

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

Кафедра строительной механики

Задания
к расчетно-проектировочным работам
по дисциплине **«Строительная механика»**

для студентов специальностей

1-70 02 01 «ПГС» (на базе среднего специального образования);

1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью».

Брест 2008

УДК 624.04

Работа содержит задания к расчётно-проектировочным работам по дисциплине «Строительная механика» для студентов специальностей

1-70 02 01 «ПГС» (на базе среднего специального образования);

1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью».

Составитель: И.И. Севостьянова, доцент, канд. техн. наук

Рецензент: главный инженер республиканского унитарного научно-исследовательского и опытно-конструкторского предприятия «Научно-технический центр» канд. техн. наук
В.Н. ДЕРКАЧ

Требования к оформлению работ

1. Исходные данные для решения задач выбираются из таблиц исходных данных в соответствии с заданным шифром.
2. Работы оформляются в соответствии со стандартом университета на листах размером 297x210 (формат А4). Текст, чертежи, расчёты необходимо выполнять карандашом, тушью, в компьютерном наборе или комбинировано.
3. При решении задачи необходимо вычертить заданную схему и указать на ней все размеры и нагрузки в буквенном обозначении и их численные значения (например: $L = 12\text{ м}$, $P = 15\text{ кН}$). Решение задачи должно сопровождаться краткими последовательными пояснениями. На эпюрах должны быть проставлены значения всех характерных ординат. Все чертежи и эпюры должны быть обозначены.
4. Все чертежи должны быть выполнены с соблюдением масштаба и равномерно располагаться по всей площади листа.

Задание № 1

Расчёт статически определимой многопролётной балки и простой рамы

Для многопролётной балки требуется:

1. Выполнить кинематический анализ системы и составить этажную схему.
2. Рассмотрев равновесие отдельных балок, определить опорные реакции и построить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.
3. Построить линии влияния трех опорных реакций (по выбору), изгибающих моментов и поперечных сил для сечения 1 и 2.
4. По линии влияния от постоянной нагрузки определить значения внутренних сил и сравнить с найденными аналитически в пункте 2.

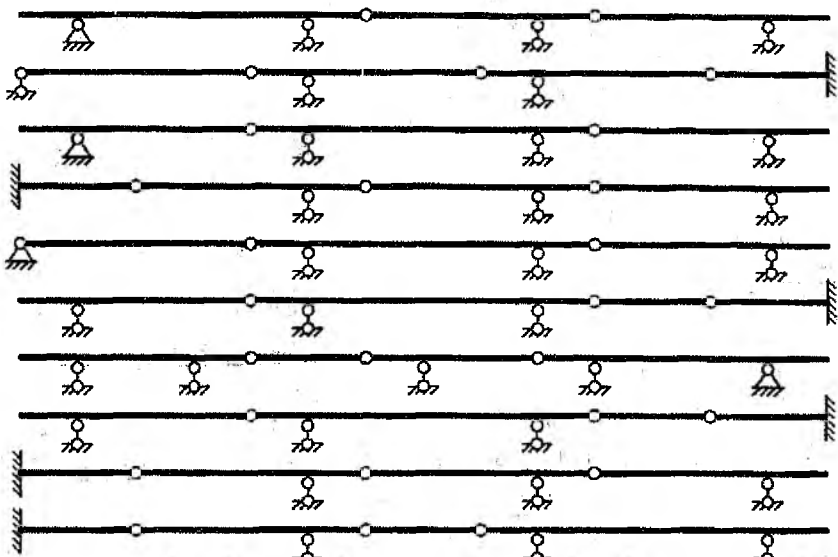
Для простой рамы требуется:

1. Определить опорные реакции, проверить их.
2. Построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил.
3. Выполнить проверки равновесия узлов рамы по эпюрам внутренних усилий.

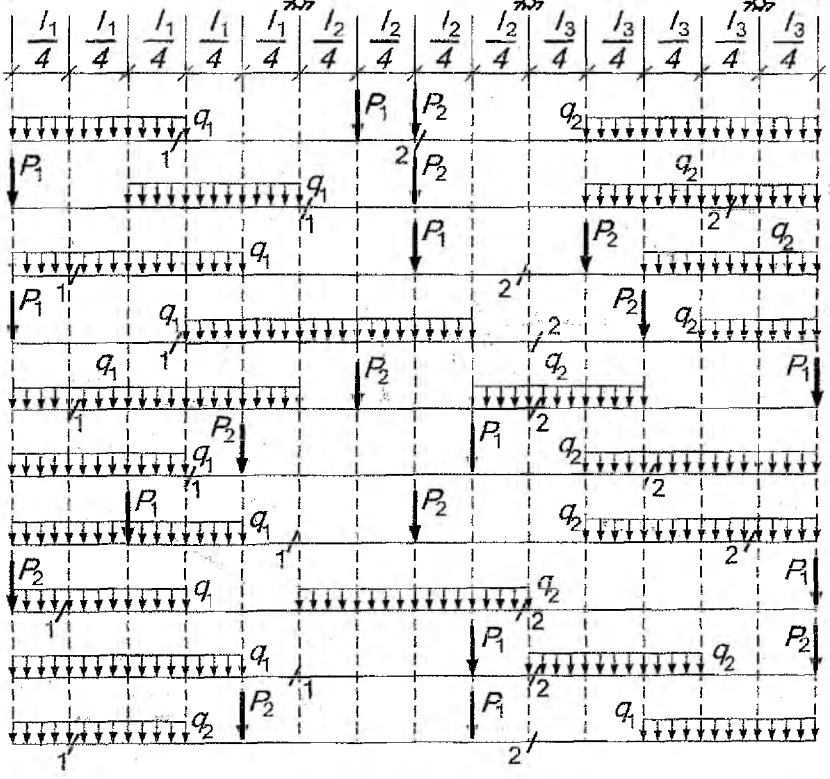
Таблица исходных данных для балок

Первая цифра шифра (схема балки)	P_1 , кН	Вторая цифра шифра (схема нагрузки)	l_1 , м	P_2 , кН	Третья цифра шифра	l_2 , м	q_1 , кН/м	Четвёртая цифра шифра ра	l_3 , м	q_2 , кН/м
1	5,2	1	12	7,2	1	9,4	2,4	1	11,6	2,0
2	5,4	2	9,8	7,4	2	8,8	2,6	2	6,8	2,5
3	5,6	3	9,4	7,6	3	11,6	2,8	3	10	3,5
4	5,8	4	8,8	7,8	4	7,6	3,0	4	12,4	3,6
5	6,0	5	11,6	8,0	5	6,8	3,2	5	9,4	1,8
6	6,2	6	7,6	8,2	6	10	3,4	6	8,8	2,2
7	6,4	7	6,8	8,4	7	12	3,6	7	7,6	3,8
8	6,6	8	8,4	8,6	8	12,4	3,8	8	10,4	4,0
9	6,8	9	10,4	8,8	9	7,2	4,0	9	10,8	2,4
0	5,0	0	10	7,0	0	10,4	2,2	0	7,2	1,5

