

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

**Институт строительства, природообустройства и ландшафтной архитектуры  
Кафедра строительства зданий и сооружений**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
текущего контроля/промежуточной аттестации обучающихся при освоении  
ОПОП ВО**

по дисциплине  
*«Строительная механика»*

Уровень высшего образования  
БАКАЛАВРИАТ

**Направленность образовательной программы (профиль)  
Промышленное и гражданское строительство**

Очная, очно-заочная формы обучения

Год начала подготовки – 2025

Санкт-Петербург  
2025 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Паспорт фонда оценочных средств .....	3
2. Примерный перечень оценочных средств .....	3
3. Показатели и критерии компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания .....	4
4. Показатели, критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций .....	5
5. Перечень контрольных заданий и иных материалов, необходимых для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности .....	6
5.1. Перечень контрольных заданий и иных материалов, необходимых для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности .....	6
5.1.1 Вопросы к дифференцированному зачёту по дисциплине «Строительная механика» .....	6
5.1.2 Вопросы к экзамену по дисциплине «Строительная механика» .....	7
5.2. Типовые задания для текущего контроля успеваемости .....	8
5.2.1. Тестовые вопросы по темам 1 – 7 .....	8
5.2.2. Контрольные вопросы по темам .....	14
5.3. Комплект заданий для промежуточного контроля знаний .....	23
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций .....	77
7. Доступность и качество образования для лиц с ОВЗ .....	79

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Таблица 1

№ п/п	Формируемые компетенции	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочное средство
1.	<p style="text-align: center;"><b>ИПК-7</b></p> <p>ИПК-7<sub>ид-з</sub>:</p> <p style="padding-left: 20px;">Знать: профессиональную строительную терминологию; виды и методики расчетов строительных конструкций; правила оформления расчетов строительных конструкций;</p> <p style="padding-left: 20px;">Уметь: определять необходимый перечень расчетов для проектирования строительных конструкций;</p> <p style="padding-left: 20px;">Владеть: способностью производить расчет, подбор сечений и проверку несущей способности элементов несущих строительных конструкций, оснований и фундаментов здания или сооружения, а также оформлять расчеты.</p>	Темы 1÷10	<p>Практические занятия</p> <p>Расчётно графические работы;</p> <p>Тесты</p> <p>Дифференцированный зачёт</p> <p>Экзамен</p>

## 2. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Таблица 2

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1.	Практические занятия	Средство контроля усвоения учебного материала темы или раздела дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися решением конкретной задачи	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2.	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Фонд тестовых заданий
3.	Расчётно графическая работа	Средство для проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект индивидуальных заданий



### 3. ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

Таблица 3

Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично	
<b>ПК-7 Способность выполнять расчеты строительных конструкций, оснований и фундаментов зданий и сооружений</b>					
<b>ИПК-7<sub>ид-3</sub></b>					
Расчет, подбор сечений и проверка несущей способности элементов несущих строительных конструкций, оснований и фундаментов здания или сооружения, а также оформление расчетов					
<b>Знать</b> профессиональную строительную терминологию; виды и методики расчетов строительных конструкций; правила оформления расчетов строительных конструкций	Уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Коллоквиум
<b>Уметь</b> определять необходимый перечень расчетов для проектирования строительных конструкций	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Контрольная работа
<b>Владеть</b> способностью производить расчет, подбор сечений и проверку несущей способности элементов несущих строительных конструкций, оснований и фундаментов здания или сооружения, а также оформлять расчеты	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Курсовая работа; курсовой проект

#### 4. Показатели, критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Таблица 4

Индикаторы компетенции	Оценки сформированности компетенций			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов
Характеристика сформированности компетенции	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач
Уровень сформированности компетенций	Низкий	Ниже среднего	Средний	Высокий



## 5. ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ И ИНЫХ МАТЕРИАЛОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1. Перечень контрольных заданий и иных материалов, необходимых для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности

#### 5.1.1 Вопросы к дифференцированному зачёту по дисциплине «Строительная механика»

№ п/п	Вопрос
1	Предмет и задачи дисциплины «Строительная механика»
2	Расчетные схемы сооружений. Классификация расчетных схем.
3	Степени свободы расчетных схем. Статически определимые и неопределимые системы.
4	Виды опор. Понятие связей.
5	Принципы образования геометрически неизменяемых систем.
6	Кинематический анализ расчетных схем. Условия статической определимости.
7	Мгновенно изменяемые системы, (МИС). Признаки МИС
8	Шарнирно-сочлененные статически определимые балки. Общие сведения и классификация.
9	Статическая определимость и геометрическая неизменяемость шарнирно-сочлененных балок.
10	Типы шарнирно-сочлененных статически определимых балок. Правила расстановки шарниров в балках.
11	Последовательность расчета шарнирно-сочлененных балок. Схемы взаимодействия балок.
12	Расчет шарнирно-сочлененных балок. Правила построения эпюр внутренних усилий в балке.
13	Проверка правильности построения эпюр внутренних усилий в балке. Зависимости между эпюрами моментов поперечных сил.
14	Общие сведения о рамах. Статическая определимость и геометрическая неизменяемость рам.
15	Определение опорных реакций в трёхшарнирных рамах.
16	Определение внутренних усилий в трехшарнирной раме. Правило знаков.
17	Проверки правильности построения эпюр усилий в рамах.
18	Трехшарнирные арки. Общие сведения. Классификация.
19	Определение опорных реакций и усилий в затяжке в трехшарнирных арках.
20	Определение изгибающего момента в сечениях трехшарнирной арки.
21	Определение поперечной и продольной сил в сечениях трехшарнирной арки.
22	Общие сведения о фермах. Классификация.
23	Определение усилий в стержнях ферм методом вырезания узлов.
24	Определение усилий в стержнях ферм методом сечений.
25	Определение усилий в стержнях ферм методом моментной точки.
26	Определение усилий в стержнях ферм графическим методом.
27	Частные случаи нагружения ферм. Признаки «нулевых» стержней.
28	Понятие о линиях влияния. Построение линий влияния опорных реакций в простой и консольной балке.
29	Понятие о линиях влияния. Построение линий влияния изгибающего момента в простой и консольной балке.
30	Понятие о линиях влияния. Построение линий влияния поперечной силы в простой и консольной балке.
31	Построение линий влияния опорных реакций в шарнирно-сочлененной балке.

32	Построение линий влияния изгибающего момента в шарнирно-сочлененной балке.
33	Построение линий влияния поперечной силы в шарнирно-сочлененной балке.
34	Построения линий влияния усилий в стержнях верхнего и нижнего поясов фермы.
35	Построение линий влияния в стойках и раскосах фермы.
36	Вычисление усилий по линиям влияния от неподвижных нагрузок.
37	Вычисление усилий по линиям влияния от системы подвижных сосредоточенных грузов. Невыгоднейшее положение нагрузки.
38	Вычисление усилий по линиям влияния от подвижной распределенной нагрузки.
39	Вычисление усилий по линиям влияния от системы подвижных распределённых нагрузок.

### 5.1.2 Вопросы к экзамену по дисциплине «Строительная механика»

№ п/п	Вопрос
1	Понятие о перемещениях. Действительная работа внешних сил.
2	Возможные перемещения. Теорема о взаимности возможных работ внешних сил.
3	Теорема о равенстве возможных работ внешних и внутренних сил.
4	Вывод теоремы перемещений (формулы Мора).
5	Теорема о взаимности работ внешних и внутренних сил (теорема Бетти).
6	Теорема о взаимности перемещений (теорема Максвелла).
7	Определение перемещений (общая формула Мора).
8	Формула перемещений в частных случаях (балки, арки, фермы).
9	Правило Верещагина для вычисления интеграла Мора.
10	Перемещения, вызванные изменением температуры.
11	Перемещения от осадки опор.
12	Статически неопределимые стержневые системы. Степень статической неопределимости.
13	Основные свойства статически неопределимых систем.
14	Основная система метода сил. Требования, предъявляемые к основной системе.
15	Канонические уравнения метода сил.
16	Вычисление коэффициентов и свободных членов системы канонических уравнений методом сил.
17	Построение окончательных эпюр изгибающих моментов по методу сил.
18	Проверка правильности вычисления коэффициентов и свободных членов канонических уравнений по методу сил.
19	Проверка окончательной эпюры изгибающих моментов по методу сил.
20	Построение эпюр продольных и поперечных сил в заданной системе по методу сил.
21	Использование симметрии при расчете рам методом сил.
22	Группировка неизвестных при расчете симметричных рам методом сил.
23	Кинематическая неопределимость рам. Степень кинематической неопределимости.
24	Основная система метода перемещений.
25	Канонические уравнения метода перемещений.
26	Вычисление коэффициентов и свободных членов системы канонических уравнений по методу перемещений.
27	Построение окончательных эпюр изгибающих моментов по методу перемещений.
28	Построение эпюр продольных и поперечных сил в заданной системе по методу перемещений.
29	Матричный метод расчёта рам. Теорема о работе концевых усилий.

30	Определение реакций в наложенных связях в основной системе метода перемещений в матричной форме.
31	Матричная форма расчета статически неопределимых систем методом перемещений.
32	Смешанный метод расчета рам.
33	Комбинированный метод расчета рам.
34	Расчет неразрезных балок методом сил. Основная система.
35	Уравнение трех моментов.
36	Последовательность построения эпюр усилий в неразрезных балках.
37	Объемлющие эпюры усилий. Основные понятия и способы построения.
38	Основные определения метода конечных элементов, (МКЭ).
39	Конечный элемент. Матрица жесткости конечного элемента в местной системе координат.
40	Матрица преобразований (направляющих косинусов)
41	Порядок расчета стержневых систем методом конечных элементов
42	Динамика сооружений. Классификация динамических нагрузок
43	Динамика сооружений. Степени свободы систем.
44	Динамика сооружений. Колебания систем с одной степенью свободы
45	Динамика сооружений. Свободные колебания систем без учета их сил сопротивления
46	Вынужденные колебания систем с одной степенью свободы. Явление резонанса
47	Свободные колебания систем с двумя степенями свободы.
48	Колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.
49	Предмет и задачи устойчивости сооружений.
50	Критерии определения устойчивости упругих систем
51	Задача Эйлера
52	Устойчивость стержней с различными концевыми условиями их закрепления

## 5.2. Типовые задания для текущего контроля успеваемости

### 5.2.1. Тестовые вопросы по темам 1 – 7

№ п/п	Вопрос	№№ ответов	Варианты ответов
1	«Строительная механика – это...	1 2 3 4	-наука, изучающая распределение внутренних напряжений в зависимости от внешней нагрузки; -наука, изучающая методы расчёта сооружений на прочность, жёсткость и устойчивость; -наука, изучающая методы расчёта на прочность, жёсткость и устойчивость железобетонных и металлических конструкций; -наука, изучающая методы расчёта брусьев на прочность, жёсткость и устойчивость
2	Расчётная схема сооружения – это...	1 2 3 4	-изображение реального сооружения, учитывающее все его свойства; -геометрически неизменяемая система стержней, отражающая все свойства сооружения; -упрощённое изображение реального сооружения, учитывающее все его свойства; -упрощённое изображение реального сооружения, учитывающее его основные свойства.

3	Строительная механика занимается расчётом :	1 2 3 4	-геометрически изменяемых систем; -мгновенно изменяемых систем; -геометрически неизменяемых систем; -всеми вышеперечисленными системами
4	Диск на плоскости обладает степенями свободы:	1 2 3 4	-одной; -двумя; -тремя; -четырьмя
5	Числом степеней свободы системы (W) называется:	1 2 3 4	-наименьшее число независимых геометрических параметров, определяющих положение всех масс системы; -число опорных связей, соединяющих сооружение с основанием; -число отдельных дисков, из которых состоит система; -наименьшее число опорных связей, необходимое для жёсткой связи диска с основанием.
6	Число степеней свободы системы без замкнутых контуров на плоскости (W) определяется из выражения:	1 2 3 4	$W=3 \times D + 2 \times Ш + C_0$ $W=3 \times D - 2 \times Ш - C_0$ $W=3 \times D + 2 \times Ш - C_0$ $W=3 \times D - 2 \times Ш + C_0$
7	В статически определимой системе число степеней свободы равно:	1 2 3 4	$W=3$ $W=-1$ $W=1$ $W=0$
8	В статически неопределимой системе число степеней свободы равно:	1 2 3 4	$W < 0$ $W \leq 0$ $W \geq 0$ $W > 0$
9	В шарнирносочленённых статически определимых балках необходимое число шарниров определяется из выражения:	1 2 3 4	$Ш=C_0-3$ $Ш=C_0+3$ $Ш=3D-C_0$ $Ш=3D+C_0$
10	Линией влияния какого-либо усилия называется:	1 2 3 4	- график изменения указанного усилия от действия системы единичных сосредоточенных сил; -график изменения указанного усилия в фиксированном сечении от положения на сооружении единичного безразмерного груза; -график изменения указанного усилия в фиксированном сечении от положения на сооружении системы единичных грузов; -график изменения указанного усилия в фиксированном сечении от действия на сооружение внешней нагрузки;

11	Усилие в сечении элемента по линии влияния от действия системы неподвижных сосредоточенных грузов определяется из выражения:	1 2 3 4	$S = \sum P_i y_i + \sum \omega_j q_j$ $S = \sum P_i y_i - \sum \omega_j q_j$ $S = \sum P_i y_i$ $S = \sum \omega_j q_j$
12	Усилие в сечении элемента по линии влияния от действия системы неподвижных распределённых нагрузок определяется из выражения:	1 2 3 4	$S = \sum P_i y_i + \sum \omega_j q_j$ $S = \sum P_i y_i - \sum \omega_j q_j$ $S = \sum P_i y_i$ $S = \sum \omega_j q_j$
13	Усилие в сечении элемента по линии влияния от действия системы неподвижных сосредоточенных и распределённых нагрузок определяется из выражения:	1 2 3 4	$S = \sum P_i y_i + \sum \omega_j q_j$ $S = \sum P_i y_i - \sum \omega_j q_j$ $S = \sum P_i y_i$ $S = \sum \omega_j q_j$
14	Распором в арке называется:	1 2 3 4	-горизонтальная реакция в замке арки от действия гидростатической нагрузки; -горизонтальная опорная реакция от действия вертикальной нагрузки; -горизонтальная реакция в замке арки от действия вертикальной сосредоточенной нагрузки; -вертикальная опорная реакция от действия гидростатической нагрузки;
15	Величина распора в трёхшарнирной арке определяется из выражения:	1 2 3 4	$H = M_c^0 / (f-t)$ $H = M_x^0 / (f-t)$ $H = M_c^0 / (f+t)$ $H = M_x^0 / (f+t)$
16	Изгибающий момент в сечении трёхшарнирной арки определяется из выражения:	1 2 3 4	$M_x = M_c^0 - H y$ $M_x = M_x^0 + H y$ $M_x = M_c^0 + H y$ $M_x = M_x^0 - H y$
17	Число степеней свободы плоской фермы можно определить из выражения:	1 2 3 4	$W = 2Y - C - C_0$ $W = 3Y - C + C_0$ $W = 2Y - C + C_0$ $W = 3Y - C - C_0$
18	Число стержней в статически определимой ферме	1 2 3 4	$C = 2Y + 3$ $C = 2Y - 3$ $C = 3Y + 3$ $C = 3Y - 3$

	должно соответствовать:		
19	Величина $\delta_{ik}$ обозначает:	1 2 3 4	- перемещение, вызванное $i$ -той единичной безразмерной силой по направлению $k$ -той силы; - перемещение по направлению $i$ -той силы, вызванное $k$ -той обобщённой силой; - перемещение по направлению $i$ -той силы, вызванное $k$ -той единичной безразмерной силой; - перемещение, вызванное $i$ -той внешней силой по направлению $k$ -той обобщённой силы;
20	Теорема о работе внешних сил, приложенных статически. (теорема Клапейрона):	1 2 3 4	$W = \alpha P / \Delta$ $W = \alpha \Delta / P$ $W = \alpha P \Delta dx$ $W = \alpha P \Delta$
21	Теорема о взаимности работ, (теорема Бетти):	1 2 3 4	$w_{21} = w_{12}$ $w = w_{11} + w_{12} + w_{22}$ $w = w_{21} + w_{22} + w_{11}$ $w_{11} = w_{22}$
22	Теорема о взаимности перемещений, (теорема Максвелла):	1 2 3 4	$\delta = \delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{22}$ $\delta_{21} = \delta_{12}$ $\delta = \delta_{21} + \delta_{22} + \delta_{11}$ $\delta_{11} = \delta_{22}$
23	Упрощённая формула Мора для вычисления перемещений в изгибаемых системах:	1 2 3 4	$\Delta_{1P} = \sum \int (N_{NP} / EF) dx$ $\Delta_{1P} = \sum \int (M_1 M_P / EI) dx + \sum \int (N_1 N_P / EF) dx$ $\Delta_{1P} = \sum \int (M_1 M_P / EI) dx$ $\Delta_{1P} = \sum \int \eta (Q_1 Q_P / GF) dx$
24	Правило Верещагина для вычисления интеграла Мора:	1 2 3 4	$\int M_1 M_P dx = x_0 \operatorname{tg} \alpha$ $\int M_1 M_P dx = \omega_i \operatorname{tg} \alpha$ $\int M_1 M_P dx = y_{kt} \operatorname{tg} \alpha$ $\int M_1 M_P dx = \omega_i y_k$
25	Степень статической неопределимости плоских систем с замкнутыми контурами определяется из выражения:	1 2 3 4	$L = 3K - 3Д + 2Ш + C_0$ $L = 3K + 3Д + 2Ш + C_0$ $L = 3K - 3Д - 2Ш + C_0$ $L = 3K + 3Д - 2Ш + C_0$
26	Основная система метода сил получается из исходной системы:	1 2 3 4	- добавлением жёстких заделок в шарнирные узлы; - путём отбрасывания «лишних» связей; - путём добавления связей, препятствующих линейным перемещениям жёстких узлов; - любым из выше перечисленных методов.

