12	0	25	1	0,04	0,04
5	5	1,5	1,2	3,0	0	14	30	2	0,06	0,06
6	6	2	0,5	1,0	6	0	10	3	0,06	0,06
7	7	3	0,6	1,5	0	8	15	1	0,04	0,04
8	8	4	0,8	2,0	10	0	20	2	0,03	0,03
9	9	3,5	1,0	2,5	0	12	25	3	0,01	0,01
0	10	1,5	1,2	3,0	14	0	30	1	0,02	0,02
	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>е</i>	<i>ж</i>	<i>з</i>	<i>и</i>

Задача 6. Расчет статически неопределимой рамы методом сил.

Задана статически неопределимая рама.

Требуется

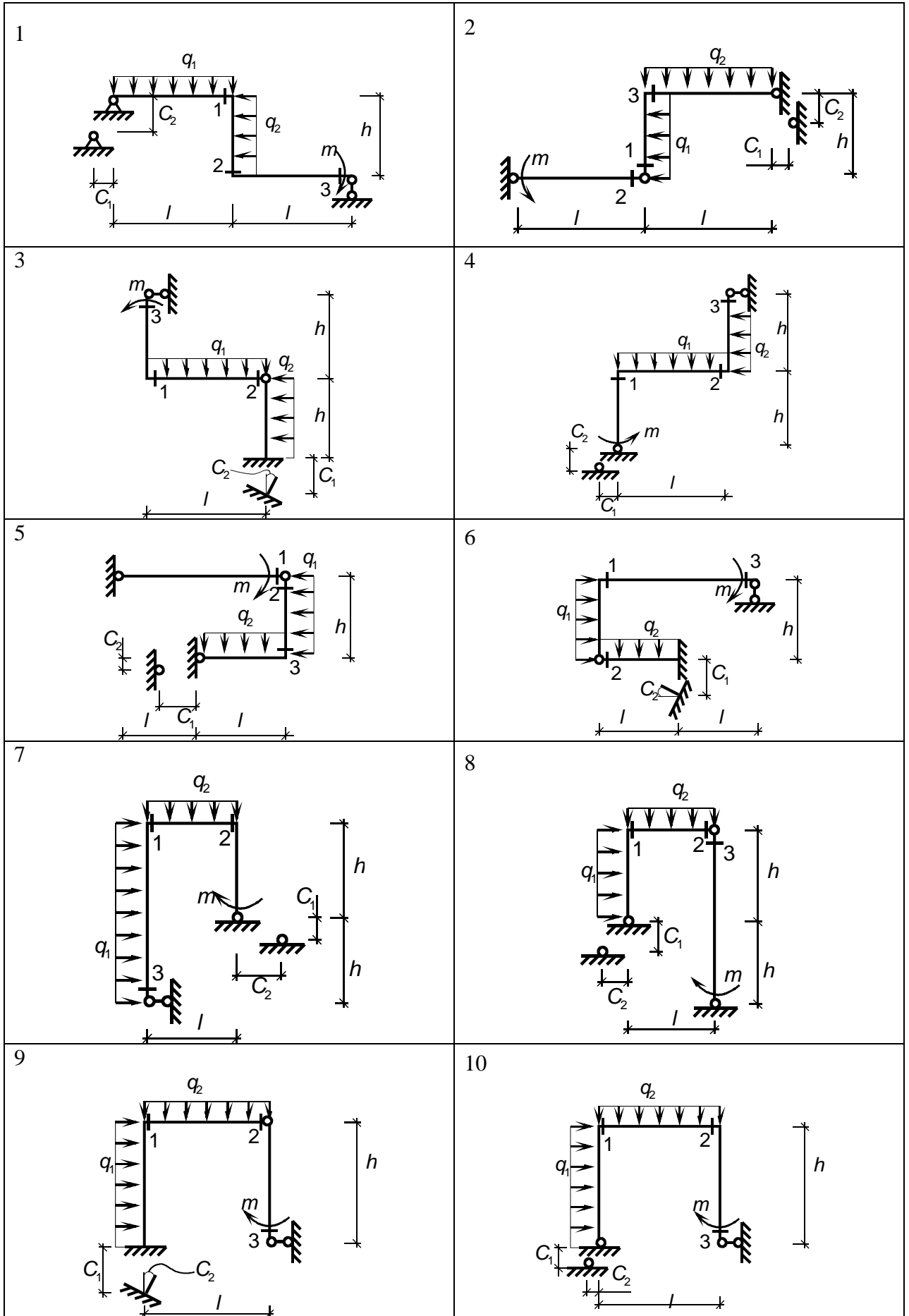
1. Выбрать основную систему метода сил.
2. Построить единичную и грузовую эпюры изгибающих моментов и найти коэффициенты канонического уравнения.
3. Решить каноническое уравнение и определить реакцию в отброшенной связи.
4. Построить окончательную эпюру изгибающих моментов и выполнить деформационную проверку.
5. Построить эпюры поперечных и продольных сил и проверить равновесие рамы.

