

**ОПД.Р.03 СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА  
ВАРИАНТЫ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ ПО  
КУРСУ «СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА»**

	стр.
Введение .....	4
1. Эпюры и линии влияния внутренних силовых факторов в стержневых системах .....	5
Задача 1.1. Расчет однопролетных балок .....	5
Задача 1.2. Расчет многопролетных балок .....	7
Задача 1.3. Статически определимая многопролетная шарнирная балка .....	10
Задача 1.4. Расчет плоских шарнирных рам .....	14
Задача 1.5. Расчет плоских рам с жесткой заделкой .....	18
Задача 1.6. Расчет плоских двухопорных шарнирных рам .....	21
Задача 1.7. Расчет плоских статически неопределимых рам .....	25
Задача 1.8. Расчет плоских статически неопределимых рам от постоянной нагрузки.....	29
Задача 1.9. Расчет статически неопределимых балок .....	33
Задача 1.10. Расчет балочных ферм с построением линий влияния .....	37
Задача 1.11. Расчет плоских ферм .....	40
Задача 1.12. Расчет статически определимых трехшарнирных арок .....	44
2. Перемещения в стержневых системах .....	48
Задача 2.1. Расчет перемещений от нагрузки .....	48
Задача 2.2. Расчет перемещений от изменения температуры .....	51
Задача 2.3. Расчет перемещений от кинематического воздействия .....	53
Задача 2.4. Расчет перемещений от нагрузки в плоских рамах .....	56
Задача 2.5. Расчет угловых перемещений в плоских рамах .....	59
3. Расчет тонкостенных резервуаров и сосудов .....	63
Задача 3.1. ....	63

## ВВЕДЕНИЕ

Основная цель расчетно-графических работ – помочь студенту усвоить законы статики кинематически неизменяемых плоских стержневых систем. Задачи расположены по возрастающей сложности, при этом к каждому типу задач приводится пример расчета, необходимые для решения задач пояснения.

Первая часть посвящена статике стержневых систем, не имеющих «избыточных» (лишних) связей. Для определения внутренних сил в них достаточно знать (и уметь применять) только законы равновесия. В этой части приведены задачи, которые позволят студенту освоить методы и технику построения эпюр внутренних силовых факторов и линий влияния в различных по сложности стержневых системах.

Вторая часть посвящена проблеме определения перемещений в стержневых системах от различных внешних воздействий (нагрузка, изменение температуры, кинематическое воздействие).

1. Студент обязан взять из таблицы, прилагаемой к условию задачи, данные в соответствии с номером варианта выданным преподавателем.

вариант – (21)(24)(11)(06)

буквы - а б в г

Из каждого вертикального столбца таблицы исходных данных, обозначенного внизу определенной буквой, надо взять только одно число, стоящее в той горизонтальной строке, номер которой совпадает с номером буквы в шифре. Например, вертикальные столбцы табл.1 обозначены буквами «а», «б», «в», «г». В этом случае при указанном выше номере варианта 21241106 студент должен взять из столбцов «а» строку номер 21 (схема №1.1.21,  $d=4$  м), из столбцов «б» - строку номер 24 ( $a=2$  м,  $M=7$  кНм), из столбцов «в» - строку номер 11 ( $b=1$  м,  $F=8$  кН) и из столбцов «г» - строку 06 ( $c=3$  м,  $q=1$  кН/м).

Работы, выполненные не по своему варианту, не засчитываются.

2. Не следует приступать к выполнению расчетно-графических работ, не изучив соответствующего раздела курса и не решив самостоятельно рекомендованных задач. Если студент слабо усвоил основные положения теории и не до конца разобрался в приведенных примерах, то при выполнении работ могут возникнуть большие затруднения. Несамостоятельно выполненное задание не дает возможности преподавателю-рецензенту вовремя заметить недостатки в работе студента. В результате студент не приобретает необходимых знаний и оказывается неподготовленным к экзамену.

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

4. В заголовке расчетно-графической работы должны быть четко написаны: номер контрольной работы, название дисциплины, фамилия, имя и отчество студента (полностью), название факультета и специальности, учебный шифр.

5. Каждую расчетно-графическую работу следует выполнять на листах формата А4, чернилами (не красными), четким почерком, с полями.

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, страница, номер формулы).

8. Необходимо указать размерность всех величин и подчеркнуть 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. В возвращенной расчетно-графической работе студент должен исправить все отмеченные ошибки и выполнить все данные 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.

## 1. ЭПЮРЫ И ЛИНИИ ВЛИЯНИЯ ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ В СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМАХ

### Задача 1.1. РАСЧЕТ ОДНОПРОЛЕТНЫХ БАЛОК

Для одной из однопролетных балок, изображенных на рис.1.1.1 – 1.1.25 требуется:

1) построить эпюры внутренних силовых факторов и линии влияния внутренних усилий в сечениях  $n$  и  $k$ ;

2) определить усилия в сечениях  $n$  и  $k$  по линиям влияния от заданной нагрузки и сравнить их с усилиями на эпюрах.

Исходные данные для расчета принять из табл. 1.1.

Таблица 1.1

Номер строки	Схемы балок рис. 1.1.1–1.1.25	a, м	b, м	c, м	d, м	M, кНм	F, кН	q, кН/м
01	1.1.1	2	3	4	2	6	4	2
02	1.1.2	3	4	3	4	5	5	1
03	1.1.3	4	2	2	3	4	3	3
04	1.1.4	2	4	2	2	6	6	4
05	1.1.5	2	3	4	3	8	7	2
06	1.1.6	4	2	3	2	10	2	1
07	1.1.7	3	3	2	4	7	8	3
08	1.1.8	5	2	5	4	10	3	2
09	1.1.9	1	5	1	3	9	4	1
10	1.1.10	2	4	2	3	8	7	4
11	1.1.11	4	1	4	2	7	8	5
12	1.1.12	3	3	2	3	6	3	2
13	1.1.13	2	5	1	5	5	6	4
14	1.1.14	5	2	5	1	2	5	3
15	1.1.15	3	4	4	3	5	2	5
16	1.1.16	4	1	1	4	6	8	1
17	1.1.17	3	3	3	5	7	5	4
18	1.1.18	1	5	2	1	8	3	2
19	1.1.19	2	1	3	2	9	4	5
20	1.1.20	5	2	1	3	10	8	3
21	1.1.21	3	4	2	4	4	9	1
22	1.1.22	2	3	4	5	5	2	3
23	1.1.23	4	2	2	3	8	3	2
24	1.1.24	2	1	3	5	7	5	4
25	1.1.25	1	5	3	1	6	7	5
26	1.1.1	4	2	3	2	6	3	1
27	1.1.2	5	2	4	1	6	7	2
28	1.1.3	1	5	4	1	2	9	5
29	1.1.4	5	5	3	2	10	4	5

Номер строки	Схемы балок рис. 1.1.1–1.1.25	a, м	b, м	c, м	d, м	M, кНм	F, кН	q, кН/м
30	1.1.5	2	4	3	1	6	7	5
31	1.1.6	5	2	6	3	8	4	2
32	1.1.7	2	4	3	3	9	8	3
33	1.1.8	4	3	6	2	6	7	5
34	1.1.9	1	2	3	5	10	9	6
35	1.1.10	2	5	3	1	6	7	4
	а	б	в	г	а	б	в	г

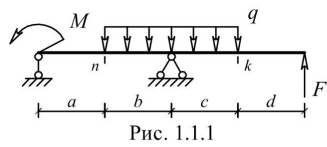


Рис. 1.1.1

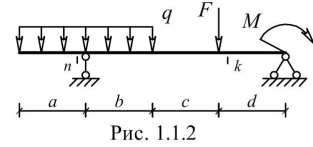


Рис. 1.1.2

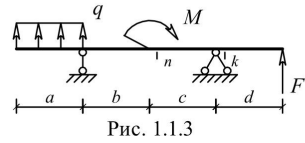


Рис. 1.1.3

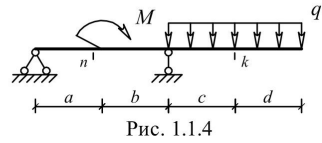


Рис. 1.1.4

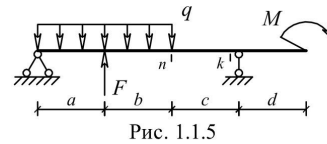


Рис. 1.1.5

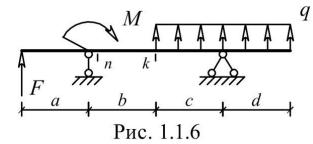


Рис. 1.1.6

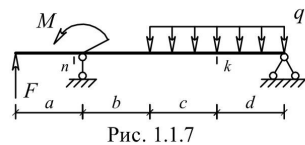


Рис. 1.1.7

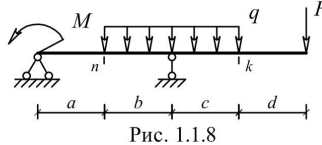


Рис. 1.1.8

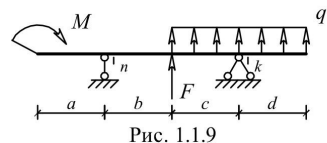


Рис. 1.1.9

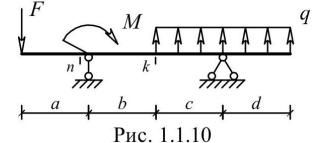


Рис. 1.1.10

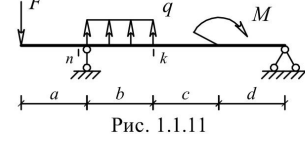


Рис. 1.1.11

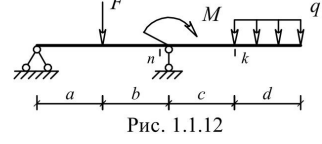


Рис. 1.1.12

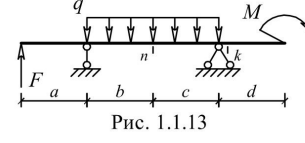


Рис. 1.1.13

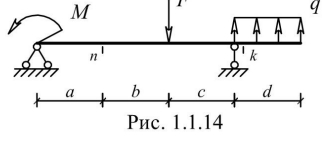


Рис. 1.1.14

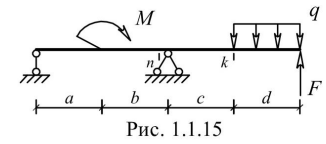


Рис. 1.1.15

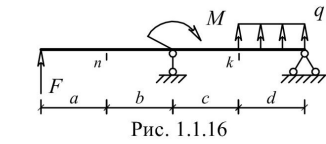


Рис. 1.1.16

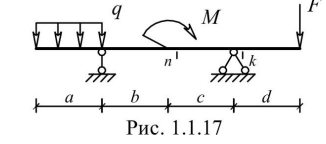


Рис. 1.1.17

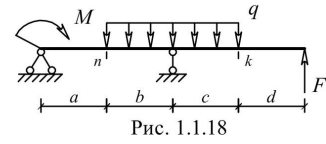


Рис. 1.1.18

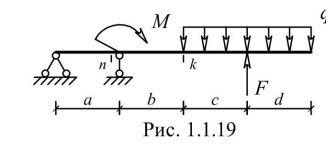


Рис. 1.1.19

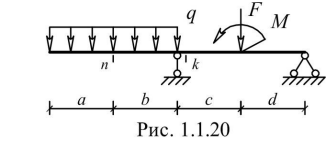


Рис. 1.1.20

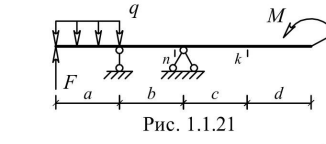


Рис. 1.1.21

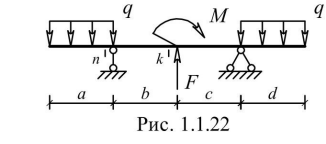


Рис. 1.1.22

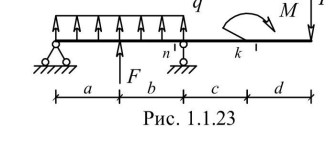


Рис. 1.1.23

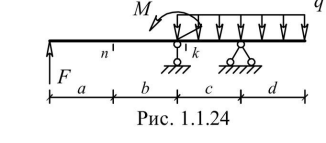


Рис. 1.1.24

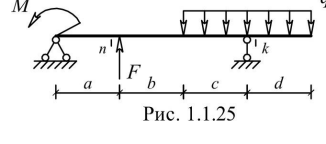


Рис. 1.1.25

## Задача 1.2. РАСЧЕТ МНОГОПРОЛЕТНЫХ БАЛОК

Для одной из многопролетных балок, изображенных на рис. 1.2.1 – 1.2.25 требуется:

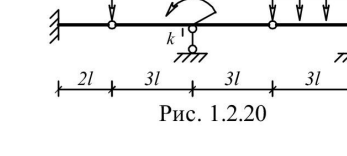
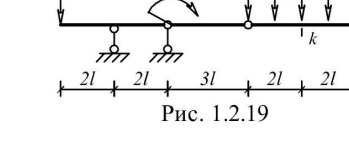
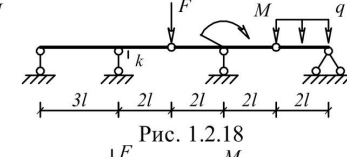
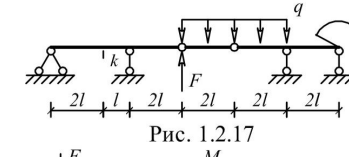
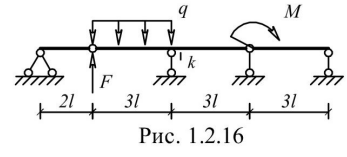
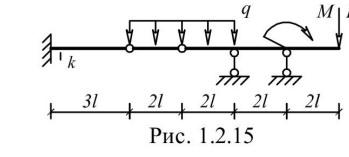
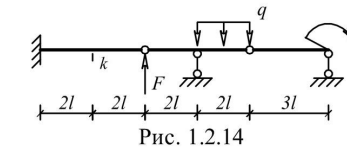
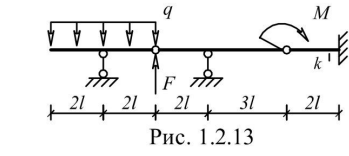
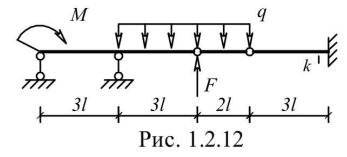
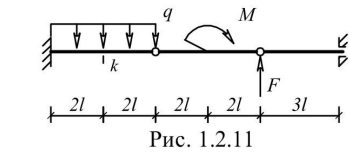
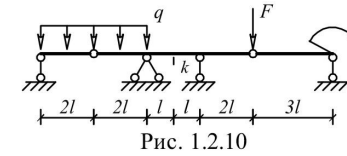
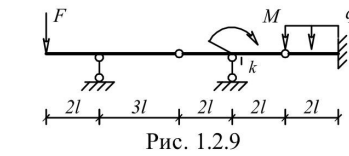
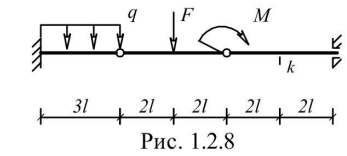
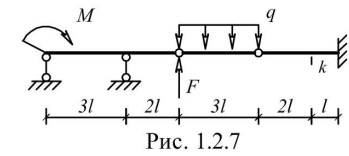
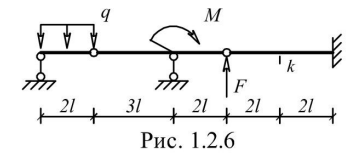
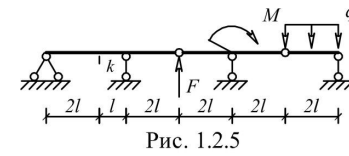
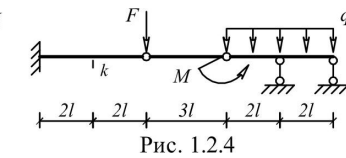
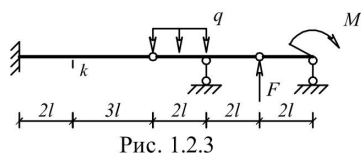
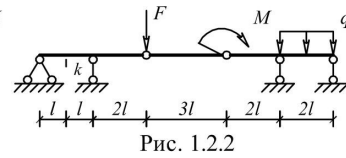
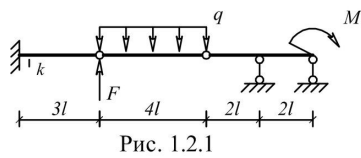
- 1) построить эпюры внутренних силовых факторов и линии влияния внутренних усилий в сечении  $k$ ;
- 2) определить усилия в сечении  $k$  по линиям влияния от заданной нагрузки и сравнить их с усилиями на эпюрах;
- 3) найти максимальное и минимальное значение изгибающего момента в сечении  $k$  от подвижной системы связанных грузов, показанной на рис.1.2.26.

Исходные данные для расчета принять из табл. 1.2.