Схемы балок и загрузений



- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤
- ⑥
- ⑦
- ⑧
- ⑨

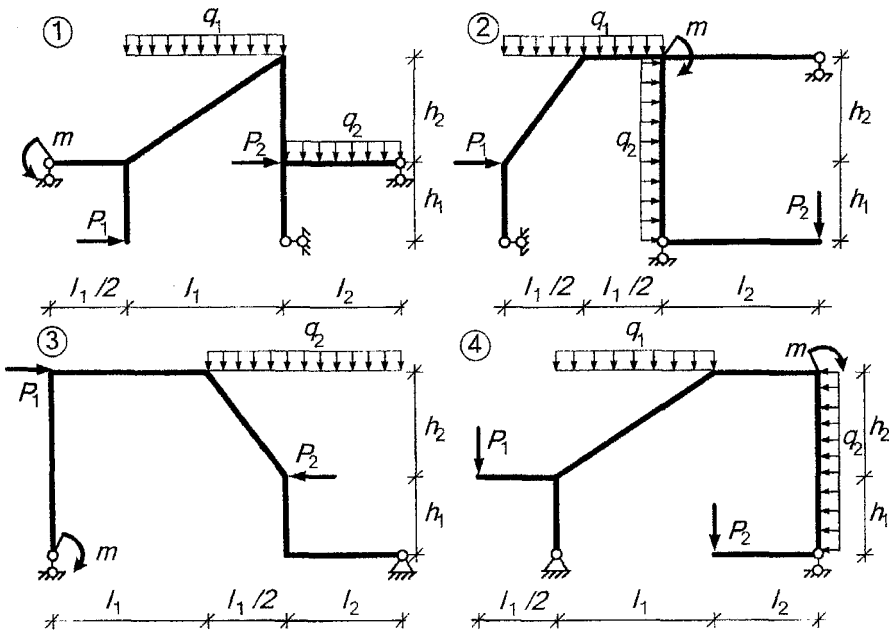


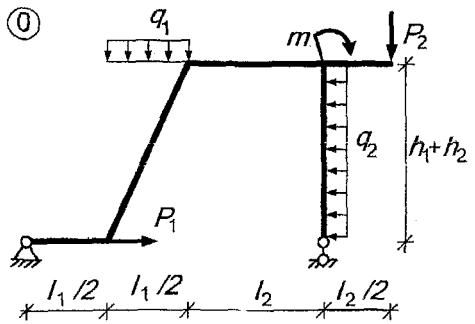
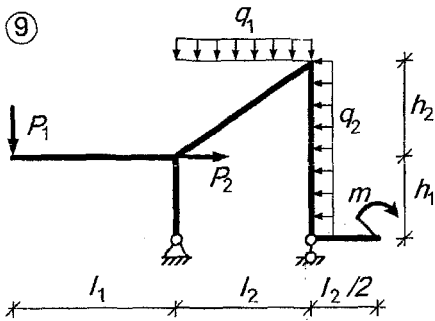
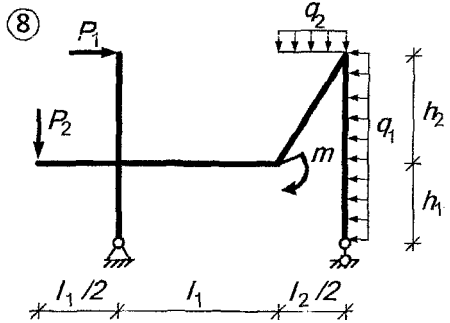
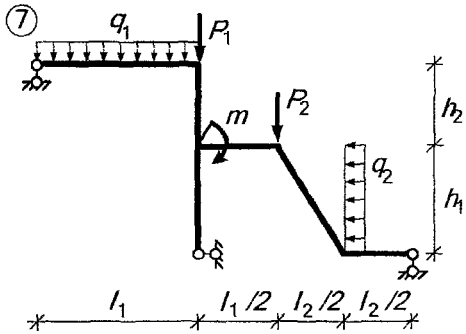
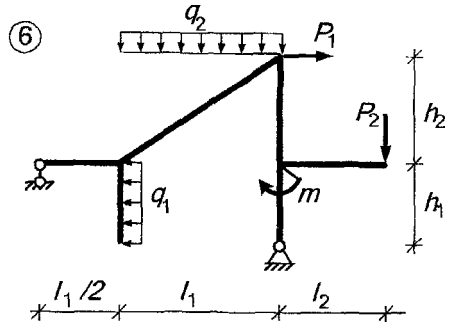
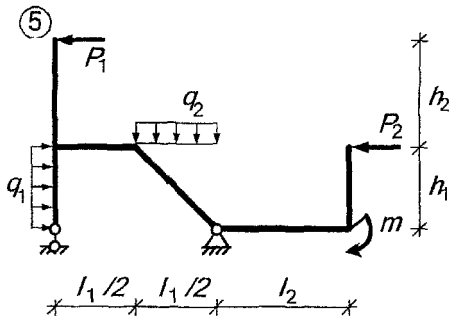
- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤
- ⑥
- ⑦
- ⑧
- ⑨

Таблица исходных данных для рам

Первая цифра шифра (номер схемы рамы)	$h_1,$ i	$P_1,$ $\hat{e}i$	Вторая цифра шифра	$l_1,$ i	$P_2,$ $\hat{e}i$	Третья цифра шифра	$h_2,$ i	$l_2,$ i	$q_1,$ $\hat{e}i / i$	Четвертая цифра шифра	$q_2,$ $\hat{e}i / i$	$m,$ $\hat{e}i$
1	4,2	7	1	5,2	22	1	5,4	7,8	2,4	1	3,1	8
2	4,4	8	2	5,4	24	2	5,8	7,6	2,6	2	3,5	10
3	4,6	9	3	5,6	18	3	6,0	7,2	2,8	3	2,6	12
4	4,8	10	4	5,8	16	4	4,8	6,8	3,0	4	2,0	14
5	5,0	11	5	6,0	14	5	6,4	6,2	3,2	5	2,8	16
6	5,2	12	6	6,2	12	6	6,6	8,4	3,4	6	2,2	18
7	5,4	13	7	6,4	10	7	3,4	5,8	3,6	7	1,8	20
8	5,6	14	8	6,6	8	8	4,4	5,2	3,8	8	2,5	22
9	5,8	15	9	6,8	15	9	6,2	7,0	4,0	9	2,4	24
0	4,0	6	0	5,0	20	0	5,0	8,0	2,2	0	3,0	6

Схемы рам





Задание № 2

Расчёт трёхшарнирной рамы и трехшарнирной арки

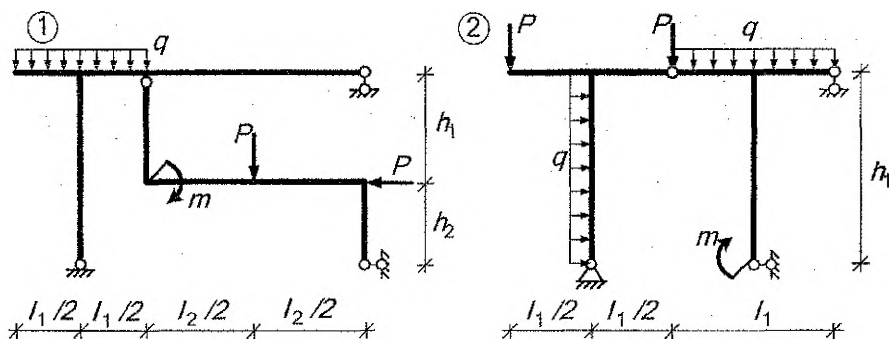
Для трёхшарнирной рамы требуется:

1. Определить опорные реакции от заданной нагрузки.
2. Построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил.
3. Проверить равновесие узлов и выполнение дифференциальных зависимостей (качественно).

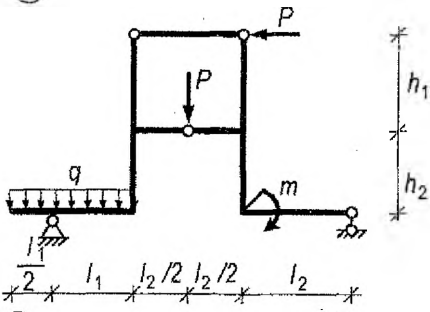
Таблица исходных данных для рамы

Первая цифра шифра (схема рамы)	l_1, i	h_1, i	Вторая цифра шифра	$P, e/i$	l_2, i	Третья цифра шифра	$q, e/i / i$	Четвёртая цифра шифра	$m, e/i / i$	h_2, i	Вариант схемы рамы
1	4,4	2,8	1	7	5,2	1	2,2	1	22	3	2
2	4,8	3,0	2	8	4,6	2	2,4	2	24	4	1
3	2,8	3,2	3	9	3,8	3	2,6	3	26	5	2
4	3,6	3,4	4	10	4,8	4	2,8	4	18	6	1
5	3,4	3,8	5	11	3,6	5	3,0	5	16	2,5	2
6	3,8	3,6	6	12	4,2	6	3,2	6	14	3,4	1
7	5,0	4,0	7	13	5,4	7	3,4	7	12	2,8	2
8	5,6	4,2	8	14	4,0	8	3,6	8	10	2,2	1
9	3,2	4,4	9	15	5,8	9	3,8	9	15	2,4	2
0	4	2,6	0	6	5,4	0	2,0	0	20	2	1