Исходные данные принять по таблице 6.

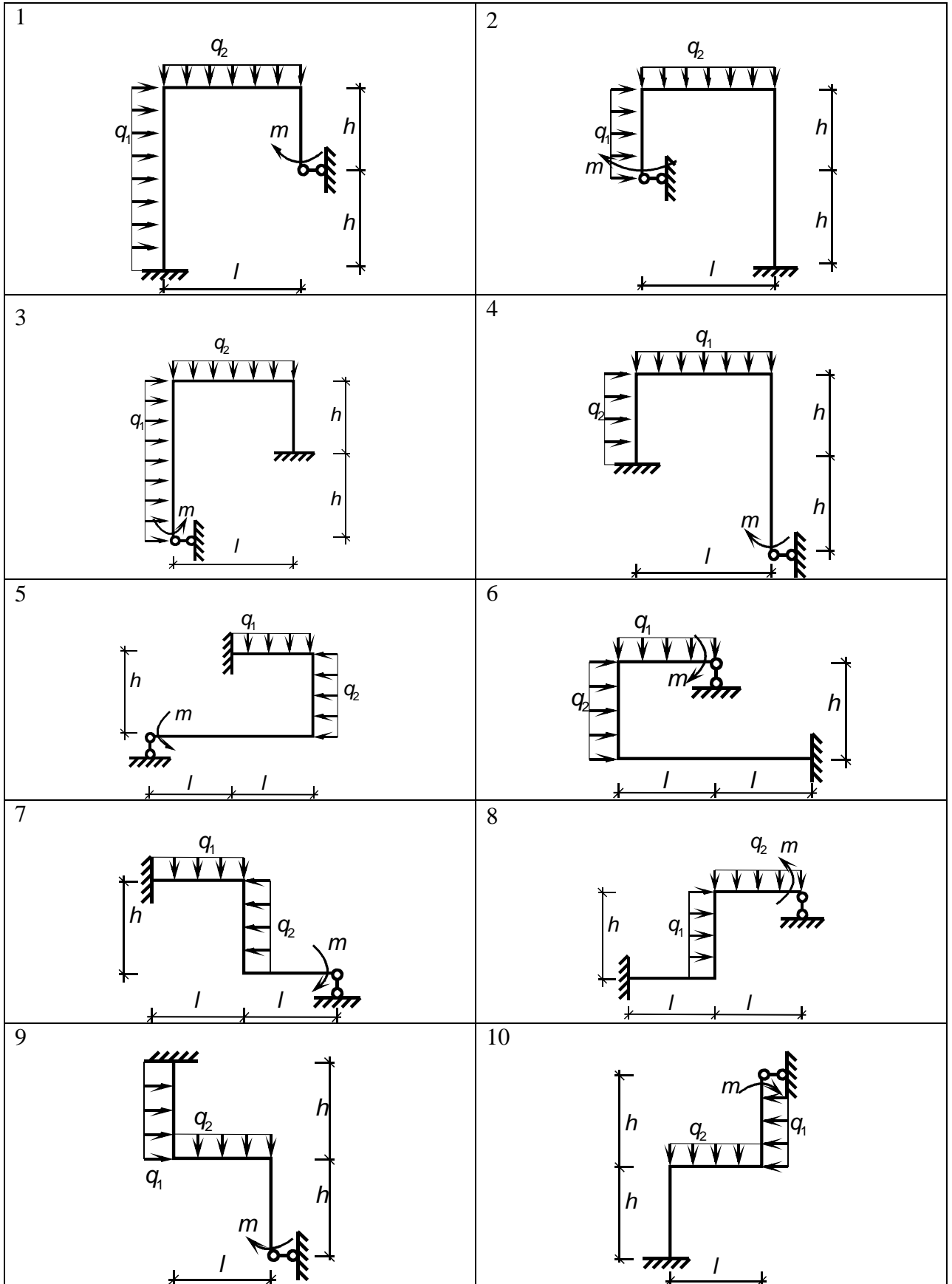
Таблица 6.