Таблица 1.2

Номер строки	Схемы балок рис. 1.2.1–1.2.25	l, м	M, кНм	F, кН	q, кН/м
01	1.2.1	2	6	4	2
02	1.2.2	3	5	5	1

Номер строки	Схемы балок рис. 1.2.1–1.2.25	l, м	M, кНм	F, кН	q, кН/м
03	1.2.3	4	4	3	3
04	1.2.4	2	6	6	4
05	1.2.5	2	8	7	2
06	1.2.6	4	10	2	1
07	1.2.7	3	7	8	3
08	1.2.8	5	10	3	2
09	1.2.9	1	9	4	1
10	1.2.10	2	8	7	4
11	1.2.11	4	7	8	5
12	1.2.12	3	6	3	2
13	1.2.13	2	5	6	4
14	1.2.14	5	2	5	3
15	1.2.15	3	5	2	5
16	1.2.16	4	6	8	1
17	1.2.17	3	7	5	4
18	1.2.18	1	8	3	2
19	1.2.19	2	9	4	5
20	1.2.20	5	10	8	3
21	1.2.21	3	4	9	1
22	1.2.22	2	5	2	3
23	1.2.23	4	8	3	2
24	1.2.24	2	7	5	4
25	1.2.25	1	6	7	5
26	1.2.1	5	4	6	2
27	1.2.2	5	2	5	3
28	1.2.3	3	5	2	5
29	1.2.4	4	6	8	1
30	1.2.5	3	7	5	4
31	1.2.6	1	8	3	2
32	1.2.7	2	9	4	5
33	1.2.8	5	10	8	3
34	1.2.9	3	4	9	1
35	1.2.10	2	5	2	3
	б	в	а	г	в



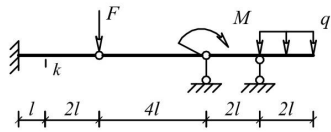


Рис. 1.2.21

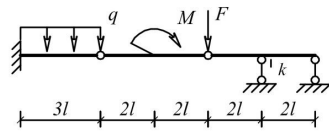


Рис. 1.2.22

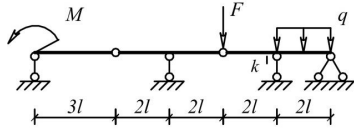


Рис. 1.2.23

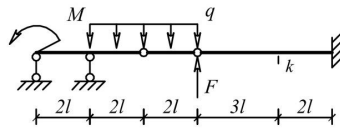


Рис. 1.2.24

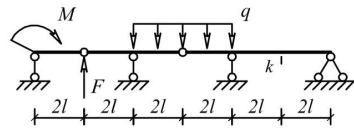


Рис. 1.2.25

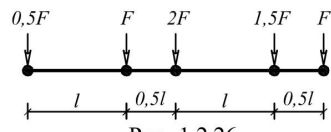


Рис. 1.2.26

Номер строки	Номер варианта по рис.1.3	$F_1$ , кН	$a$ , м	$b$ , м	$l$ , м	$M$ , кНм	$q$ , кН/м
14	14	12	1	1	4	12	2
15	15	6	2	2	5	12	3
16	16	8	1	2	3	12	6
17	17	10	2	1	2	18	5
18	18	6	3	2	5	20	6
19	19	8	2	2	3	12	2
20	20	6	1	3	2	12	4
21	21	12	3	3	1	12	2
22	22	12	2	1	3	16	3
23	23	13	1	2	4	10	6
24	24	14	1	2	5	12	5
25	25	12	3	1	3	18	6
26	26	10	2	3	2	20	6
27	27	12	1	2	1	12	2
28	28	6	2	3	3	24	4
29	29	8	1	3	5	16	2
30	30	10	2	1	4	12	3
31	31	6	3	2	2	18	6
32	32	8	2	2	1	20	5
33	33	6	1	1	3	12	6
34	34	12	3	3	6	12	2
35	35	11	2	2	4	16	4
36	36	8	3	2	4	24	6
	a	г	б	а	в	б	г

**Задача 1.3. СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМАЯ МНОГОПРОЛЕТНАЯ ШАРНИРНАЯ БАЛКА**

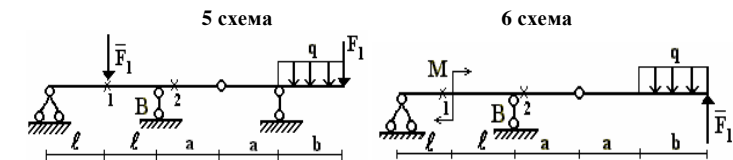
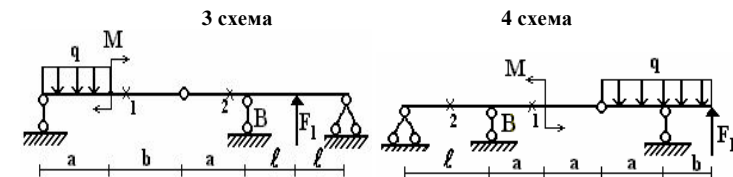
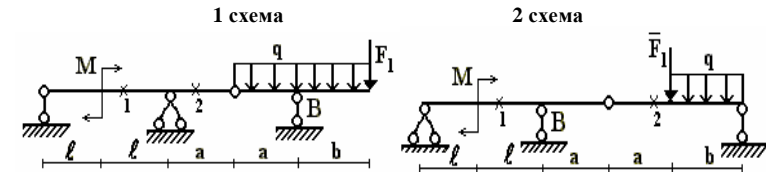
Для одной из многопролетных балок, изображенных на рис.1.3 требуется:

- 1) построить эпюры внутренних силовых факторов;
- 2) построить линии влияния  $M_1$ ;  $M_2$ ;  $Q_1$ ;  $R_B$ ;
- 3) определить усилия  $M_1$ ;  $M_2$  по линиям влияния.

Исходные данные для расчета принять из табл. 1.3.

Таблица 1.3

Номер строки	Номер варианта по рис.1.3	$F_1$ , кН	$a$ , м	$b$ , м	$l$ , м	$M$ , кНм	$q$ , кН/м
01	1	12	1	2	2	24	5
02	2	10	2	2	3	16	4
03	3	12	3	2	4	12	6
04	4	6	2	3	2	18	2
05	5	8	1	3	5	20	4
06	6	10	3	1	6	12	2
07	7	6	2	2	3	12	3
08	8	8	1	2	2	12	6
09	9	6	2	1	4	16	5
10	10	12	1	3	3	10	6
11	11	11	1	2	5	12	6
12	12	12	3	3	1	18	2
13	13	10	2	3	2	20	4





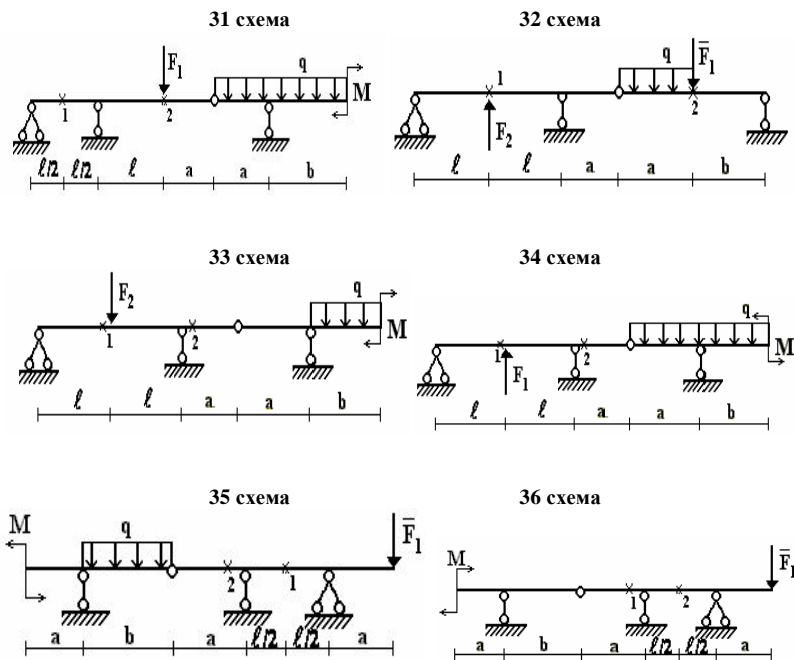


Рис.1.3

Номер строки	Схемы балок рис. 1.4.1–1.4.26	h, м	l, м	M, кНм	F, кН
16	1.4.16	1	4	6	8
17	1.4.17	3	3	7	5
18	1.4.18	5	1	8	3
19	1.4.19	1	2	9	4
20	1.4.20	2	5	10	8
21	1.4.21	4	3	4	9
22	1.4.22	3	2	5	2
23	1.4.23	2	4	8	3
24	1.4.24	1	2	7	5
25	1.4.25	5	1	6	7
26	1.4.26	2	5	4	6
27	1.4.1	5	2	5	6
28	1.4.2	2	5	2	5
29	1.4.3	4	3	5	2
30	1.4.4	1	4	6	8
31	1.4.5	3	3	7	5
32	1.4.6	5	1	8	3
33	1.4.7	1	2	9	4
34	1.4.8	2	5	10	8
35	1.4.9	4	3	4	9
	г	в	б	а	в

#### Задача 1.4. РАСЧЕТ ПЛОСКИХ ШАРНИРНЫХ РАМ

Для одной из рам, изображенных на рис. 1.4.1 – 1.4.26, требуется:

- 1) выполнить кинематический анализ;
- 2) определить реакции в связях, включая силы взаимодействия в шарнирах;
- 3) построить эпюры внутренних силовых факторов.

Исходные данные для расчета принять из табл.1.4

Номер строки	Схемы балок рис. 1.4.1–1.4.26	h, м	l, м	M, кНм	F, кН
01	1.4.1	3	2	6	4
02	1.4.2	4	3	5	5
03	1.4.3	2	4	4	3
04	1.4.4	4	2	6	6
05	1.4.5	3	2	8	7
06	1.4.6	2	4	10	2
07	1.4.7	3	3	7	8
08	1.4.8	2	5	10	3
09	1.4.9	5	1	9	4
10	1.4.10	4	2	8	7
11	1.4.11	1	4	7	8
12	1.4.12	3	3	6	3
13	1.4.13	5	2	5	6
14	1.4.14	2	5	2	5
15	1.4.15	4	3	5	2

Таблица 1.4

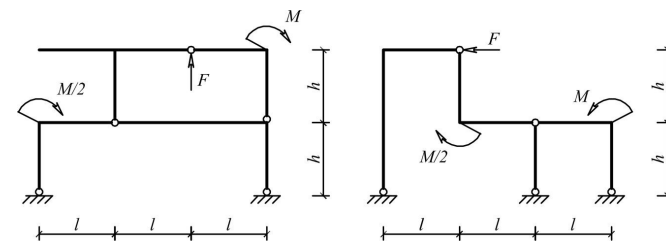


Рис.1.4.1

Рис.1.4.2

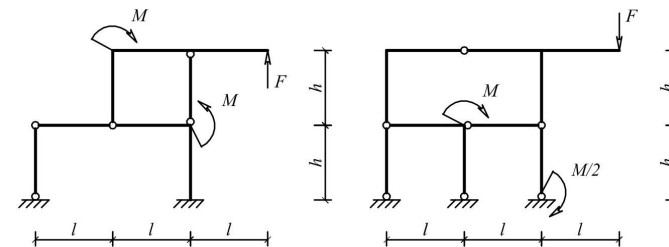


Рис.1.4.3

Рис.1.4.4

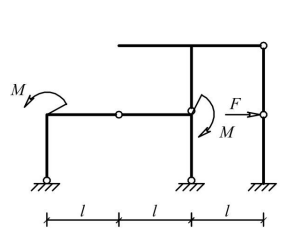


Рис.1.4.5

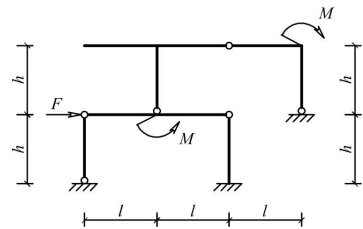


Рис.1.4.6

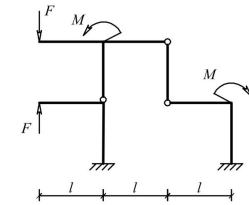


Рис.1.4.15

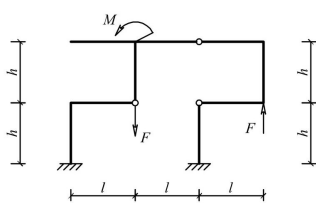


Рис.1.4.16

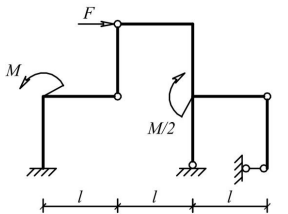


Рис.1.4.7

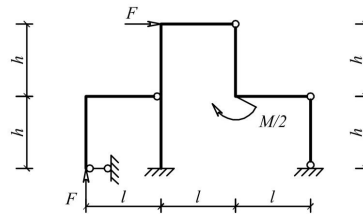


Рис.1.4.8

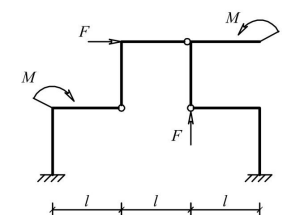


Рис.1.4.17

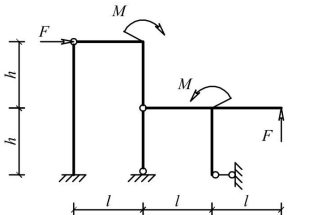


Рис.1.4.18

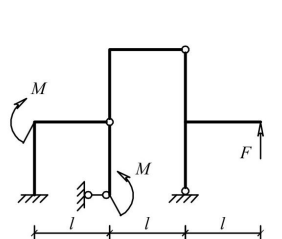


Рис.1.4.9

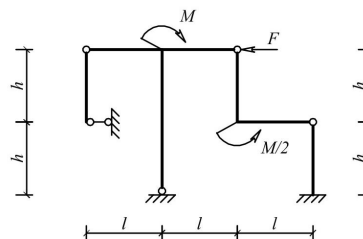


Рис.1.4.10

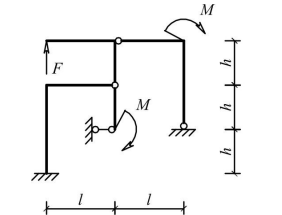


Рис.1.4.19

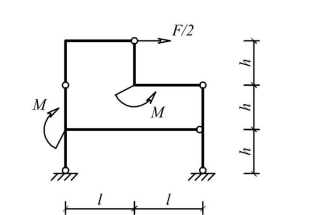


Рис.1.4.20

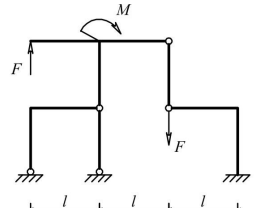


Рис.1.4.11

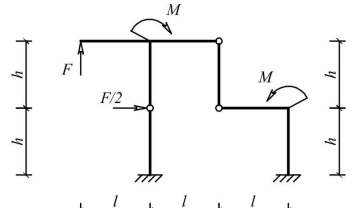


Рис.1.4.12

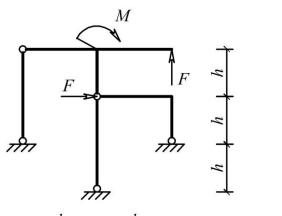


Рис.1.4.21

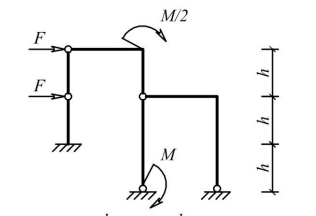


Рис.1.4.22

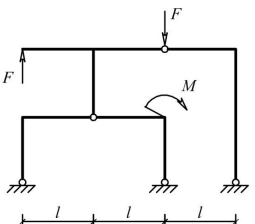


Рис.1.4.13

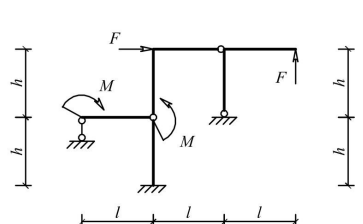


Рис.1.4.14

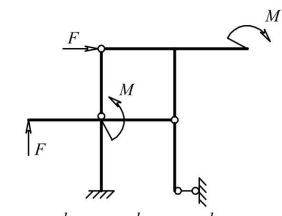


Рис.1.4.23

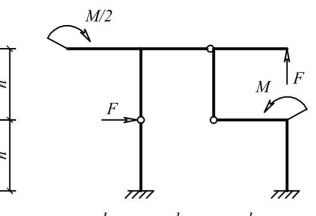


Рис.1.4.24



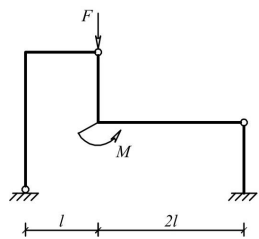


Рис.1.4.25

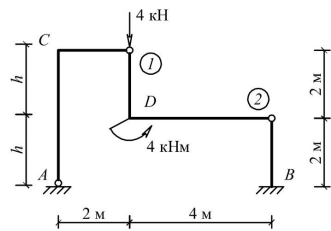


Рис.1.4.26

### Задача 1.5. РАСЧЕТ ПЛОСКИХ РАМ С ЖЕСТКОЙ ЗАДЕЛКОЙ

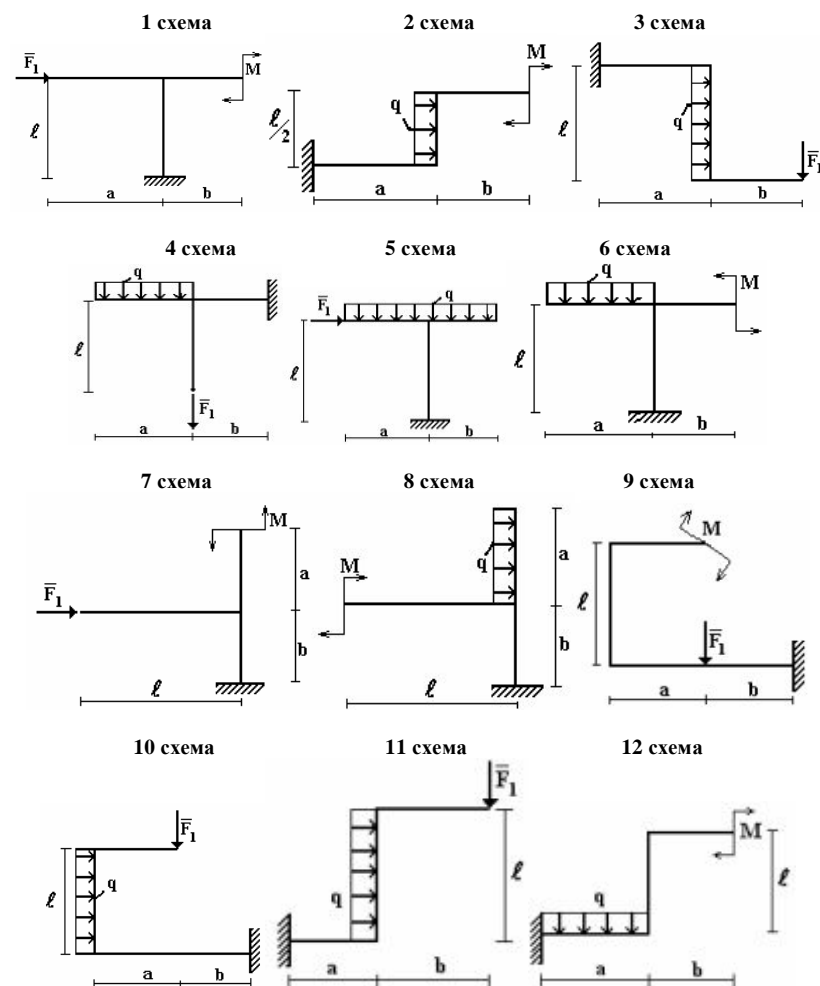
Для рамы (рис.1.5), соответствующей варианту задания, с размерами и нагрузкой, выбранными по шифру из табл.1.5, требуется:

- 1) определить опорные реакции, используя уравнения равновесия;
- 2) определить участки, отличающиеся характером нагружения и отметить характерные точки приложения опорных реакций, сосредоточенных сил и моментов, точки перегиба рамы, начало и конец действия распределенной нагрузки;
- 3) на каждом участке найти значения изгибающего момента  $M$ , поперечной силы  $Q$  и продольной силы  $N$ ;
- 4) построить эпюры  $M$ ,  $Q$  и  $N$ ;
- 5) выполнить статическую проверку.

