

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»  
(РУТ (МИИТ))**

Одобрено кафедрой  
«ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»

Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Автор: \_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ С МЕТОДИЧЕСКИМИ  
УКАЗАНИЯМИ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**МЕХАНИКА. СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА**

---

**Уровень ВО:** *Бакалавриат*

**Форма обучения:** *Заочная*

**Курс:** *3*

**Специальность/Направление:** *08.03.01 Строительство (СТб)*

**Специализация/Профиль/Магистерская программа:** *(ВВ) Водоснабжение и водоотведение*

Москва

## ОБЪЁМ И СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

При изучении курса «*Механика. Строительная механика*» студент-заочник знакомится с существующими методами расчета сооружений на прочность, устойчивость, жесткость и приобретает навыки в выполнении таких расчетов. Если в сопротивлении материалов предметом изучения служат отдельные элементы сооружений, то в строительной механике предметом изучения являются целые сооружения (вернее расчетные схемы сооружений).

Основными документами, определяющими необходимый объем знаний студентов, являются учебные программы курсов и учебные планы по специальности.

Процесс получения студентами знаний и навыков складывается из самостоятельного изучения соответствующих разделов курса по учебникам [1,2] и выполнению контрольных работ, индивидуальные задания которых помещены в настоящем задании.

Если при изучении курса или при выполнении контрольной работы встретятся затруднения, студент может воспользоваться устной консультацией преподавателя в вузе, филиале, факультете.

Исходные данные для решения задач контрольных работ студенты должны брать из таблиц, приведенных в данном задании, в строгом соответствии со своим личным номером. Для этого надо три последние цифры своего шифра написать дважды, а затем под шестью цифрами подписать буквы: *a, б, в, г, д, е*.

Например, при шифре 1110-ВВ-3125 это будет выглядеть так:

1 2 5 1 2 5  
*a б в г д е*

Тогда цифра под буквой *a* укажет, какую строку следует взять из столбца *a*, над буквой *б* - из столбца *б* и т.д.

Контрольные работы следует выполнять в тетрадях, имеющих поля. Все расчеты рекомендуется проводить с точностью до трех значащих цифр и сопровождать необходимыми (строго в масштабе) расчетными схемами и краткими пояснениями. Страницы тетради должны быть пронумерованы. Кроме того, в тетради должны быть указаны домашний адрес, номер шифра, список используемой литературы с указанием года издания. Работа должна быть подписана студентом.

Выполненная контрольная работа должна быть сдана на кафедру, записана в журнал. После этого преподаватель кафедры проверяет контрольную работу и в случае правильного решения задач ставится пометка «Допущена к защите». Допущенные к зачету контрольные работы должны быть защищены студентом при собеседовании с преподавателем. При этом на обложке контрольной работы должна быть запись преподавателя «Контрольная работа зачтена».

Перечень и количество контрольных работ, выполняемых студентами специализации **ВВ** указаны в табл. 1.

Таблица 1

Дисциплина	Номера	
	Контрольных работ	Задач
Строительная механика	1	1, 2
	2	3, 4

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

### ЗАДАЧА 1 РАСЧЕТ ФЕРМ

Студенты специализации **ВВ** выполняют задачу № 1 для шпренгельной фермы (рис. 1).

Для фермы (рис. 1) требуется:

1. Вычертить расчетную схему фермы полностью (в масштабе).
2. От собственного веса фермы  $q$ , равномерно распределенного по всей длине, определить аналитически усилия в пяти элементах фермы, указанных в табл. 2.