27	Каноническое уравнение метода сил для 1 раз статически неопределимой системы:	1 2 3 4	$\delta_{11}X_1 - \Delta_{1P} = W$ $\delta_{11}X_1 - \Delta_{1P} = 1$ $\delta_{11}X_1 + \Delta_{1P} = 0$ $\delta_{11}X_1 + \Delta_{1P} = W$
28	Окончательная эпюра изгибающих моментов для 1 раз статически неопределимой системы строится по выражению:	1 2 3 4	$M = M_P - M_1X_1 - M_2X_2$ $M = M_P + M_1X_1 + M_2X_2$ $M = M_P - M_1X_1$ $M = M_P + M_1X_1$
29	Расчёт статически неопределимых систем, состоящих из большого количества замкнутых контуров, рекомендуется выполнять:	1 2 3 4	-методом сил; -методом перемещений; -методом конечных элементов; -любым из вышеперечисленных методов
30	При расчёте рам методом сил в результате умножения симметричных и антисимметричных эпюр получается:	1 2 3 4	-1 1 0 Л (число лишних связей системы)
31	Основная система метода перемещений получается из исходной системы:	1 2 3 4	-добавлением жёстких заделок в шарнирные узлы; - путём добавления связей, препятствующих линейным и угловым перемещениям жёстких узлов; - путём отбрасывания «лишних» связей; -любым из выше перечисленных методов.
32	Число неизвестных при расчёте рам методом перемещений:	1 2 3 4	$n = n_y + n_L$ $n = n_y + n_L + 3D - C_0$ $n = n_y + n_L + 3D - 2Ш - C_0$ $n = n_y + n_L - 3D - C_0$
33	Каноническое уравнение метода перемещений для системы с 1 неизвестным:	1 2 3 4	$r_{11}Z_1 - R_{1P} = W$ $r_{11}Z_1 - R_{1P} = 1$ $r_{11}Z_1 + R_{1P} = 0$ $r_{11}Z_1 + R_{1P} = W$
34	Двухшарнирная арка является:	1 2 3 4	-статически определимой системой; -1 раз статически неопределимой системой; -2 раз статически неопределимой системой; -3 раз статически неопределимой системой;
35	Безшарнирная арка является:	1 2 3 4	-статически определимой системой; -1 раз статически неопределимой системой; -2 раз статически неопределимой системой; -3 раз статически неопределимой системой;

36	Кольцо является:	1	-3 раз статически неопределимой системой;
		2	-2 раз статически неопределимой системой;
		3	-1 раз статически неопределимой системой;
		4	-статически определимой системой;
37	Уравнение «трёх моментов» применяется для расчётов:	1	-разрезных, статически определимых балок;
		2	-неразрезных, балок;
		3	-статически неопределимых арок и колец;
		4	-статически неопределимых ферм.

**Таблица ответов к тестовым заданиям.**

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№ ответа	♠	♦	♣	♥	♠	♦	♣	♥	♠	♦	♣	♥

№ вопроса	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
№ ответа	♠	♦	♣	♥	♠	♦	♣	♥	♠	♦	♣	♥

№ вопроса	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
№ ответа	♠	♦	♣	♥	♠	♦	♣	♥	♠	♦	♣	♥	♠

## 5.2.2. Контрольные вопросы по темам.

### Вопросы по теме 1

1. Что такое строительная механика?
2. Что понимается под расчётом сооружения (конструкции )
3. Каковы предмет и объект строительной механики?
4. Что такое расчётная схема сооружения?
5. Как изображаются на расчётной схеме элементы разных типов, (стержневые, пластинчато-оболочечные, массивные)?
6. Каковы условные изображения на расчётной схеме соединений элементов и опорных устройств?
7. По каким признакам классифицируются нагрузки и воздействия на сооружения? Перечислить типы нагрузок и воздействий.
8. Почему для одного и того же сооружения (конструкции) возможно формирование разных вариантов расчётной схемы? Чем они могут различаться?
9. По каким основным признакам и как классифицируются расчётные схемы сооружений?
10. Каковы основные типы плоских стержневых систем?
11. Что такое кинематический анализ? Его назначение?
12. Назовите основные понятия кинематического анализа.
13. Дайте определение диска. Что может быть диском?
14. Что такое диск «земля» и какими свойствами он наделяется?
15. Дайте определение связей. Как классифицируются связи по основным признакам?
16. Перечислите типы связей плоских систем и для каждого из них дайте кинематическую характеристику.
17. Каковы статические характеристики разных типов связей плоских систем?
18. Дайте разные варианты изображения связей плоских систем.
19. Что такое степени свободы и какие величины могут выступать в качестве степеней свободы?
20. Сколько степеней свободы имеет жесткий диск в пространстве и в плоскости? А точка?
21. Ответы на какие главные вопросы даются в ходе кинематического анализа?
22. Назовите этапы кинематического анализа.
23. Дайте определение количественного анализа.
24. Какие припайки (шарниры) называются сложными (кратными)? Как определяется число эквивалентных им простых припаяк (шарниров)?
25. Какой вид имеет необходимое условие геометрической неизменяемости системы? Почему оно является недостаточным?
26. Что такое  $W$  ? Как вычисляется эта характеристика?
27. Какой вывод делается по результатам кинематического анализа, если получается  $W > 0$  ?
28. Для чего используются типовые способы геометрически неизменяемого соединения дисков?
29. Какие выводы делаются по результатам структурного анализа системы? Какие системы называются статически определимыми?
30. При выполнении каких условий система может рассматриваться как статически определимая?
31. Может ли быть статически неопределимой задача определения усилий в системе без лишних связей?
32. Является ли статически определимой система без лишних связей, рассчитываемая по деформированной схеме?
33. Какими общими свойствами обладают все статически определимые системы?
34. Если в статически определимой системе изменить жёсткости некоторых элементов, то приведет ли это к изменению силовых факторов при той же нагрузке?
35. Как статически определимая система реагирует на изменение температуры или смещения связей?
36. Каковы основные типы статически определимых систем?

### **Вопросы по теме 2. (статически определяемые балки)**

1. Что такое многопролётная балка?
2. Особенности кинематического анализа многопролётных балок.
3. Правила расположения опор и шарниров в многопролётной статически определяемой балке (МСОБ).
4. Каковы основные структурные схемы МСОБ, (3 типа, опишите)?
5. По каким признакам определяются главные части МСОБ, (главные и подвесные части)?
6. Что такое рабочая схема многопролётной СО балки?
7. Как располагаются на рабочей схеме главные и второстепенные части балки?
8. Как работают части МСОБ при локальном нагружении: а) главной части? б) второстепенной части?
9. Как с помощью рабочей схемы определяется рациональный порядок расчёта МСОБ?
10. Могут ли реакции опор и усилия в главной части МСОБ быть определены раньше, чем в соседней с ней второстепенной части?
11. Как выполняется проверка результатов расчёта МСОБ на заданную неподвижную нагрузку?

### **Вопросы по теме 2. (статически определяемые фермы)**

1. Что такое ферма?
2. Что называется поясами фермы?
3. Что называется решёткой фермы?
4. Классификация ферм по типу решётки.
5. Шпренгельные решётки, их назначение и особенности работы элементов.
6. Какие решётки ферм относятся к простым? (перечислить).
7. Какие решётки ферм называются сложными? (перечислить).
8. Необходимое условие геометрической неизменяемости фермы, (формула для  $W$ ).
9. Структурный анализ ферм.
10. Особенности нагружения и характер работы стержней фермы.
11. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечных сечениях стержней фермы?
12. Растянуты или сжаты стержни верхнего пояса простой однопролётной фермы при вертикальной нагрузке между опорами, направленной вниз? А стержни нижнего пояса?
13. Растянут или сжат «нисходящий» опорный раскос простой однопролётной фермы при вертикальной нагрузке между опорами, направленной вниз? А «восходящий» опорный раскос?
14. Классификация методов и способов определения усилий в стержнях ферм.
15. Сущность способа вырезания узлов; достоинства и недостатки способа.
16. Частные случаи равновесия узлов фермы.
17. Как можно обнаружить неработающие стержни фермы при заданной нагрузке?
18. Способ моментной точки (способ Риттера) – основной случай; идея способа.
19. Способ проекций; условие его рационального применения.
20. Способ сечений.
21. Какой способ рационален для определения усилия в стержне пояса фермы с простой решёткой?
22. Как определить усилие в раскосе фермы с параллельными поясами и треугольной решёткой?
23. Какой способ рационален для определения усилия в стержне простой решётки фермы с параллельными поясами?
24. Как определить усилие в стойке фермы с параллельными поясами и раскосной решёткой?

### **Вопросы по теме 2. (трёхшарнирные системы)**

1. Что такое арка?
2. Классификация арок?
3. Какие усилия возникают в произвольном сечении арки?
4. Как определяются вертикальные составляющие опорных реакций трёхшарнирной арки с опорами на одном уровне в случае вертикальной нагрузки?
5. Как зависит распор трёхшарнирной арки от стрелы подъёма?
6. Почему ключевой шарнир трёхшарнирной арки располагают обычно в её вершине?
7. Формула для изгибающих моментов в трёхшарнирной арке при вертикальной нагрузке.
8. Изгибающие моменты в арке больше или меньше моментов в балке того же пролёта при той же вертикальной нагрузке? Почему?
9. Формула для поперечных сил в трёхшарнирной арке при вертикальной нагрузке.
10. Формула для продольных сил в трёхшарнирной арке при вертикальной нагрузке. ( 5 )
11. Какую особенность имеет эпюра  $Q$  в арке в месте приложения сосредоточенной силы  $F$  ?
12. Какую особенность имеет эпюра  $N$  в арке в месте приложения сосредоточенной силы  $F$  ?
13. Чему равна поперечная сила в сечении в вершине арки?
14. Чему равна продольная сила в сечении в вершине арки?
15. Почему трёхшарнирная арка экономичнее по расходу материала, чем балка того же пролёта?
16. Что такое арка рационального очертания?
17. Главное свойство арки рационального очертания.
18. Какие усилия возникают в арке рационального очертания?
19. Каково рациональное очертание оси арки при равномерно распределённой по всей её длине гидростатической нагрузке?
20. Что такое трёхшарнирная система?
21. Основные типы трёхшарнирных систем.
22. Что такое распор?
23. Что такое затяжка?
24. Разновидности распорных трёхшарнирных систем.
25. Разновидности трёхшарнирных систем с затяжкой.
26. Что такое трёхшарнирная арка? Как классифицируются трёхшарнирные арки?
27. Что такое трёхшарнирная рама?
28. Кинематический анализ трёхшарнирных систем разных типов.
29. От чего зависит распор трёхшарнирной системы?
30. Порядок определения реакций связей в трёхшарнирной системе с затяжкой.
31. Каков характер работы незагруженной прямолинейной затяжки?
32. Как определяется продольная сила в прямолинейной незагруженной затяжке?

### Вопросы по теме 3

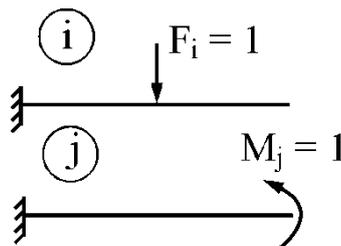
1. Какие нагрузки называются подвижным?
2. Каковы основные задачи расчёта сооружения ( конструкции ) на действие подвижной нагрузки?
3. Что такое невыгоднейшее ( опасное ) положение подвижной нагрузки?
4. В чём трудность непосредственного расчёта на заданную подвижную нагрузку?
5. Что такое линия влияния и функция влияния некоторого фактора НДС системы?
6. Что является аргументом функции линии влияния?
7. От какого воздействия строится линия влияния некоторого фактора НДС?
8. Почему в общем случае функция и линия влияния являются кусочными ( имеют разные аналитические выражения на разных участках )?
9. Каковы основные различия между линией влияния и эпюрой некоторого силового фактора?
10. Можно ли построить линию влияния некоторой опорной реакции? А её эпюру?
11. Какой смысл имеет отдельная ордината линии влияния?
12. Какие задачи расчёта сооружения ( конструкции ) можно решать с помощью линий влияния?

13. Каковы общий принцип и алгоритм построения линии влияния статическим методом?
14. Какие точки являются границами участков характерных положений единичного подвижного груза?
15. Что такое узловая передача нагрузки? Каковы особенности очертания линии влияния силового фактора при узловой передаче нагрузки?
16. Как строится линия влияния силового фактора учётом узловой передачи нагрузки?
17. Какая операция называется загрузением линии влияния?
18. По каким формулам с помощью линии влияния вычисляется силовой фактор  $S$  от сосредоточенной нагрузки  $F$ , от сосредоточенного момента  $M$ , от равномерно распределённой нагрузки  $q$ ?
19. Как записываются условия максимума и минимума  $S$  в случае кусочно-линейной линии влияния?
20. Как определяются опасные положения подвижных нагрузок и соответствующие им экстремальные значения фактора  $S$  в случаях: а) одиночной сосредоточенной подвижной силы  $F$ ? б) подвижной полосы равномерно распределённой нагрузки  $q$ ? ( 12 )
21. Вид и особенности типовых линий влияния опорных реакций однопролётной балки с консолями.
22. Каковы типовые линии влияния изгибающих моментов и поперечных сил в сечениях однопролётной балки с консолями ( общий вид, особенности, характерные ординаты а) в межопорном сечении? б) в сечениях на левой и правой консолях?
23. Как взаимно ориентированы левая и правая прямые типовой линии влияния поперечной силы в сечении балки?
24. Где расположен и чему равен скачок на типовой линии влияния поперечной силы в любом сечении балки?
25. Как можно использовать типовые линии влияния для построения линий влияния силовых факторов в многопролётной СО балке?
26. Особенности линий влияния усилий в стержнях ферм.
27. Учёт узловой передачи нагрузки при построении линий влияния усилий в стержнях ферм.
28. Как получаются соединительные прямые на линии влияния усилия в стержне фермы при езде поверху и понизу?
29. Изобразить типовую линию влияния усилия в поясе балочной фермы.