Номер	Схема	l , м	l/h	J_p/J_c	q_1 , кН/м	q_2 , кН/м	m , кНм
1	1	2	0,5	1,0	0	6	10
2	2	3	0,6	1,5	8	0	15
3	3	4	0,8	2,0	0	10	20
4	4	3,5	1,0	2,5	12	0	25
5	5	1,5	1,2	3,0	0	14	30
6	6	2	0,5	1,0	6	0	10
7	7	3	0,6	1,5	0	8	15
8	8	4	0,8	2,0	10	0	20
9	9	3,5	1,0	2,5	0	12	25
0	10	1,5	1,2	3,0	14	0	30
	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>е</i>

Расчетные схемы к задаче 5.



Расчетные схемы к задаче 6.



Задача 7. Расчет рамы методом перемещений.

Задана статически неопределимая рама.

Требуется

1. Образовать основную систему метода перемещений.
2. Построить единичные и грузовую эпюры изгибающих моментов и найти коэффициенты канонических уравнений метода перемещений.
3. Построить окончательную эпюру изгибающих моментов и проверить ее.
4. Построить эпюры поперечных и продольных сил и проверить равновесие рамы.

Исходные данные принять по таблице 7.

Таблица 7.

Номер	Схема	l_1 , м	l_2 , м	h , м	q_1 , кН/м	q_2 , кН/м	P_1 , кН	P_2 , кН	J_p/J_c
1	1	2	2	2	0	6	10	0	1,0
2	2	3	3	3	8	0	0	15	1,5
3	3	4	4	4	0	10	20	0	2,0
4	4	3,5	3,5	3,5	12	0	0	25	2,5
5	5	1,5	1,5	1,5	0	14	30	0	3,0
6	6	2	2	2	6	0	0	10	1,0
7	7	3	3	3	0	8	15	0	1,5
8	8	4	4	4	10	0	0	20	2,0
9	9	3,5	3,5	3,5	0	12	25	0	2,5
0	10	1,5	1,5	1,5	14	0	0	30	3,0
	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>е</i>	<i>ж</i>	<i>з</i>

Задача 8. Расчет балки методом перемещений.

Задана статически неопределимая балка.

Требуется:

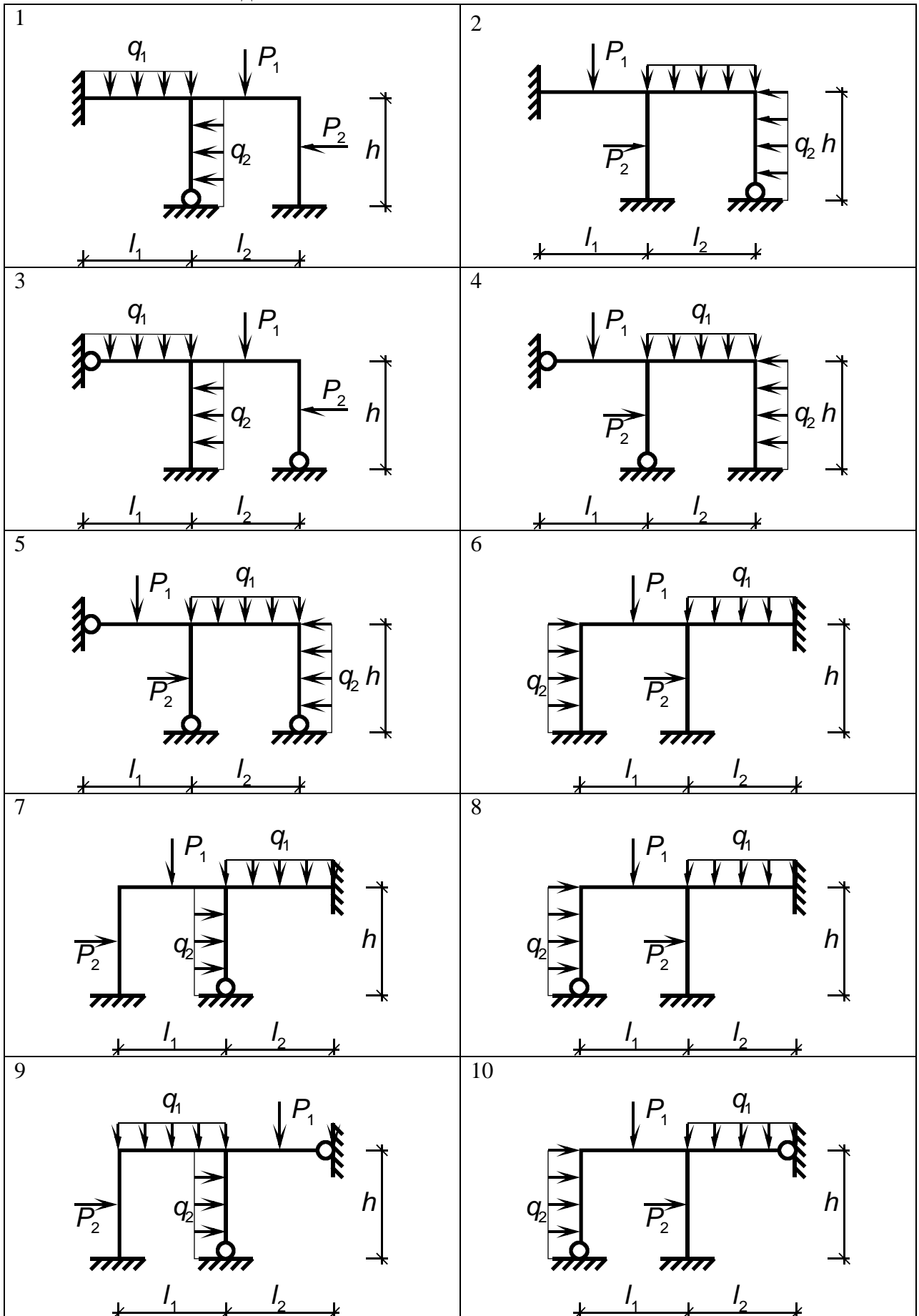
1. Образовать основную систему метода перемещений.
2. Построить единичную и грузовую эпюры изгибающих моментов и найти коэффициенты канонических уравнений метода перемещений.
3. Построить окончательную эпюру изгибающих моментов и проверить ее.
4. Построить эпюру поперечных сил и проверить равновесие балки.