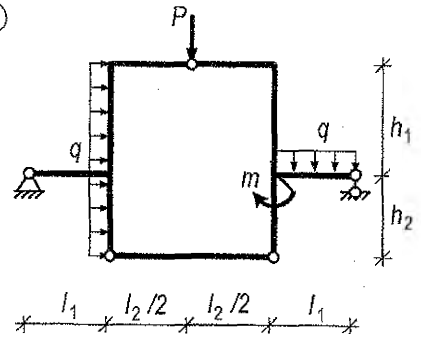
Схемы рам. Вариант 1



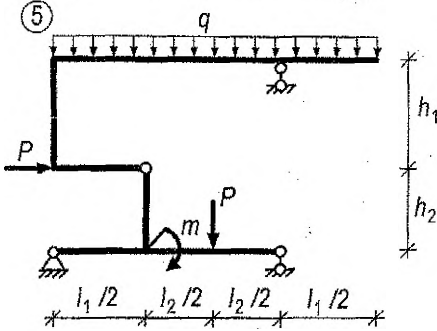
③



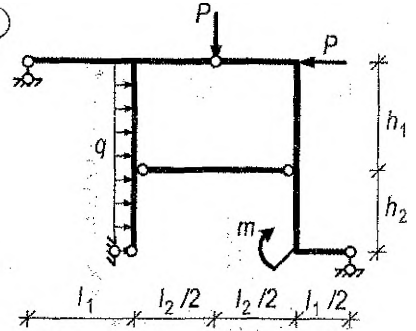
④



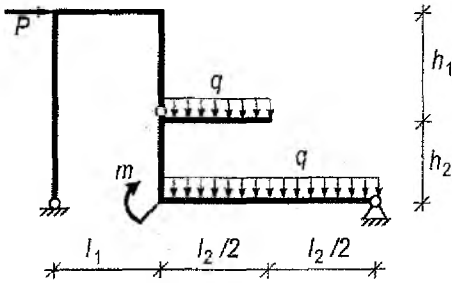
⑤



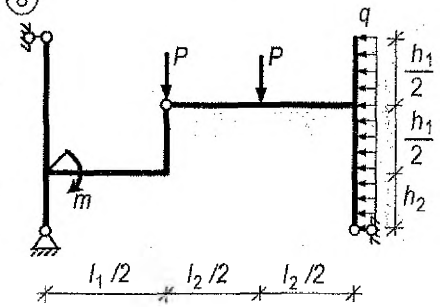
⑥



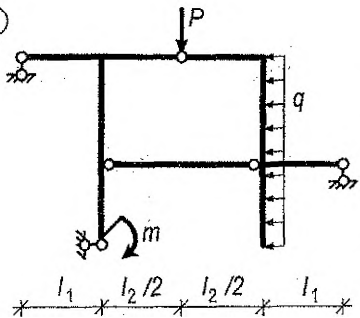
⑦



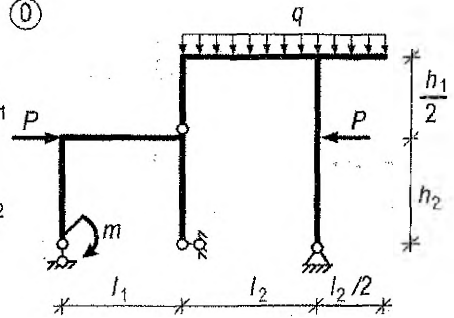
⑧



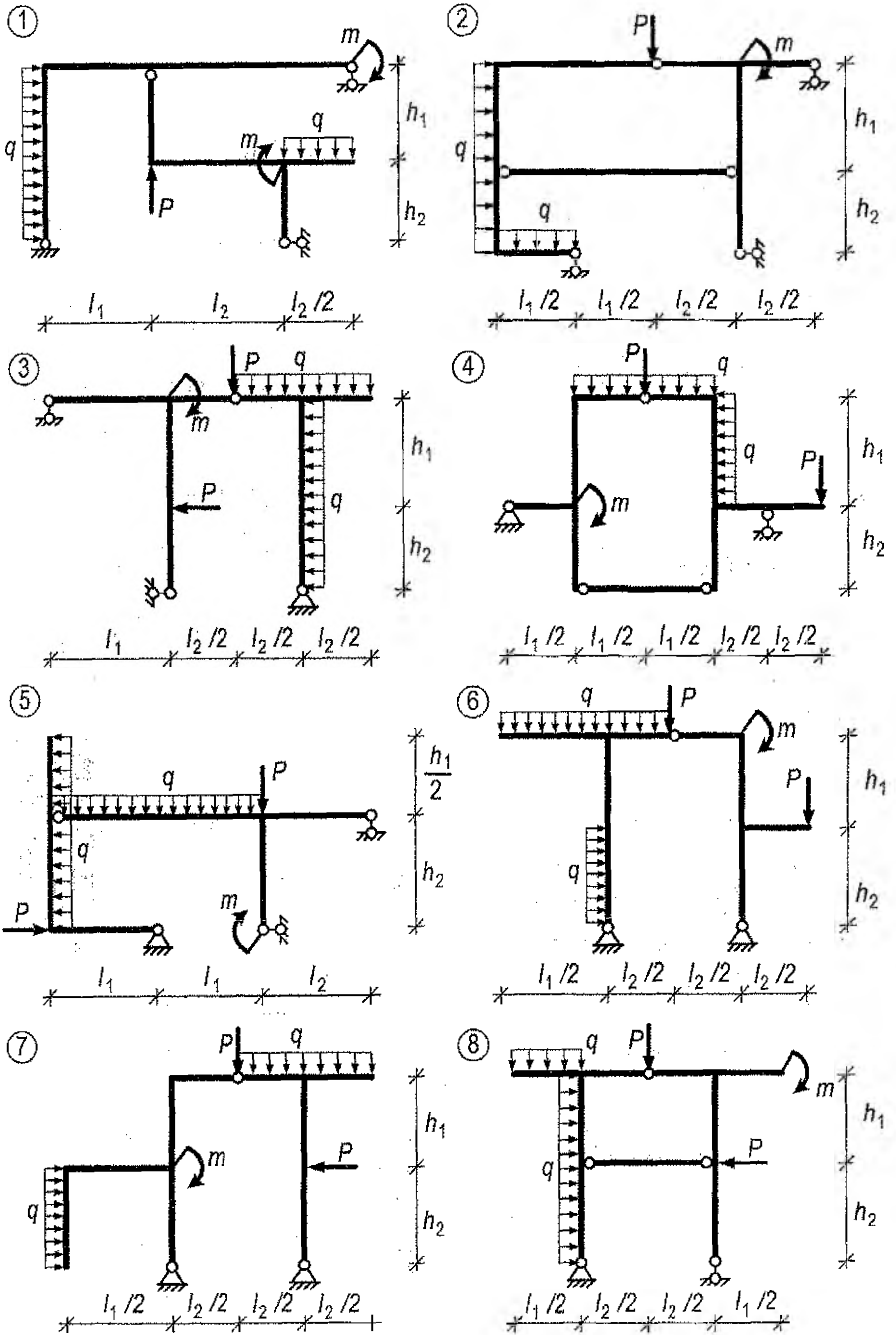
⑨

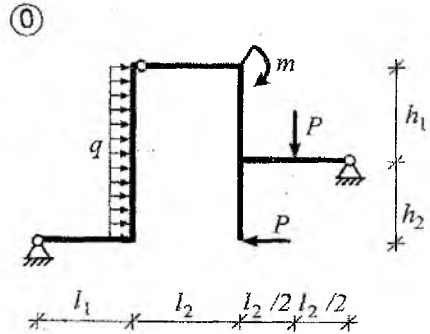
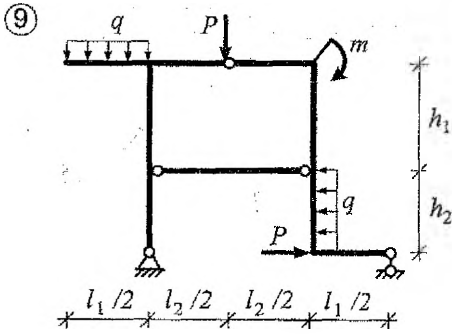


⑩



Схемы рам. Вариант 2





Для трехшарнирной арки требуется:

1. Определить вручную опорные реакции и внутренние усилия M , Q , N в сечении K_1 , показанном на схеме нагружения, и в сечении K_2 , положение которого определяется зависимостями:

$$x_{K2} = x_{K1} + 0,45l, \quad \text{если } x_{K1} < l/2,$$

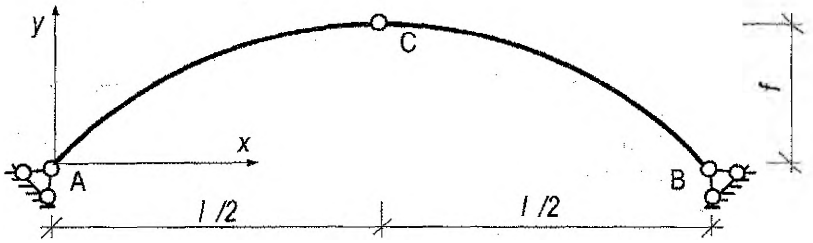
$$\text{или } x_{K2} = x_{K1} - 0,45l, \quad \text{если } x_{K1} > l/2.$$

2. Вычислить внутренние усилия во всех сечениях трехшарнирной арки в соответствии с заданным шагом с помощью ЭВМ и построить эпюры M , Q и N в арке. Проверить качественное выполнение известных закономерностей в изменении эпюр усилий, при необходимости откорректировать форму эпюр в промежутках между расчетными сечениями.