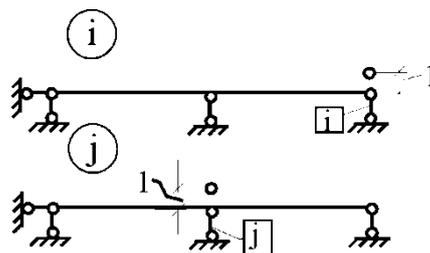
#### **Вопросы по теме 4.**

1. Как в общем виде обозначаются перемещения? Какой смысл имеют индексы в этом обозначении?
2. Что такое собственное перемещение?
3. Какие перемещения называются единичными?
4. Какова основная идея метода Максвелла – Мора определения перемещений деформируемых систем?
5. Правило задания вспомогательного единичного воздействия. Каков кинематический смысл этого воздействия?
6. Какой принцип механики лежит в основе метода Максвелла – Мора?
7. Через какие величины выражается искомое перемещение по базовой формуле метода Максвелла – Мора?
8. Что такое возможная работа внешних или внутренних сил?
9. Какая работа внешних или внутренних сил называется действительной?
10. Что называется потенциальной энергией деформации системы?
11. Как связаны возможные работы внешних и внутренних сил, их действительные работы и потенциальная энергия упругой деформации?
12. Частный случай – линейно деформируемые системы ( теорема Клапейрона ).
13. Каков смысл величин  $EI$ ,  $EA$ ,  $GI_t$ ,  $GA/kt$ , входящих в формулу Максвелла – Мора?

14. Варианты развёрнутой записи формулы Максвелла – Мора для перемещения от силовых воздействий.
15. Какими слагаемыми в формуле Максвелла – Мора учитываются разные виды упругих деформаций элементов ( изгиб, растяжение/сжатие, сдвиг, кручение )?
16. Алгоритм вычисления перемещения формуле Максвелла – Мора?
17. Как истолковываются знаки « + » или « - » в результате вычисления перемещения по формуле Максвелла – Мора?
18. Что означает термин «перемножение эпюр»? ( 3 )
19. Формулировка правила Верещагина для «перемножения эпюр». Каково необходимое
20. условие применимости правила Верещагина?
21. Как используется правило Верещагина для «перемножения эпюр» в случае, когда «грузовая» эпюра – параболическая общего вида? ( разложение на простые составляющие)
22. Формула Симпсона, условие её применимости для «перемножения эпюр».
23. В каких случаях вычисление интегралов в формуле Максвелла – Мора по формуле Симпсона даёт точный результат?
24. Формула Максвелла – Мора для перемещения от изменения температуры.
25. От каких характеристик температурного режима и параметров системы зависит температурное перемещение?
26. Почему в формуле Максвелла – Мора для температурного перемещения отсутствуют характеристики жёсткости элементов системы?
27. Правило знаков для единичных реакций смещаемых связей.
28. Универсальная формула Максвелла – Мора для перемещений линейно деформируемых пространственных стержневых систем ( полная развернутая запись ).
29. Сформулируйте теорему о взаимности возможных работ внешних сил. Какие теоремы взаимности строительной механики вытекают из этой теоремы?
30. Какие бывают перемещения?
31. Сформулируйте теорему о взаимности перемещений и запишите её в математической форме.
32. Сформулируйте теорему о взаимности реакций и запишите её в математической форме.
33. Консольный стержень в состоянии  $i$  загружен сосредоточенной силой  $F_i = 1$ , а в состоянии  $j$  – сосредоточенным моментом  $M_j = 1$ . Покажите на чертеже возможные перемещения  $\delta_{ij}$  и  $\delta_{ji}$ . Какую размерность имеют величины этих перемещений?



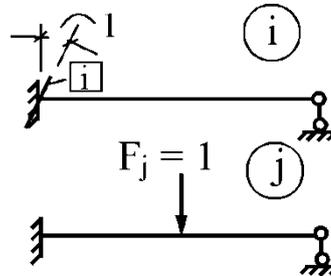
34. Сформулируйте теорему о взаимности реакций и запишите её в математической форме.
35. В двухпролётной неразрезной балке в состоянии  $i$  правая опорная связь получает перемещение вверх на единицу, а в состоянии  $j$  перемещение на единицу в таком же направлении получает



средняя опорная связь (рис. 15.7). Покажите на чертеже реакции  $g_{ij}$  и  $g_{ji}$ . Какую размерность имеют величины этих реакций?

36. Сформулируйте теорему о взаимности реакций и перемещений и запишите её в математической форме.

37. В стержне, защемлённом на левом конце и шарнирно опёртом на правом, в состоянии  $i$  левая угловая связь  $i$  повернута на угол равный единице, а в состоянии  $j$  на стержень действует единичная сосредоточенная сила  $F_j = 1$  (рис. 15.8). Покажите на чертеже реакцию  $g'_{ij}$  и перемещение  $\delta'_{ji}$ . Какую размерность имеют величины  $g'_{ij}$  и  $\delta'_{ji}$ ?



### Вопросы по теме 5

1. Какие системы называются статически неопределимыми?
2. Что такое внешняя и внутренняя статическая неопределимость?
3. Что такое замкнутый контур и сколько раз он статически неопределим?
4. Какие связи сооружения называются условно необходимыми? Абсолютно необходимыми? К чему приводит удаление из сооружения хотя бы одной абсолютно необходимой связи?
5. Задана плоская статически неопределимая система. Содержит ли эта система абсолютно необходимые связи? Если да, то дайте этим связям статическую и кинематическую характеристику.
6. Задано температурное или кинематическое воздействие (смещение одной из опорных связей) на простейшую статически неопределимую систему. Докажите, что от указанных воздействий в сечениях этой системы будут иметь место внутренние усилия.
7. Почему статически неопределимые системы по сравнению со статически определимыми обладают более высокой надёжностью?
8. Что называется степенью статической неопределимости сооружения?
9. Сформулируйте общий принцип определения степени статической неопределимости сооружения.
10. Запишите формулу для определения степени статической неопределимости сооружения. Поясните, как определяется число простых шарниров, используемое в этой формуле?
11. Что называется простым цилиндрическим или поступательным шарниром? Как определяется число простых шарниров в случае, когда осуществляется шарнирное сочленение нескольких дисков в одном узле?
12. Почему бесшарнирный замкнутый контур трижды статически неопределим?
13. Задана плоская статически неопределимая система. Определите её степень статической неопределимости. Преобразуйте эту систему в статически определимую, удаляя, по своему усмотрению, лишние связи.
14. Что называется основной системой метода сил?
15. Какие приёмы используются для удаления лишних связей из заданного статически неопределимого сооружения?
16. В каком случае основная система метода сил для заданного статически неопределимого сооружения будет статически определимой?

17. Сформулируйте требования, предъявляемые к основной системе метода сил. Выполнение какого требования является абсолютно обязательным при выборе основной системы?
18. Поясните физический смысл  $i$ -й строки системы канонических уравнений.
19. Какой смысл имеют неизвестные метода сил  $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$ ?
20. Поясните физический смысл входящих в систему канонических уравнений произведений чисел  $\delta_{ii}X_i$  и  $\delta_{ij}X_j$ ?
21. Какой физический смысл имеют коэффициенты при неизвестных  $\delta_{ii}$  и  $\delta_{ij}$ , а также грузовые коэффициенты  $\Delta_i P$  системы канонических уравнений метода сил? Как определяются эти коэффициенты для плоских стержневых систем в общем случае? Какие упрощения при вычислении коэффициентов  $\delta_{ii}$ ,  $\delta_{ij}$  и  $\Delta_i P$  имеют место в плоских рамных и балочных системах?
22. Как проверить правильность вычисления коэффициентов при неизвестных и свободных членах системы канонических уравнений метода сил?
23. Как производится проверка правильности эпюр внутренних усилий при силовом воздействии, полученных: для произвольной плоской статически неопределимой стержневой системы?

### Вопросы по теме 6

1. Сформулируйте допущения, принимаемые при расчете балочных и рамных статически неопределимых систем методом перемещений.
2. Физический смысл коэффициентов при неизвестных системы канонических уравнений метода перемещений?
3. Физический смысл свободных членов при неизвестных системы канонических уравнений метода перемещений?
4. Какие величины принимаются за неизвестные в расчетах стержневых систем методом перемещений?
5. Поясните смысл терминов «узел» системы и «элемент» системы.
6. Каким образом определяется число неизвестных угловых перемещений узлов сооружения?
7. Каким образом определяется число неизвестных линейных перемещений узлов сооружения?
8. Как определяется степень кинематической неопределимости сооружения?
9. Как образуется основная система метода перемещений?
10. Какие требования предъявляются к наложению на узлы сооружения линейных связей при образовании основной системы метода перемещений?
11. Для дважды кинематически неопределимой рамы записать в общем виде систему канонических уравнений метода перемещений.
12. Для дважды кинематически неопределимой рамы пояснить смысл величин  $r_{11}, r_{12}, r_{21}, r_{22}, R_{1F}, R_{2F}, Z_1, Z_2, r_{11}Z_1, r_{12}Z_2, r_{21}Z_1, r_{22}Z_2$ , входящих в систему уравнений.
13. На базе каких данных производится построение эпюр изгибающих моментов в основной системе метода перемещений от единичных кинематических воздействий и от заданной нагрузки?
14. Перечислите типы стандартных задач, используемых при расчете стержневых систем методом перемещений. Каким образом они могут быть решены от различного вида кинематических и силовых воздействий?
15. Какие способы существуют для вычисления коэффициентов при неизвестных и свободных членах системы канонических уравнений метода перемещений?
16. Каким образом можно проверить правильность вычисления коэффициентов при неизвестных и свободных членах системы канонических уравнений метода перемещений?
17. Как производится построение окончательных эпюр внутренних усилий в заданном сооружении при силовом воздействии на него?
18. Сформулируйте смысл статической проверки правильности расчета заданной статически неопределимой системы методом перемещений.

19. Сформулируйте в общей форме теорему о работе концевых усилий. Какой принцип положен в основу доказательства этой теоремы?
20. Какой смысл имеют элементы матрицы  $r$ ,  $Z$  и  $R$ ? Сколько строк и столбцов они содержат?
21. Каким образом в матричной форме вычисляются элементы матрицы внешней жесткости сооружения  $r$ ?
22. Какой смысл имеют элементы матриц  $a$  и  $K$ ? От чего зависит количество строк и столбцов матриц  $a$  и  $K$ ?
23. Запишите в общем виде матрицу внутренней жесткости  $K$  для стержня, защемленного с двух концов, а также стержня, с одного конца защемленного, а с другого – шарнирно опертого.
24. Запишите матричное соотношение для вычисления элементов матрицы свободных членов системы канонических уравнений метода перемещений  $R$ .
25. Какие блоки содержат в себе матрицы  $R$ ,  $\tilde{S}$  и  $F$ ?
26. Какой смысл имеют элементы матриц  $\tilde{S}_F$ ,  $\tilde{S}_t$ ,  $\tilde{S}_c$ ,  $c$  и  $F$ ? От чего зависит количество строк и столбцов матриц  $c$  и  $F$ ?
27. Сформулируйте правило знаков для концевых усилий и концевых перемещений отдельного стержня сооружения.
28. Запишите развернутую матричную формулу для вычисления матрицы неизвестных метода перемещений при силовом воздействии на сооружение. Какой смысл имеют отдельно взятые матричные выражения  $a^T K a$  и  $a^T \tilde{S} F - c^T F$ ?
29. Как в матричной форме производится проверка правильности расчета методом перемещений заданного сооружения: а) в общем случае внешних воздействий; б) в случае силовых воздействий; в) в случае изменения температурных полей; г) в случае смещения опорных связей.

#### **Вопросы по теме 7**

1. Что такое неразрезная балка?
2. Сформулировать уравнение трёх моментов. Почему оно так называется?
3. Как получается оптимальная основная система для неразрезной балки?
4. Как поступают с заделками на крайних опорах?
5. Что такое «фиктивные» опорные реакции?

#### **Вопросы по теме 8**

1. Идея метода конечных элементов, (МКЭ).
2. Достоинства и недостатки МКЭ.
3. Что такое узел в теории МКЭ?
4. Виды, (конфигурация) наиболее распространённых КЭ?
5. Куда прикладываются внешние силы при расчётах по МКЭ?
6. Какую связь устанавливает матрица жёсткости в местной системе координат в КЭ?
7. Типы конечных элементов при расчёте стержневых систем?

#### **Вопросы по теме 9**

1. Поясните основные задачи динамической теории инженерных конструкций.
2. Какие виды динамических нагрузок можете перечислить?
3. Какое явление называется резонансным?
4. Какие колебания называются свободными или собственными?
5. Какие колебания называются вынужденными?
6. Дайте определение понятий круговой и фазовой частоты соответственно.
7. Дайте определение периода собственных и вынужденных колебаний соответственно.

8. Что называется числом собственных колебаний заданной системы.
9. Перечислите основные подходы применяемые при решении задач динамики.
10. Дайте определение понятия система с конечным числом степеней свободы.
11. Сформулируйте понятие собственные формы колебания.
12. Сформулируйте понятие собственные частоты колебаний.
13. Дайте определение коэффициента динамичности для системы с одной степенью свободы.
14. Поясните причины возникновения сейсмических колебаний сооружений.

### **Вопросы по теме 10**

1. Дайте определение свойства заданной системы, называемого устойчивостью.
2. Дайте определение положения системы, называемого устойчивым.
3. Дайте определение понятия об устойчивой форме равновесного состояния системы.
4. Дайте определение о критическом состоянии системы.
5. Какие значения внешних сил называются критическими?
6. Что означает потеря системой устойчивости по I и по II роду соответственно?
7. Перечислите все три критерия по определению критических значений внешних сил.
8. Сформулируйте основные задачи теории устойчивости.
9. Сформулируйте задачу Эйлера.
10. Укажите основные закономерности, существующие между различными формами потери устойчивости стержневых систем.
11. Перечислите основные факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на величину критических значений внешних сил.

### 5.3. Комплект заданий для промежуточного контроля знаний

#### Расчётно-графические работы по темам 2-7.

- Тема 1. ДЗ-1 «Кинематический анализ расчётных схем сооружений».
- Тема 2. РГР-1 «Расчёт многопролётной статически определимой балки».
- Тема 2. РГР-2 «Расчёт статически определимой фермы».
- Тема 2. РГР-3 «Аналитический расчёт трёхшарнирной арки».
- Тема 2. РГР-4 «Расчёт статически определимой рамы».
- Тема 3. РГР-5 «Расчёт статически-определимой фермы на подвижную нагрузку».
- Тема 4. РГР-6 «Определение перемещений в статически определимой раме».
- Тема 5. РГР-7 «Расчёт статически неопределимой рамы методом сил».
- Тема 6. РГР-8 «Расчёт статически неопределимой рамы методом перемещений».
- Тема 7. РГР-9 «Расчёт многопролётных статически неопределимых балок».

Исходные данные к РГР - 1  
по дисциплине «Строительная механика».

**«Расчёт многопролётной статически определимой балки».**

Задание.