Номер строки	Номер варианта по рис.1..5	$F_1$ , кН	$a$ , м	$b$ , м	$l$ , м	$M$ , кНм	$q$ , кН/м
01	1	12	1	2	2	24	5
02	2	10	2	2	3	16	4
03	3	12	3	2	4	12	6
04	4	6	2	3	2	18	2
05	5	8	1	3	5	20	4
06	6	10	3	1	6	12	2
07	7	6	2	2	3	12	3
08	8	8	1	2	2	12	6
09	9	6	2	1	4	16	5
10	10	12	1	3	3	10	6
11	11	11	1	2	5	12	6
12	12	12	3	3	1	18	2
13	13	10	2	3	2	20	4
14	14	12	1	1	4	12	2
15	15	6	2	2	5	12	3
16	16	8	1	2	3	12	6
17	17	10	2	1	2	18	5
18	18	6	3	2	5	20	6
19	19	8	2	2	3	12	2
20	20	6	1	3	2	12	4
21	21	12	3	3	1	12	2
22	22	12	2	1	3	16	3
23	23	13	1	2	4	10	6
24	24	14	1	2	5	12	5
25	25	12	3	1	3	18	6
26	26	10	2	3	2	20	6

Таблица 1.5

Номер строки	Номер варианта по рис.1..5	$F_1$ , кН	$a$ , м	$b$ , м	$l$ , м	$M$ , кНм	$q$ , кН/м
27	27	12	1	2	1	12	2
28	28	6	2	3	3	24	4
29	29	8	1	3	5	16	2
30	30	10	2	1	4	12	3
31	31	6	3	2	2	18	6
32	32	8	2	2	1	20	5
33	33	6	1	1	3	12	6
34	34	12	3	3	6	12	2
35	35	11	2	2	4	16	4
	б	в	а	г	а	б	а



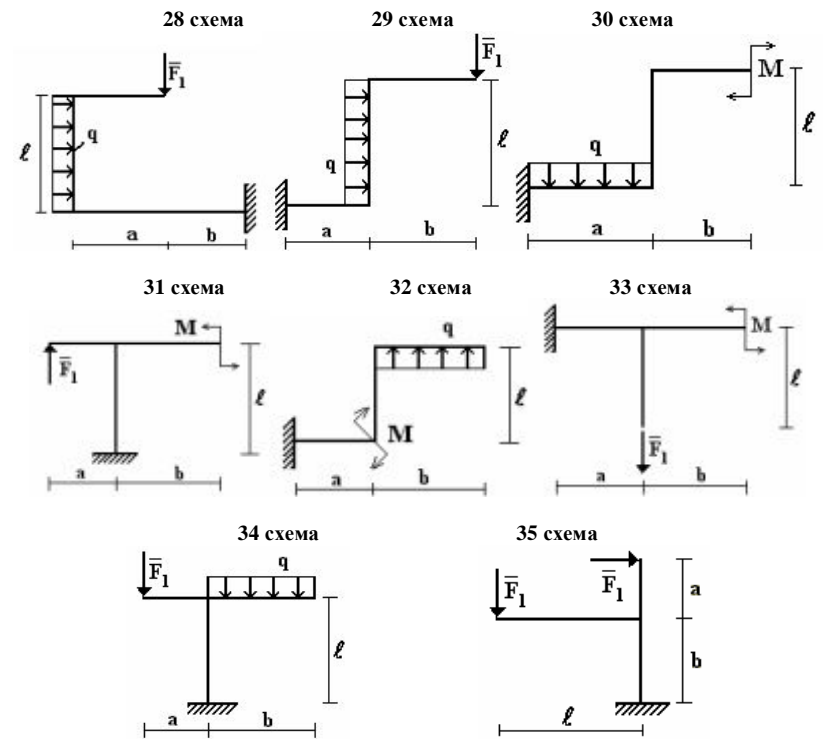
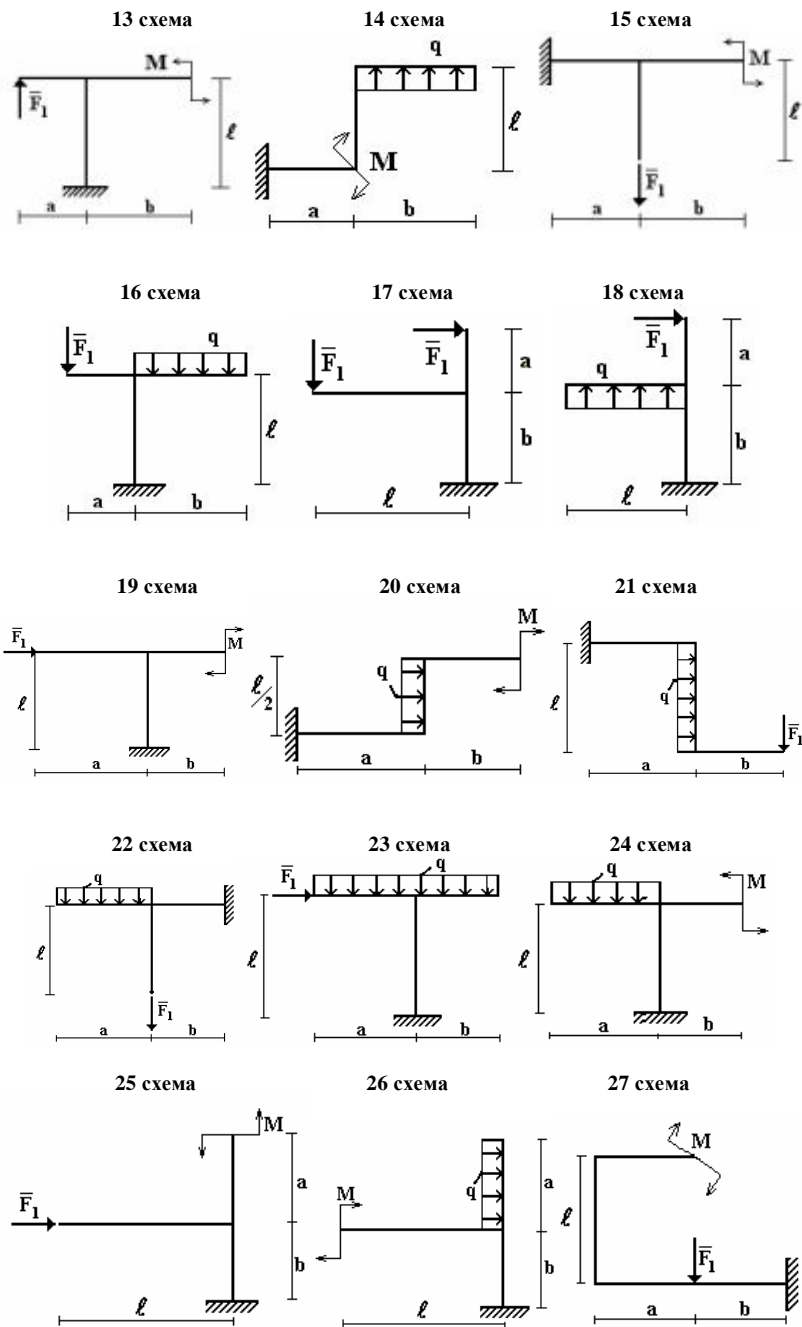


Рис.1.5

**Задача 1.6. РАСЧЕТ ПЛОСКИХ ДВУХОПОРНЫХ ШАРНИРНЫХ РАМ**

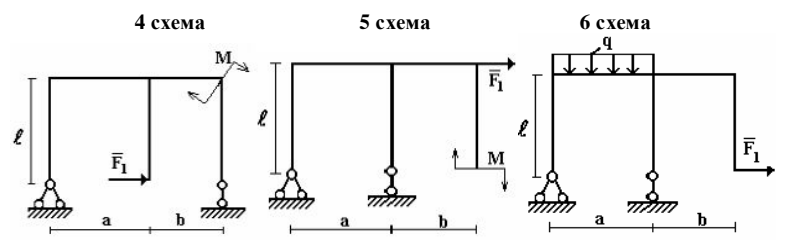
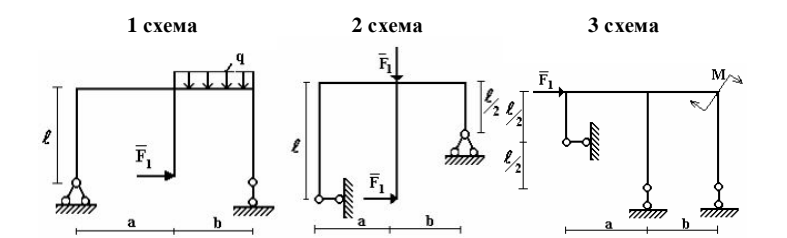
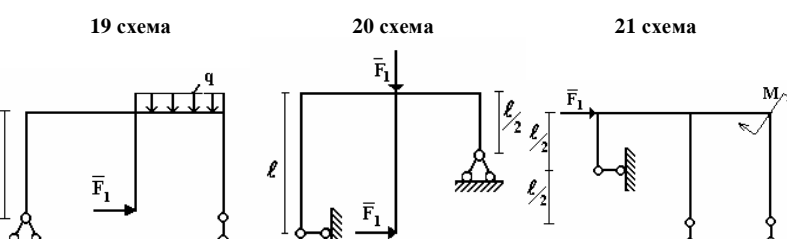
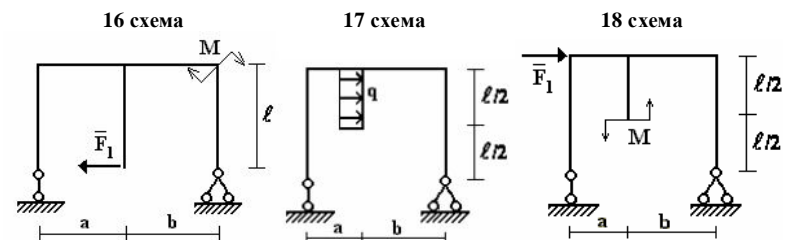
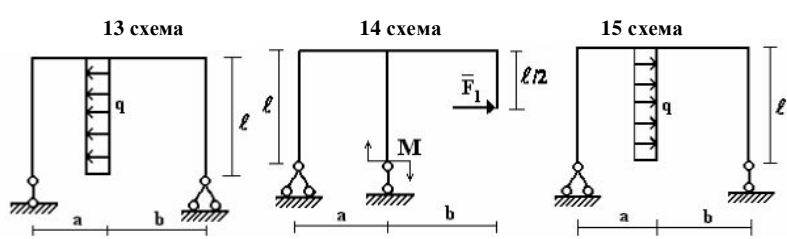
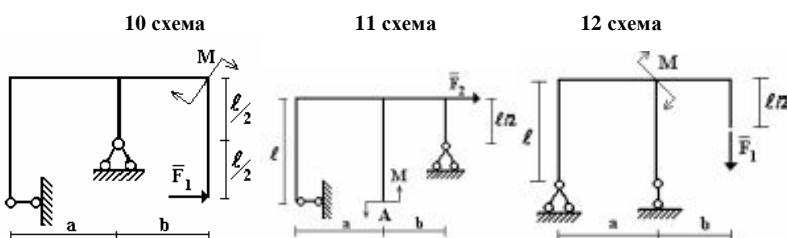
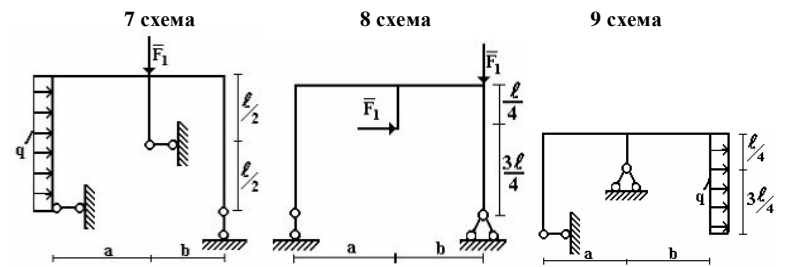
Для рамы (рис.1.6), соответствующей варианту задания, с размерами и нагрузкой, выбранными по шифру из табл.1.6, требуется:

- 1) определить опорные реакции, используя уравнения равновесия;
- 2) определить участки, отличающиеся характером нагружения и отметить характерные точки приложения опорных реакций, сосредоточенных сил и моментов, точки перегиба рамы, начало и конец действия распределенной нагрузки;
- 3) на каждом участке найти значения изгибающего момента  $M$ , поперечной силы  $Q$  и продольной силы  $N$ ;
- 4) построить эпюры  $M$ ,  $Q$  и  $N$ ;
- 5) выполнить статическую проверку.

Таблица 1.6

Номер строки	Номер варианта по рис.1.6	$F_1$ , кН	$a$ , м	$b$ , м	$l$ , м	$M$ , кНм	$q$ , кН/м
01	1	12	1	2	2	24	5
02	2	10	2	2	3	16	4
03	3	12	3	2	4	12	6
04	4	6	2	3	2	18	2
05	5	8	1	3	5	20	4
06	6	10	3	1	6	12	2
07	7	6	2	2	3	12	3

Номер строки	Номер варианта по рис.1.6	$F_1$ , кН	a, м	b, м	l, м	M, кНм	q, кН/м
08	8	8	1	2	2	12	6
09	9	6	2	1	4	16	5
10	10	12	1	3	3	10	6
11	11	11	1	2	5	12	6
12	12	12	3	3	1	18	2
13	13	10	2	3	2	20	4
14	14	12	1	1	4	12	2
15	15	6	2	2	5	12	3
16	16	8	1	2	3	12	6
17	17	10	2	1	2	18	5
18	18	6	3	2	5	20	6
19	19	8	2	2	3	12	2
20	20	6	1	3	2	12	4
21	21	12	3	3	1	12	2
22	22	12	2	1	3	16	3
23	23	13	1	2	4	10	6
24	24	14	1	2	5	12	5
25	25	12	3	1	3	18	6
26	26	10	2	3	2	20	6
27	27	12	1	2	1	12	2
28	28	6	2	3	3	24	4
29	29	8	1	3	5	16	2
30	30	10	2	1	4	12	3
31	31	6	3	2	2	18	6
32	32	8	2	2	1	20	5
33	33	6	1	1	3	12	6
34	34	12	3	3	6	12	2
35	35	11	2	2	4	16	4
36	36	12	3	3	2	12	2
	г	б	в	а	а	б	г



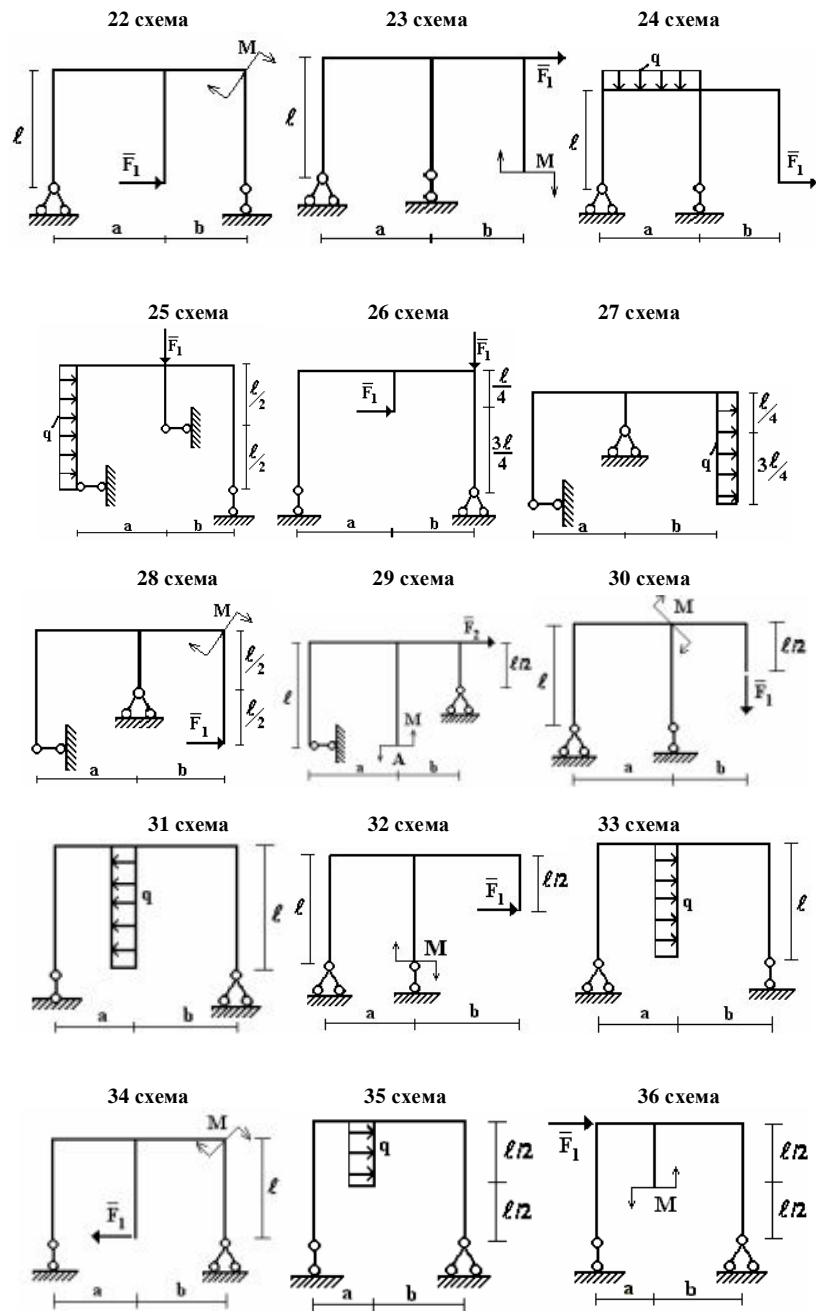


Рис.1.6

### Задача 1.7. РАСЧЕТ ПЛОСКИХ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ РАМ

На рис.1.7 изображена нагруженная в своей плоскости рама, вертикальные элементы которой имеют моменты инерции  $j$ , а горизонтальные элементы  $k \cdot j$ . Требуется:

- 1) установить степень статической неопределенности и выбрать основную систему;
- 2) написать канонические уравнения;
- 3) построить эпюру  $M$  от единичных сил и от заданной нагрузки;
- 4) найти коэффициент канонических уравнений;
- 5) найти величины «лишних» неизвестных  $X$ ;
- 6) выполнить деформационную проверку правильности определения неизвестных;
- 7) построить окончательные эпюры внутренних силовых факторов  $N$ ,  $Q$ ,  $M$ .