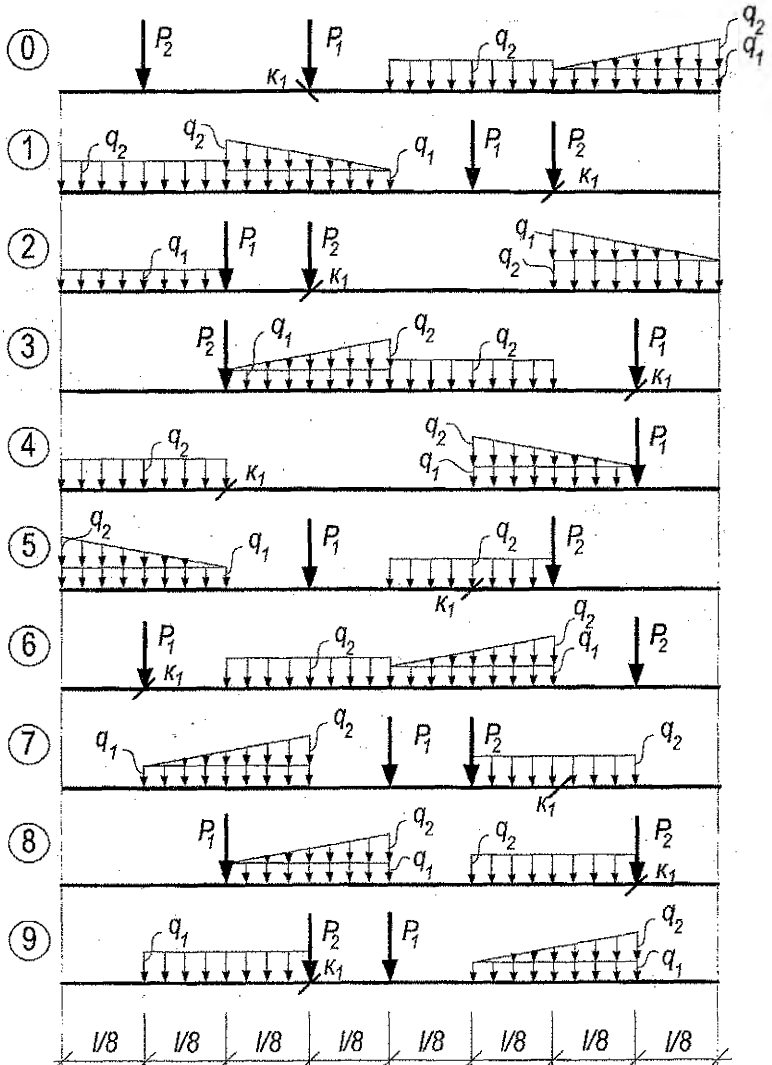
Таблица исходных данных для арки

Первая цифра шифра	Смещение оси арки	q_1 , кН/м	Вторая цифра шифра	l , м	q_2 , кН/м	Третья цифра шифра	f , м	P_1 , кН	Четвертая цифра шифра	Номер нагружения	P_2 , кН
1	П	2,2	1	28	2,8	1	0,40	12	1	1	34
2	СИН	1,8	2	30	2,4	2	0,28	18	2	2	46
3	Э	2,6	3	38	3,6	3	0,20	20	3	3	32
4	Г	1,4	4	34	2,0	4	0,15	22	4	4	30
5	О	2,8	5	26	2,6	5	0,35	24	5	5	44
6	П	1,6	6	24	4,0	6	0,25	16	6	6	42
7	СИН	2,0	7	32	3,8	7	0,18	28	7	7	40
8	Э	2,4	8	22	3,4	8	0,32	26	8	8	36
9	Г	1,2	9	36	3,2	9	0,30	14	9	9	38
0	О	1,0	0	40	3,0	0	0,38	10	0	0	48

Расчетная схема арки



Варианты загрузений:



Геометрические характеристики трехшарнирных арок определяются следующими зависимостями:

а) для круговых арок (в таблице исходных данных обозначены буквой **О** – окружность):

$$R = \frac{4f^2 + l^2}{8f}; \quad y = \sqrt{R^2 - \left(\frac{l-x}{2}\right)^2} - R + f;$$

$$\sin \varphi = \frac{l-2x}{2R}; \quad \cos \varphi = \frac{y+R-f}{R} = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi}; \quad (2)$$

б) для параболических арок (в таблице исходных данных обозначены буквой **П**):

$$y = \frac{4f}{l^2} x(l-x); \quad \operatorname{tg} \varphi = y' = \frac{4f}{l^2} (l-2x);$$

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}; \quad \sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \varphi; \quad (3)$$

в) для синусоидальных арок (в таблице исходных данных обозначены буквами **СИИ**):

$$y = f \sin \frac{\pi x}{l}; \quad \operatorname{tg} \varphi = y' = \frac{\pi f}{l} \cos \frac{\pi x}{l}; \quad \sin \varphi \text{ и } \cos \varphi \rightarrow \text{см. (3)}; \quad (4)$$

г) для эллиптических арок (в таблице исходных данных обозначены буквой **Э**):

$$y = k \sqrt{a^2 - \left(\frac{l-x}{2}\right)^2} - ka + f; \quad \operatorname{tg} \varphi = y' = \frac{k \left(\frac{l-x}{2}\right)}{\sqrt{a^2 - \left(\frac{l-x}{2}\right)^2}};$$

где $a = \frac{f}{2k} + \frac{k l^2}{8f}; \quad k = \frac{4f}{l}; \quad \sin \varphi \text{ и } \cos \varphi \rightarrow \text{см. (3)}; \quad (5)$

д) для гиперболических арок (в таблице исходных данных обозначены буквой **Г**):

$$y = f + a - \sqrt{\frac{\left(\frac{l-x}{2}\right)^2}{k^2} + a^2}; \quad \operatorname{tg} \varphi = y' = -\frac{\left(\frac{l-x}{2}\right)}{k^2 \sqrt{\frac{\left(\frac{l-x}{2}\right)^2}{k^2} + a^2}};$$

где $a = \frac{l^2}{8k^2 f} - \frac{f}{2}; \quad k = \frac{l}{\pi f}; \quad \sin \varphi \text{ и } \cos \varphi \rightarrow \text{см. (3)}. \quad (6)$

Замечания к расчету арки:

1. Число участков разбивки пролета арки не должно быть менее 12, при этом обязательно дополнительно рассчитываются характерные сечения (слева и справа от точек приложения сосредоточенных сил).

2. Расчет арки может выполняться как с помощью ЭВМ – по программе «ARKATR» с вычислением вручную только опорных реакций и усилий в двух заданных сечениях, так и полностью вручную.

3. Усилия M , Q и N в сечениях арки могут определяться либо на основе общих правил определения внутренних усилий, либо с использованием формул:

$$M_x = M_x^0 - H \cdot y_x;$$

$$Q_x = Q_x^0 \cos \varphi_x - H \sin \varphi_x;$$

$$N_x = -(Q_x^0 \sin \varphi_x + H \cos \varphi_x).$$

Задание № 3

Расчёт статически определимой фермы

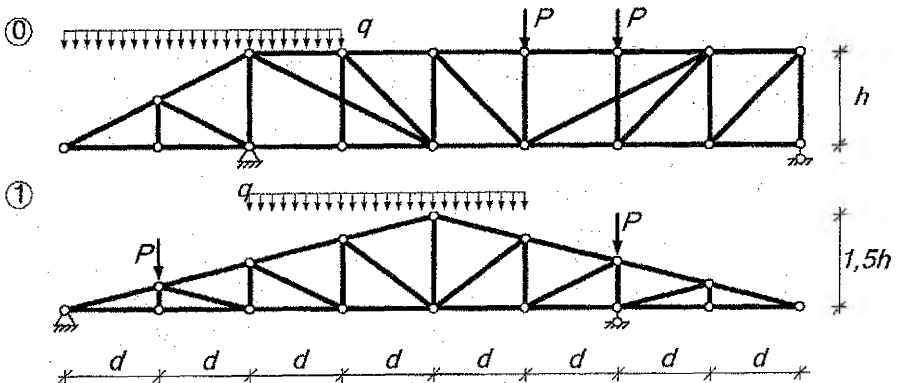
Для фермы требуется:

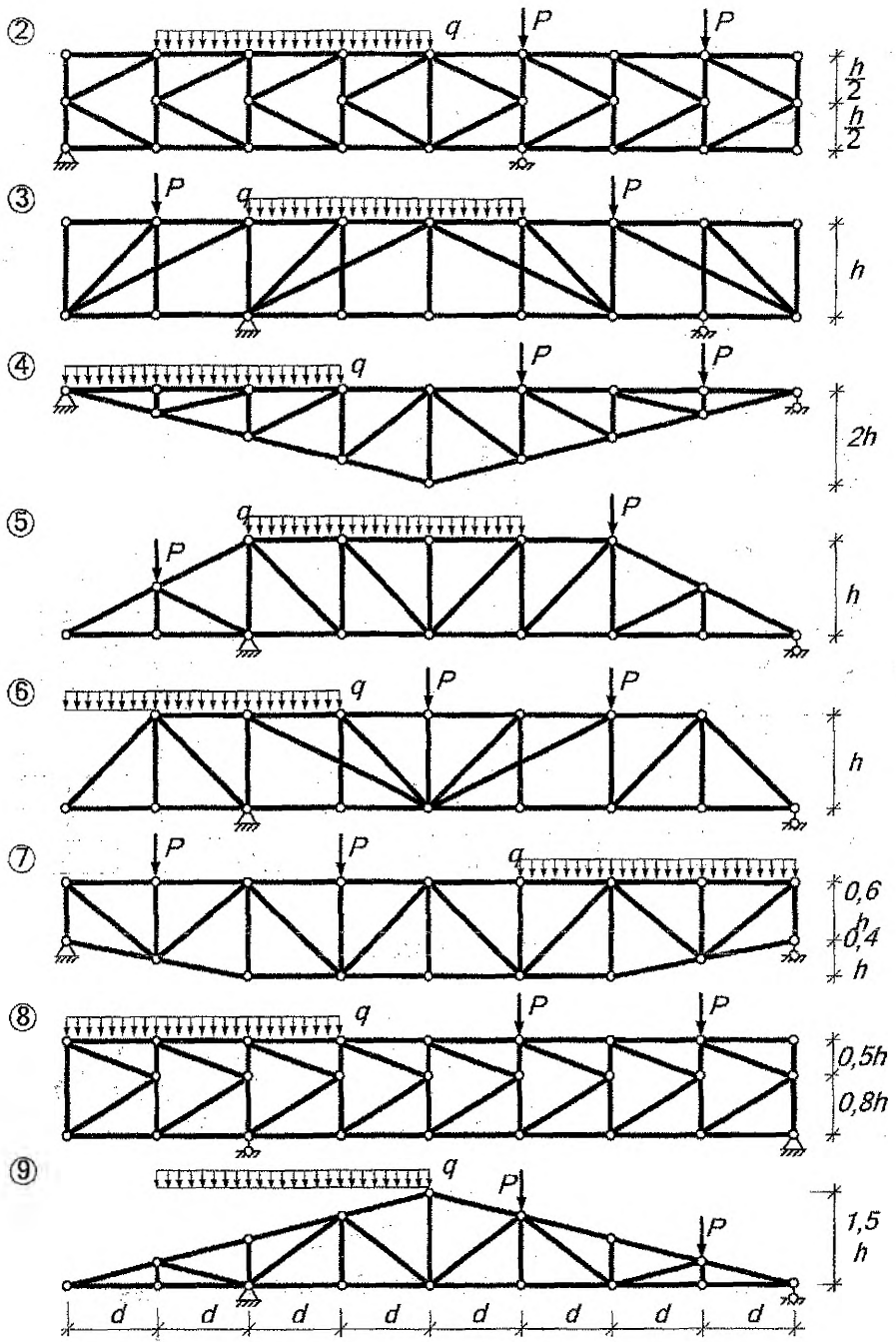
1. Определить аналитически усилия в стержнях заданной панели от постоянной нагрузки.
2. Построить линии влияния усилий в тех же стержнях.
3. Определить усилия в этих же стержнях от действия заданной нагрузки с помощью линий влияния и сравнить их с найденными аналитически в пункте 1.

Таблица исходных данных для плоской фермы

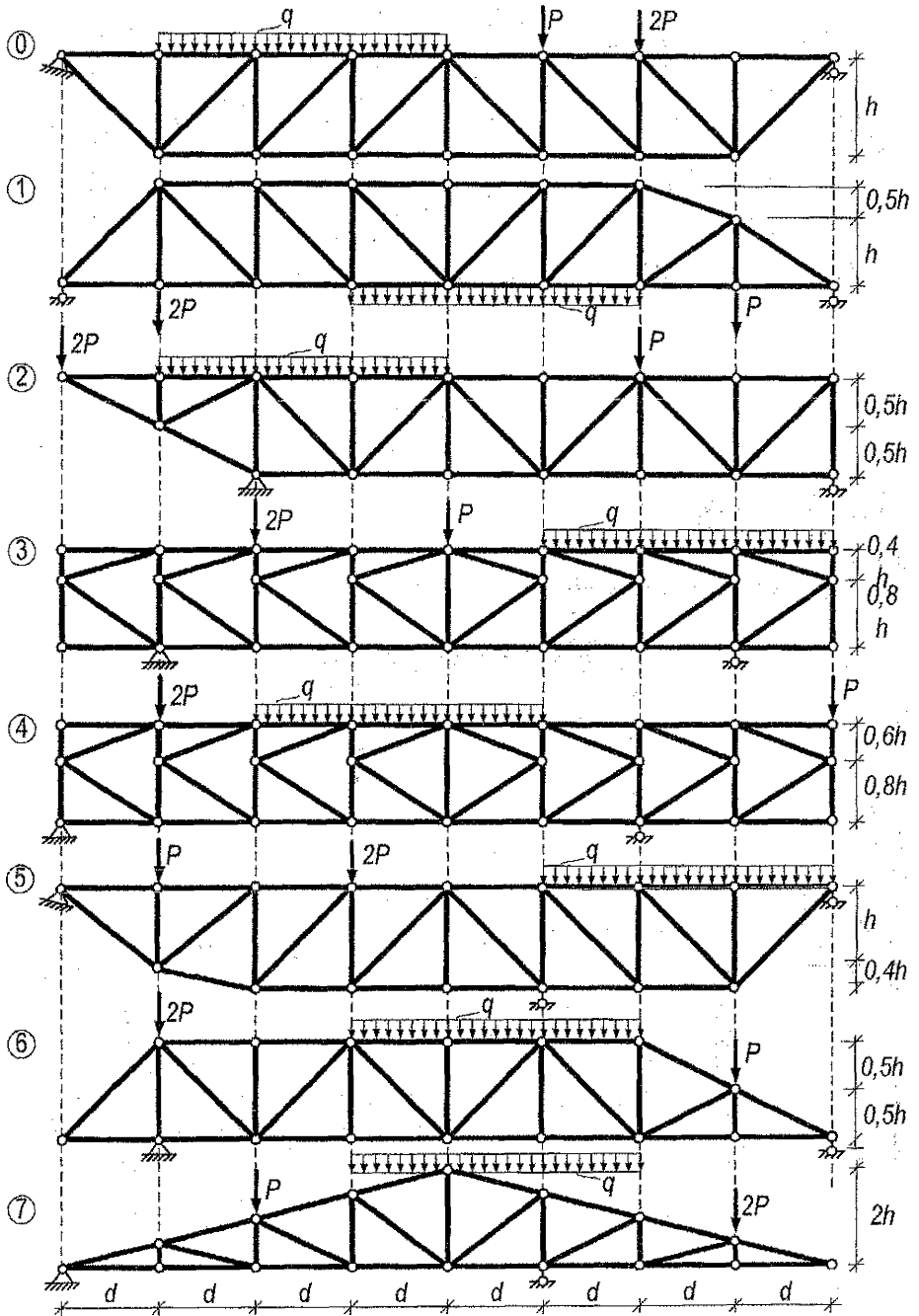
Первая цифра шифра (схема фермы)	P , кН	Вторая цифра шифра	h , м	Третья цифра шифра	q , кН/м	Четвёртая цифра шифра	d , м	Номер панели (считая слева)	Вариант
1	10	1	3,5	1	2,4	1	3,5	3	2
2	12	2	4,0	2	2,8	2	4,0	4	1
3	14	3	4,5	3	3,2	3	4,2	5	2
4	16	4	3,8	4	3,6	4	3,8	6	1
5	18	5	4,2	5	4,0	5	4,6	5	2
6	20	6	4,6	6	4,2	6	5,0	4	1
7	22	7	5,0	7	4,4	7	3,2	3	2
8	24	8	5,2	8	4,6	8	4,4	2	1
9	26	9	3,6	9	5,0	9	2,4	5	2
0	8	0	3,2	0	2,0	0	3,0	2	1