Исходные данные взять из табл. 2

Таблица 2

Номер		$q$ , кН/м	$d$ , м	$\frac{H}{d}$	Элементы					Класс нагрузки $K$
строки	схемы				$U_1$	$O_1$	$D_1$	$D_2$	$V_1$	
1	1	4,0	4,8	1,1	$U_1$	$O_1$	$D_1$	$D_2$	$V_1$	10
2	2	4,5	5,0	1,2	$U_2$	$O_2$	$D_3$	$D_4$	$V_2$	11
3	3	5,0	5,2	1,3	$U_1$	$O_1$	$D_1$	$D_2$	$V_1$	12
4	4	5,5	5,4	1,4	$U_1$	$O_1$	$D_1$	$D_2$	$V_1$	13
5	5	6,0	5,6	1,5	$U_2$	$O_2$	$D_3$	$D_4$	$V_2$	14
6	1	4,0	5,8	1,6	$U_2$	$O_2$	$D_3$	$D_4$	$V_2$	10
7	2	4,5	6,0	1,7	$U_1$	$O_1$	$D_1$	$D_2$	$V_1$	11
8	3	5,0	6,4	1,8	$U_2$	$O_2$	$D_3$	$D_4$	$V_2$	12
9	4	5,5	6,6	1,9	$U_1$	$O_1$	$D_1$	$D_2$	$V_1$	13
0	5	6,0	6,8	2,0	$U_2$	$O_2$	$D_3$	$D_4$	$V_2$	14
	$e$	$\partial$	$z$	$v$	$\bar{b}$	$a$	$e$	$\partial$	$z$	$a$

3. Построить линии влияния усилий в тех же элементах. Для всех линий влияния определить числовые значения характерных ординат.

4. Линии влияния усилий в элементах фермы загрузить постоянной нагрузкой от собственного веса фермы интенсивность  $q$  и сравнить с результатами, полученными в п. 2.

Предлагается, что езда осуществляется по прямолинейному поясу фермы.

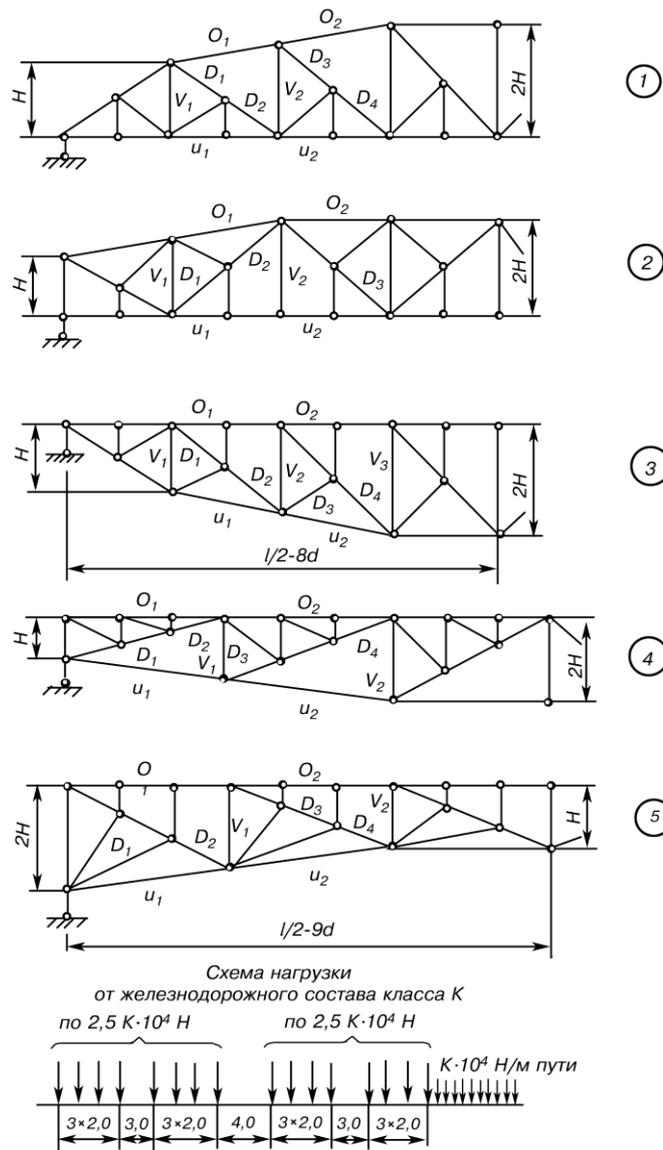


Рис. 1

Таблица 3

Длина линии влияния $\lambda$ , м	Эквивалентные нагрузки $q_{эк}$ , кН/м пути при классе $K=1$	
	$\alpha = 0$	$\alpha = 0,5$
1	50,00	50,00
5	20,77	18,17
10	17,81	15,58
20	15,05	13,17
30	13,36	11,69
40	12,25	10,72
50	11,51	10,07
60	11,01	10,10
80	10,46	10,00
100	10,20	10,00
120	10,09	10,00
140	10,04	10,00

Примечание:

$\lambda$  - длина линии влияния, м;

$\alpha = \frac{a}{\lambda}$  - положение вершины линии влияния;

$a$  – проекция наименьшего расстояния от вершины до конца линии влияния, м.