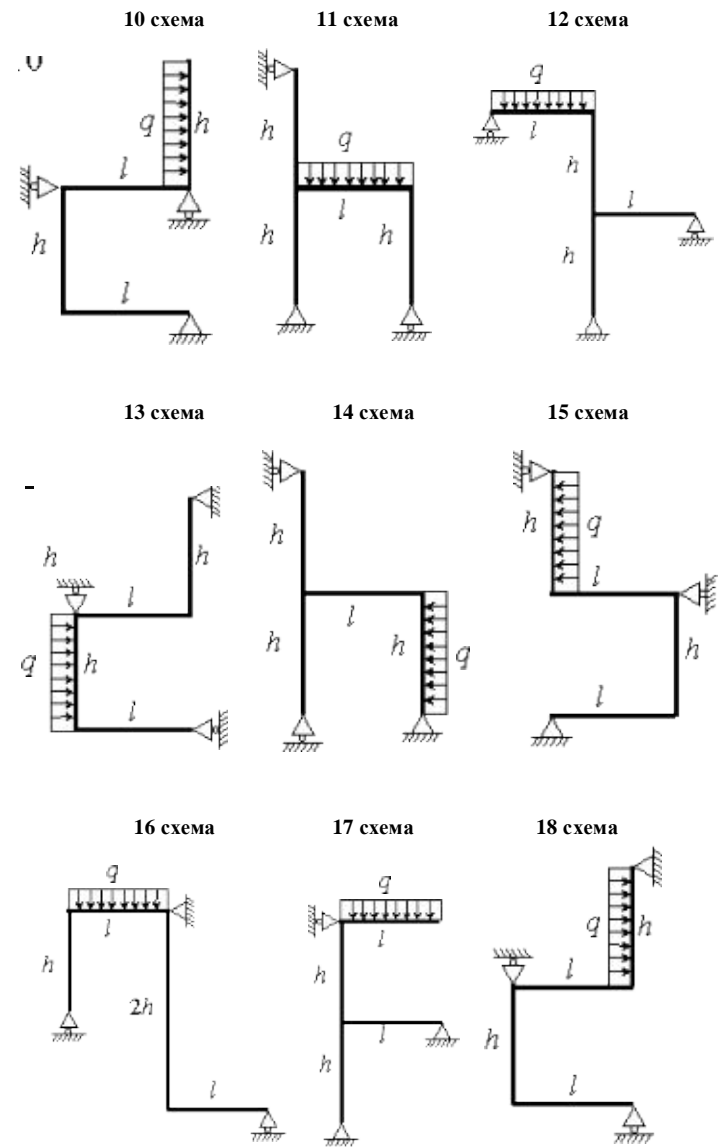
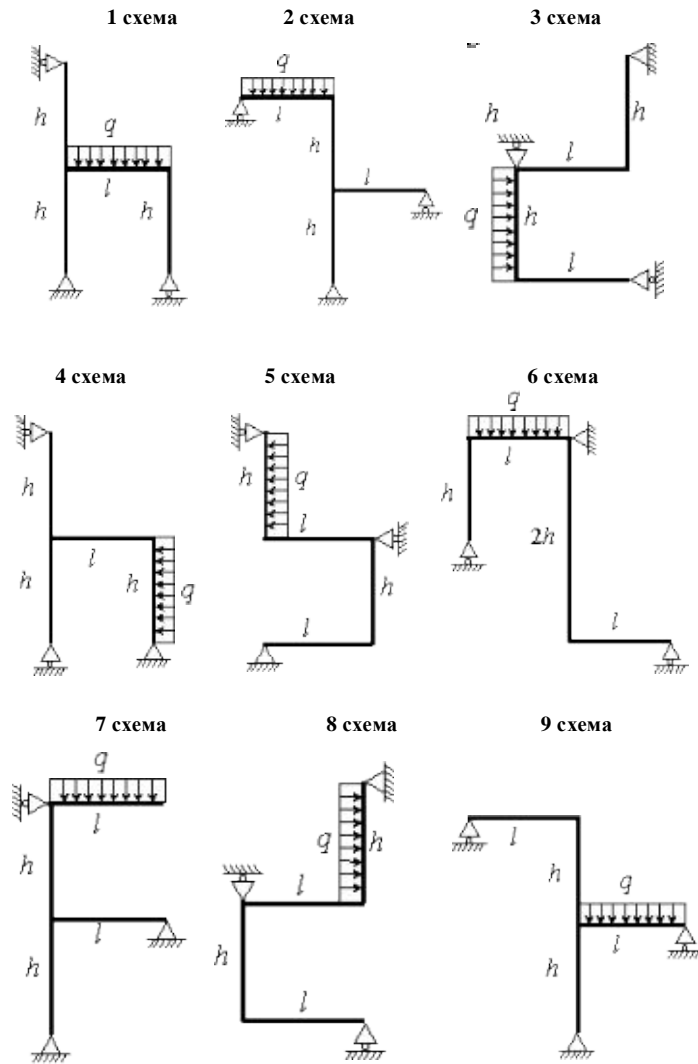
**Указание.** При выполнении деформационной проверки следует установить, равняется ли нулю перемещение одной из опорных точек. Для этого необходимо выбрать новую основную систему, приложить в направлении отброшенной связи единичную силу, построить эпюру моментов. Перемножив эпюру моментов от внешней нагрузки и от найденной неизвестной силы  $X$  на эпюру моментов от единичной нагрузки, определить перемещение опорной точки. При правильно решенной задаче в результате перемножения должен получиться ноль.

Данные взять из табл. 1.7.

Таблица 1.7

Номер строки	Номер варианта по рис.1.7	l, м	h, м	k	q, кН/м
01	1	11	2	1,1	15
02	2	12	3	1,2	20
03	3	3	4	1,3	30
04	4	4	5	1,4	4
05	5	5	6	1,5	5
06	6	6	2	1,6	6
07	7	7	3	1,7	7
08	8	8	4	1,8	8
09	9	9	5	1,9	9
10	10	10	6	2,0	10
11	11	5	5	1,4	30
12	12	6	6	1,5	4
13	13	7	2	1,6	5
14	14	8	3	1,7	6
15	15	9	4	1,8	7
16	16	11	5	1,1	8
17	17	12	4	1,2	30
18	18	3	5	1,3	4
19	19	4	6	1,4	5
20	20	5	2	1,5	6
21	21	6	3	1,6	7
22	22	7	4	1,7	8
23	23	8	5	1,8	9
24	24	9	6	1,9	10
25	25	10	5	2,0	30
26	26	5	6	1,4	4
27	27	6	2	1,5	5
28	28	7	3	1,6	6
29	29	8	4	1,7	7
30	30	9	5	1,8	15
31	31	5	2	1,5	20

Номер строки	Номер варианта по рис.1.7	l, м	h, м	k	q, кН/м
32	32	6	3	1,6	30
33	33	7	4	1,7	4
34	34	8	5	1,8	5
35	35	9	6	1,1	6
36	36	10	3	1,2	7
	б	а	г	в	а



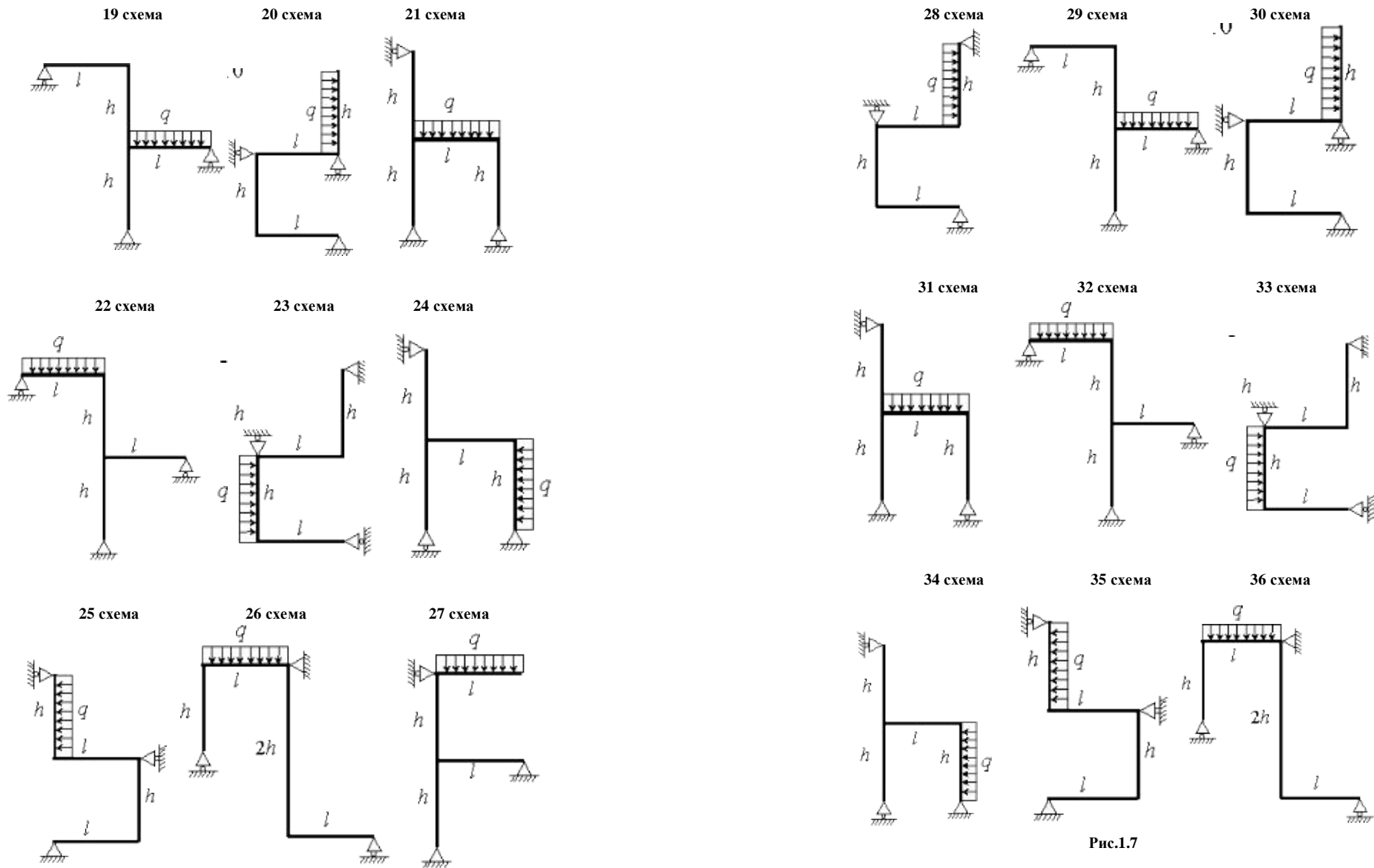


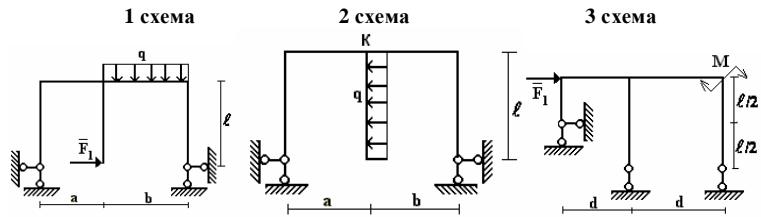
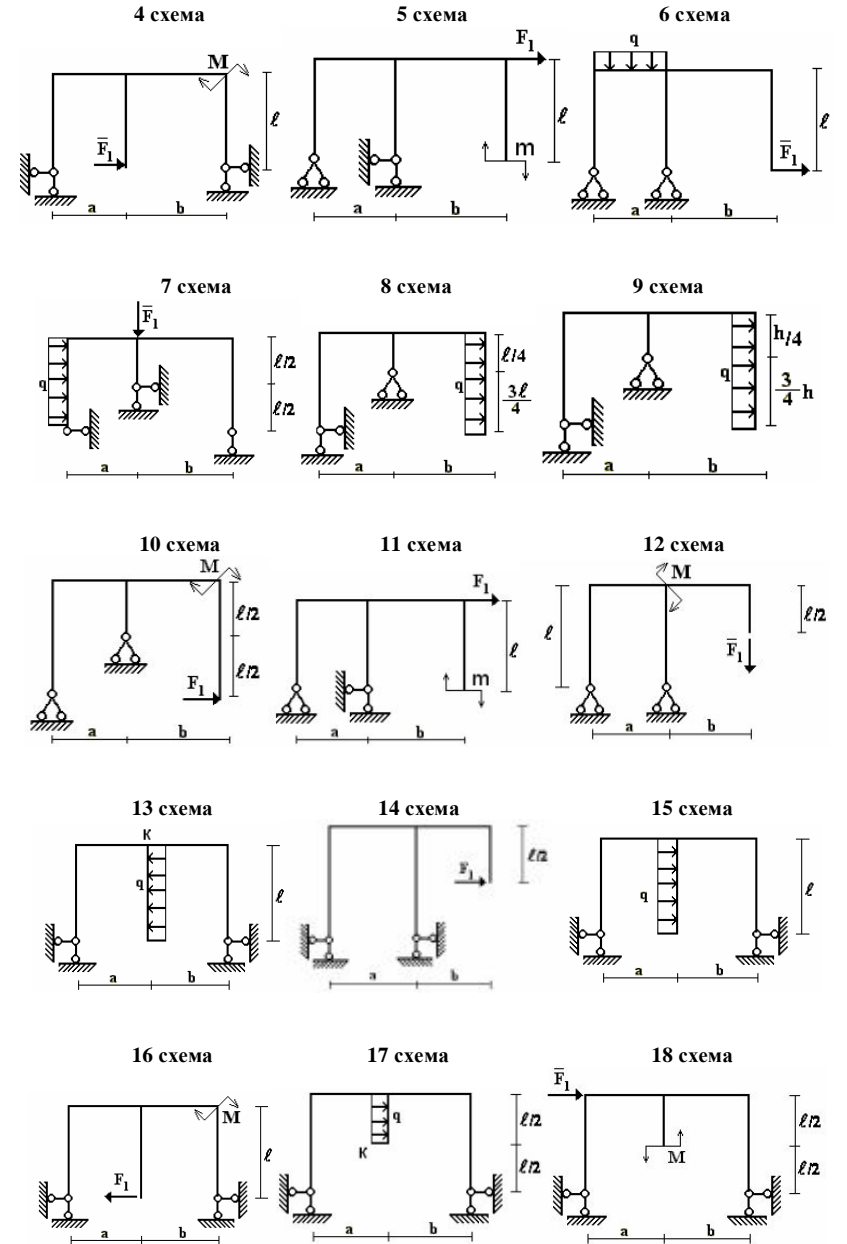
Рис.1.7

**Задача 1.8. РАСЧЕТ ПЛОСКИХ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ РАМ ОТ ПОСТОЯННОЙ НАГРУЗКИ**

Для рамы (рис.1.8), соответствующей варианту задания, с размерами и нагрузкой, выбранными по шифру из табл.1.8, требуется методом сил построить эпюры  $M$ ,  $Q$  и  $N$ .

Таблица 1.8

Номер строки	Номер варианта по рис. 1.8	$F_1$ , кН	a, м	b, м	l, м	M, кНм	q, кН/м
01	1	12	1	2	2	24	5
02	2	10	2	2	3	16	4
03	3	12	3	2	4	12	6
04	4	6	2	3	2	18	2
05	5	8	1	3	5	20	4
06	6	10	3	1	6	12	2
07	7	6	2	2	3	12	3
08	8	8	1	2	2	12	6
09	9	6	2	1	4	16	5
10	10	12	1	3	3	10	6
11	11	11	1	2	5	12	6
12	12	12	3	3	1	18	2
13	13	10	2	3	2	20	4
14	14	12	1	1	4	12	2
15	15	6	2	2	5	12	3
16	16	8	1	2	3	12	6
17	17	10	2	1	2	18	5
18	18	6	3	2	5	20	6
19	19	8	2	2	3	12	2
20	20	6	1	3	2	12	4
21	21	12	3	3	1	12	2
22	22	12	2	1	3	16	3
23	23	13	1	2	4	10	6
24	24	14	1	2	5	12	5
25	25	12	3	1	3	18	6
26	26	10	2	3	2	20	6
27	27	12	1	2	1	12	2
28	28	6	2	3	3	24	4
29	29	8	1	3	5	16	2
30	30	10	2	1	4	12	3
31	31	6	3	2	2	18	6
32	32	8	2	2	1	20	5
33	33	6	1	1	3	12	6
34	34	12	3	3	6	12	2
35	35	11	2	2	4	16	4
36	36	8	1	2	3	20	3
	Г	в	а	в	а	б	а



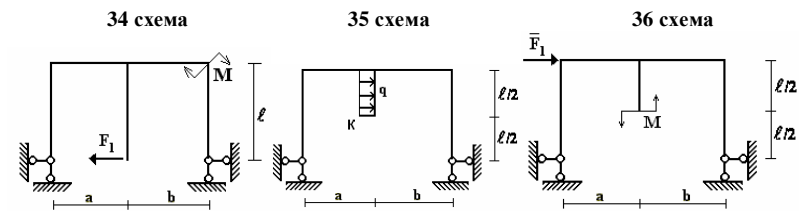
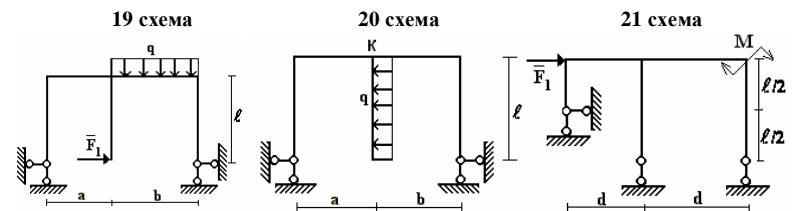


Рис.1.8

**Задача 1.9. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК**

Для балки (рис.1.9), соответствующей варианту задания, с размерами и нагрузкой, выбранными по шифру из табл.1.9, требуется методом сил построить эпюры  $M$  и  $Q$ .