Исходные данные принять по таблице 8.

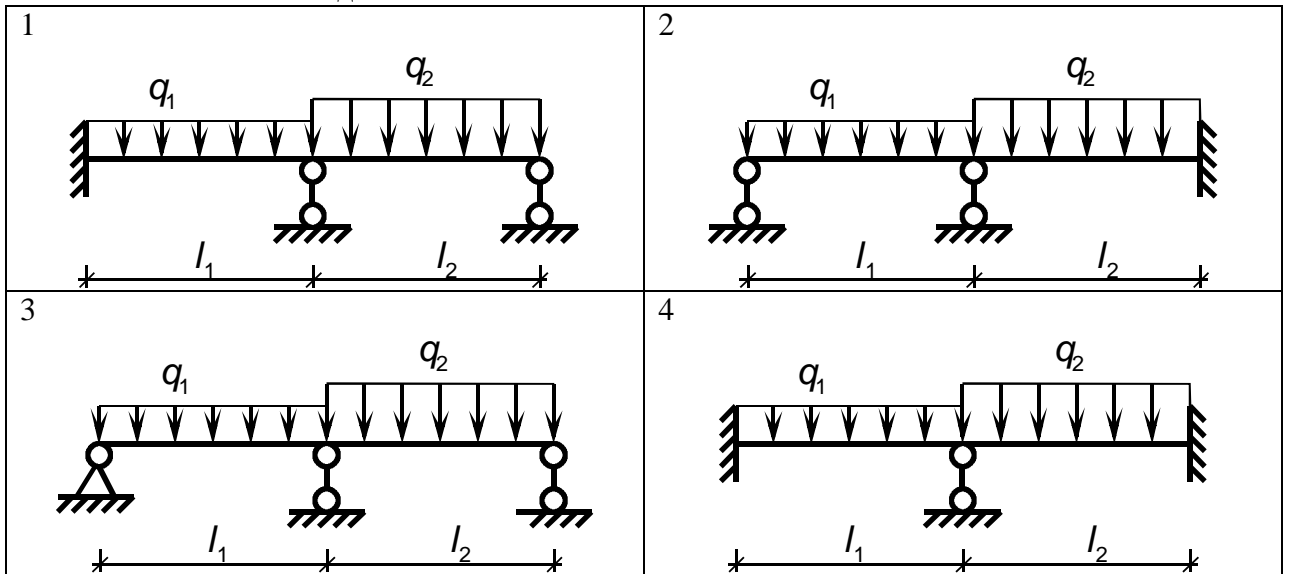
Таблица 8.