- 1.1. Произвести анализ статической определимости и геометрической неизменяемости балки.
- 1.2. Построить схему взаимодействия балок, «поэтажную схему».
- 1.3. Рассчитать в отдельности каждую из балок, начиная с верхних «этажей». Для каждой балки: а) определить опорные реакции;
- 1.4. Выполнив расчёт для всех простых балок, необходимо построить общие (суммарные) эпюры «М» и «Q» на единой оси.
- 1.5. РГР-1 выполняется на листах формата А-4 (297×210 мм), с соблюдением требований ГОСТ по оформлению текстовой документации. На каждый лист наносится **рамка и основная надпись по образцу данного задания**. Записи выполняются чернилами, пояснительные чертежи и расчётные схемы – карандашом под линейку. Все листы должны быть пронумерованы.
- 1.6. Титульный лист оформляется в произвольном порядке. Обязательно на нём должны быть указаны:

- ВУЗ, в котором учится студент;
- Название кафедры, где изучается дисциплина;
- Название дисциплины, по которой выполняется РГР;
- Наименование работы (РГР);
- Индивидуальный шифр варианта задания;
- Фамилия студента;
- Номер учебной группы;
- Фамилия преподавателя, принимающего работу.

Исходные данные к РГР 1 определяются студентом по таблицам №1 и №2 согласно индивидуального шифра, который состоит из трёх знаков – буквы и двух цифр. Буква шифра соответствует первой букве фамилии студента. Цифры шифра соответствуют последним цифрам студенческого билета студента. Например у студента Сорокина А. Ю. со студенческим билетом № 0000123 индивидуальный шифр будет **С-23**. Согласно этому шифру из таблицы 1 по строке **С** выбирается расчетная схема балки, из таблицы 2 по строке **1** определяется схема нагружения балки, а по строке **2** находят размеры и значения нагрузок.

# ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

## к РГР-1 «Расчёт многопролётных балок»

Таблица 1.

АБВ	Расчётные схемы балок
	$a$ $l_1$ $l_2$ $l_3$ $l_4$ $l_5$ $b$
А, Б	
В, Г	
Д, Е	
Ж, З	
И, К	
Л, М	
Н, О	
П, Р	
С, Т	
У, Ф	
Х, Ц	
Ш, Щ	
Э, Ю	
Я, @	

Таблица 2.

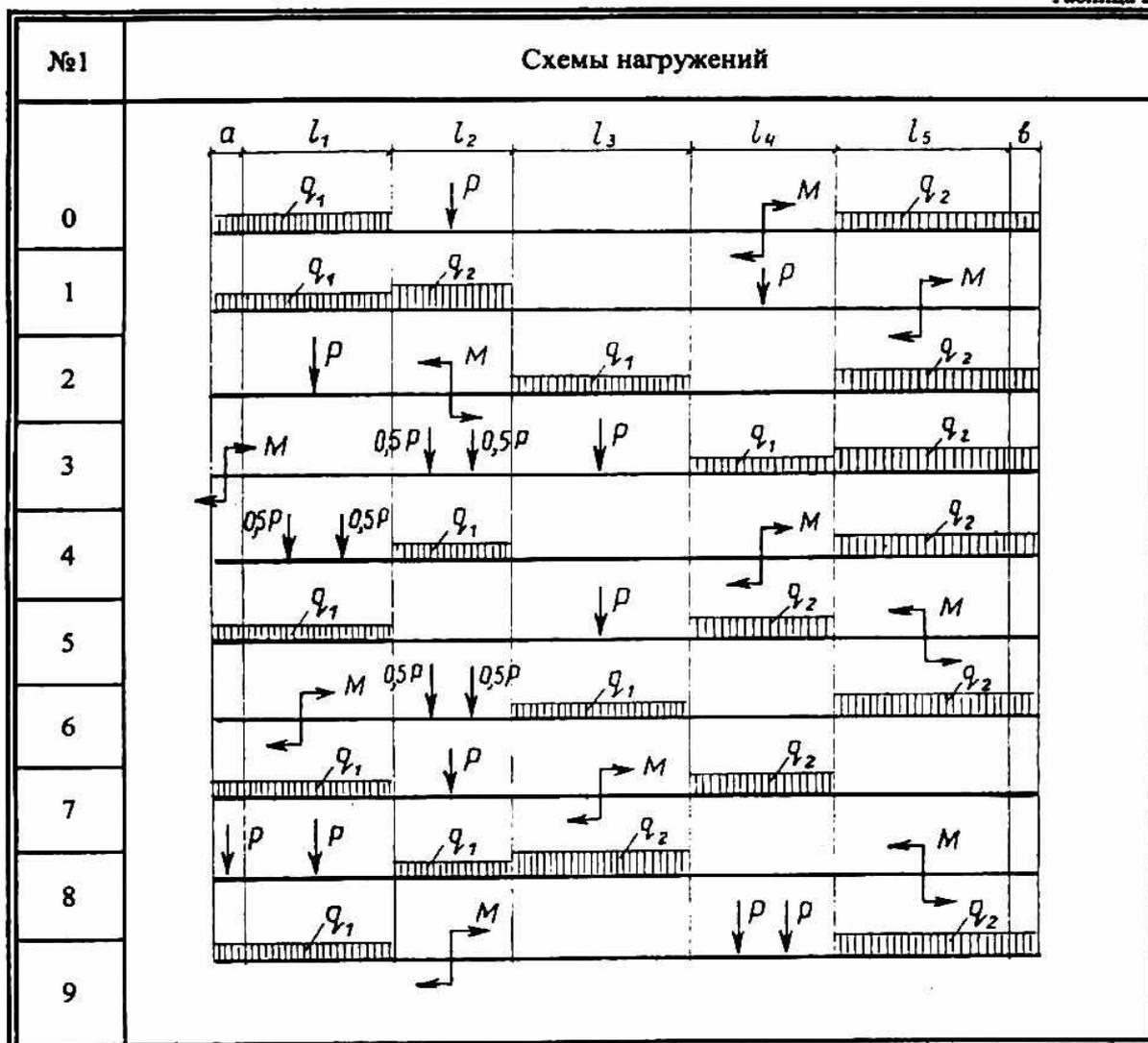


Таблица 3

№ п/п	Размеры в метрах										Нагрузки			
	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$q_1$ кН/м	$q_2$ кН/м	$P$ кН	$M$ кНм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	10	8	8	6	9	3,0	2,5	2,0	3,2	1,2	20	40	140	100
1	9	8	10	6	8	2,5	3,2	2,2	1,5	1,8	25	50	100	120
2	10	7	8	9	7	2,6	3,2	1,8	1,8	1,6	30	60	120	110
3	9	8	7	8	9	2,5	2,5	1,6	1,0	1,2	15	30	150	190
4	8	9	6	8	10	2,2	3,0	1,8	1,4	1,5	24	48	100	180
5	10	10	8	7	6	3,0	1,8	2,8	2,0	1,2	28	56	170	100
6	8	9	8	9	7	2,5	2,6	1,6	1,2	1,1	32	64	160	130
7	7	8	10	9	7	2,2	2,2	2,6	1,6	1,0	18	36	110	170
8	9	9	6	7	10	3,0	3,6	2,0	1,4	1,2	22	66	130	120
9	6	7	8	10	9	2,5	2,8	2,4	1,5	1,0	26	52	180	100

Исходные данные к РГР - 3  
по дисциплине «Строительная механика».

**«Расчёт трёхшарнирной арки».**

Задание.

- 1.1. Произвести анализ статической определимости и геометрической неизменяемости арки.
- 1.2. Выполнить расчёт простой балки, пролётом, равным пролёту арки и с теми же нагрузками с построением эпюр « $M^0$ » и « $Q^0$ ».
- 1.3. Рассчитать трёхшарнирную арку в табличной форме, (см. таблицу 3).
- 1.4. Построить все эпюры на одном листе формата А-3, (одна под другой):
  - 1) расчётная схема арки;
  - 2) расчётная схема соответствующей балки;
  - 2) эпюра « $Q^0$ ».
  - 3) эпюра « $M^0$ »
  - 4) эпюра « $Q_x$ ».
  - 5) эпюра « $M_x$ »
  - 6) эпюра « $N_x$ ».
- 1.5. Пояснительная записка к РГР-2 выполняется на листах формата А-4 с соблюдением требований ГОСТ по оформлению текстовой документации по аналогии с РГР-1.
- 1.6. Рекомендуется начертить все эпюры на листе «миллиметровки» формата А-3.

**ПРИМЕЧАНИЯ:**

1. Для вариантов Л÷Я значение  $t=0$ .

2. Исходные данные к РГР 2 определяются студентом по таблицам №1 и №2 по аналогии с заданием на РГР-1.

Исходные данные для расчёта РГР № 2

Таблица 1.

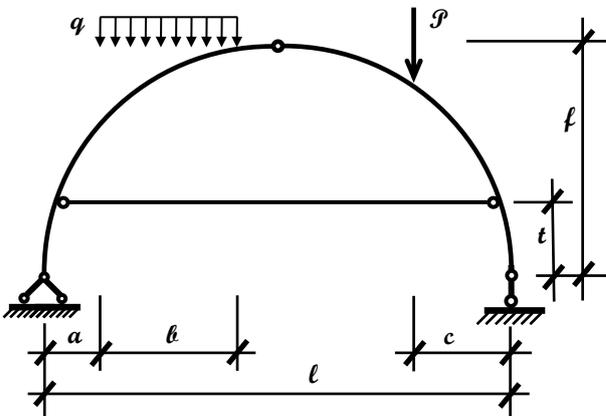
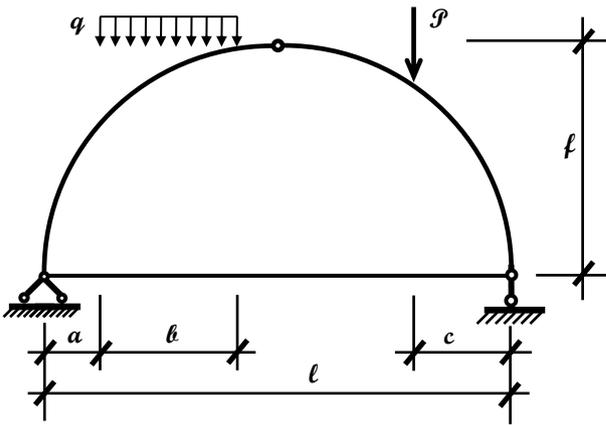
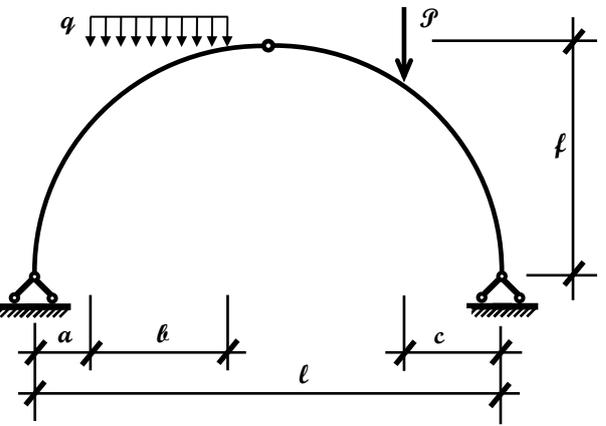
Буква шифра	Очертание оси арки	Расчётная схема арки
А, Е	Парабола	
Б, Ж	Окружность	
В, З	Парабола	
Г, И	Окружность	
Д, К	Парабола	
Л, Р	Окружность	
М, С	Парабола	
Н, Т	Окружность	
О, У	Парабола	
П, Ф	Окружность	
Х, Э	Парабола	
Ц, Ю	Окружность	
Ч, Я	Парабола	
Ш, @	Окружность	
Щ, #	Парабола	

Таблица 2.

№ п/п	1-я цифра шифра			2-я цифра шифра				
	$P$ кН	$q$ кН/м	$t$ м	$l$ м	$f$ м	$a$ м	$b$ м	$c$ м
0	100	20	$f/2$	38	12	0	$0,5 l$	$0,2 l$
1	150	30	$f/3$	36	10	$0,1 l$	$0,6 l$	$0,3 l$
2	200	40	$f/4$	34	8	$0,2 l$	$0,5 l$	$0,4 l$
3	250	50	$f/5$	32	9	$0,3 l$	$0,7 l$	$0,5 l$
4	300	60	$f/6$	30	8	$0,4 l$	$0,4 l$	$0,4 l$
5	300	70	$f/2$	38	14	$0,5 l$	$0,5 l$	$0,3 l$
6	250	80	$f/3$	36	11	$0,4 l$	$0,4 l$	$0,8 l$
7	200	90	$f/4$	34	8	$0,3 l$	$0,6 l$	$0,7 l$
8	150	100	$f/5$	32	6	$0,2 l$	$0,6 l$	$0,6 l$
9	100	110	$f/6$	30	4	$0,1 l$	$0,3 l$	$0,5 l$

Расчётная схема арки, её размеры и нагрузки выбираются из таблиц №1 и №2 согласно индивидуального шифра каждого студента.

Последовательность выполнения работы:

1. Начертить в масштабе расчётную схему арки.
2. Определить степень статической определимости и проверить геометрическую неизменяемость арки.
3. Показать на расчётной схеме опорные реакции и усилия в затяжке, (при её наличии).
4. Начертить под расчётной схемой арки схему соответствующей простой балки, нагруженной теми же нагрузками.
5. Определить балочные опорные реакции.
6. Определить распор или усилие в затяжке.
7. Построить эпюры « $M^0$ » и « $Q^0$ » для балки.
8. Построить эпюры « $M$ », « $Q$ » и « $N$ » для заданной арки.
9. Оформить результаты расчётов в пояснительной записке.
10. Построить все эпюры на одном листе формата А-3, (одна под другой).

### Порядок расчета арки.

1. Для арки с круговым очертанием оси определяется радиус кривизны:  $R=f/2+l^2/8 f$ .
2. По длине (вдоль оси X) арка разбивается сечениями через 1,5 – 2,0 метра. Так же сечения намечаются в характерных точках, к которым относятся места приложения сосредоточенных усилий, точки присоединения затяжек, (непосредственно до и после них), начало и конец распределённых нагрузок.
3. Сечения нумеруются цифрами от нуля и далее, начиная от левой опоры.
4. Для каждого сечения определяются значения  $M^0$ ,  $Q^0$ ,  $M_x$ ,  $Q_x$  и  $N_x$ .
5. По полученным значениям строятся эпюры  $M^0_x$ ,  $Q^0_x$ ,  $M_x$ ,  $Q_x$ , и  $N_x$ .
6. Вычисления рекомендуется производить в табличной форме, (табл. 5):

Таблица 3.

№ сеч.	Координаты		sin φ	cos φ	φ град	M <sup>0</sup> <sub>x</sub> кНм	Q <sup>0</sup> <sub>x</sub> кН	M <sub>x</sub> кНм	Q <sub>x</sub> кН	N <sub>x</sub> кН	δ %
	x м	y м									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0									
1											
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n											

7. На участках, где величина  $Q_x$  меняет знак, определяются координаты  $x$  и  $y$  и затем отдельно вычисляются значения **max**  $M_x$ . Допускается определять координату  $x$  методом линейной интерполяции.
8. Расчётные схемы арки и балки, эпюры  $M^0_x$ ,  $Q^0_x$ ,  $M_x$ ,  $Q_x$  и  $N_x$  строятся в масштабе длин и сил на листе формата А3 одна под другой сверху-вниз.
9. Очертания эпюр  $M_x$ ,  $Q_x$  и  $N_x$  представляют из себя лекальные кривые.

Исходные данные к РГР - 2  
по дисциплине «Строительная механика».  
**«Аналитический расчёт фермы».**

Задание.

- 1.1. Начертить расчётную схему фермы.
- 1.2. Произвести анализ статической определимости и геометрической неизменяемости фермы.
- 1.3. Показать на расчётной схеме опорные реакции и определить их.
- 1.4. Рассчитать усилия в стержнях фермы любым методом.
- 1.5. На расчётной схеме показать стрелками направление усилия, (+ – растяжение,  $\bullet \rightarrow$  стрелка из узла; – – сжатие,  $\bullet \leftarrow$  стрелка в узел).
- 1.6. Показать нулевые стержни -  $\emptyset$ .
- 1.7. Результаты расчётов представить в табличной форме. (таблица 1).
- 1.8. Требования к оформлению РГР-3 такие же, как и к предыдущим работам.