## ЗАДАЧА 2

### РАСЧЕТ ОДИН РАЗ СТАТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКИ МЕТОДОМ СИЛ

1. Нарисовать схему балки, используя данные из столбцов «б» табл. 4 (см. примечания к таблице).
2. Подготовить схему балки к расчету в матричной форме:
  - а) разделить ось балки на участки;
  - б) начало и конец каждого участка отметить сечениями с соответствующим номером; в) для каждого участка ввести правило знаков для ординат эпюр моментов, отложенных в сторону растянутых волокон.
3. Выбрать основную систему метода сил для заданной балки.
4. В основной системе построить две эпюры моментов – эпюру  $\overline{M}_1$  от единичного неизвестного  $\overline{X}_1 = 1$  и эпюру  $M_P$  от заданной нагрузки. Обе эпюры записать в виде матриц – столбцов  $\overline{M}_1$  и  $\overline{M}_P$  и ввести их в электронную таблицу EXCEL- программы РОАТКУ1.
5. Для каждого участка подсчитать коэффициент податливости по формуле
 
$$i_k = \frac{l_k EJ_{np}}{6EJ_k}$$
 и ввести в электронную таблицу EXCEL- программы РОАТКУ1.
6. Нарисовать эпюру  $M_{ок}$  по данным расчета программы РОАТКУ1.
7. Построить эпюру  $Q$ .
8. Проверить равновесие балки.

Исходные данные взять из табл. 4.

Таблица 4

№ п/п	$L$ , м	$z_1$ , м	$z_2$ , м	$z_3$ , м	$z_{P1}$ , м	$z_{P2}$ , м	$z_{qН}$ , м	$z_{qК}$ , м	$z_m$ , м	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	$q$ , кН/м	$m$ , кНм	$J_{np}/J_l$
1	12	0	0	10	4	6	4	12	12	10	-50	10	14	2
2	14	2	8	12	0	6	6	10	14	20	-40	20	16	3
3	10	10	4	10	0	6	2	8	8	30	-30	14	18	4
4	16	4	7	16	0	9	2	12	4	40	-20	16	20	2
5	18	3	10	18	5	12	0	12	0	50	-10	18	22	3
6	15	0	9	12	4	15	0	7	10	-10	10	-10	-20	4
7	20	4	12	18	0	8	8	15	20	-20	20	12	-18	2
8	10	0	0	8	2	10	2	6	4	-30	30	-20	-16	3
9	16	16	6	16	0	12	2	10	8	-40	40	-30	-14	4
0	22	2	14	18	6	16	0	16	22	-50	50	22	-12	1
	$\bar{b}$	$\bar{b}$	$\bar{b}$	$\bar{b}$	$\bar{b}$	$\bar{b}$	$\bar{b}$	$\bar{b}$	$\bar{b}$	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$

**Примечания:**

1.  $L$  – полная длина балки;  $z_1$ - расстояние от левого края балки до шарнирно неподвижной опоры;  $z_2$  - расстояние от левого края балки до шарнирно подвижной опоры, ближайшей от левого края;  $z_3$  - расстояние от левого края балки до шарнирно подвижной опоры, ближайшей к правому краю. Если шарнирно неподвижная и шарнирно подвижная опоры оказываются в одном месте оси балки, то эта комбинация является моделью жесткого защемления или заделки.