Номер	Схема	l_1 , м	l_2 , м	q_1 , кН/м	q_2 , кН/м
1	1	2	2	0	6
2	2	3	3	8	0
3	3	4	4	0	10
4	4	3,5	3,5	12	0
5	1	1,5	1,5	0	14
6	2	2	2	6	0
7	3	3	3	0	8
8	4	4	4	10	0
9	1	3,5	3,5	0	12
0	2	1,5	1,5	14	0
	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>г</i>	<i>д</i>

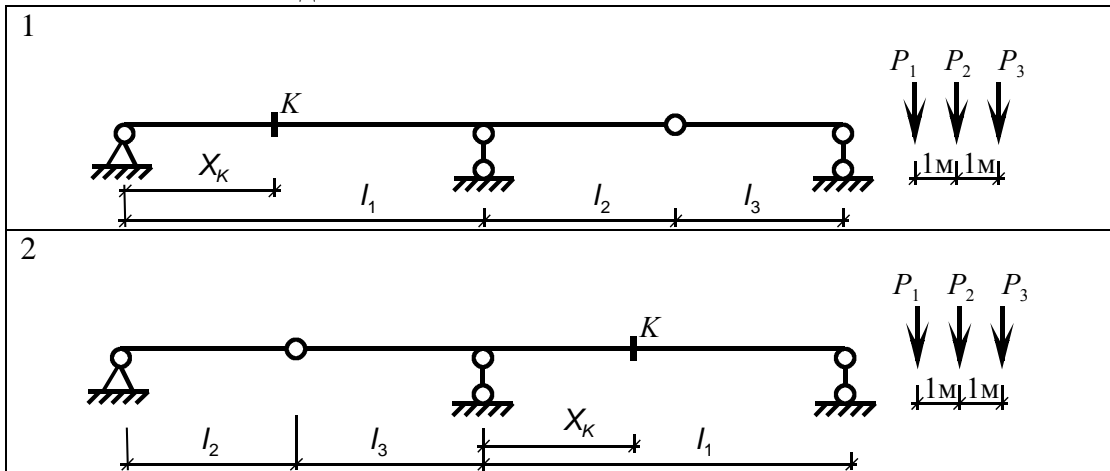
Расчетные схемы к задаче 7.



Расчетные схемы к задаче 8.



Расчетные схемы к задаче 9.



Задача 9. Расчет многопролетной балки на подвижную нагрузку.

Задана статически определимая двухпролетная балка.

Требуется

1. Построить линию влияния изгибающего момента в сечении K .
2. Найти опасное положение системы сил и вычислить M_K^{HP} и M_K^{HO} .
3. Вычислить изгибающий момент от постоянной нагрузки.
4. Вычислить расчетные изгибающие моменты M_K^{\max} , M_K^{\min} .

Исходные данные принять по таблице 9.

Таблица 9.

Номер	Схема	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	X_K/l_1	q , кН/м	P_1 , кН	P_2 , кН	P_3 , кН
1	1	10	2	5	0,3	6	10	10	10
2	2	12	3	6	0,4	8	12	12	12
3	1	14	4	7	0,5	10	15	15	15
4	2	15	5	8	0,6	12	18	18	18
5	1	16	6	10	0,7	14	24	24	24
6	2	18	7	5	0,3	6	10	10	10
7	1	20	8	6	0,4	8	12	12	12
8	2	22	9	7	0,5	10	15	15	15
9	1	24	10	8	0,6	12	18	18	18
0	2	25	11	10	0,7	14	24	24	24
	e	a	b	$в$	z	δ	e	a	e

Задача 10. Расчет фермы на подвижную нагрузку.

Задана статически определимая ферма.