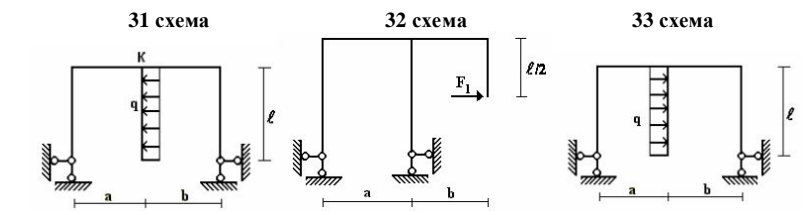
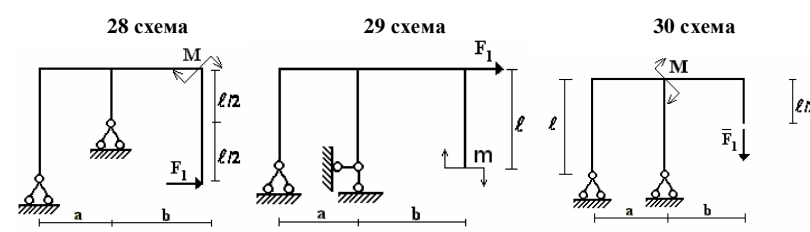
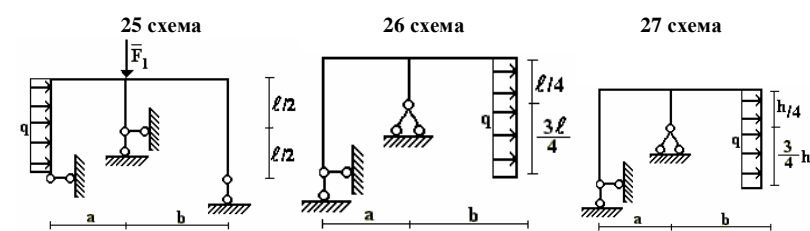
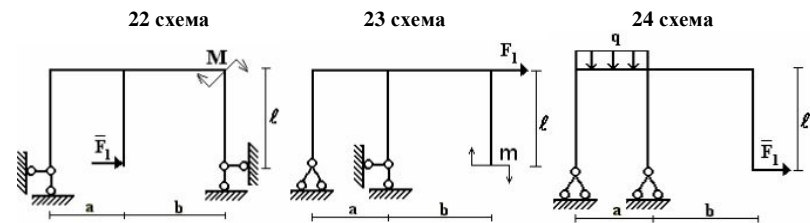
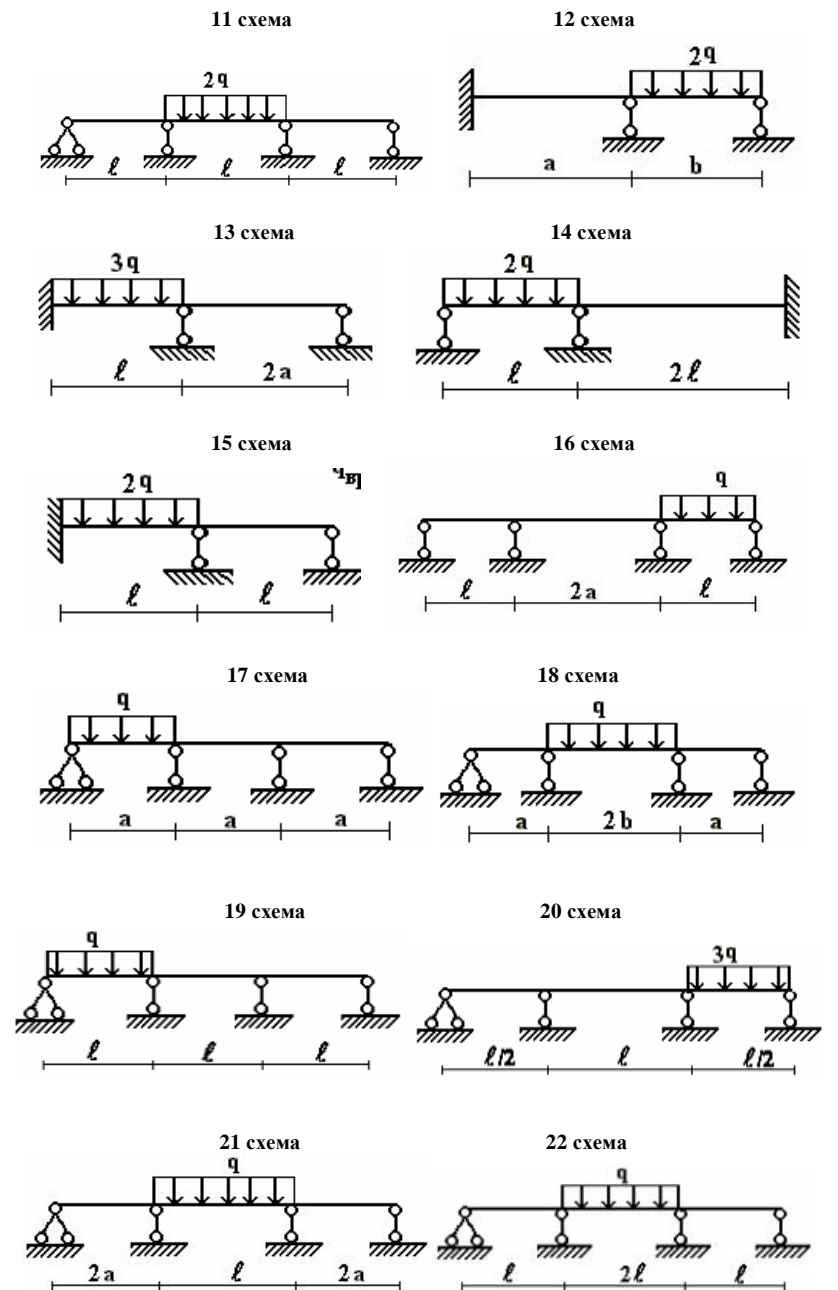
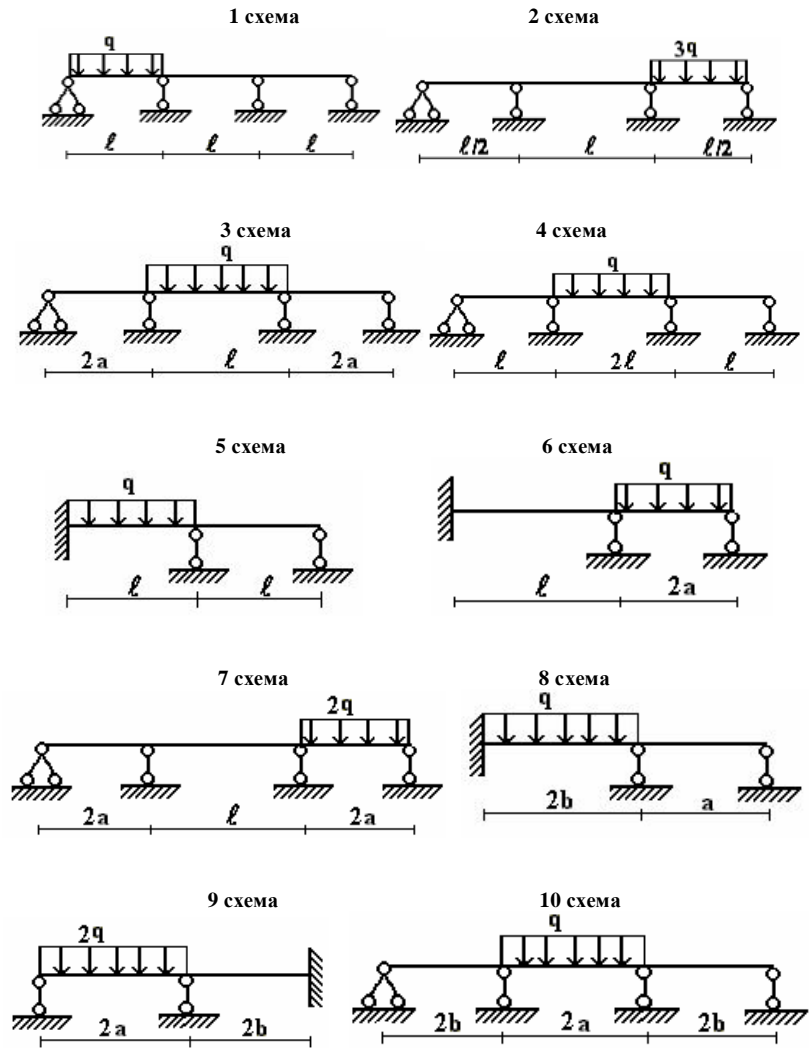


Таблица 1.9

Номер строки	Номер варианта по рис.1.9	q, кН/м	a, м	b, м	l, м
01	1	5	1	2	2
02	2	4	2	2	3
03	3	6	3	2	4
04	4	2	2	3	2
05	5	4	1	3	5
06	6	2	3	1	6
07	7	3	2	2	3
08	8	6	1	2	2
09	9	5	2	1	4
10	10	6	1	3	3
11	11	6	1	2	5
12	12	2	3	3	1
13	13	4	2	3	2
14	14	2	1	1	4
15	15	3	2	2	5
16	16	6	1	2	3
17	17	5	2	1	2
18	18	6	3	2	5
19	19	2	2	2	3
20	20	4	1	3	2
21	21	2	3	3	1
22	22	3	2	1	3
23	23	6	1	2	4
24	24	5	1	2	5
25	25	6	3	1	3
26	26	6	2	3	2
27	27	2	1	2	1
28	28	4	2	3	3
29	29	2	1	3	5
30	30	3	2	1	4
31	31	6	3	2	2
32	32	5	2	2	1
33	33	6	1	1	3



Номер строки	Номер варианта по рис.1.9	q, кН/м	a, м	b, м	l, м
34	34	2	3	3	6
35	35	4	2	2	4
36	36	3	1	2	3
	б	г	в	а	г



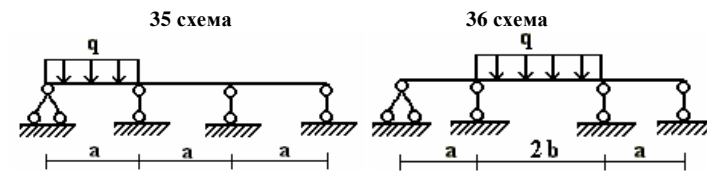
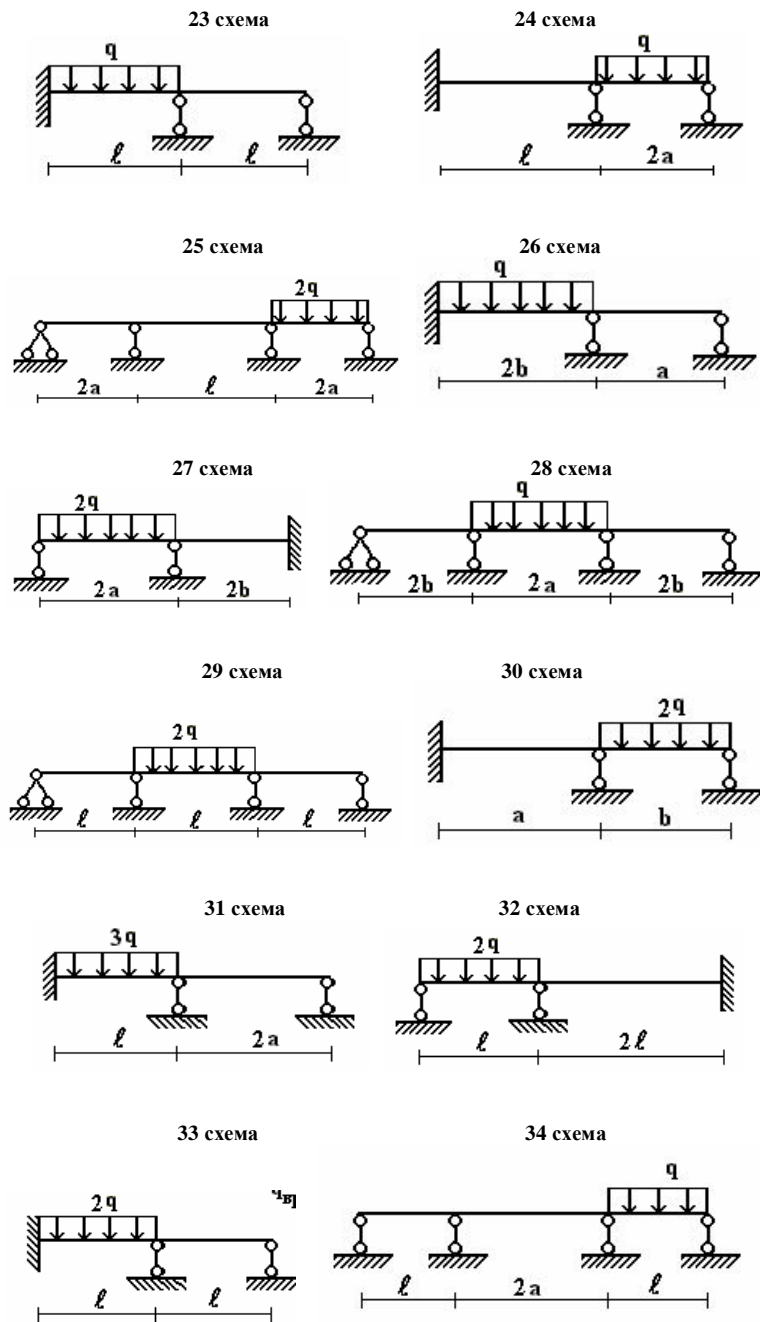


Рис.1.9

**Задача 1.10. РАСЧЕТ БАЛОЧНЫХ ФЕРМ С ПОСТРОЕНИЕМ ЛИНИЙ ВЛИЯНИЯ**

Для одной из балочных ферм, изображенных на рис. 1.10.1 – 1.10.25 требуется:

- 1) определить аналитически усилия в отмеченных стержнях от неподвижной нагрузки в виде сосредоточенных сил  $F$ , приложенных в каждом узле прямолинейного пояса фермы;
- 2) построить линии влияния усилий для отмеченных стержней при «езде» по прямолинейному поясу фермы;
- 3) вычислить по линиям влияния усилия в отмеченных стержнях от сил  $F$  и результаты сравнить со значениями усилий, полученными аналитически.

Исходные данные для расчета принять из табл.1.10.

Таблица 1.10

Номер строки	Схемы балок рис. 1.10.1–1.10.25	h, м	l, м	F, кН
01	1.10.1	2	2	5
02	1.10.2	1,5	1	7
03	1.10.3	0,75	1,5	9
04	1.10.4	1,75	1,5	10
05	1.10.5	2	1	8
06	1.10.6	3	2	6
07	1.10.7	3	2,5	4
08	1.10.8	0,75	1	6
09	1.10.9	1,5	1,5	7
10	1.10.10	2	2	9
11	1.10.11	1	2,5	5
12	1.10.12	2	2	4
13	1.10.13	1,5	1	6
14	1.10.14	1,75	1,5	5
15	1.10.15	1	2	10
16	1.10.16	2	2,5	8
17	1.10.17	2,5	1	5
18	1.10.18	1	1,5	5
19	1.10.19	1,5	2	8
20	1.10.20	0,75	1	9
21	1.10.21	1	2,5	9
22	1.10.22	2	2	10
23	1.10.23	1	1	5
24	1.10.24	0,75	2	6
25	1.10.25	1	1	7
26	1.10.1	0,75	1	6
27	1.10.2	1,5	1,5	7
28	1.10.3	2	2	9
29	1.10.4	1	2,5	5
30	1.10.5	2	2	4

Номер строки	Схемы балок рис. 1.10.1–1.10.25	h, м	l, м	F, кН
31	1.10.6	1,5	1	6
32	1.10.7	1,75	1,5	5
33	1.10.8	1	2	10
34	1.10.9	2	2,5	8
35	1.10.10	2,5	1	5
	в	а	б	г

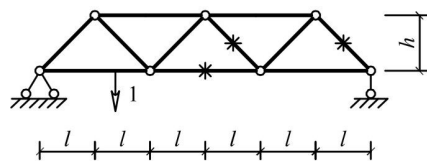


Рис.1.10.1

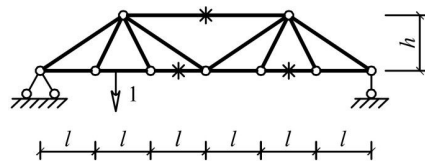


Рис.1.10.2

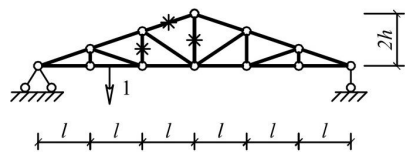


Рис.1.10.3

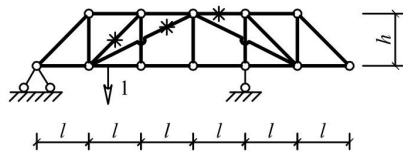


Рис.1.10.4

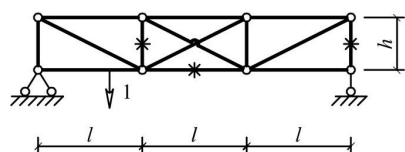


Рис.1.10.5

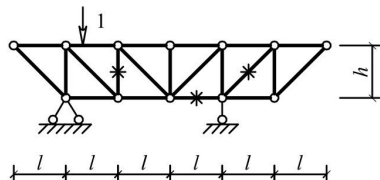


Рис.1.10.6

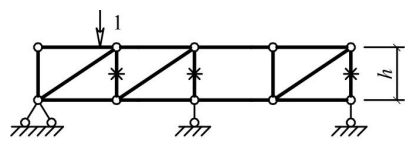


Рис.1.10.7

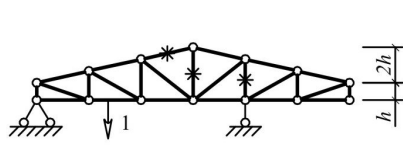


Рис.1.10.8

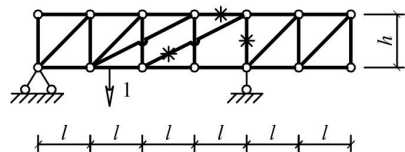


Рис.1.10.9

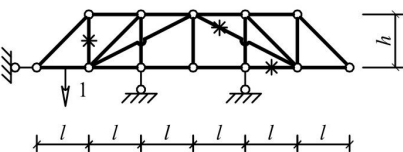


Рис.1.10.10

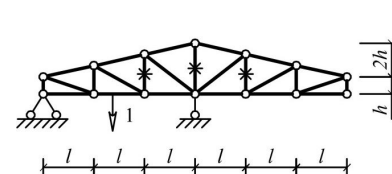


Рис.1.10.11

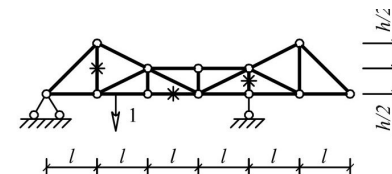


Рис.1.10.12

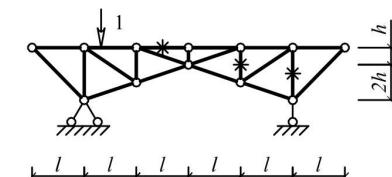


Рис.1.10.13

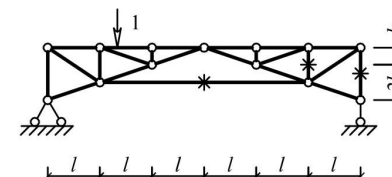


Рис.1.10.14

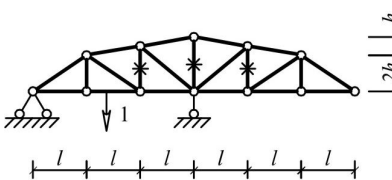


Рис.1.10.15

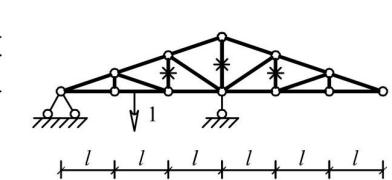


Рис.1.10.16

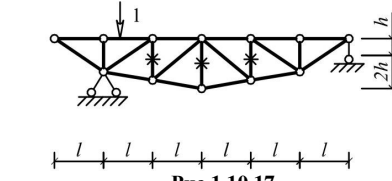


Рис.1.10.17

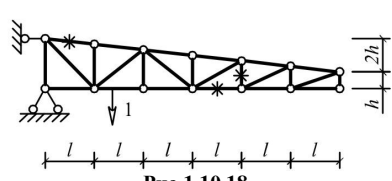


Рис.1.10.18

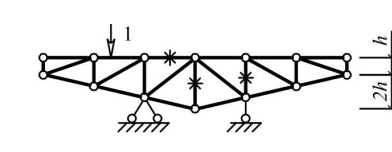


Рис.1.10.19

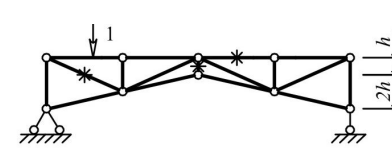


Рис.1.10.20

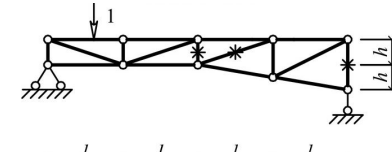


Рис.1.10.21

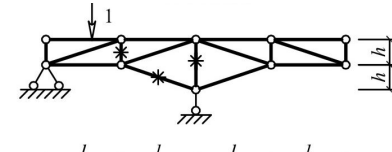


Рис.1.10.22

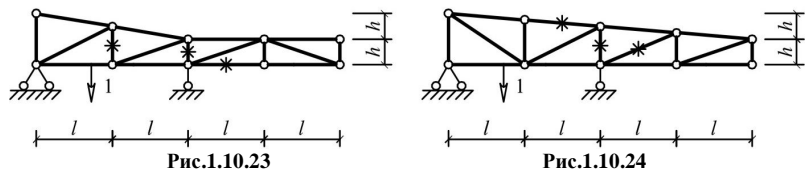


Рис.1.10.23

Рис.1.10.24

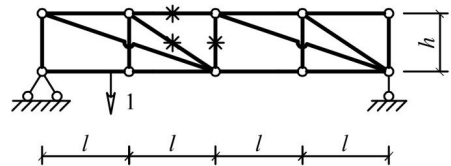


Рис.1.10.25

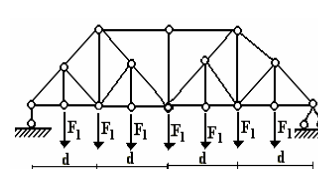
**Задача 1.11. РАСЧЕТ ПЛОСКИХ ФЕРМ**

При заданной неподвижной нагрузке определить внутренние усилия в стержнях указанной в табл. 1.11 панели фермы.