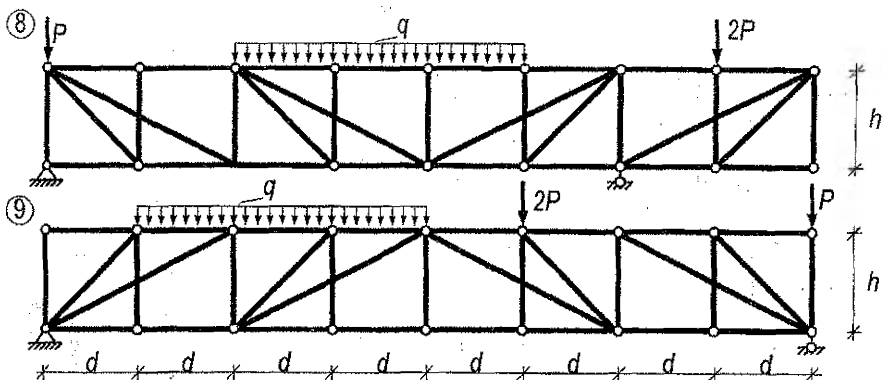
Схемы ферм. Вариант 1





Схемы ферм. Вариант 2





Задание № 4

Расчёт рамы методом сил

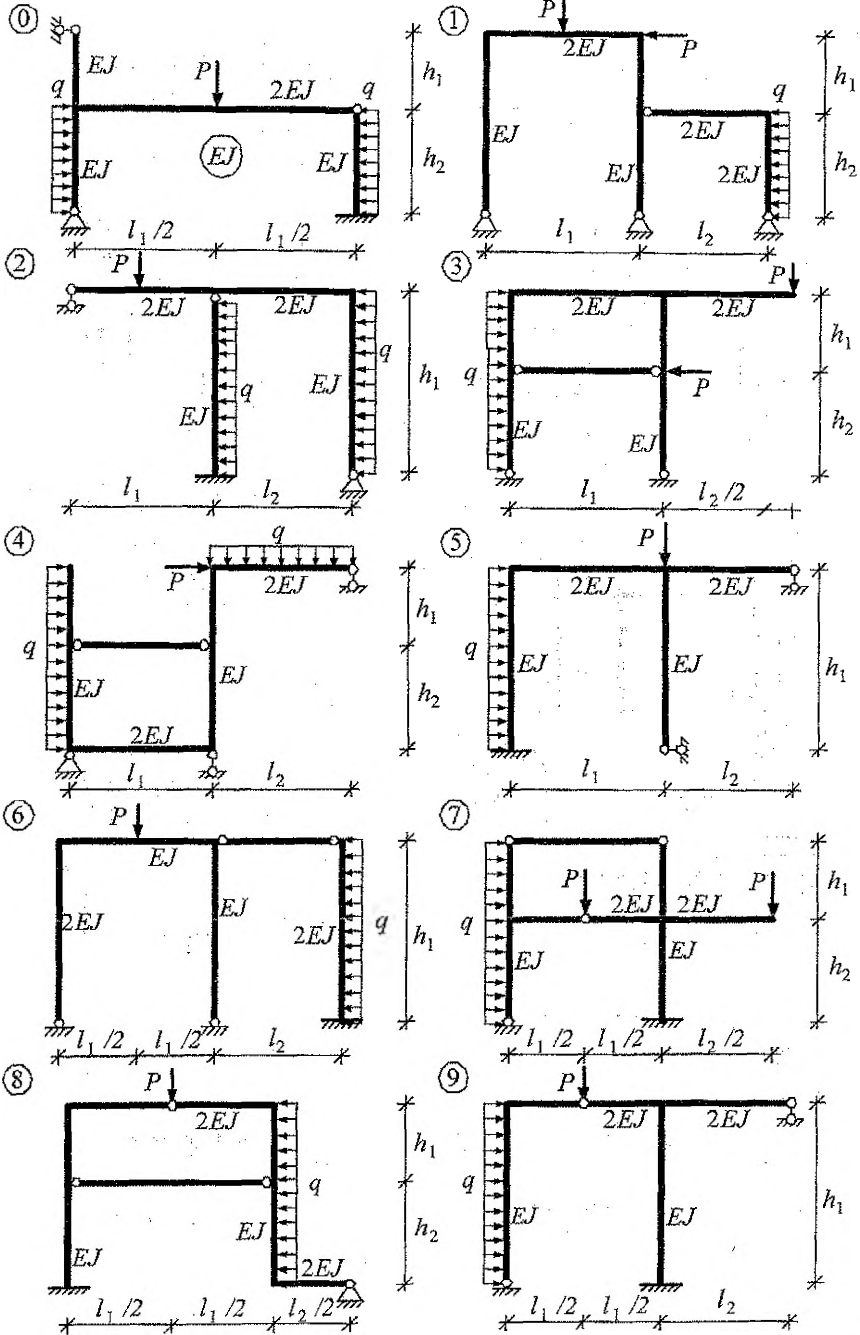
Для заданной рамы требуется:

1. Рассчитать раму методом сил и построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил.
2. Выполнить проверки правильности построенных эпюр.

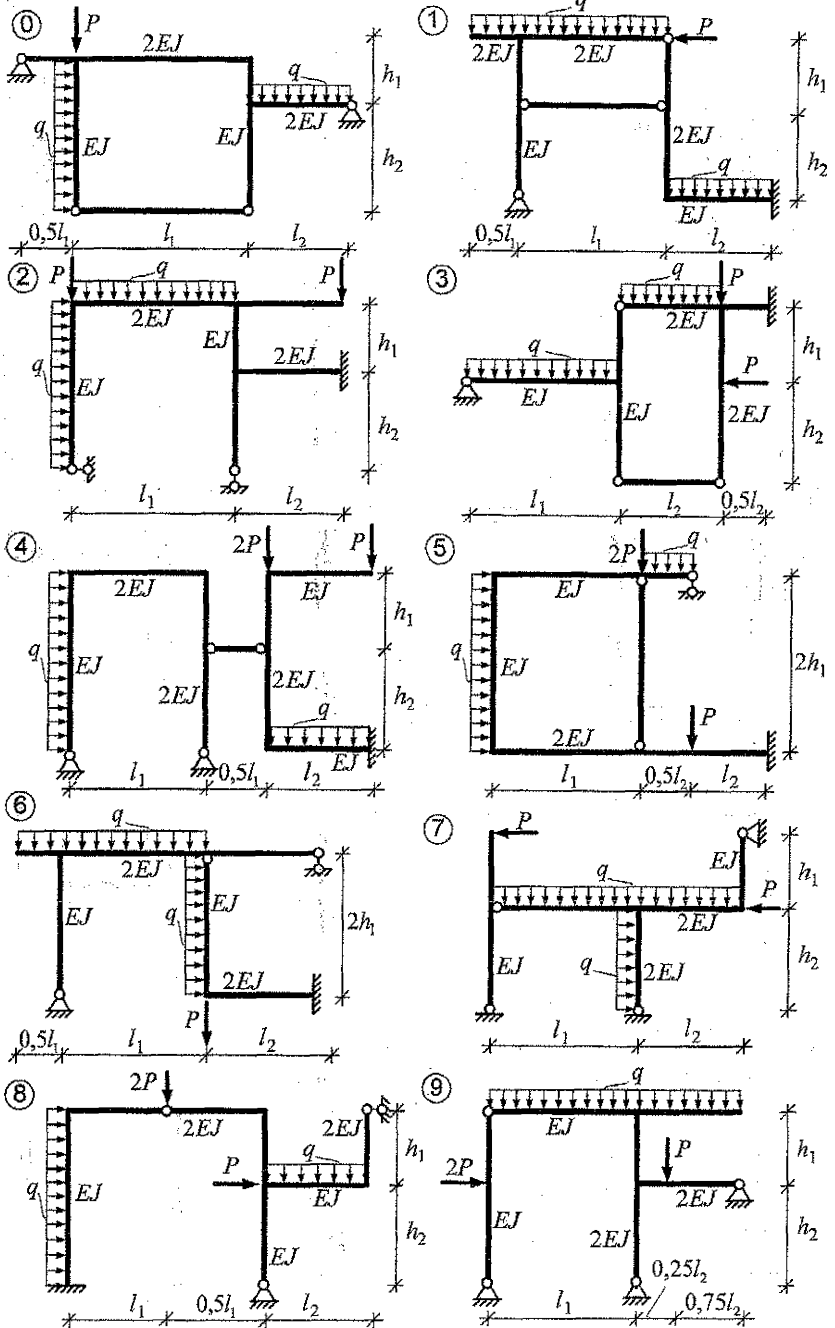
Таблица исходных данных:

Первая цифра шифра (схема рамы)	h_1 , м	P , кН	Вторая цифра шифра	l_1 , м	q , кН/м	Третья цифра шифра	h_2 , м	Четвёртая цифра шифра ра	l_2 , м	Вариант
1	4,5	12	1	6,2	2,4	1	4,8	1	5,2	2
2	5,0	14	2	6,4	2,6	2	5,4	2	5,4	1
3	3,8	16	3	6,6	2,8	3	5,5	3	5,6	2
4	3,6	18	4	6,8	3,0	4	5,2	4	4,8	1
5	5,2	20	5	7,0	3,2	5	3,6	5	4,6	2
6	5,5	22	6	7,2	3,4	6	3,8	6	4,4	1
7	5,4	24	7	7,4	3,6	7	5,0	7	4,2	2
8	4,8	26	8	7,6	3,8	8	4,5	8	4,0	1
9	3,8	28	9	7,8	4,0	9	4,0	9	6,0	2
0	4,0	10	0	6,0	2,0	0	3,8	0	5,0	1

Схемы рам. Вариант 1



Схемы рам. Вариант 2



Задание № 5

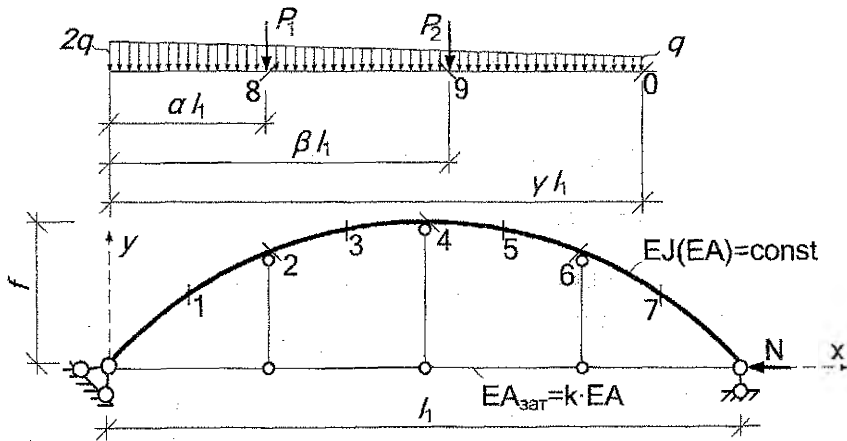
Расчёт двухшарнирной арки с затяжкой методом сил

Для двухшарнирной рамы требуется:

1. Определить степень статической неопределимости.
2. Выбрать основную систему.
3. Построить единичные и грузовые эпюры внутренних усилий в основной системе.
4. Вычислить коэффициенты канонических уравнений, решить их.
5. Построить окончательные эпюры внутренних усилий.
6. Выполнить деформационную проверку.

Расчет арки выполнить с помощью ПЭВМ по программе «Арка 2» или вручную.

Схема двухшарнирной арки с затяжкой



Геометрические характеристики арок:

а) для круговых арок – в таблице обозначены буквой **О** (окружность):

$$R = \frac{f}{2} + \frac{l_1^2}{8f}; \quad y = \sqrt{R^2 - \left(\frac{l_1}{2} - x\right)^2} - R + f;$$

$$\sin \varphi = \frac{l_1 - 2x}{2R}; \quad \cos \varphi = \frac{y + R - f}{R};$$

б) для параболических арок – в таблице обозначены буквой **П**:

$$y = \frac{4f}{l_1^2} x(l_1 - x); \quad \operatorname{tg} \varphi = y' = \frac{4f}{l_1^2} (l_1 - 2x);$$

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}; \quad \sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \varphi;$$

в) для синусоидальных арок – в таблице обозначены буквой **С**:

$$y = f \sin \frac{\pi x}{l_1}; \quad \operatorname{tg} \varphi = y' = \frac{\pi f}{l_1} \cos \frac{\pi x}{l_1}; \quad \sin \varphi \text{ и } \cos \varphi \rightarrow \text{см. пункт б};$$

г) для эллипсоидальных арок – в таблице обозначены буквой **Э**:

$$y = k \sqrt{a^2 - \left(\frac{l_1}{2} - x\right)^2} - ka + f; \quad \operatorname{tg} \varphi = y' = \frac{k \left(\frac{l_1}{2} - x\right)}{\sqrt{a^2 - \left(\frac{l_1}{2} - x\right)^2}};$$

где $a = \frac{f}{2k} + \frac{k l_1^2}{8f}; \quad k = \frac{4f}{l}; \quad \sin \varphi \text{ и } \cos \varphi \rightarrow \text{см. пункт б}.$

Задание № 6

Расчёт рамы методом перемещений

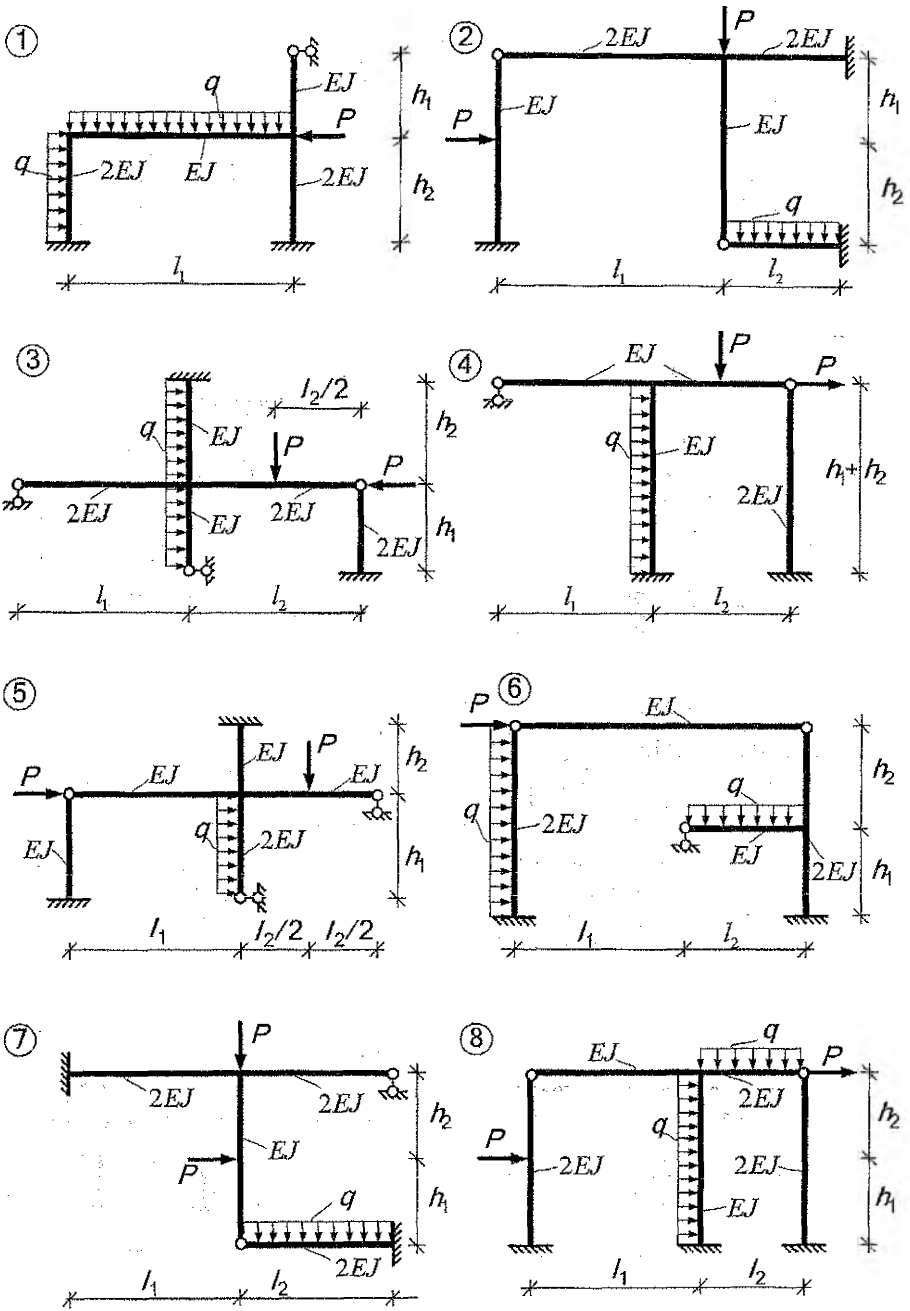
Для заданной рамы требуется:

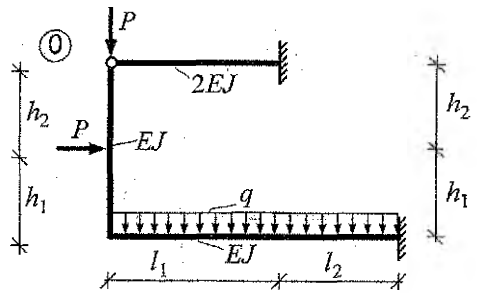
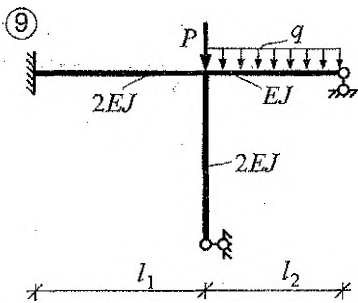
1. Рассчитать раму методом перемещений и построить эпюры внутренних усилий в ней.
2. Выполнить статические и деформационную проверки.