Исходные данные к РГР 3 определяются студентом по таблицам №2 - №3 согласно индивидуального шифра,

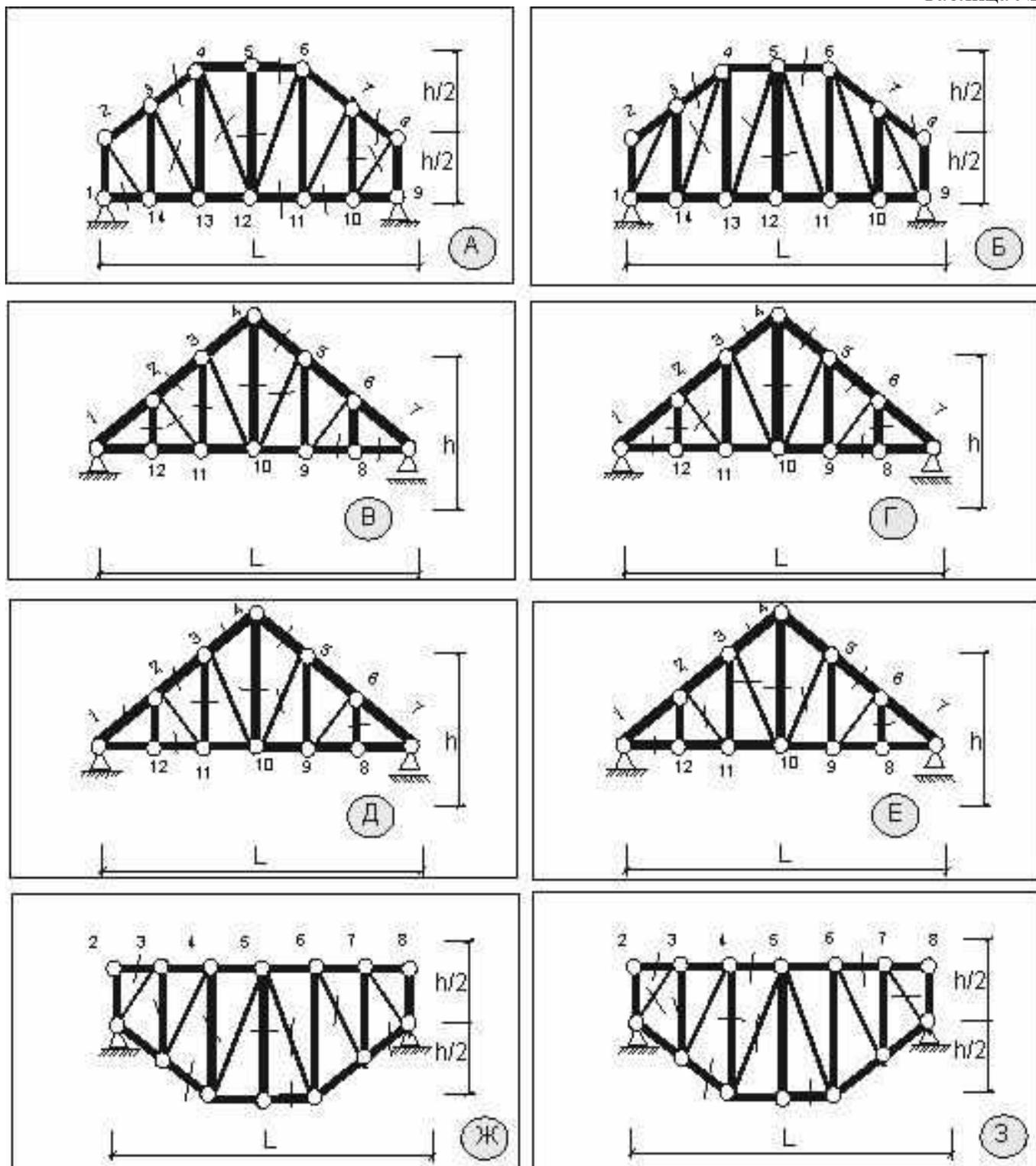
Примечание: направление нагрузки только вниз.

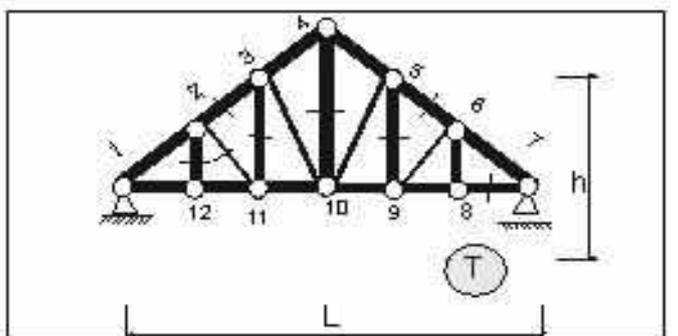
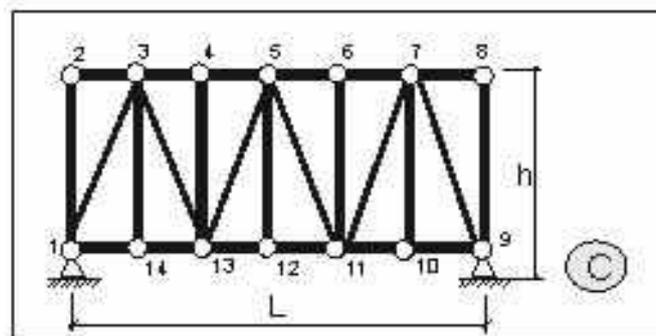
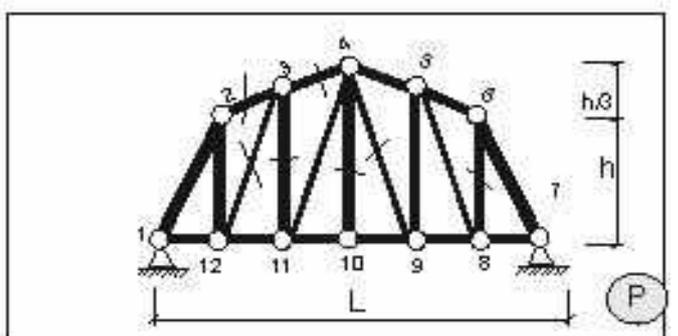
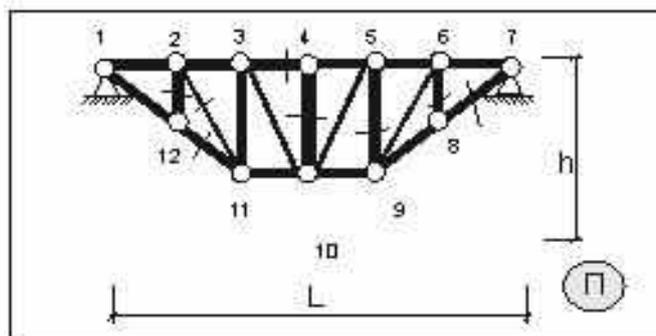
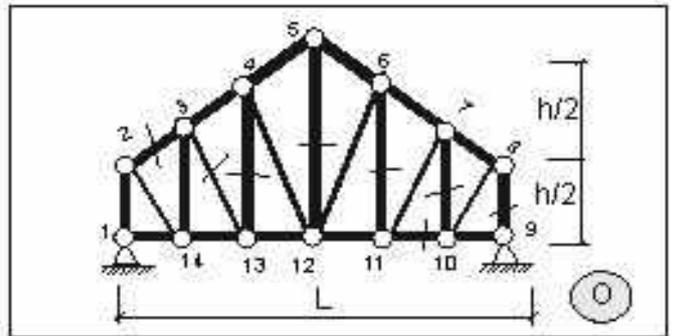
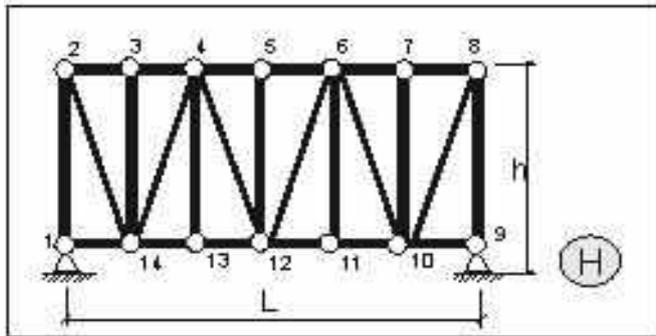
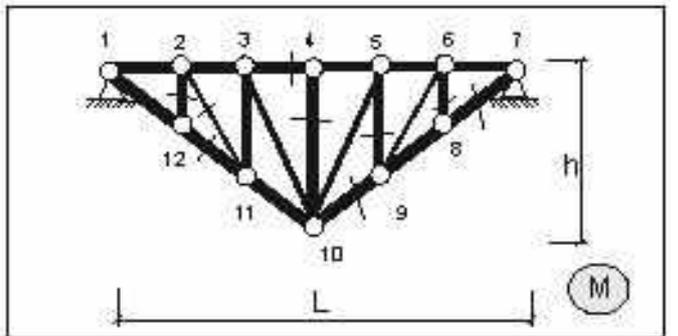
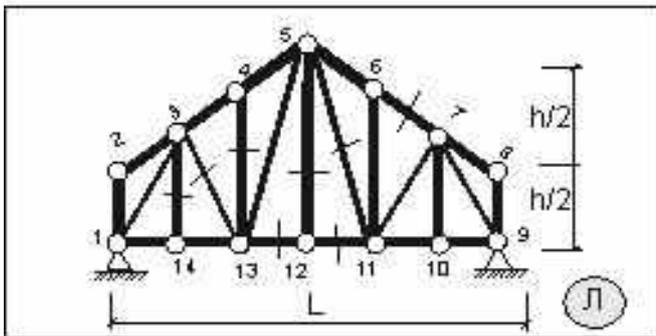
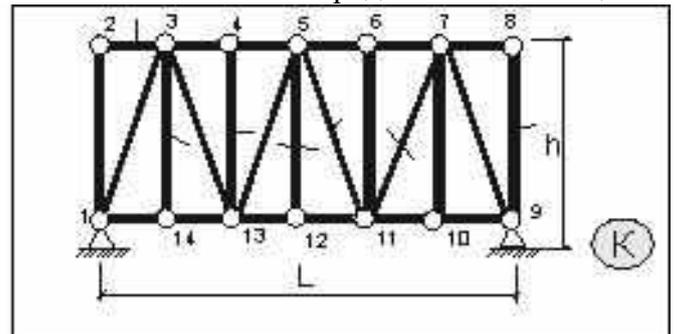
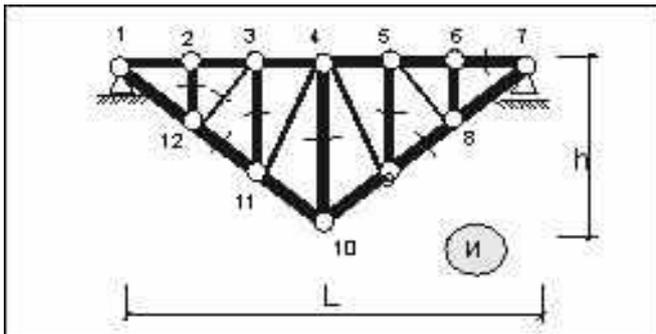
Таблица №1

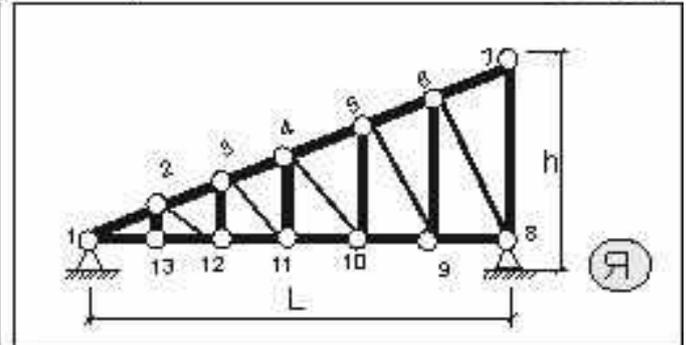
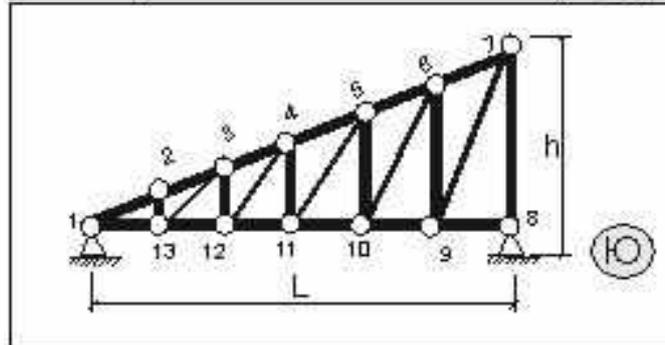
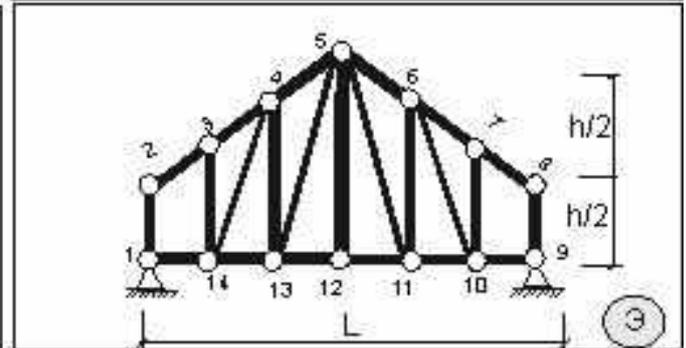
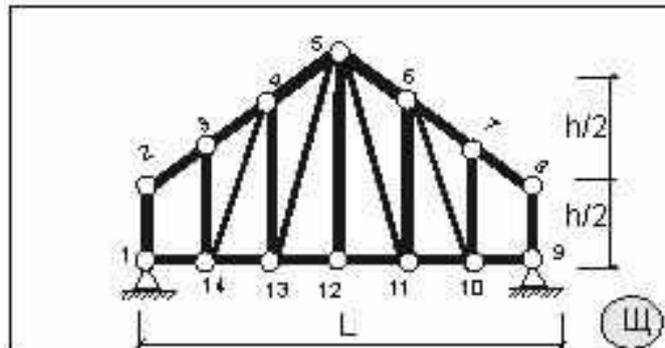
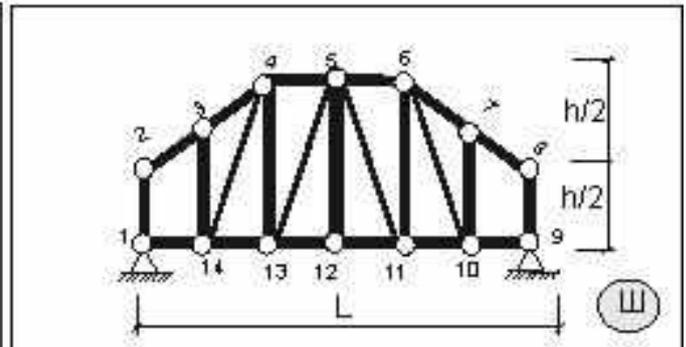
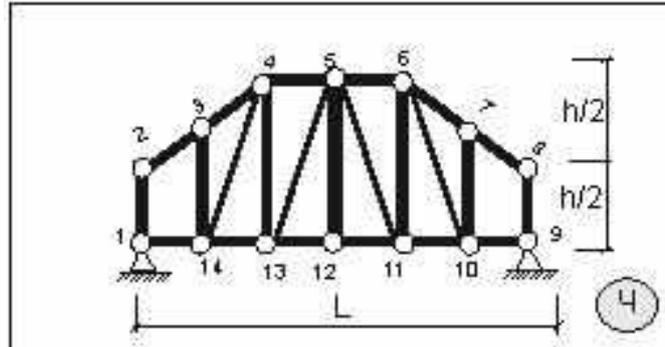
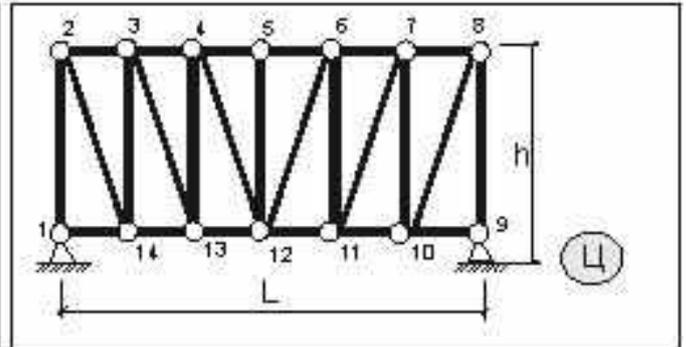
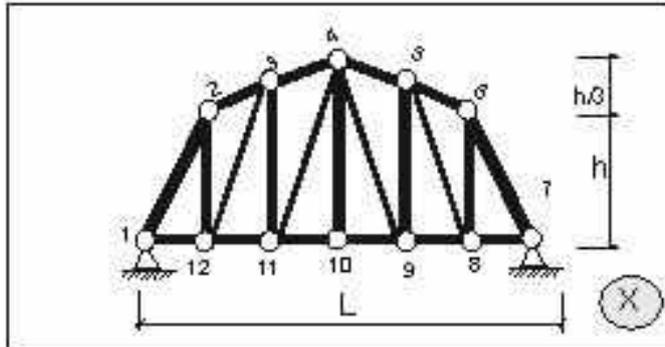
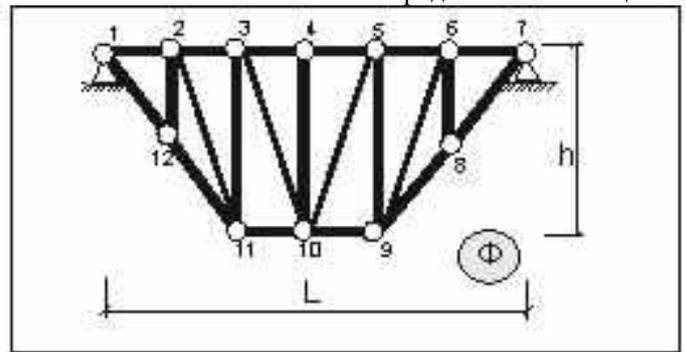
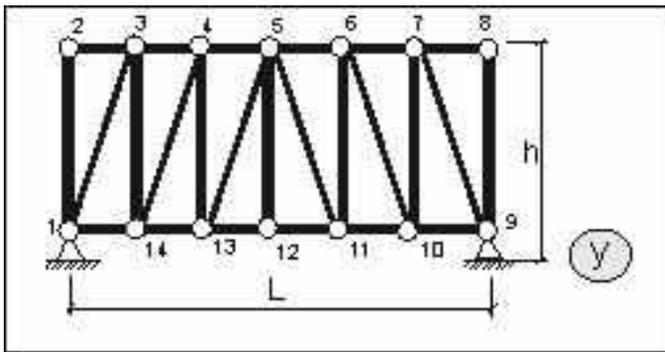
Номера стержней		Усилия в стержнях	
		Растяжение, (+)	Сжатие, (-)
Верхний пояс	2-3		
	3-4 и т. д.		
Нижний пояс	9-10		
	10-11 и т. д.		
Решётка	Стойки	3-14	
		4-13 и т. д.	
	Раскосы	3-13	
		4-12 и т. д.	