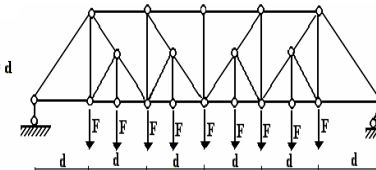
Данные взять из табл.1.11

Номер строки	Номер варианта по рис.1.11	№ панели фермы	$F_1$ , кН	$F$ , кН	$d$ , м
28	28	3	6	8	3
29	29	3	8	6	5
30	30	1	10	8	4
31	31	2	6	16	2
32	32	2	8	5	1
33	33	1	6	10	3
34	34	3	12	6	6
35	35	2	11	8	4
36	36	3	12	6	2
	г	б	а	г	в

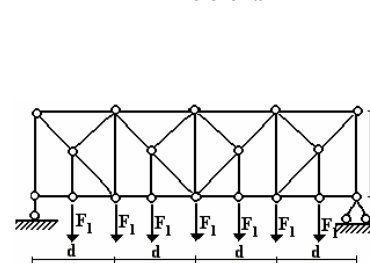
1 схема



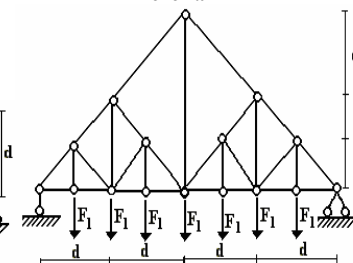
2 схема



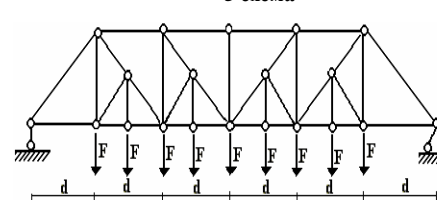
3 схема



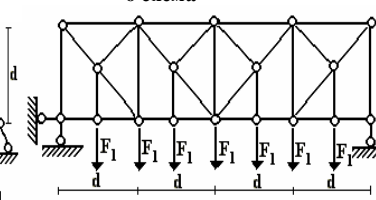
4 схема



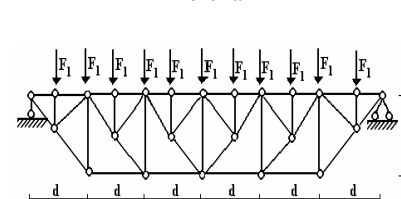
5 схема



6 схема



7 схема



8 схема

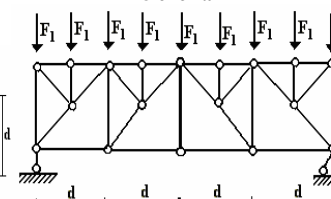
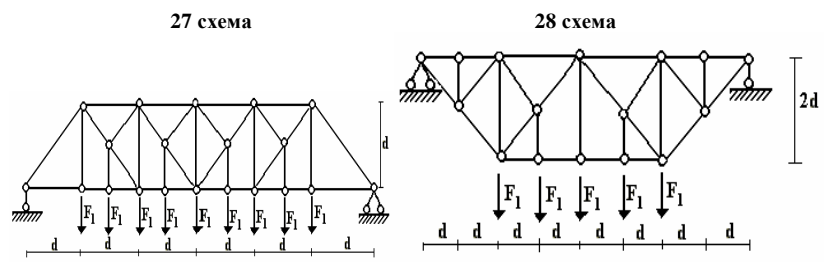
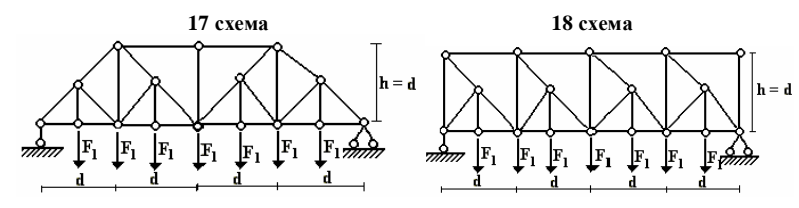
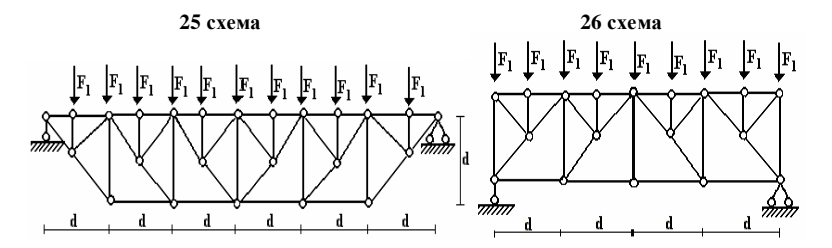
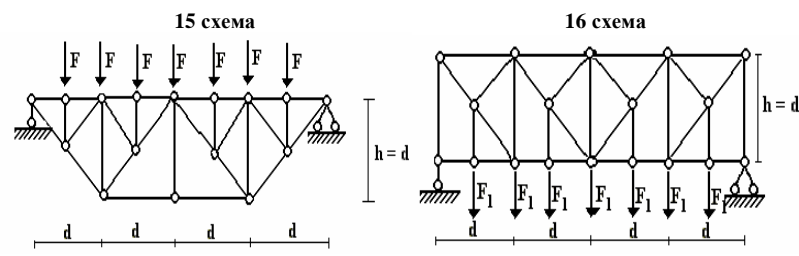
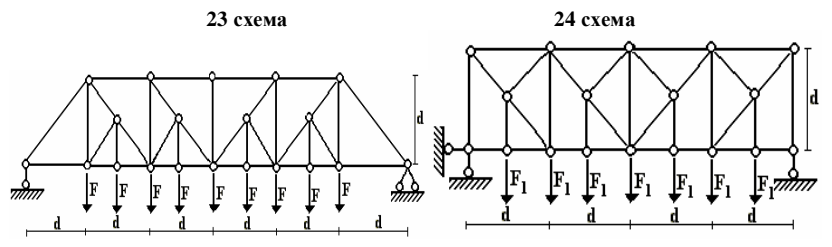
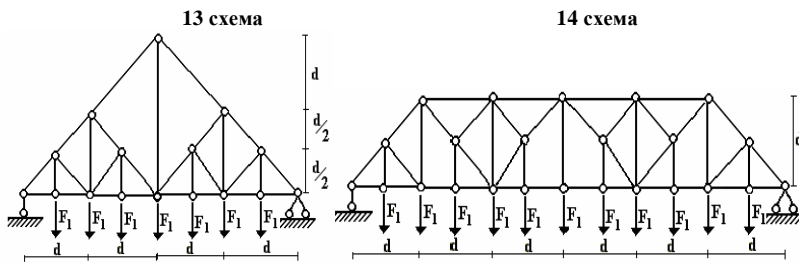
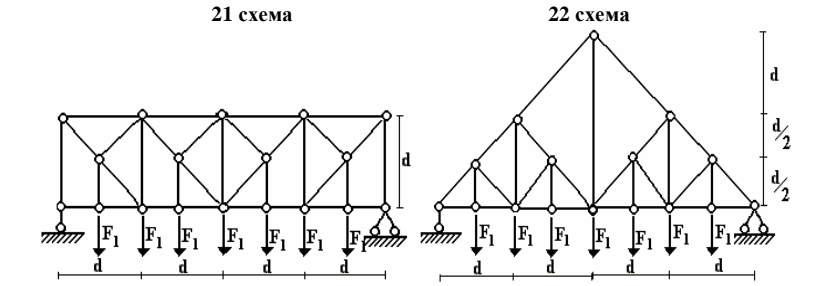
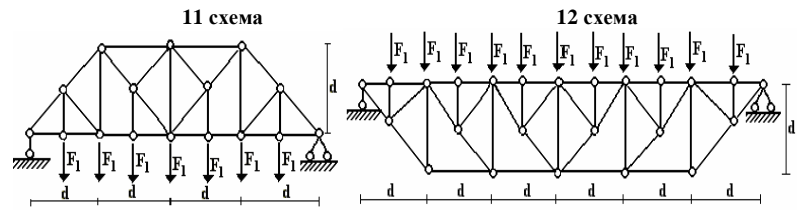
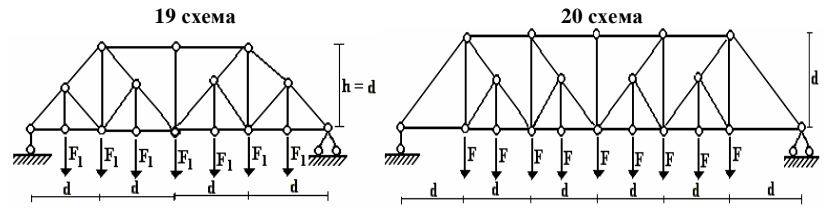
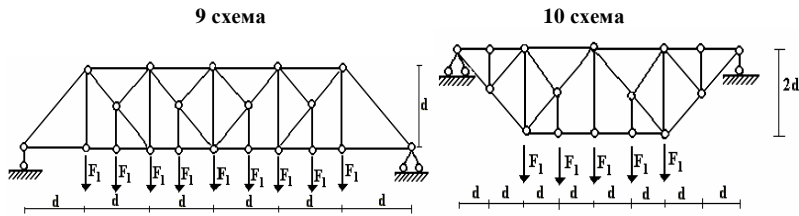


Таблица 1.11

Номер строки	Номер варианта по рис.1.11	№ панели фермы	$F_1$ , кН	$F$ , кН	$d$ , м
01	1	2	12	8	2
02	2	2	10	16	3
03	3	2	12	4	4
04	4	3	6	10	2
05	5	3	8	4	5
06	6	1	10	4	6
07	7	2	6	3	3
08	8	2	8	10	2
09	9	1	6	8	4
10	10	3	12	6	3
11	11	2	11	8	5
12	12	3	12	16	1
13	13	3	10	4	2
14	14	1	12	10	4
15	15	2	6	4	5
16	16	2	8	4	3
17	17	1	10	3	2
18	18	2	6	10	5
19	19	2	8	8	3
20	20	3	6	8	2
21	21	3	12	16	1
22	22	1	12	4	3
23	23	2	13	10	4
24	24	2	14	4	5
25	25	1	12	4	3
26	26	3	10	3	2
27	27	2	12	10	1



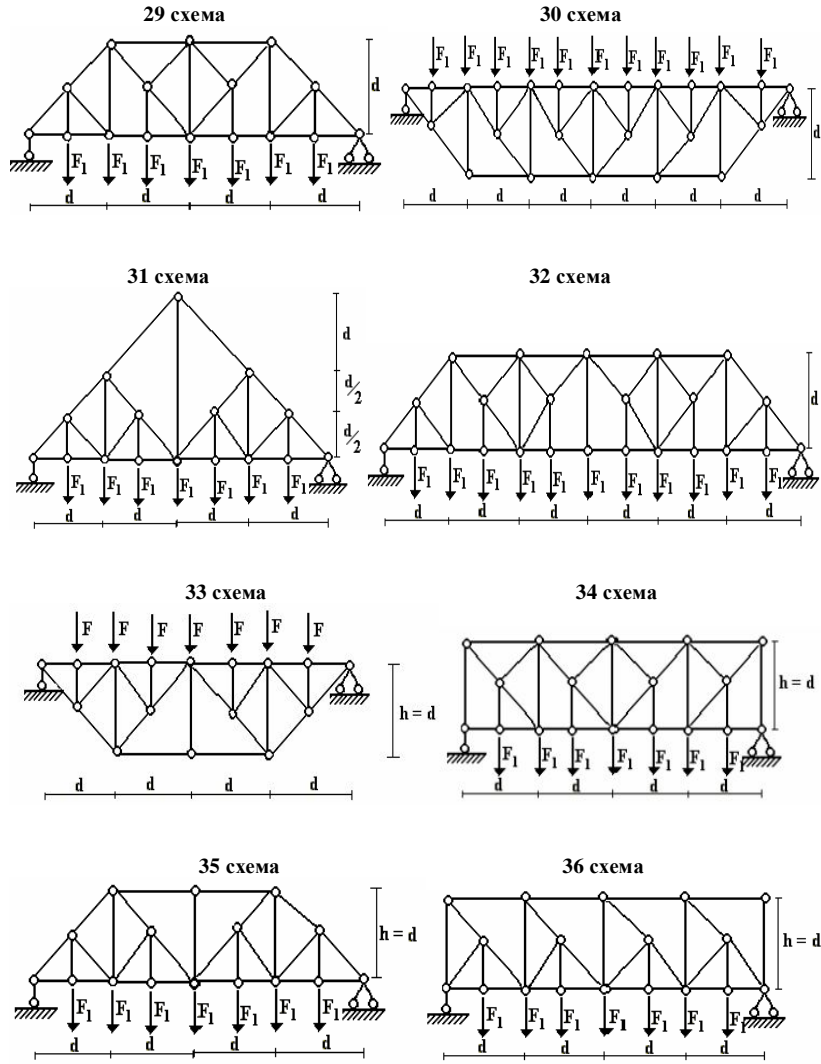


Рис.1.11

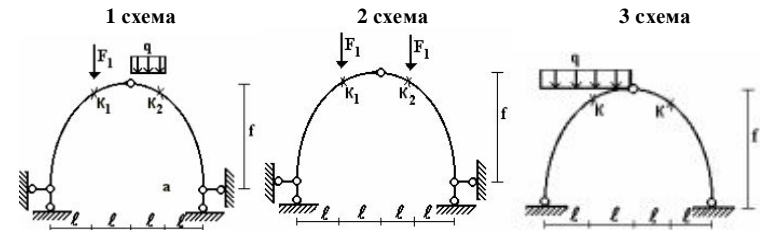
**Задача 1.12. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ ТРЕХШАРНИРНЫХ АРОК**

Определить внутренние усилия в сечениях  $k_1$  и  $k_2$  трехшарнирной арки (уравнение – оси парабола)

$$y = \frac{4fx(\ell - x)}{\ell^2}; \quad \frac{f}{\ell} = 0,35$$

Данные взять из табл.1.12.

Номер строки	Номер варианта по рис.1.12	$F_1$ , кН	$q$ , кН/м	$l$ , м
01	1	12	5	2
02	2	10	4	3
03	3	12	6	4
04	4	6	2	2
05	5	8	4	5
06	6	10	2	6
07	7	6	3	3
08	8	8	6	2
09	9	6	5	4
10	10	12	6	3
11	11	11	6	5
12	12	12	2	1
13	13	10	4	2
14	14	12	2	4
15	15	6	3	5
16	16	8	6	3
17	17	10	5	2
18	18	6	6	5
19	19	8	2	3
20	20	6	4	2
21	21	12	2	1
22	22	12	3	3
23	23	13	6	4
24	24	14	5	5
25	25	12	6	3
26	26	10	6	2
27	27	12	2	1
28	28	6	4	3
29	29	8	2	5
30	30	10	3	4
31	31	6	6	2
32	32	8	5	1
33	33	6	6	3
34	34	12	2	6
35	35	11	4	4
36	36	12	2	2
	a	б	г	в





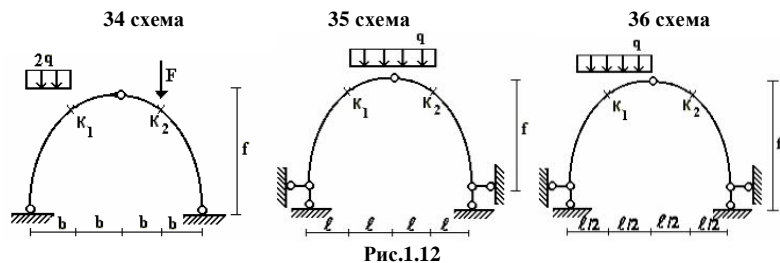


Рис.1.12

## 2. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМАХ

### Задача 2.1. РАСЧЕТ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОТ НАГРУЗКИ

Для одной из рам, изображенных на рис. 2.1.1 – 2.1.25, требуется определить линейное перемещение сечения  $m$  и угол поворота сечения  $n$ . Расчет перемещений выполнить с учетом податливости сжато-растянутых стержней и упругих связей (пружин). Для расчета принять:

- 1) жесткость изгибаемых стержней  $EI$  постоянной по длине и одинаковой для всех элементов рамы;
- 2) жесткость сжато-растянутых стержней  $EA = EI/l^2$ ;
- 3) податливость пружин  $f^3/EI$ .

Исходные данные для расчета принять из табл.2.1.

Номер строки	Схемы балок рис. 2.1.1–2.1.25	h, м	l, м	q, кН/м
01	2.1.1	4	3,5	2
02	2.1.2	3	2,5	3
03	2.1.3	1	1,5	4
04	2.1.4	1,5	1	1
05	2.1.5	2,5	2	8
06	2.1.6	3,5	3	3,5
07	2.1.7	2	4	7
08	2.1.8	2	3	2,5
09	2.1.9	3	2,5	1,5
10	2.1.10	4	1	3
11	2.1.11	1,5	4	4
12	2.1.12	2,5	3	1,5
13	2.1.13	3	2	2,5
14	2.1.14	2	3,5	2
15	2.1.15	4	3	3
16	2.1.16	1	4	4
17	2.1.17	3	3	1
18	2.1.18	2	1	2,5
19	2.1.19	1	2	1,5
20	2.1.20	2	1,5	3
21	2.1.21	4	3	3,5
22	2.1.22	3	2	2
23	2.1.23	2	4	3
24	2.1.24	1	2	1
25	2.1.25	1,5	1	1,5

Таблица 2.1

Номер строки	Схемы балок рис. 2.1.1–2.1.25	h, м	l, м	q, кН/м
26	2.1.26	1	3,5	2
27	2.1.1	3	2	2,5
28	2.1.2	2	3,5	2
29	2.1.3	4	3	3
30	2.1.4	1	4	4
31	2.1.5	3	3	1
32	2.1.6	2	1	2,5
33	2.1.7	1	2	1,5
34	2.1.8	2	1,5	3
35	2.1.9	4	3	3,5
	а	г	в	б