2. Расстояния от левого края балки:  $z_{P_1}$  – до силы  $P_1$ ,  $z_{P_2}$  – до силы  $P_2$ ,  $z_{qH}$  – до начала действия равномерно распределенной нагрузки  $q$ ,  $z_{qK}$  – до конца действия равномерно распределенной нагрузки  $q$ ,  $z_m$  – до точки приложения сосредоточенного момента  $m$ . Сосредоточенные силы и распределенные нагрузки считаются положительными, если они направлены вниз, Положительный сосредоточенный момент направлен по часовой стрелке.

3. Принято, что от левого конца балки до точки приложения  $P_2$  балка имеет сечение с моментом инерции  $J_L$ , а остальная часть балки имеет сечение с моментом инерции  $J_{пр}$ .

4. В программе РОАТКУ1 предусмотрено максимальное количество участков 6. В случае меньшего количества участков, оставшиеся ячейки EXCEL- таблицы заполняются нулями.

5. EXCEL- программа РОАТКУ1 записана в файле РОАТКУ1.

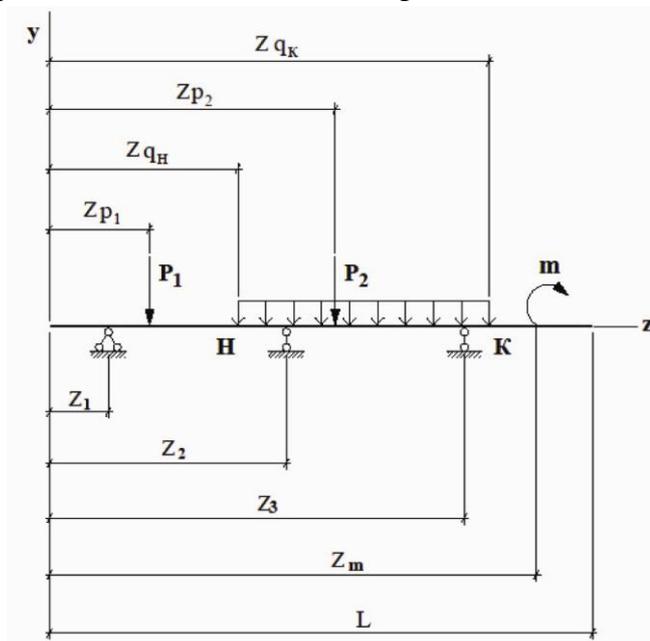


Рис. 2

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

### ЗАДАЧА 3 РАСЧЕТ РАМЫ МЕТОДОМ СИЛ

Расчет рамы проводится с помощью EXCEL-программы МЕТСИЛ.xls для ПК.

Для статически неопределимой рамы (рис.3) требуется:

1. Подготовить схему рамы к расчету в матричной форме 3
2. Определить число неизвестных и выбрать основную систему метода сил.
3. Построить необходимые единичные  $M_i$  и грузовые эпюры  $M_P$  изгибающих

моментов в основной системе и записать их в виде матриц столбцов  $L_m[\bar{M}_1; \bar{M}_2]$ ,  $\bar{M}_P$ , и ввести в EXCEL – таблицу.

$$K_i = \frac{l_i EJ_c}{6EJ_i}$$

4. Вычислить приведенные податливости каждого участка  $K_i = \frac{l_i EJ_c}{6EJ_i}$ , и ввести в EXCEL – таблицу.

5. Рассчитать задачу с помощью ПК по матричному алгоритму метода сил, с помощью готовой программы МЕТСИЛ.xls.

6. Получить вектор окончательной эпюры изгибающих моментов  $\bar{M}$  и построить эпюру.

7. Построить окончательные эпюры поперечных  $Q$  и продольных  $N$  сил.