Таблица 2

№ п/п	1-я цифра шифра		2-я цифра шифра	
	d (м)	h (м)	P (кН)	Номера узлов, к которым приложена нагрузка
0	3	5	10	2, 3, 4, 5, 6, 10
1	4	4	15	2, 3, 4, 6, 10, 12
2	2	3	20	2, 3, 4, 5, 6, 11
3	6	4	25	2, 3, 4, 6, 10, 12
4	5	6	30	2, 3, 4, 5, 6, 12
5	2	3	35	3, 4, 5, 6, 10, 11
6	3	3	40	3, 4, 5, 6, 10, 12
7	4	3	45	3, 4, 5, 10, 11, 12
8	5	4	50	3, 4, 6, 9, 10, 12
9	6	7	60	3, 5, 6, 10, 11, 12







Исходные данные к РГР - 4  
по дисциплине «Строительная механика».

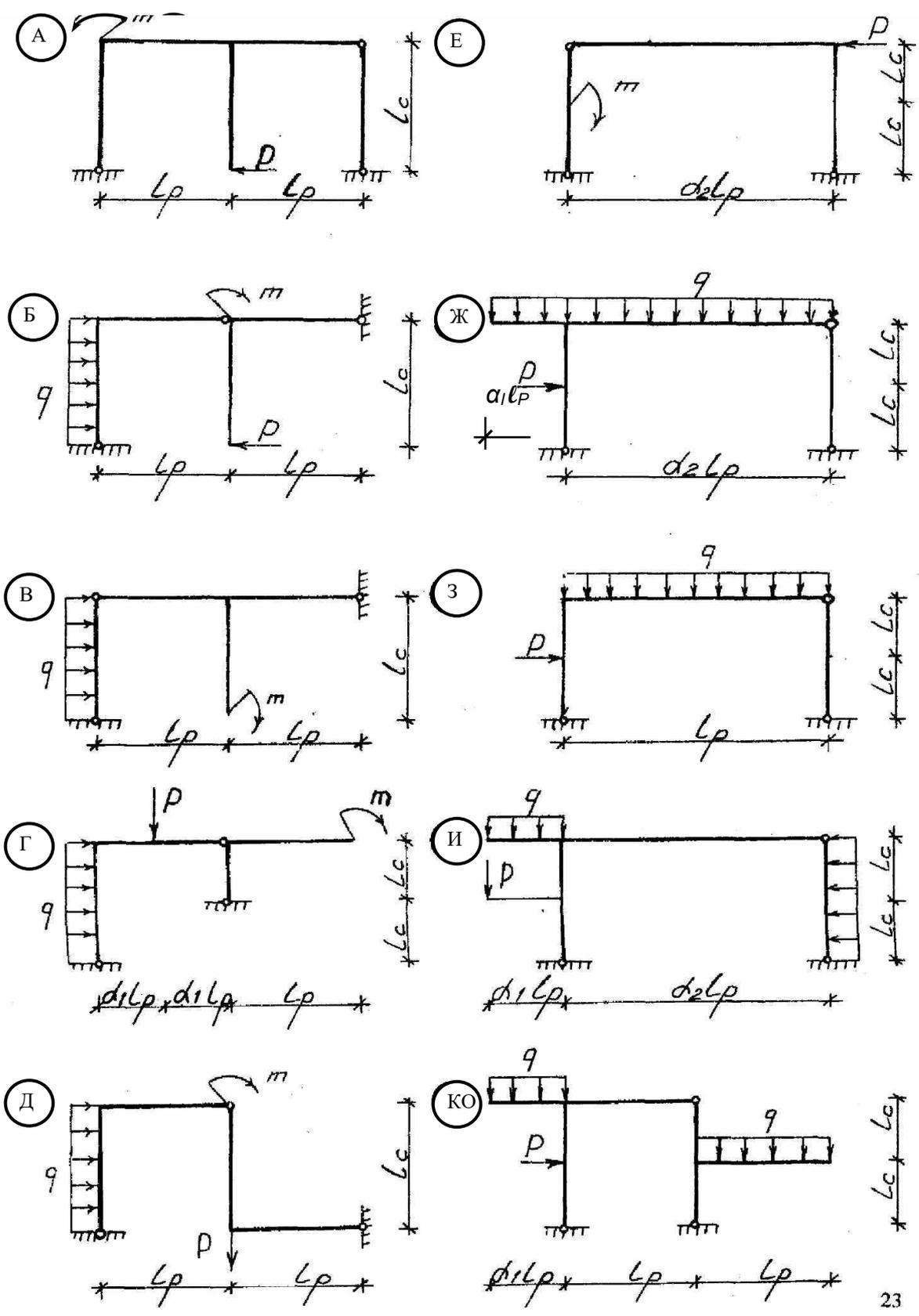
**«Расчёт статически определимой рамы».**

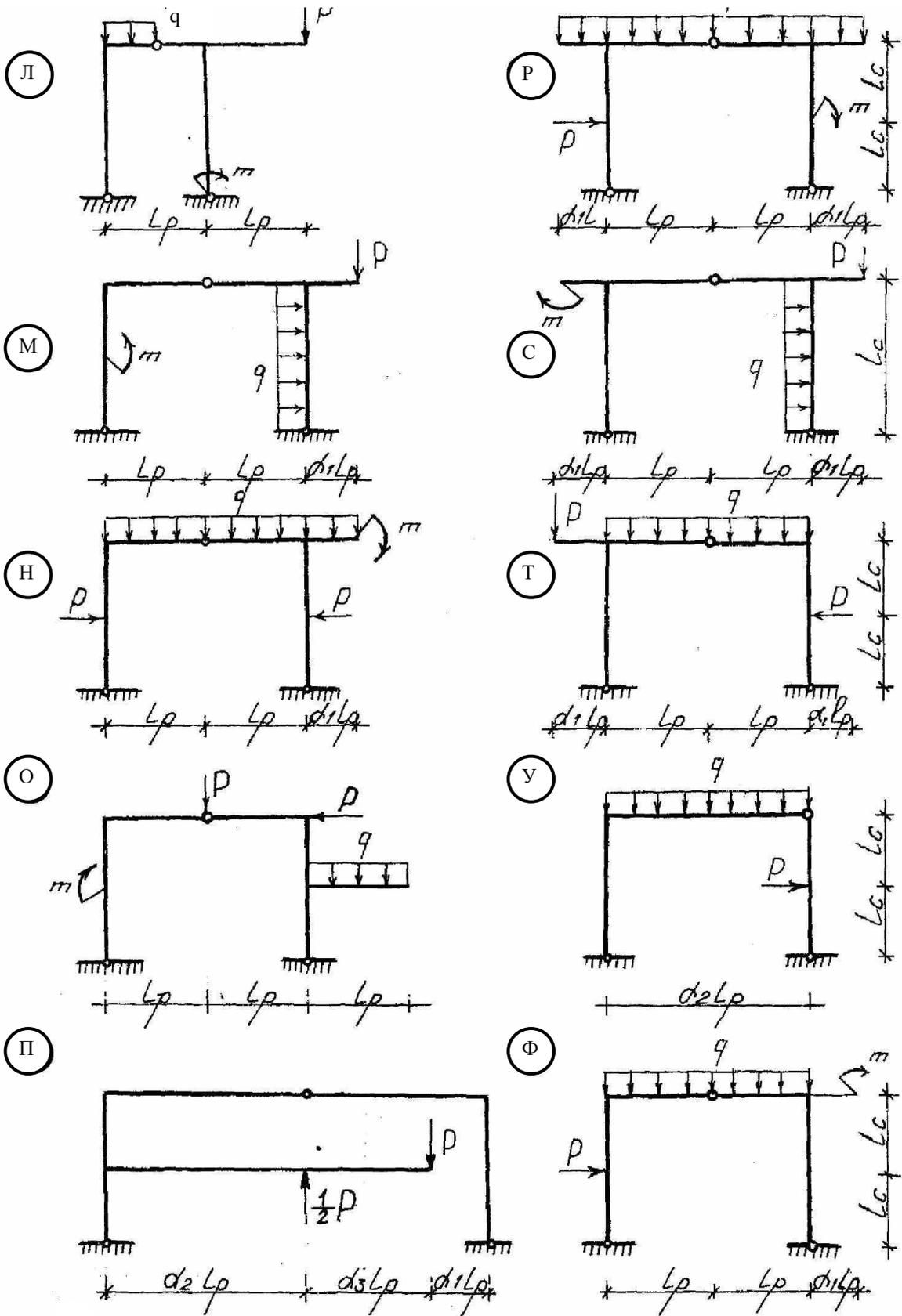
Задание.

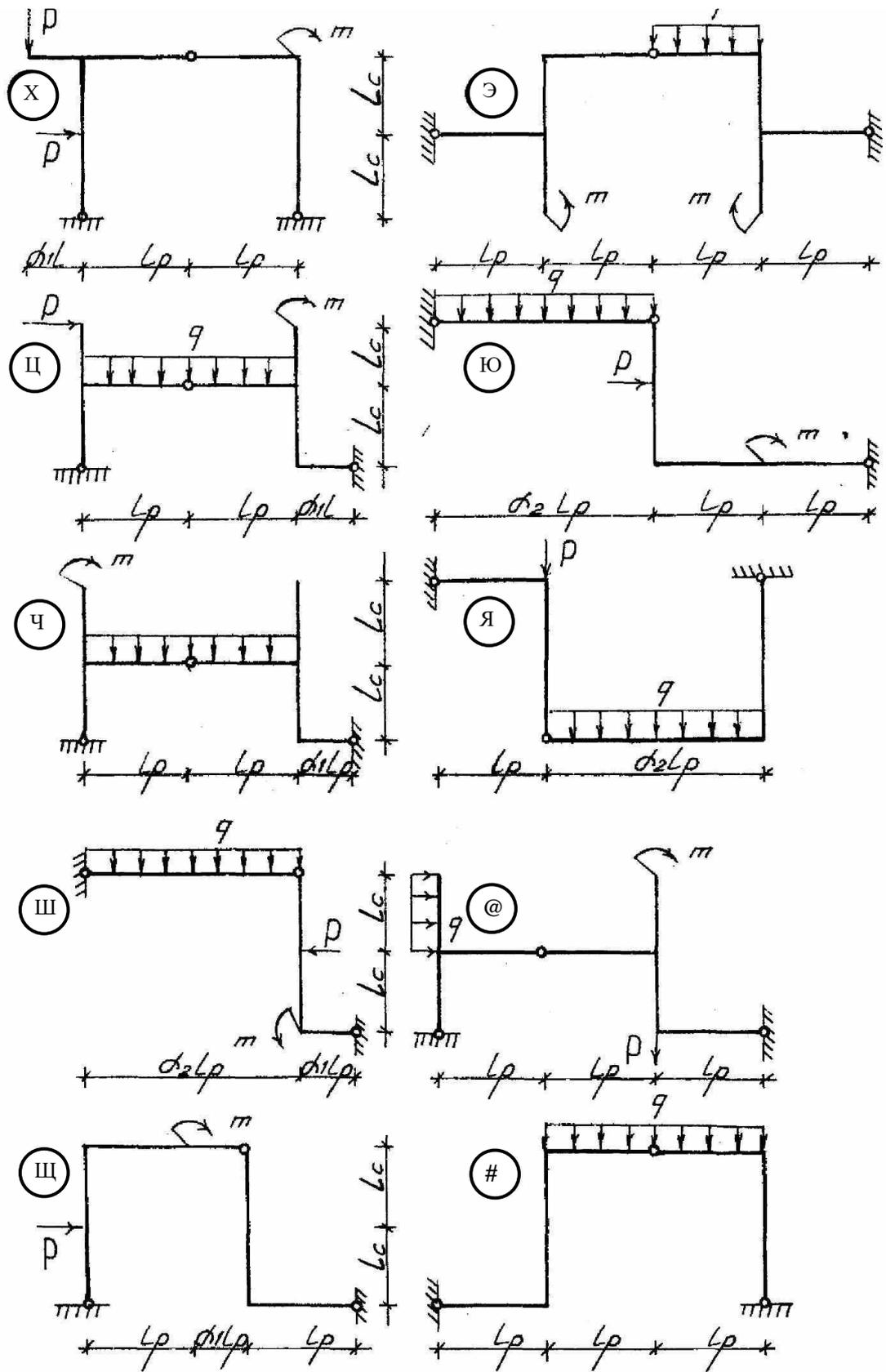
- 1.1. Произвести анализ статической определимости и геометрической неизменяемости рамы.
- 1.2. Построить эпюры внутренних усилий  $M$ ,  $Q$  и  $N$ .
- 1.3. Проверить правильность построения эпюр  $M$ ,  $Q$  и  $N$ .
- 1.4. Исходные данные к РГР 4 определяются студентом по таблицам №1 и №2 согласно индивидуального шифра.