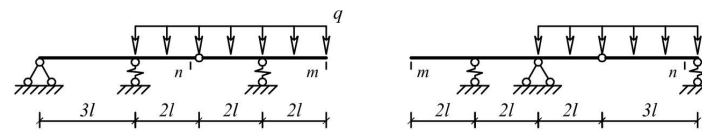


Рис. 2.1.1

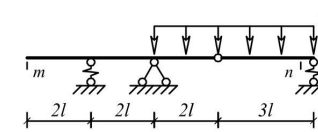


Рис. 2.1.2

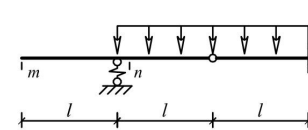


Рис. 2.1.3

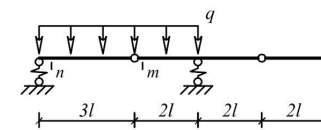


Рис. 2.1.4

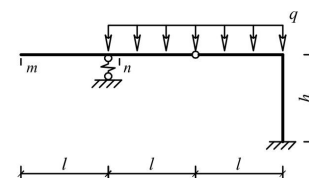


Рис. 2.1.5

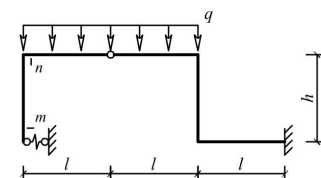


Рис. 2.1.6

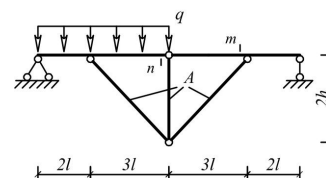


Рис. 2.1.7

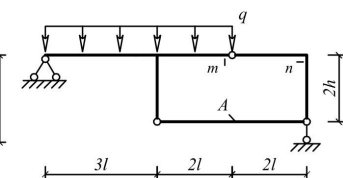


Рис. 2.1.8

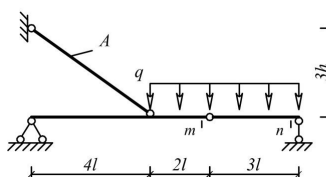


Рис. 2.1.9

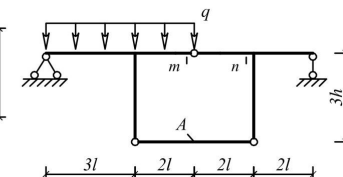


Рис. 2.1.10



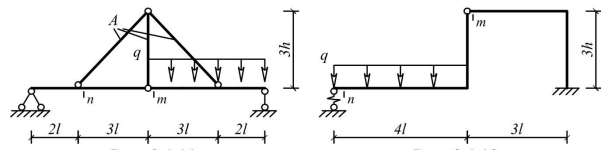


Рис. 2.1.11

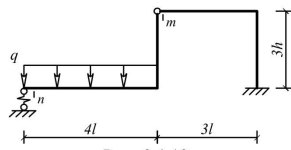


Рис. 2.1.12

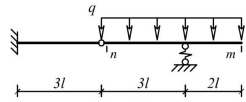


Рис. 2.1.13

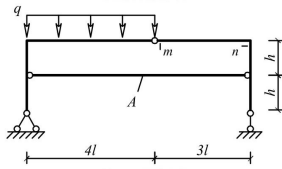


Рис. 2.1.14

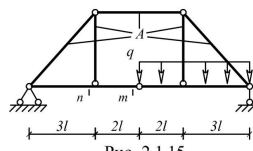


Рис. 2.1.15

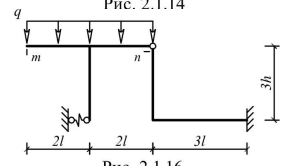


Рис. 2.1.16

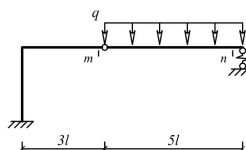


Рис. 2.1.17

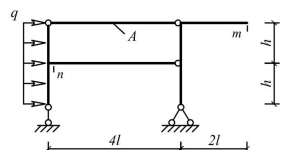


Рис. 2.1.18

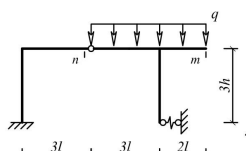


Рис. 2.1.19

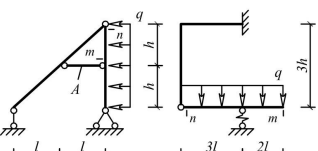


Рис. 2.1.20

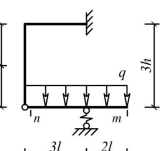


Рис. 2.1.21

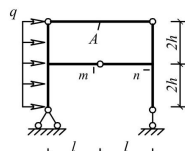


Рис. 2.1.22

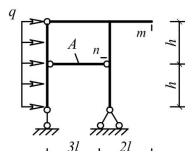


Рис. 2.1.23

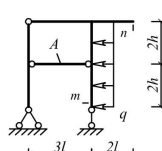


Рис. 2.1.24

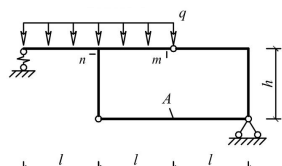


Рис. 2.1.25

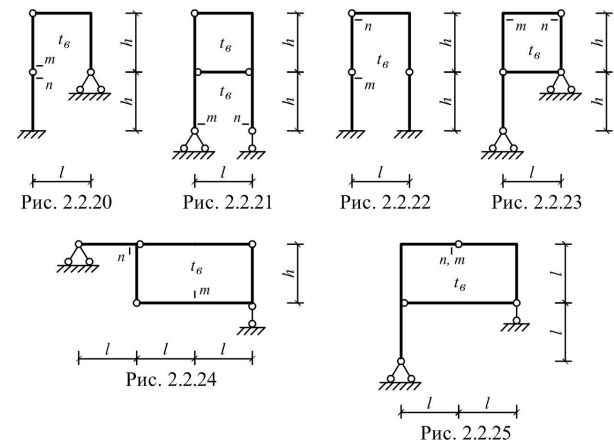
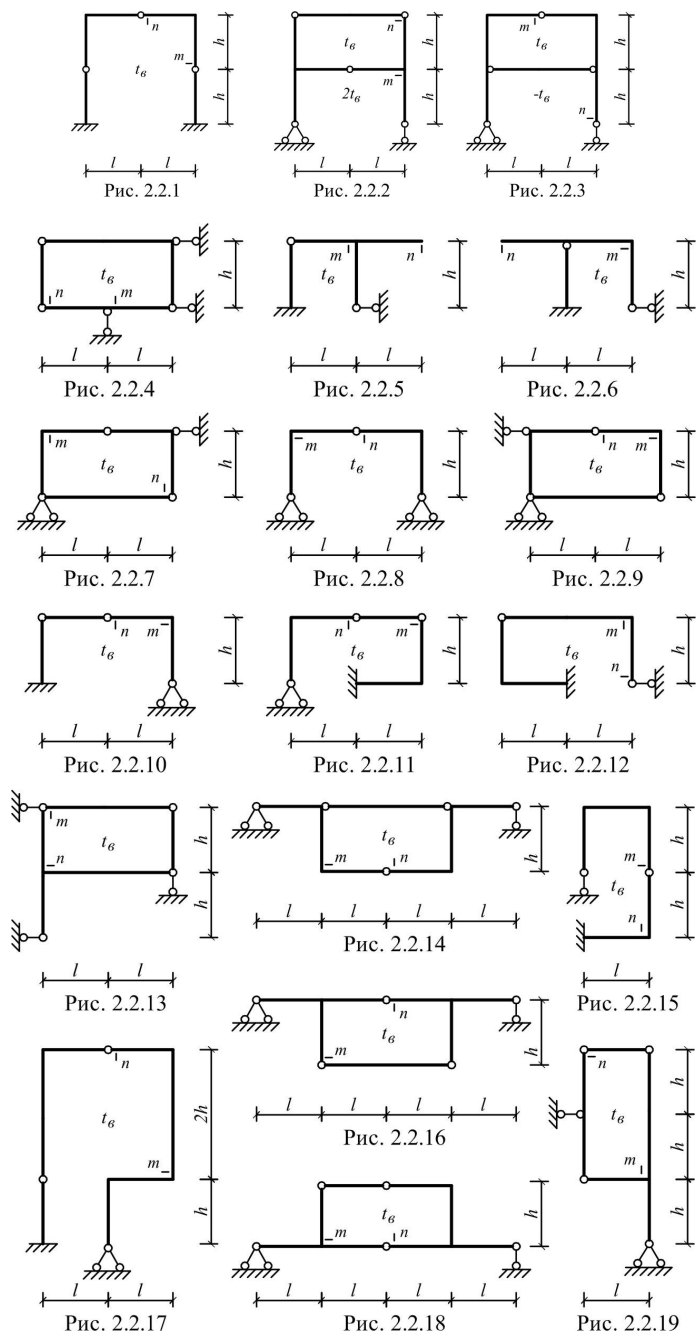
### Задача 2.2. РАСЧЕТ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Для одной из рам, изображенных на рис. 2.2.1 – 2.2.25, требуется определить линейное перемещение сечения  $m$  и угол поворота сечения  $n$ . При расчете перемещений принять:

- 1) высоту поперечного сечения всех стержней  $h_c=0,1l$ ;
  - 2) положение центра тяжести поперечного сечения посередине его высоты;
  - 3) коэффициент линейного расширения одинаковым для всех элементов системы и равным  $\alpha = 10^{-5}$  1/град;
  - 4) параметр температуры  $t = 10^\circ\text{C}$  (на схемах рам температура снаружи  $t_n$  не показана).
- Исходные данные принять из табл. 2.2.

Таблица 2.2

Номер строки	Схемы балок рис. 2.2.1–2.2.25	$l$ , м	$h$ , м	Температура снаружи, $t_n$	Температура внутри, $t_b$
01	2.2.1	2	2,5	$t$	$-2t$
02	2.2.2	3	4	$-t$	$-3t$
03	2.2.3	4	3	$2t$	$4t$
04	2.2.4	2	3	$-2t$	$4t$
05	2.2.5	2	4	$4t$	$-4t$
06	2.2.6	4	2,5	$3t$	$-t$
07	2.2.7	3	4	$-3t$	$t$
08	2.2.8	2	3	$-2t$	$2t$
09	2.2.9	1	2,5	$t$	$3t$
10	2.2.10	2	1,5	$-t$	$-3t$
11	2.2.11	4	3	$2t$	$2t$
12	2.2.12	3	4	$3t$	$-2t$
13	2.2.13	2	2,5	$-3t$	$t$
14	2.2.14	1	2	$t$	$-t$
15	2.2.15	3	3	$-2t$	$2t$
16	2.2.16	4	4	$-t$	$-4t$
17	2.2.17	3	2,5	$3t$	$-t$
18	2.2.18	1	4	$4t$	$2t$
19	2.2.19	2	3	$-t$	$4t$
20	2.2.20	2	4	$-2t$	$3t$
21	2.2.21	3	2,5	$3t$	$-t$
22	2.2.22	2	3,5	$2t$	$3t$
23	2.2.23	4	3	$3t$	$2t$
24	2.2.24	2	3,5	$-t$	$4t$
25	2.2.25	1	2,5	$2t$	$-2t$
26	2.2.1	2	2,5	$-3t$	$t$
27	2.2.2	1	2	$t$	$-t$
28	2.2.3	3	3	$-2t$	$2t$
29	2.2.4	4	4	$-t$	$-4t$
30	2.2.5	3	2,5	$3t$	$-t$
31	2.2.6	1	4	$4t$	$2t$
32	2.2.7	2	3	$-t$	$4t$
33	2.2.8	2	4	$-2t$	$3t$
34	2.2.9	3	2,5	$3t$	$-t$
35	2.2.10	2	3,5	$2t$	$3t$
	<b>в</b>	<b>г</b>	<b>б</b>	<b>а</b>	<b>в</b>



**Задача 2.3. РАСЧЕТ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОТ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Для одной из рам, изображенных на рис. 2.3.1 – 2.3.26 требуется:

- 1) определить линейное и угловое перемещение сечения  $n$  и взаимный угол поворота сечений  $m$  и  $k$ ;
- 2) изобразить изменение геометрии рамы от кинематического воздействия

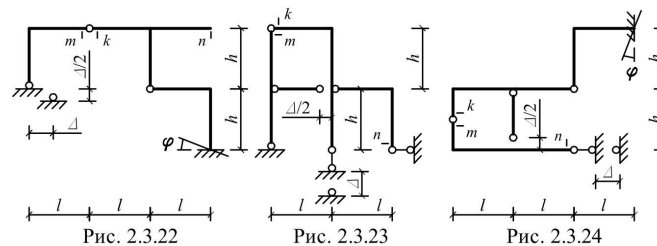
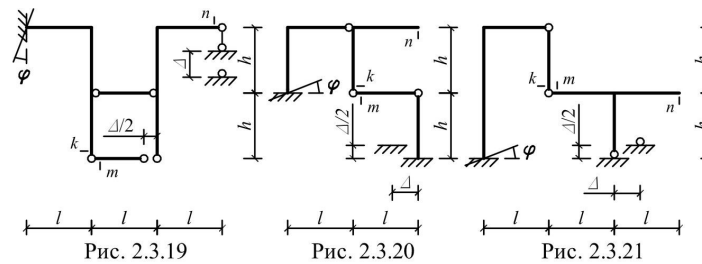
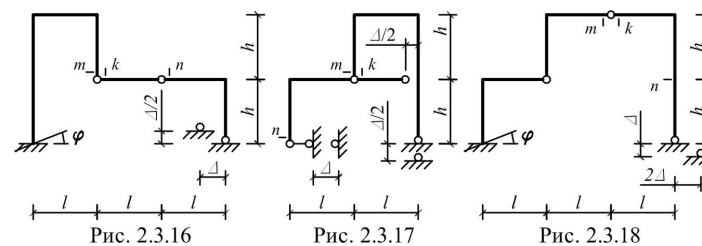
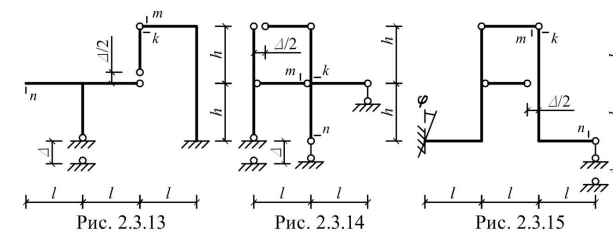
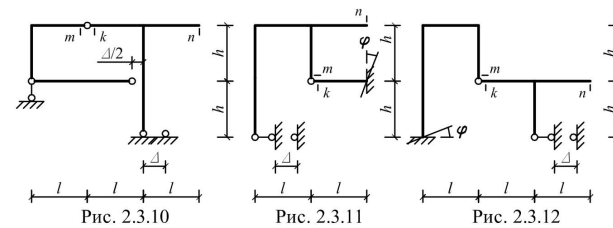
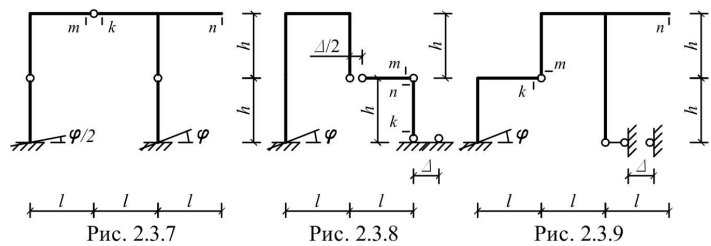
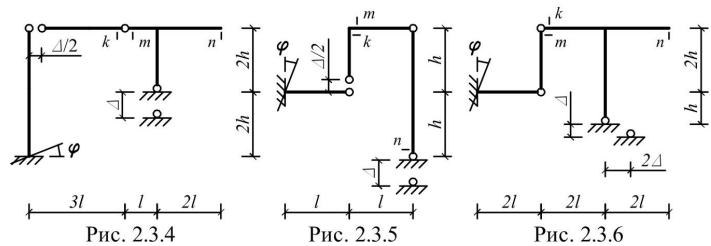
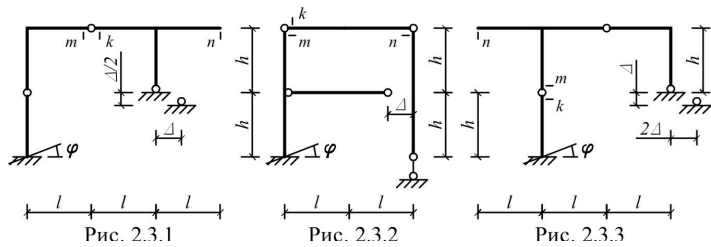
При расчете перемещений принять:  $\Delta = 10^{-2}l$ ,  $\varphi = \Delta/l$ .

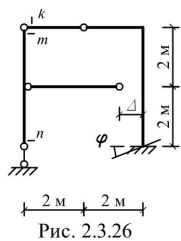
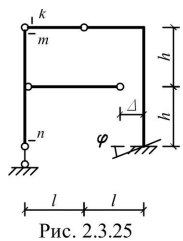
Исходные данные принять из табл. 2.3.

Таблица 2.3

Номер строки	Схемы балок рис. 2.3.1–2.3.26	h, м	l, м
01	2.3.1	2.5	1.5
02	2.3.2	4	2
03	2.3.3	3	2.5
04	2.3.4	2	3
05	2.3.5	3	3.25
06	2.3.6	4	2.75
07	2.3.7	2	1.75
08	2.3.8	2.5	1.5
09	2.3.9	3	2
10	2.3.10	2	2.5
11	2.3.11	4	3.25
12	2.3.12	2	2.75
13	2.3.13	3.5	1.75
14	2.3.14	3	3
15	2.3.15	2.5	2
16	2.3.16	2	1.5
17	2.3.17	3.5	2
18	2.3.18	2	2.5
19	2.3.19	3	2.75
20	2.3.20	3.5	3
21	2.3.21	2	3
22	2.3.22	3	2.5

Номер строки	Схемы балок рис. 2.3.1–2.3.26	h, м	l, м
23	2.3.23	4	3
24	2.3.24	2	2
25	2.3.25	3	1.75
26	2.3.26	4	2
27	2.3.1	2	2.75
28	2.3.2	3.5	1.75
29	2.3.3	3	3
30	2.3.4	2.5	2
31	2.3.5	2	1.5
32	2.3.6	3.5	2
33	2.3.7	2	2.5
34	2.3.8	3	2.75
35	2.3.9	3.5	3
	Г	В	Б





Номер строки	Номер варианта по рис.2.4	F, кН	h, м	l, м	Сечение
29	29	25	3	3	b
30	30	30	4	2	c
31	31	35	5	5	b
32	32	40	3	3	c
33	33	45	4	1	b
34	34	45	5	3	c
35	35	50	1	2	b
36	36	55	2	3	c
	a	б	а	г	в

#### Задача 2.4. РАСЧЕТ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОТ НАГРУЗКИ В ПЛОСКИХ РАМАХ

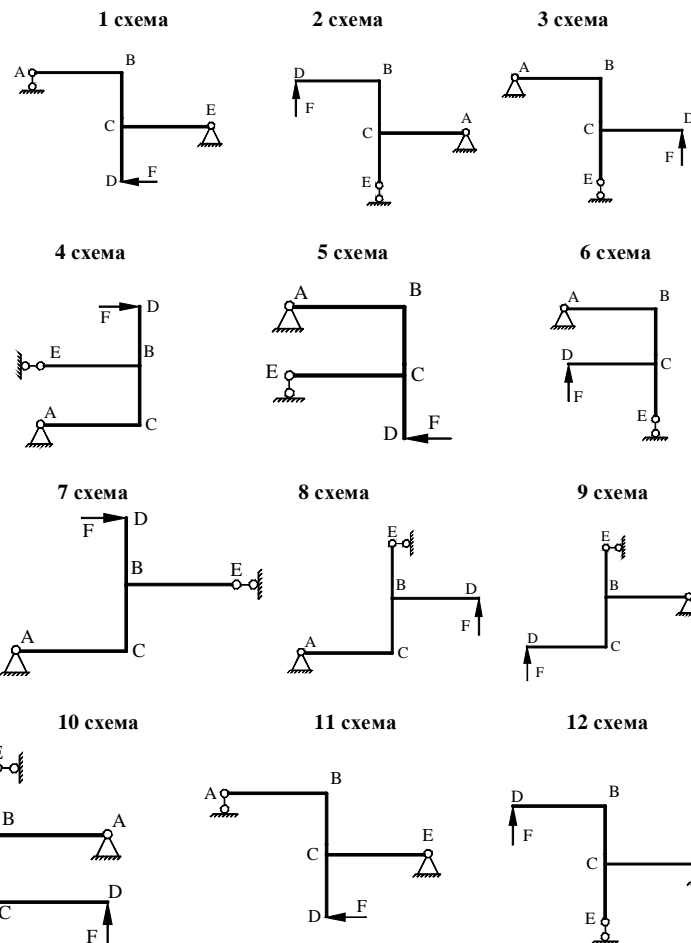
Для рамы (рис.2.4), соответствующей варианту задания, с размерами и нагрузкой, выбранными по шифру из табл.2.4, требуется:

- 1) определить опорные реакции, используя уравнения равновесия;
- 2) Построить эпюры внутренних силовых факторов M, Q и N;
- 3) Определить горизонтальное и вертикальное перемещение заданного сечения;
- 4) Определить угол поворота заданного сечения.

Числовые данные взять из табл.2.4. Жесткость сечения вертикальных и горизонтальных сечений рамы принять равной EI. Длина каждого из горизонтальных участков l, длина каждого из вертикальных участков h.