8. Проверить полученные результаты, осуществив статическую проверку, и оценив результат деформационной проверки, выполненный программой

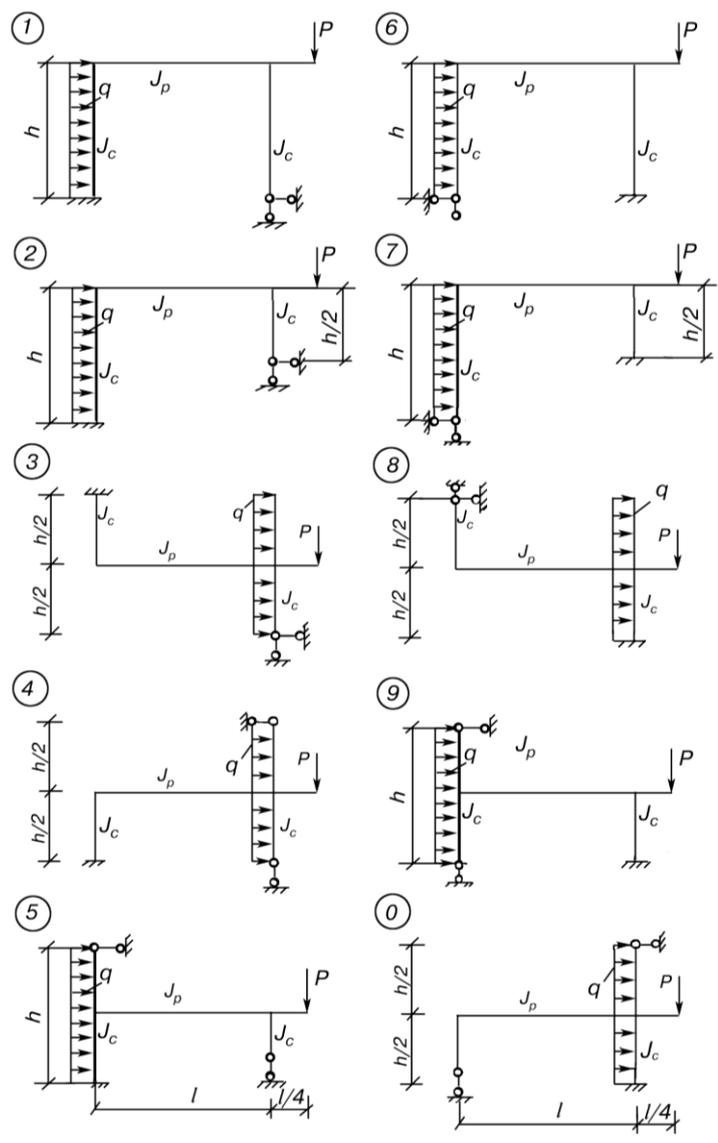


Рис. 3

Исходные данные взять из табл. 5.

Таблица 5

Номер		$l, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$P, \text{ кН}$	$q, \text{ кН}$	$\frac{J_p}{J_c}$
строки	схема					
1	1	5,0	3,0	30	8	2,00
2	2	4,5	3,2	35	10	1,80
3	3	4,2	3,4	40	12	1,60
4	4	4,0	3,5	45	14	1,50
5	5	3,8	3,6	50	15	1,25
6	6	3,6	3,8	55	16	1,20
7	7	3,5	4,0	60	18	1,00
8	8	3,4	4,2	65	20	0,80
9	9	3,2	4,5	70	22	0,75
0	0	3,0	5,0	75	24	0,50
	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ №3

1. Подготовить раму к расчету в матричной форме: разделить раму на участки, отметить начало и конец каждого участка сечением с соответствующим номером и для каждого участка выбрать правило знаков для ординат эпюр изгибающих моментов, построенных со стороны растянутых волокон.
2. Нумерацию начинать с участков, где  $q \neq 0$ .
3. Расчет рамы следует проводить по матричному алгоритму с помощью электронного редактора EXCEL по готовой программе в файле МЕТСИЛ.xls.
4. Матричный алгоритм показан на дисплее в ячейках электронной таблицы.

#### ЗАДАЧА 4 РАСЧЕТ РАМЫ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Расчет рамы проводится с помощью EXCEL-программы МЕТПЕРЕМСЕРВИС.xls для ПК.

Для статически неопределимой рамы (рис.4) требуется:

1. Подготовить схему рамы к расчету в матричной форме.
2. Определить число неизвестных и выбрать основную систему метода перемещений.
3. Построить необходимые единичные  $M_i$  и грузовые эпюры  $M_p$  изгибающих моментов в основной системе и записать их в виде матриц столбцов  $L_m[\bar{M}_1; \bar{M}_2]$   $\bar{M}_p$ , и ввести в EXCEL – таблицу.