Таблица 1.

	1-я цифра (размеры)						2-я цифра (нагрузки)		
	$l_1$ м	$l_1$ м	$l_1$ м	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$m$ кН×м	$q$ кН/м	$P$ кН/м
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>					<b>8</b>	<b>10</b>
0	3	2	2	1	0,5	0,5	20	14	8
1	3	2	2,5	0,9	1	0,5	19	18	10
2	5	4	3	0,8	0,5	1	18	16	15
3	5	4	4	0,7	0,5	1	16	17	30
4	3	2,5	2,5	0,6	0,5	1	14	13	20
5	4	3	2	0,5	1	0,4	12	15	25
6	4	4	3	0,4	0,4	0,5	15	19	18
7	5	3	3	0,6	0,4	1	11	20	13
8	4	3	2,5	0,7	0,5	1	17	11	22
9	4	3	3	0,8	1	0,5	10	12	28







Исходные данные к РГР - 5  
по дисциплине «Строительная механика».

**«Расчёт статически-определимой фермы на подвижную нагрузку».**

Часть I.

Графический расчёт статически определимой фермы.

Расчётная схема фермы выбирается студентом согласно первой букве индивидуального шифра из приложения №2. Размеры фермы (значения  $d$  и  $h$ ), номер расчётной панели и значения подвижной нагрузки принимаются из таблицы 1 согласно второй и третьей цифре индивидуального шифра.

Таблица 1.

Первая цифра шифра	$P$ кН	$d$ м	$h$ м	Вторая цифра шифра	$F_1$ кН	$F_2$ кН	№ панели фермы (слева)
1	2	3	5	6	7	8	9
<b>0</b>	120	6,0	4,5	<b>0</b>	10	25	4
<b>1</b>	110	6,6	5,0	<b>1</b>	20	35	5
<b>2</b>	100	5,0	4,2	<b>2</b>	30	50	6
<b>3</b>	90	4,0	4,0	<b>3</b>	40	85	7
<b>4</b>	80	6,8	5,2	<b>4</b>	50	80	8
<b>5</b>	140	5,5	4,8	<b>5</b>	60	75	7
<b>6</b>	150	4,5	4,8	<b>6</b>	70	70	6
<b>7</b>	180	4,8	3,5	<b>7</b>	80	65	5
<b>8</b>	200	5,2	2,6	<b>8</b>	90	60	4
<b>9</b>	130	6,4	3,2	<b>9</b>	100	55	8

Последовательность расчёта.

I.1. Произвести анализ статической определимости и геометрической неизменяемости фермы.

I.2. Определить аналитическим способом опорные реакции. Сосредоточенные силы «Р» приложены в каждом узле ездового пояса. Ездовой пояс на расчётной схеме показан штриховой линией.

I.3. Определить усилия во всех стержнях фермы графическим методом путём построения диаграммы Максвелла-Кремоны.

## Часть II.

II.1. Построить линии влияния опорных реакций.

II.2. Построить линии влияния усилий для всех стержней заданной панели, п.9 табл.3). В каждой панели имеется пять элементов: две стойки, раскос, верхний и нижний пояса. Для построения линий влияния усилий использовать способы сечений, моментной точки или вырезание узлов.

II.3. Определить усилия в стержнях заданной панели фермы от внешней нагрузки аналитическим способом.

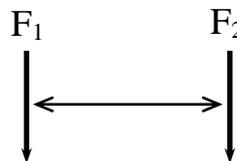
II.4. Определить по линиям влияния значения опорных реакций и усилий в стержнях заданной панели фермы.

II.5. По построенным линиям влияния определить невыгоднейшее (критическое) положение подвижной нагрузки, при котором усилия в стержнях заданной панели и опорные реакции будут наибольшими, (положительными или отрицательными).

II.6. Расчётные невыгоднейшие (критические) положения системы подвижных грузов показать на соответствующих линиях влияния в графической части работы.

II.7. Схема системы подвижных грузов:

Значения  $F_1$ ,  $F_2$  и  $d$  заданы в табл. 1.



III.8. Результаты вычислений представить в табличной форме (табл. 2) в графической части работы.

ПРИМЕЧАНИЯ: 1) на расчётных схемах ферм штриховыми линиями показаны способы построения ферм, пунктирной линией показан ездовой пояс;

2) шарниры в узлах ферм условно не показаны.

Таблица 2

Стержень, оп.реакция кН	Усилия от постоянной нагрузки кН			Усилия от подвижной нагрузки кН	
	Аналитически	Графически	По Л.В	max (+)	min (-)
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
a-1	+/-	+/-			
б-1					
1-2					
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$R_m$	+/-	+/-	+/-		
$R_n$	+/-	+/-	+/-		

### Оформление расчётно-графической работы

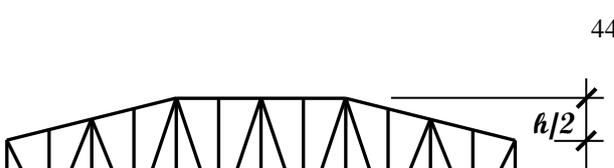
Пояснительная записка выполняется на стандартных листах формата А-4 (297×210 мм). На каждый лист наносится рамка. Записи выполняются чернилами, пояснительные чертежи и расчётные схемы – карандашом под линейку. Все листы должны быть пронумерованы. Титульный лист оформляется произвольно и не нумеруется. В конце пояснительной записки указать перечень используемой литературы, а так же ориентировочное время в часах, затраченное на выполнение данной работы.

Графическая часть работы выполняется на листе формата А-3. На листе должны быть расположены:

- расчётная схема фермы;
- диаграмма Максвелла-Кремоны;
- 7 линий влияния с указанием критического расположения подвижной нагрузки на них;
- таблица №2

Все построения должны быть выполнены в масштабах длин и сил, которые указываются для каждой схемы. Для наглядности допускается назначать произвольные значения масштабов. На линиях влияния указать значения всех характерных ординат.

Таблица №2

Расчётные схемы ферм	Расчётные схемы ферм
	

А

Б

В

Г

Д

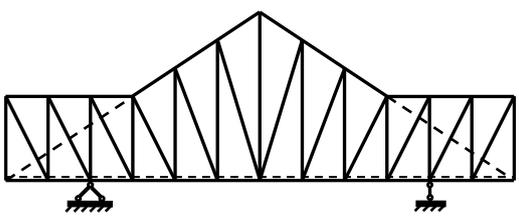
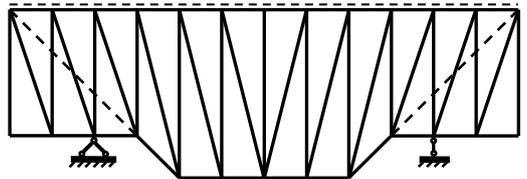
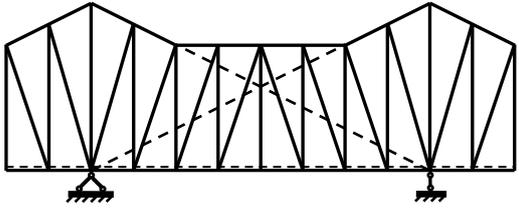
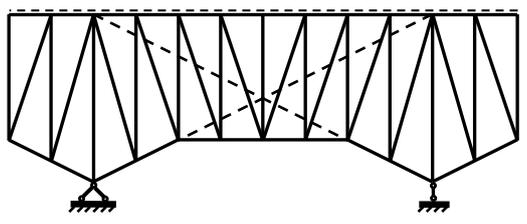
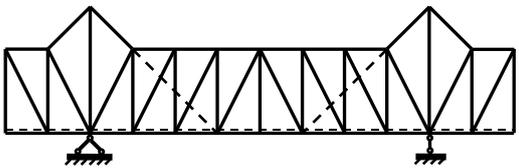
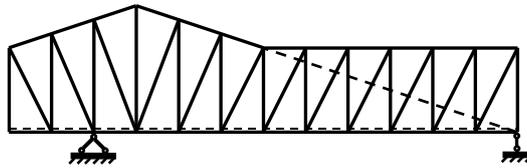
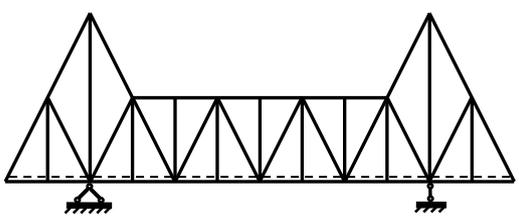
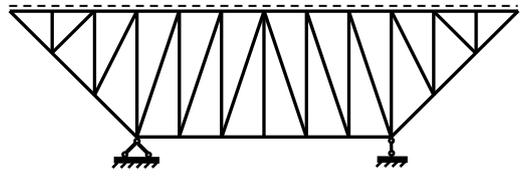
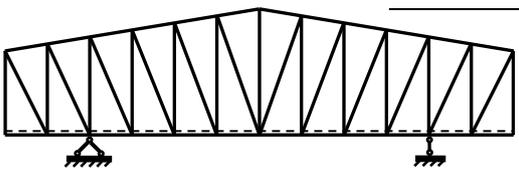
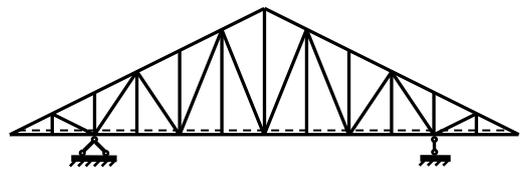
Е

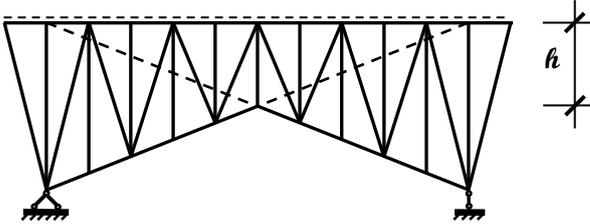
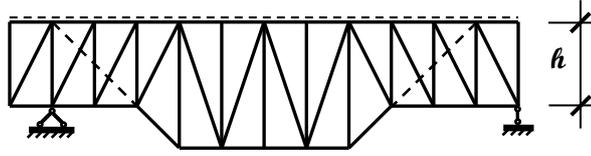
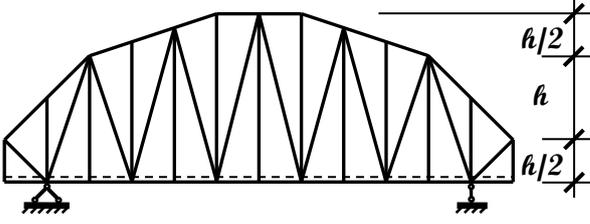
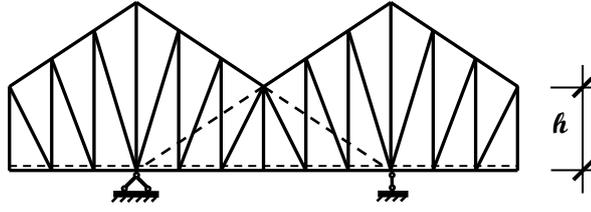
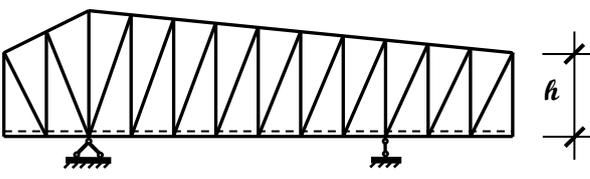
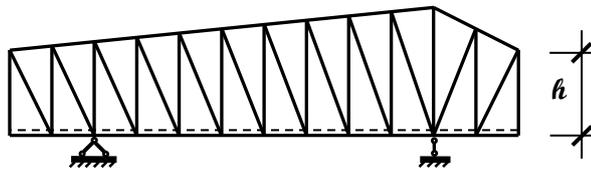
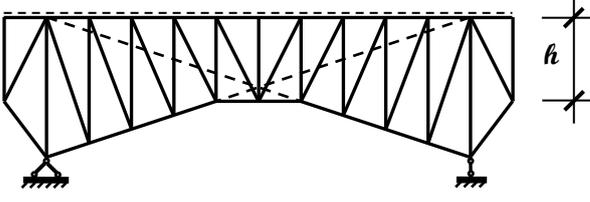
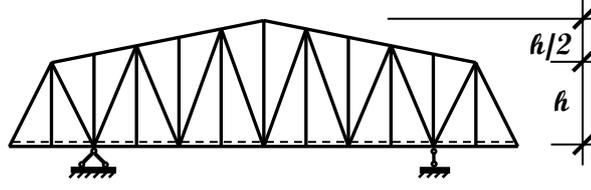
Ж

З

И  
Й

К

				Расчётные схемы ферм		Расчётные схемы ферм		
Л		$h$		М		$h$		
Н		$h$		О		$h$		
П		$h$		Р		$h$		
С		$h$		Т		$h$		
У		$h/2$ $h$		Ф		$h$		
Изм.	№ докум.	Подпись	Дата	46 Расчётно-графическая работа №5				Лист

				Расчётные схемы ферм				Расчётные схемы ферм	
X						Ц			
Ч						Ш			
Щ						Э			
Ю						Я			
Изм.	№ докум.	Подпись	Дата	47Расчётно-графическая работа №5				Лист	

Исходные данные к РГР - 6  
по дисциплине «Строительная механика».

**«Определение перемещений в статически определимой раме».**

В заданной статически определимой раме необходимо определить:

- вертикальное перемещение сечения «а»;
- горизонтальное перемещение сечения «а»;
- угол поворота сечения «b».

Исходные данные.

Расчётная схема рамы выбирается студентом согласно первой букве индивидуального шифра из таблицы №2. Размеры рамы и нагрузки на неё принимаются из таблицы №1 согласно второй и третьей цифре индивидуального шифра. Моменты инерции принять:

- для чётных вариантов  $I_{\max} = 2996 \text{ см}^4$ , (двутавр №23Б1);
- для нечётных вариантов  $I_{\max} = 2189 \text{ см}^4$ , (2 швеллера №18П).

Модуль упругости стали принять  $E_s = 2,1 \times 10^6 \text{ МПа}$ .

Последовательность расчёта.