Таблица исходных данных для рам

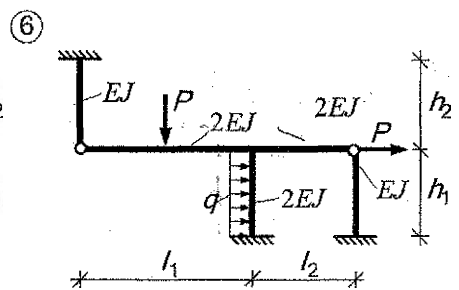
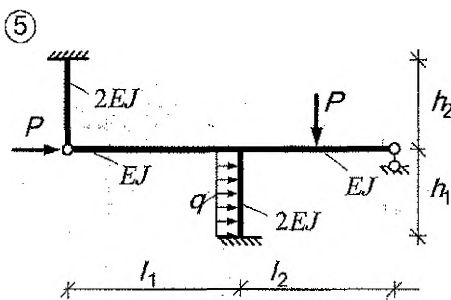
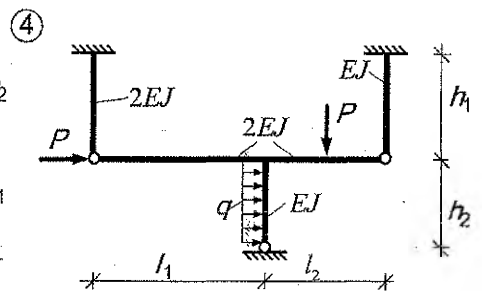
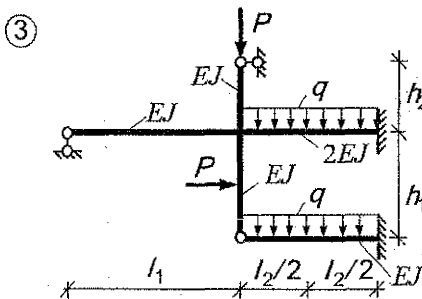
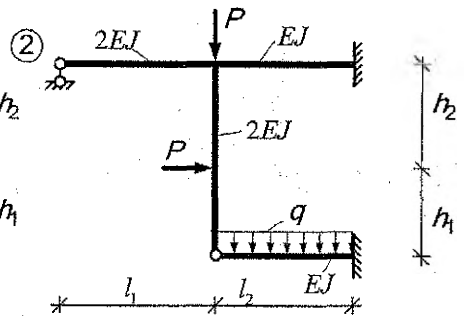
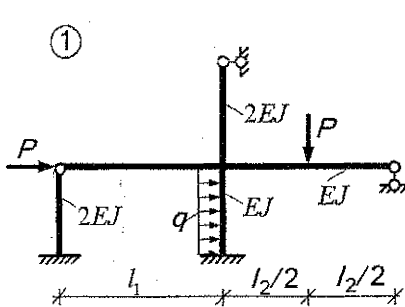
Первая цифра шифра (схема рамы)	$h_1,$ м	$P,$ кН	Вторая цифра шифра	$l_1,$ м	$q,$ кН/м	Третья цифра шифра	$h_2,$ м	Четвёртая цифра шифра ра	$l_2,$ м	Вариант
1	3,0	10	1	4,0	3,8	1	6,2	1	3,6	2
2	3,5	12	2	4,2	3,6	2	6,0	2	3,8	1
3	3,8	14	3	4,4	3,4	3	5,4	3	4,0	2
4	3,6	16	4	4,6	3,2	4	5,2	4	4,2	1
5	4,0	13	5	4,8	3,0	5	4,6	5	4,4	2
6	4,2	15	6	5,0	2,8	6	5,5	6	4,6	1
7	4,4	17	7	5,2	2,6	7	5,0	7	4,8	2
8	5,0	18	8	5,4	2,4	8	4,8	8	5,0	1
9	5,6	19	9	5,6	2,2	9	4,4	9	5,2	2
0	6,2	20	0	5,8	2,0	0	4,2	0	5,4	1

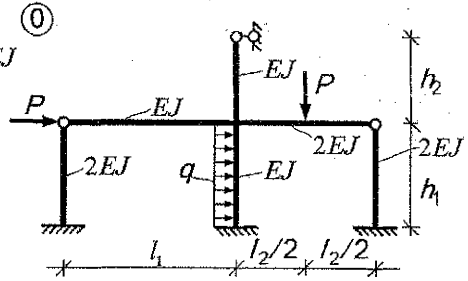
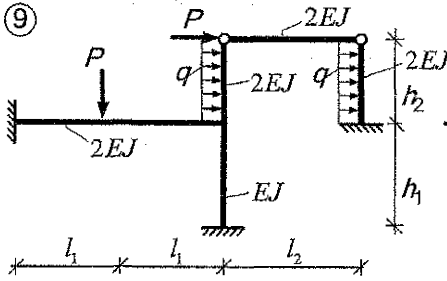
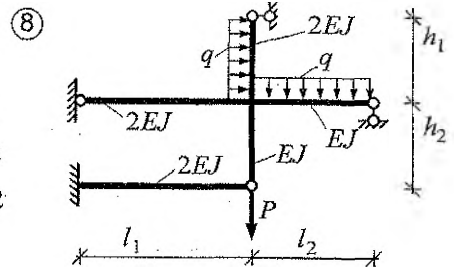
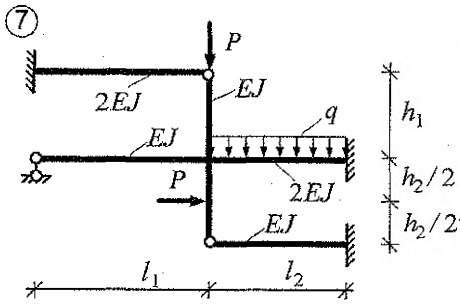
Схемы рам. Вариант 1





Схемы рам. Вариант 2





Литература,

рекомендуемая к использованию при изучении материала и выполнении расчётно-проектировочных работ.

1. Строительная механика / Под ред. А.В. Даркова. – М.: Высшая школа, 1976. – 600с.
2. Довнар Е.П., Коршун Л.И. Строительная механика. – Мн.: Вышэйшая школа, 1989. – 310с.
3. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики. Статика стержневых систем / Под ред. Г.К. Клейна. – М.: Высшая школа, 1980. – 384с.
4. Построение эпюр внутренних усилий в статически определимых рамно-стержневых системах: Методические указания по дисциплине «Строительная механика» для студентов строительных специальностей / В.И. Игнатюк; БГТУ. – Брест, 2002. – 36с.
5. Метод сил в расчётах статически неопределимых рам. Методические указания по дисциплине «Строительная механика» для студентов строительных специальностей / В.И. Игнатюк; БГТУ. – Брест, 2003. 60с.

Учебное издание

Составитель: Севостьянова Инна Ивановна

Задания к расчетно-проектировочным работам по дисциплине «Строительная механика»

для студентов специальностей

1-70 02 01 «ПГС» (на базе среднего специального образования);

1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью».

Ответственный за выпуск: Севостьянова И.И.

Редактор: Строкач Т.В.

Компьютерный набор и верстка Девентейчик А.А.

Корректор Никитчик В.В.

Подписано к печати 15.01.2008
Times New Roman. Усл. печ. л. 1, 6
но на ризографе Учреждения обра-
верситет». 224017, Брест, ул. Моск

рмат 60×84/16. Бумага Снегурочка. Гарнитура
д. л. 1,75. Тираж 100 экз. Заказ № 53. Отпечата-
я «Брестский государственный технический уни-
, 267.