4. Вычислить приведенные податливости каждого участка  $K_i = \frac{l_i EJ_c}{6EJ_i}$ , и ввести в EXCEL – таблицу.

5. Вычислить вектор реакций  $\bar{R}_p$  и ввести в EXCEL – таблицу с обратным знаком
6. Рассчитать задачу с помощью ПК по матричному алгоритму метода перемещений при помощи готовой программы МЕТПЕРЕМСЕРВИС.xls

7. Получить вектор окончательной эпюры изгибающих моментов  $\bar{M}$  и построить эпюру M.

8. Построить окончательные эпюры поперечных  $Q$  и продольных  $N$  сил.
9. Проверить полученные результаты, осуществив статическую проверку.

**Примечание.** При решении задачи № 4 в схемах на рис.4 нагрузку на раму принимать в сочетаниях  $q_1$  с  $P_2$  или  $q_2$  с  $P_1$  (по выбору).

Исходные данные взять из табл. 6

Таблица 6

Номер		h, м	l, м	P, кН	q, кН/м	$\frac{l_2}{l_1}$	$\frac{P_2}{P_1}$	$\frac{q_2}{q_1}$	$\frac{J_p}{J_c}$
строки	схемы								
1	1	5,0	3,0	15	2	1,00	0,6	0,85	1,20
2	2	4,8	3,2	20	2	1,10	0,8	0,80	1,25
3	3	4,4	3,4	25	2	1,15	1,0	0,75	1,30

4	4	4,2	3,6	30	4	1,20	0,6	1,70	1,40
5	5	4,0	3,8	35	4	1,25	0,8	0,85	1,50
6	6	3,8	4,0	40	4	1,30	1,0	1,80	1,60
7	7	3,6	4,2	45	2	1,35	0,6	0,75	1,70
8	8	3,4	4,4	50	2	1,40	0,8	0,70	1,75
9	9	3,2	4,8	55	2	1,45	1,0	0,85	1,80
0	0	3,0	5,0	60	2	1,50	0,8	0,80	2,00
	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ №4

Выполнение п.6-7 проводится с помощью программы МЕТПЕРЕМСЕРВИС.xls для электронной таблицы EXCEL по алгоритму:

1. Система канонических уравнений метода перемещений

$$R \cdot \vec{Z} = -\vec{R}_p$$

2. Матрица единичных реакций

$$R = L_m^T \cdot B \cdot L_m$$

3. Элементы вектора  $\vec{R}_p$  грузовых реакций определяются статическим способом (вырезанием узлов или частей основной системы).

4. Определение неизвестных перемещений

$$\vec{Z} = -R^{-1} \cdot \vec{R}_p$$

5. Вычисление вектора окончательной эпюры моментов

$$\vec{M} = \vec{M}_p + L_m \cdot \vec{Z}$$

Все промежуточные матрицы показаны на экране в ячейках электронной таблицы.