Требуется

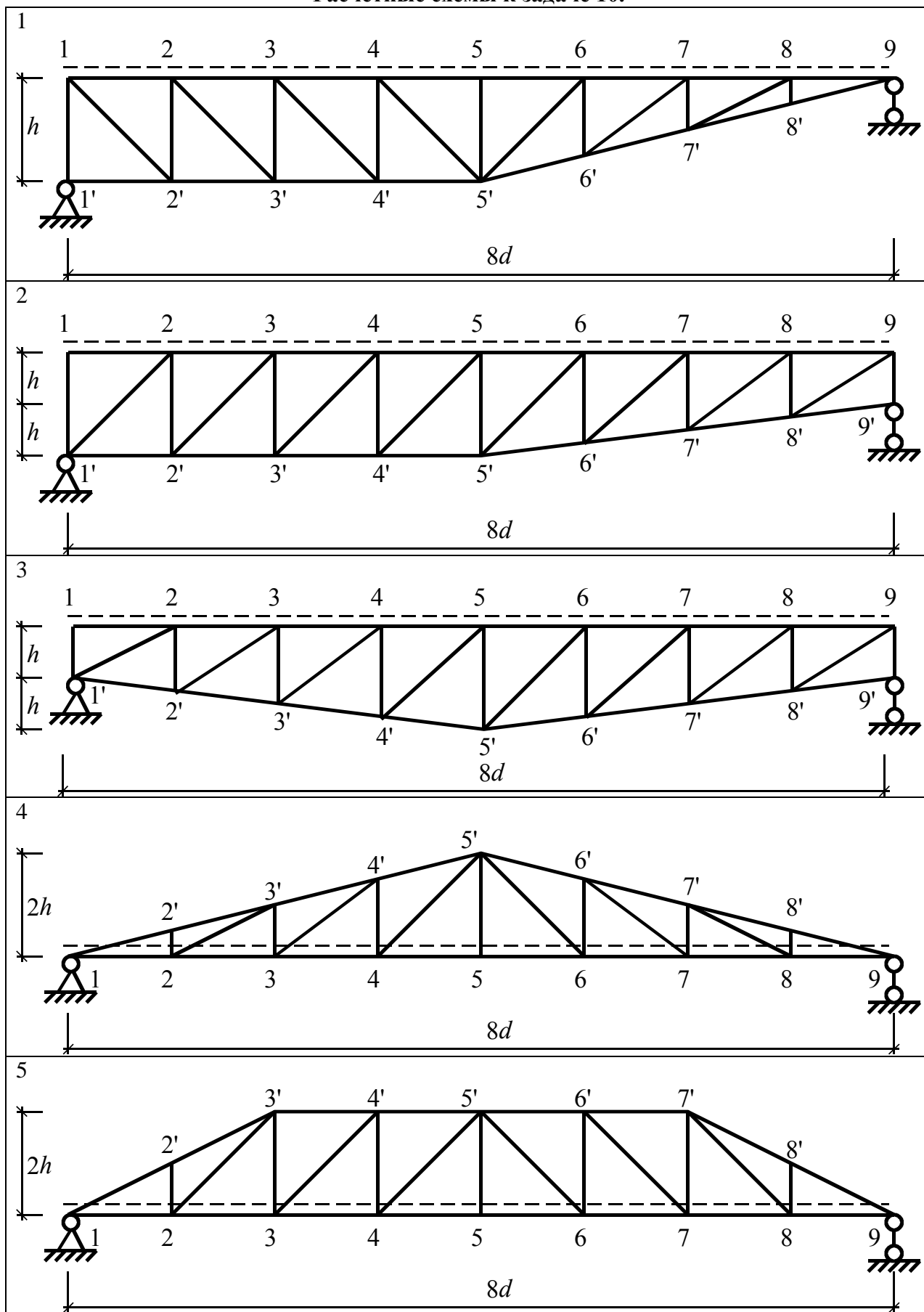
1. Построить линии влияния усилий в указанных стержнях.
2. Загрузить полученные линии влияния заданной нагрузкой равномерно распределенной в пределах пролета фермы, и вычислить усилия в стержнях.

Исходные данные принять по таблице 10.

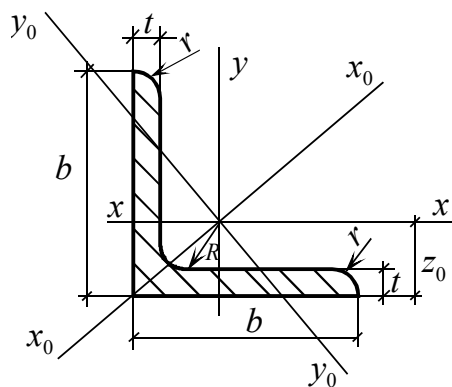
Таблица 10.

Номер	Схема	d , м	h/d	q , кН/м	Стержни		
1	1	3	2	6	3-4	3-3'	5'-6
2	2	4	3	8	4-5	4-4'	4'-5
3	3	6	4	10	5-6	5-5'	3'-4
4	4	8	3,5	12	6-7	6-6'	4-5'
5	5	10	1,5	15	7-8	7-7'	3-4'
6	1	3	2	6	3'-4'	3-3'	3-4'
7	2	4	3	8	4'-5'	4-4'	6'-7
8	3	6	4	10	5'-6'	5-5'	7'-8
9	4	8	3,5	12	6'-7'	6-6'	6'-7
0	5	10	1,5	15	7'-8'	7-7'	5'-6
	e	a	b	$в$	z	δ	e

Расчетные схемы к задаче 10.