Таблица 2.4

Номер строки	Номер варианта по рис.2.4	F, кН	h, м	l, м	Сечение
01	1	20	1	2	b
02	2	25	2	1	c
03	3	30	3	4	b
04	4	35	4	3	c
05	5	40	5	2	b
06	6	45	1	5	c
07	7	50	2	3	b
08	8	55	3	4	c
09	9	60	4	5	b
10	10	65	5	1	c
11	11	25	3	4	b
12	12	30	4	3	c
13	13	35	5	2	b
14	14	40	1	5	c
15	15	45	2	3	b
16	16	50	3	4	c
17	17	55	2	1	b
18	18	60	3	2	c
19	19	20	2	1	b
20	20	25	1	4	c
21	21	30	3	3	b
22	22	35	2	2	c
23	23	40	2	5	b
24	24	45	3	3	c
25	25	50	4	4	b
26	26	55	5	5	c
27	27	60	1	1	b
28	28	65	2	4	c



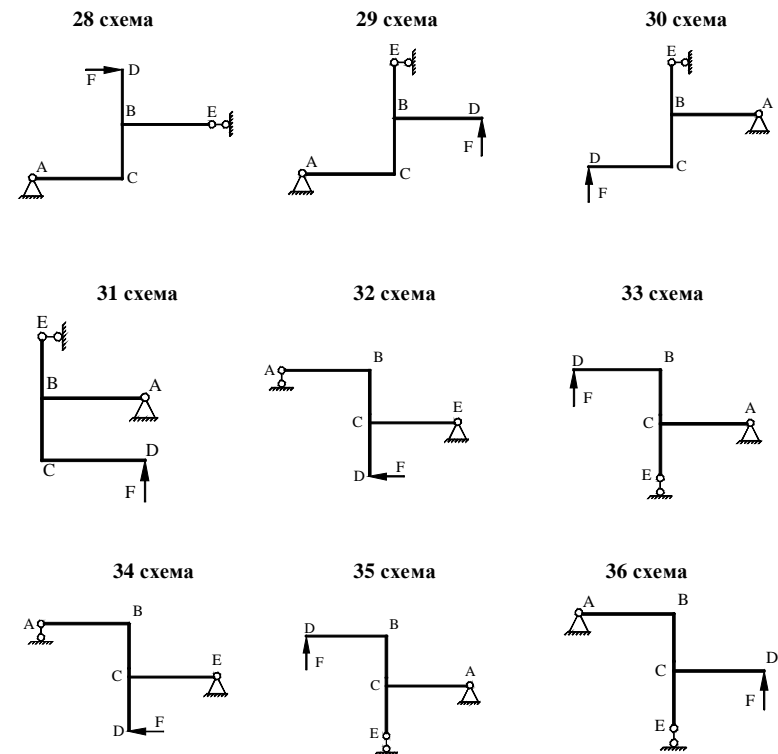
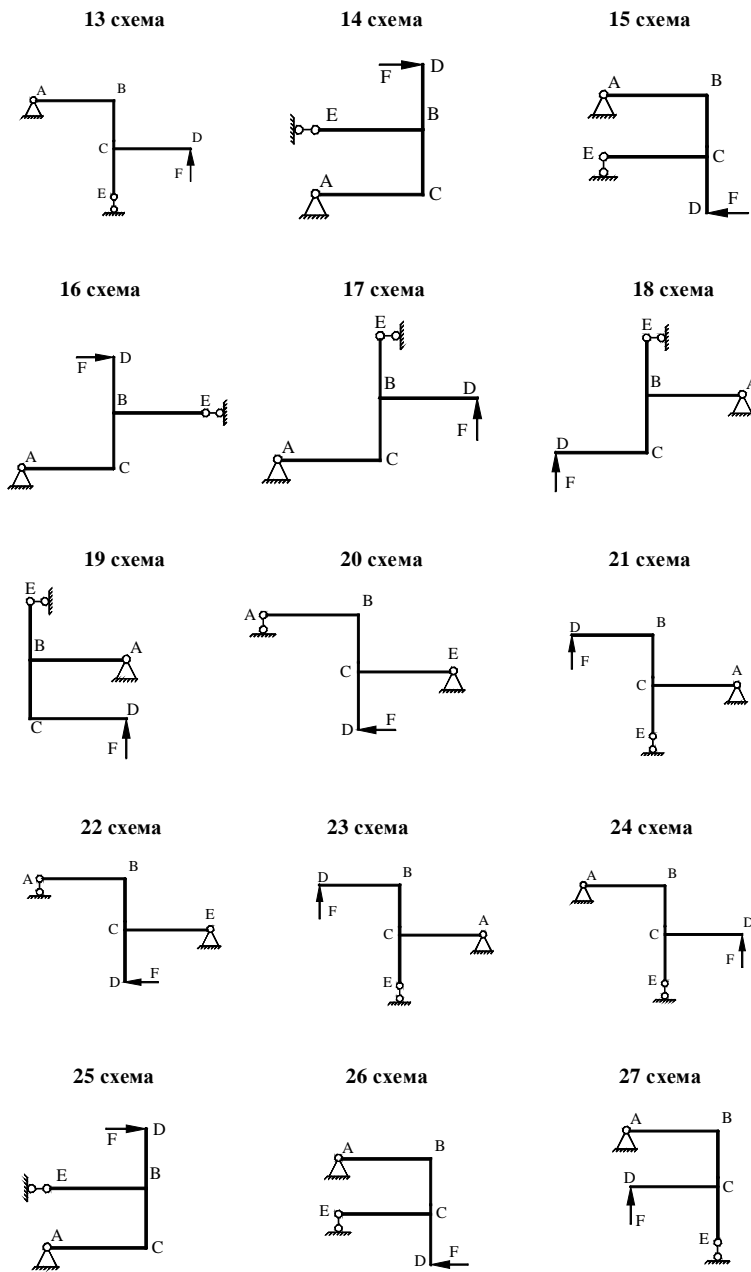


Рис.2.4

**Задача 2.5. РАСЧЕТ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ПЛОСКИХ РАМАХ**

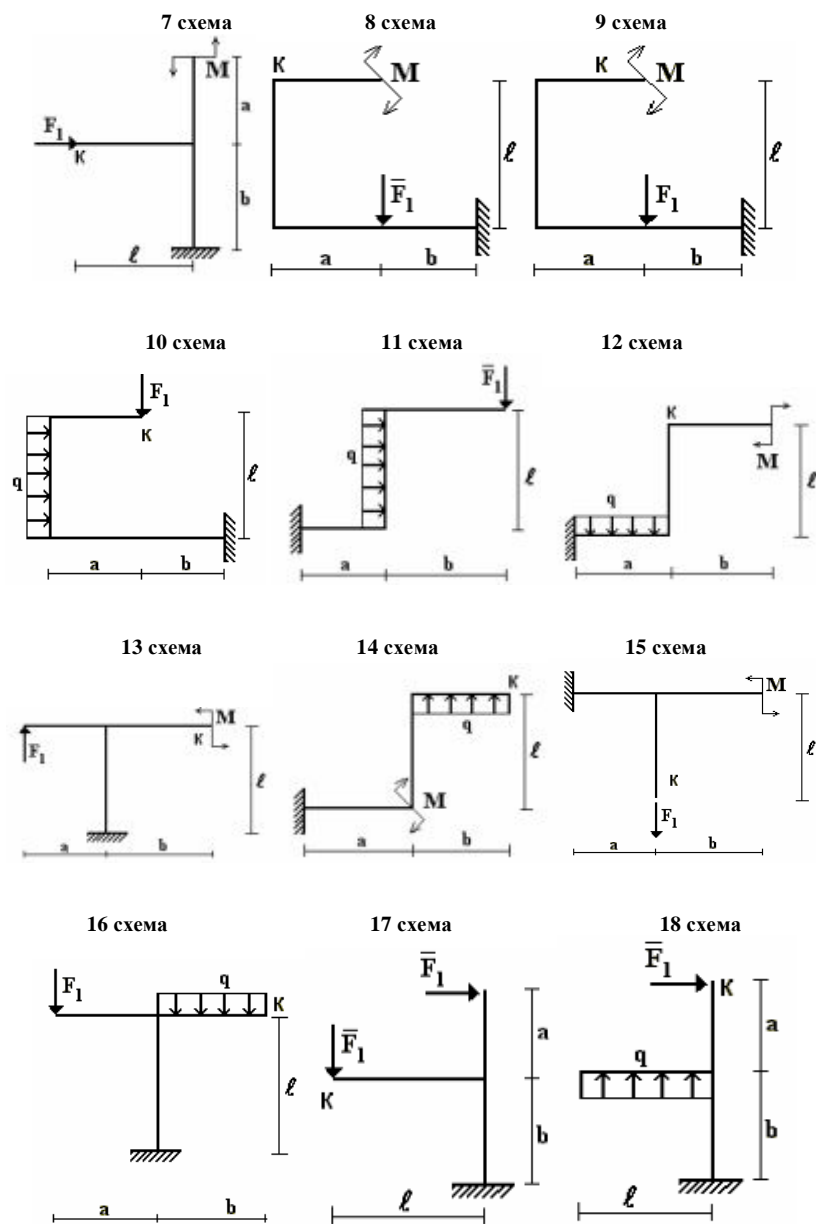
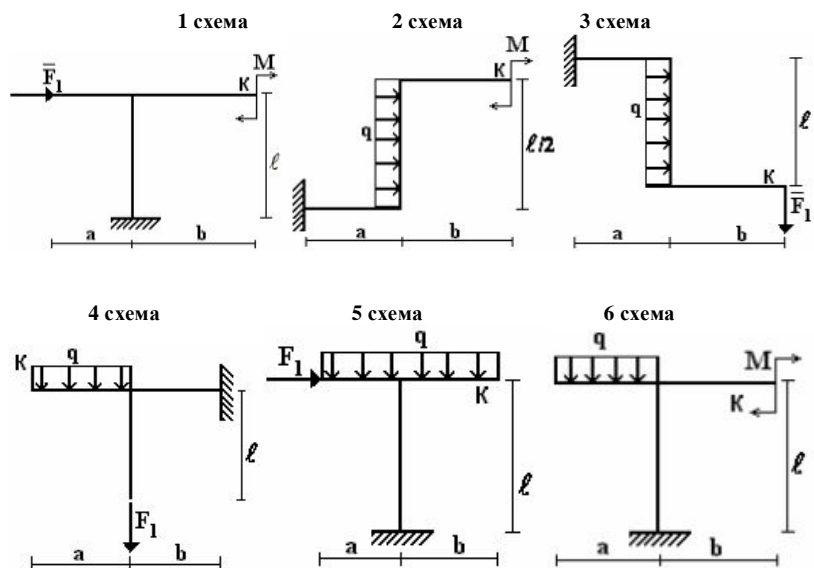
Для рамы (рис.2.5), соответствующей варианту задания, с размерами и нагрузкой, выбранными по шифру из табл.2.5, требуется определить угол поворота сечения «К».

Числовые данные взять из табл.2.5.

Таблица 2.5

Номер строки	Номер варианта по рис.2.5	F <sub>1</sub> , кН	M, кНм	q, кН/м	a, м	b, м	l, м
01	1	12	24	5	1	2	2
02	2	10	16	4	2	2	3
03	3	12	12	6	3	2	4
04	4	6	18	2	2	3	2
05	5	8	20	4	1	3	5
06	6	10	12	2	3	1	6
07	7	6	12	3	2	2	3
08	8	8	12	6	1	2	2
09	9	6	16	5	2	1	4
10	10	12	10	6	1	3	3
11	11	11	12	6	1	2	5

Номер строки	Номер варианта по рис.2.5	$F_1$ , кН	$M$ , кНм	$q$ , кН/м	$a$ , м	$b$ , м	$l$ , м
12	12	12	18	2	3	3	1
13	13	10	20	4	2	3	2
14	14	12	12	2	1	1	4
15	15	6	12	3	2	2	5
16	16	8	12	6	1	2	3
17	17	10	18	5	2	1	2
18	18	6	20	6	3	2	5
19	19	8	12	2	2	2	3
20	20	6	12	4	1	3	2
21	21	12	12	2	3	3	1
22	22	12	16	3	2	1	3
23	23	13	10	6	1	2	4
24	24	14	12	5	1	2	5
25	25	12	18	6	3	1	3
26	26	10	20	6	2	3	2
27	27	12	12	2	1	2	1
28	28	6	24	4	2	3	3
29	29	8	16	2	1	3	5
30	30	10	12	3	2	1	4
31	31	6	18	6	3	2	2
32	32	8	20	5	2	2	1
33	33	6	12	6	1	1	3
34	34	12	12	2	3	3	6
35	35	11	16	4	2	2	4
36	36	12	12	2	3	3	2
	г	б	б	г	в	а	а



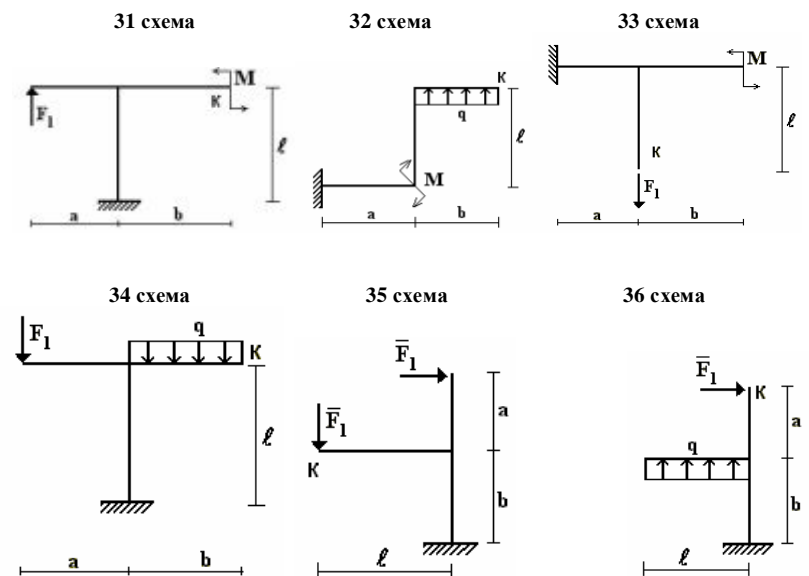
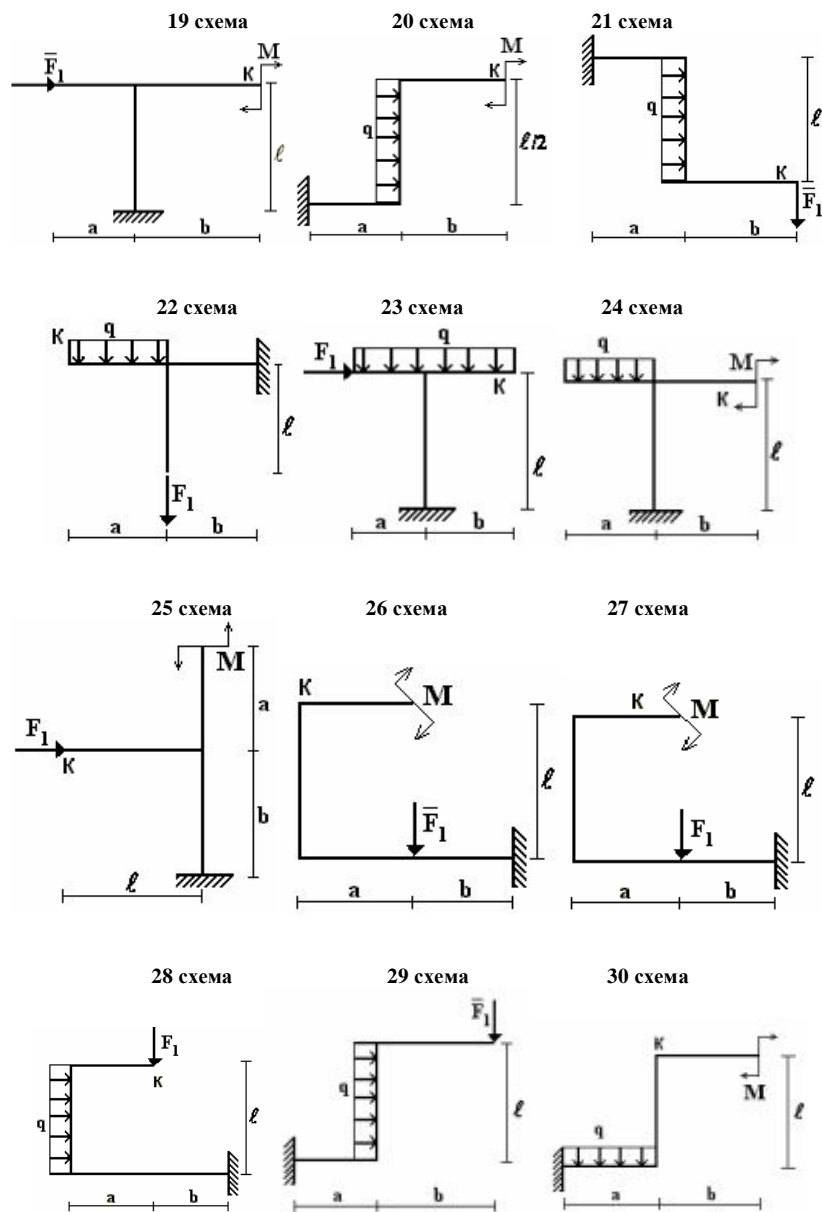


Рис.2.5

### 3. РАСЧЕТ ТОНКОСТЕННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ И СОСУДОВ

#### Задача 3.1.

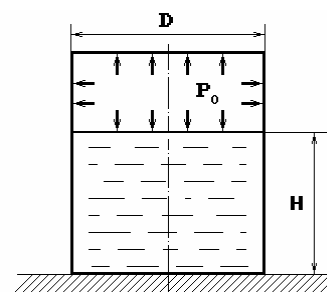


Рис. 3.1

Данные взять из табл.3.1.

Тонкостенный цилиндрический резервуар диаметром  $D$  заполнен на высоту  $H$  жидкостью, плотность которой  $\rho=1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ . В резервуаре над жидкостью создано избыточное давление  $P_0$  (рис.3.1).

Требуется:

- 1) найти толщину стенки резервуара из условия прочности в нижнем сечении, если  $[\sigma]=160 \text{ МПа}$ ; использовать четвертую теорию прочности;
- 2) построить эпюры окружных и меридиональных нормальных напряжений (вдоль меридиана).

Номер строки	H, м	D, м	$P_0$ , МПа
01	11	11	0,11
02	12	12	0,12
03	13	13	0,13
04	14	14	0,14
05	15	15	0,15
06	16	6	0,16
07	17	7	0,17

Таблица 3.1

Номер строки	H, м	D, м	P <sub>0</sub> , МПа
08	18	8	0,18
09	19	9	0,19
10	20	10	0,20
11	11	11	0,11
12	12	12	0,12
13	13	13	0,13
14	14	14	0,14
15	15	15	0,15
16	16	6	0,16
17	17	7	0,17
18	18	8	0,18
19	19	9	0,19
20	20	10	0,20
21	11	11	0,11
22	12	12	0,12
23	13	13	0,13
24	14	14	0,14
25	15	15	0,15
26	16	6	0,16
27	17	7	0,17
28	18	8	0,18
29	19	9	0,19
30	20	10	0,20
31	13	13	0,13
32	14	14	0,14
33	15	15	0,15
34	16	6	0,16
35	17	7	0,17
36	18	8	0,18
	а	б	в