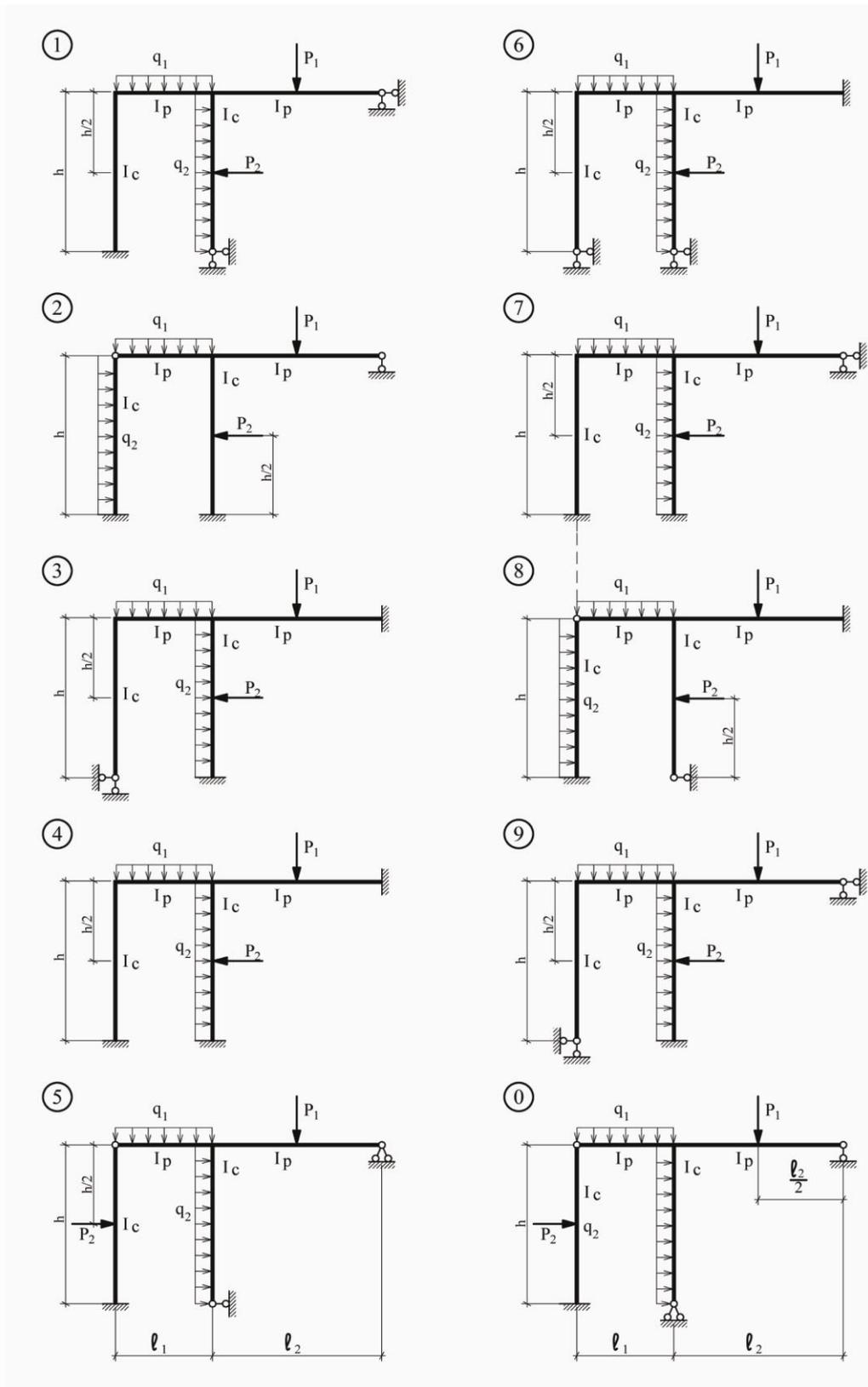


Рис. 4

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная

1. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Учебник. Изд.11-е испр. – М: изд-во Лань, СПб, 2008, 655 с.
2. Александров А.В., Потапов В.Д., Землев В.Б. Строительная механика. Часть 1. Статика упругих систем. Учебник. –М: Высшая школа, 2007, 511с.
3. Александров А.В., Потапов В.Д., Землев В.Б. Строительная механика. Часть 2. Динамика и устойчивость упругих систем. Учебник. –М: Высшая школа, 2008, 384 с.

### Дополнительная

1. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Учебник для строит. спец. вузов. 9 изд., перераб. и доп., М.: Высшая школа, 2004, 655с.
2. Леонтьев Н.Н., Соболев Д.Н., Амосов А.А. Основы строительной механики стержневых систем. М.: АСВ, 1996, 541 с.
3. Смирнов А.Ф., Александров А.В., Лащеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Динамика и устойчивость. Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1984, 416 с.
4. Смирнов А.Ф., Иванов С.А., Тихонов М.А. Строительная механика. Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1984, 208 с.
5. Александров А.В., Лащеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Тонкостенные и пространственные системы. Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1983, 488 с.
6. Смирнов А.Ф., Александров А.В., Лащеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Стержневые системы: Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1981, 512 с.