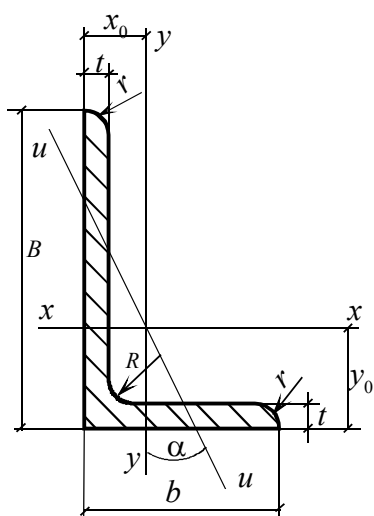
Выписка из сортамента стального проката
Уголки стальные горячекатаные равнополочные (ГОСТ 8509-93)



b – ширина полки;
 t – толщина полки;
 J – момент инерции;
 z_0 – расстояние от центра тяжести до наружной грани полки;

Номер уголка	Размеры уголка, мм		Площадь поперечного сечения, см ²	Справочные величины	
	b	t		J_x , см ⁴	z_0 , см
2	20	3	1,13	0,40	0,60
2,5	25	3	1,43	0,81	0,73
2,8	28	3	1,62	1,16	0,80
3	30	3	1,74	1,45	0,85
3,2	32	3	1,86	1,77	0,89
3,5	35	3	2,04	2,35	0,97
4	40	3	2,35	3,55	1,09
4,5	45	3	2,65	5,13	1,21
5	50	3	2,96	7,11	1,33
5,6	56	4	4,38	13,10	1,52
6	60	4	4,72	16,21	1,62
6,3	63	4	4,96	18,86	1,69
7	70	4,5	6,20	29,04	1,88
7,5	75	5	7,39	39,53	2,02
8	80	5,5	8,63	52,68	2,17
9	90	6	10,61	82,10	2,43
10	100	6,5	12,82	122,10	2,68
11	110	7	15,15	175,61	2,96
12	120	6	17,20	198,17	3,00
12,5	125	8	19,69	294,36	3,36
14	140	9	24,72	465,72	3,78
15	150	10	29,33	634,76	4,07
16	160	10	31,43	774,24	4,30
18	180	11	38,80	1216,44	4,85
20	200	12	47,10	1822,78	5,37
22	220	14	60,38	2814,36	5,91
25	250	16	78,40	4717,10	6,75

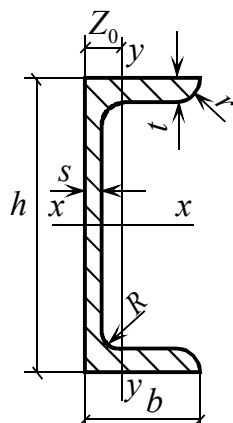
Уголки стальные горячекатаные неравнополочные
Выписка из сортамента (ГОСТ 8510-86)



B – ширина большей полки;
 b – ширина меньшей полки;
 t – толщина полки;
 J – момент инерции;
 x_0, y_0 – расстояние от центра тяжести до наружных граней полки;

Номер уголка	Размеры уголка, мм			Площадь поперечного сечения, см ²	Справочные величины для осей			
	B	b	t		$J_x, \text{см}^4$	$J_y, \text{см}^4$	$x_0, \text{см}$	$y_0, \text{см}$
2,5/1,6	25	16	3	1,16	0,70	0,22	0,42	0,86
3/2	30	20	3	1,43	1,27	0,45	0,51	1,00
3,2/2	32	20	3	1,49	1,52	0,46	0,49	1,08
4/2,5	40	25	3	1,89	3,06	0,93	0,59	1,32
4/3	40	30	4	2,67	4,18	2,01	0,78	1,28
4,5/2,8	45	28	3	2,14	4,41	1,32	0,64	1,47
5/3,2	50	32	3	2,42	6,18	1,99	0,72	1,60
5,6/3,6	56	36	4	3,58	11,37	3,70	0,84	1,82
6,3/4,0	63	40	4	4,04	16,33	5,16	0,91	2,03
6,5/5	65	50	5	5,56	23,41	12,08	1,26	2,00
7/4,5	70	45	5	5,59	27,76	9,05	1,05	2,28
7,5/5	75	50	5	6,11	34,81	12,47	1,17	2,39
8/5	80	50	5	6,3	41,64	12,68	1,13	2,60
8/6	80	60	6	8,15	52,06	25,18	1,49	2,47
9/5,6	90	56	5,5	7,86	65,28	19,67	1,2	2,92
10/6,3	100	63	6	9,58	98,29	30,58	1,42	3,23
10/6,5	100	65	7	11,23	114,05	38,32	1,52	3,24
11/7	110	70	6,5	11,45	142,42	45,61	1,58	3,55
12,5/8	125	80	7	14,06	226,53	73,73	1,80	4,01
14/9	140	90	8	18,00	363,68	119,79	2,03	4,49
16/10	160	100	9	22,87	605,97	186,03	2,24	5,19
18/11	180	110	10	28,33	952,28	276,37	2,44	5,88
20/12,5	200	125	11	34,87	1449,62	446,36	2,79	6,50

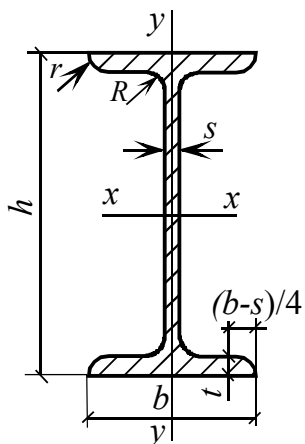
**Сталь горячекатаная. Швеллеры.
Выписка из сортамента (ГОСТ 8240-89)**



h – высота;
 b – ширина полки;
 t – толщина полки;
 J — момент инерции;
 Z_0 — расстояние от оси $y - y$
до наружной грани стенки

Номер швеллера	Размеры швеллера, мм		Площадь сечения, см ²	J_x , см ⁴	J_y , см ⁴	z_0 , см
	h	b				
5	50	32	6,16	22,8	5,95	1,21
6,5	65	36	7,51	48,8	9,35	1,29
8	80	40	8,98	89,8	13,90	1,38
10	100	46	10,90	175,0	22,60	1,53
12	120	52	13,30	305,0	34,90	1,66
14	140	58	15,60	493,0	51,50	1,82
14a	140	62	17,00	547,0	65,20	1,97
16	160	64	18,10	750,0	72,80	2,04
16a	160	68	19,50	827,0	90,50	2,19
18	180	70	20,70	1090,0	100,00	2,14
20	200	76	23,40	1200,0	123,00	2,36
20a	200	80	25,20	1530,0	134,00	2,30
22	220	82	26,70	1680,0	162,00	2,53
22a	220	87	28,80	2120,0	178,00	2,47
24	240	90	30,60	2910,0	248,00	2,72
24a	240	95	32,90	3200,0	302,00	3,01
27	270	95	35,20	4180,0	314,00	2,78
30	300	100	40,50	5830,0	393,00	2,83
33	330	105	46,50	8010,0	491,00	2,90
36	360	110	53,40	10850,0	611,0	2,99
40	400	115	61,50	15260,0	760,00	3,05

**Сталь горячекатаная. Балки двутавровые.
Выписка из сортамента (ГОСТ 8239-89)**



h – высота балки;
 b – ширина полки;
 s – толщина стенки;
 t – средняя толщина полки;
 R – радиус внутреннего закругления
 r – радиус закругления полки
 J — момент инерции;

Номер балки	Размеры балки, мм		Площадь сечения, см ²	J_x , см ⁴	J_y , см ⁴
	h	b			
10	100	55	12,0	198	17,9
12	120	64	14,7	350	27,9
14	140	73	17,4	572	41,9
16	160	81	20,2	873	58,6
18	180	90	23,4	1290	82,6
18a	180	100	25,4	1430	114,0
20	200	100	26,8	1840	115,0
20a	200	110	28,9	2030	155,0
22	220	110	30,6	2550	157,0
22a	220	120	32,8	2790	206,0
24	240	115	34,8	3460	198,0
24a	240	125	37,5	3800	260,0
27	270	125	40,2	5010	260,0
27a	270	135	43,2	5500	337,0
30	300	135	46,5	7080	337,0
30a	300	145	49,9	7780	436,0
33	330	140	53,8	9840	419,0
36	360	145	61,9	13380	516,0
40	400	155	72,6	19062	667,0
45	450	160	84,7	27696	808,0
50	500	170	100,0	39727	1043,0
55	550	180	118,0	55962	1356,0
60	600	190	138,0	76806	1725,0

Коэффициенты продольного изгиба φ для стали

Гибкость λ	Коэффициент φ	Гибкость λ	Коэффициент φ
0	1,00	100	0,60
10	0,99	110	0,52
20	0,96	120	0,45
30	0,94	130	0,40
40	0,92	140	0,36
50	0,89	150	0,32
60	0,86	160	0,29
70	0,81	170	0,26
80	0,75	180	0,23
90	0,69	190	0,21
		200	0,19