1. Начертить расчётную схему рамы и нагрузки на неё согласно заданию.
2. Произвести анализ статической определимости и геометрической неизменяемости рамы.
3. Построить схему взаимодействия отдельных дисков.
4. Рассчитать раму на заданную нагрузку и построить эпюры « $M_p$ » и « $Q_p$ ».
5. Построить эпюры  $M_1$ ,  $M_2$  и  $M_3$  от действия последовательно приложенных единичных сил по направлению вычисляемых перемещений.
6. Определить искомые перемещения с применением интеграла Мора:

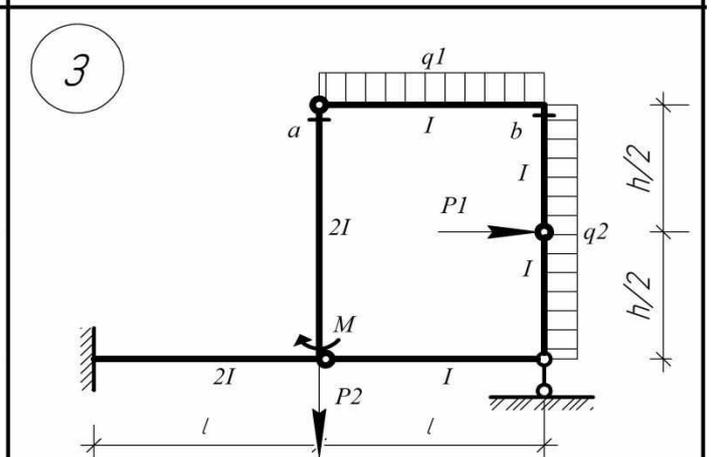
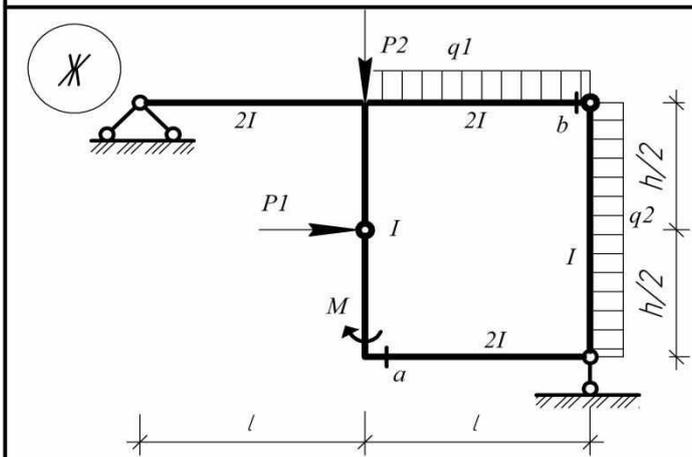
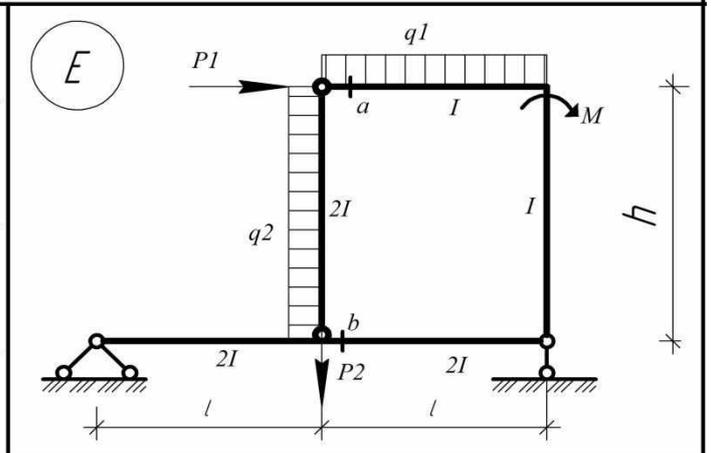
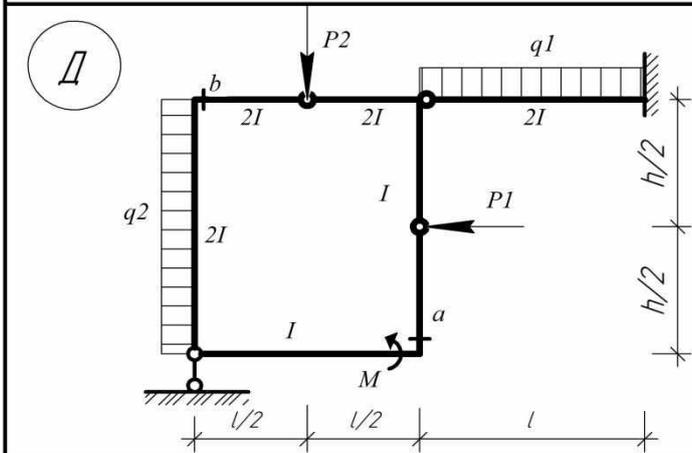
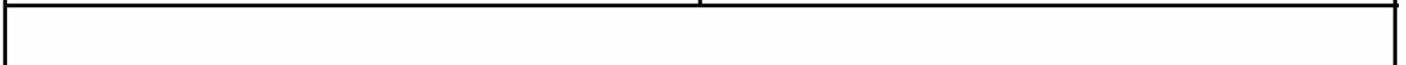
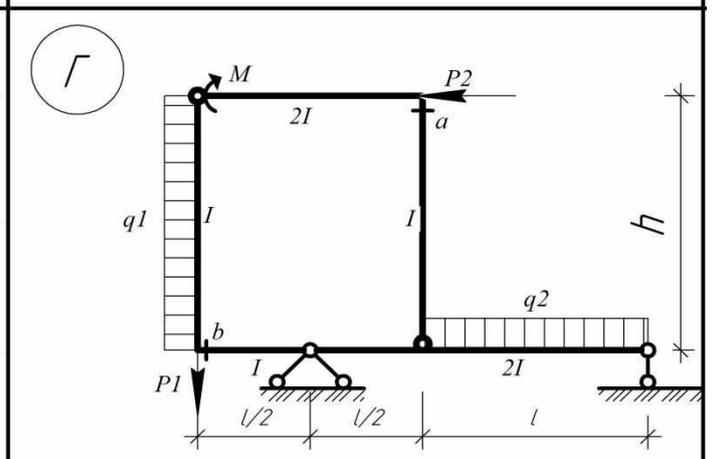
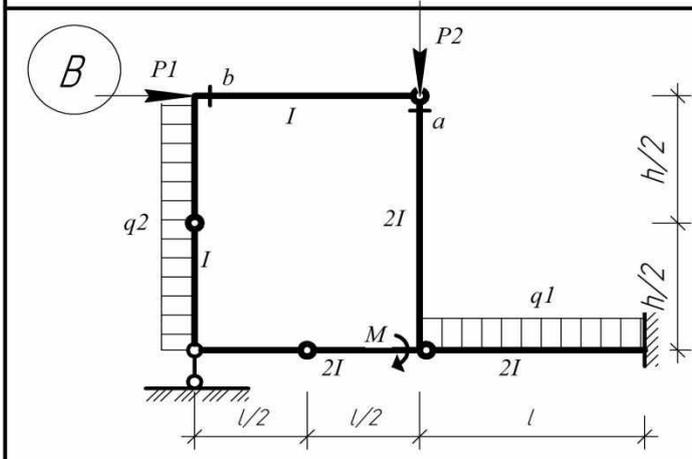
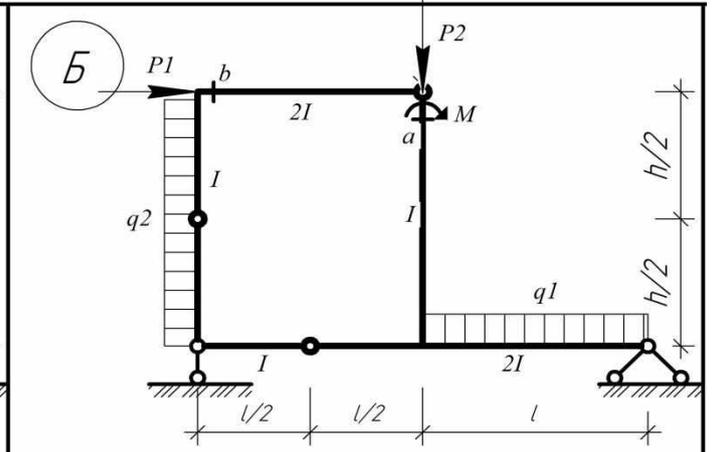
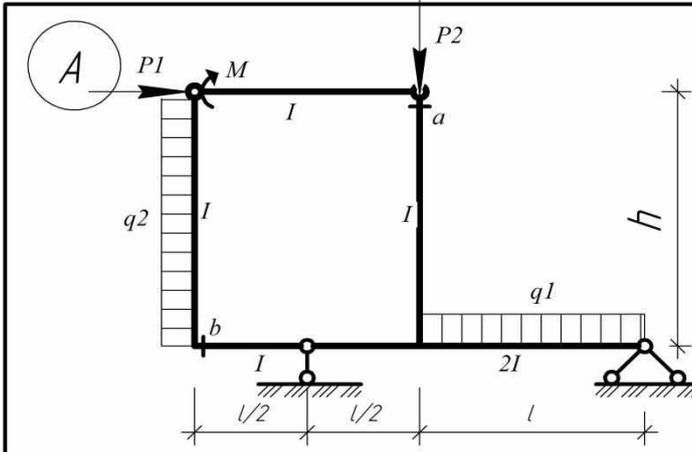
$$\Delta_{ip} = \sum \int_0^l \frac{M_i \cdot M_p}{E \cdot I} dx$$

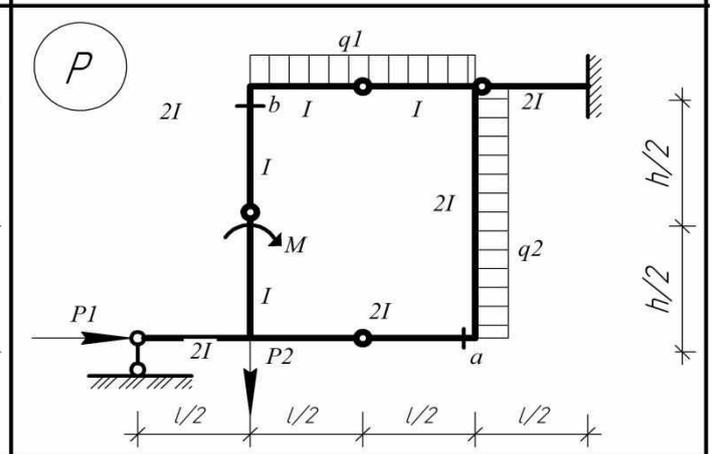
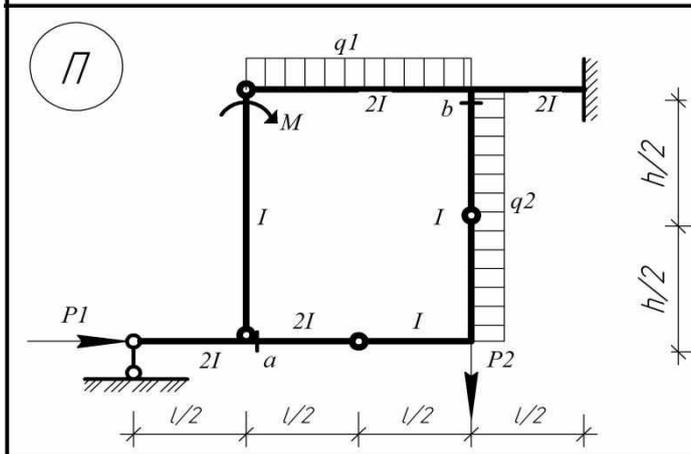
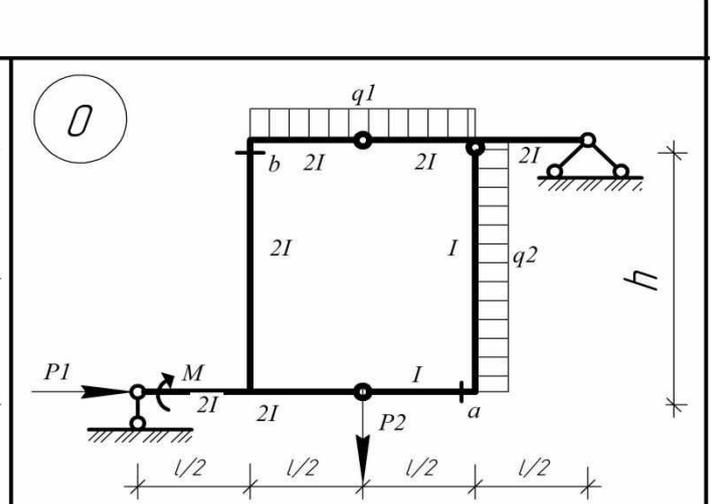
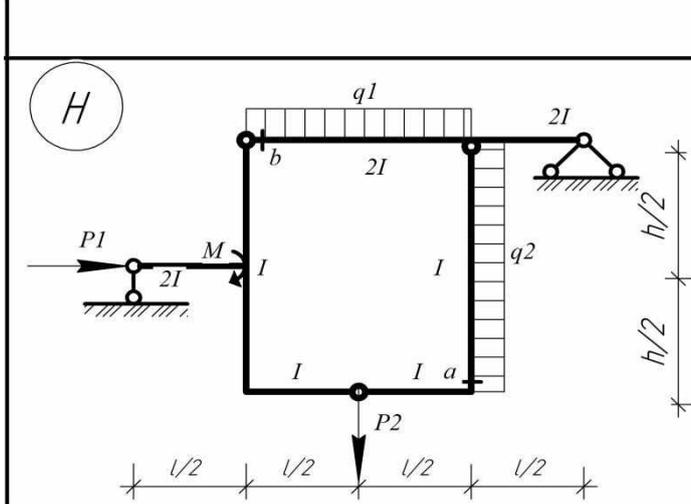
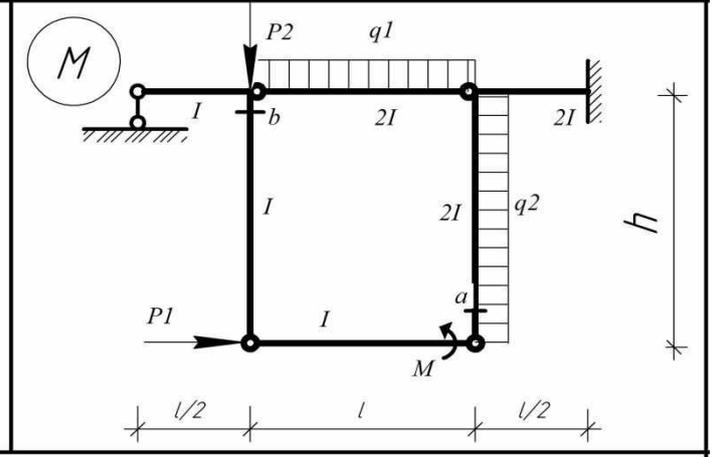
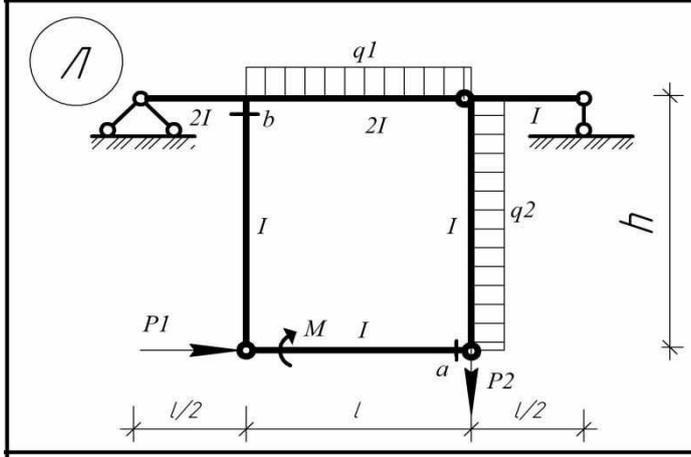
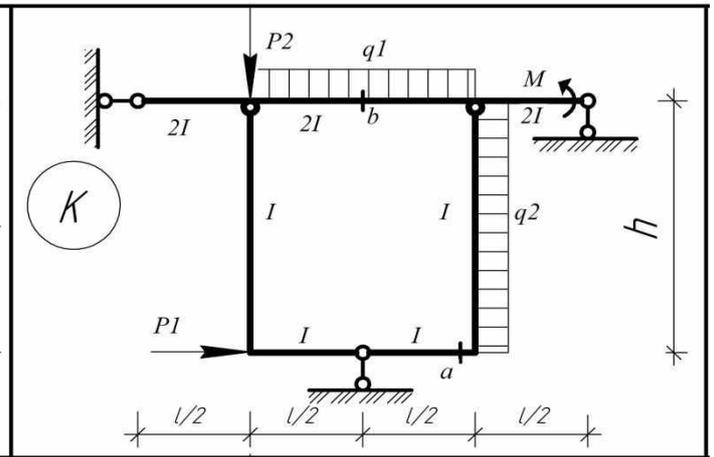
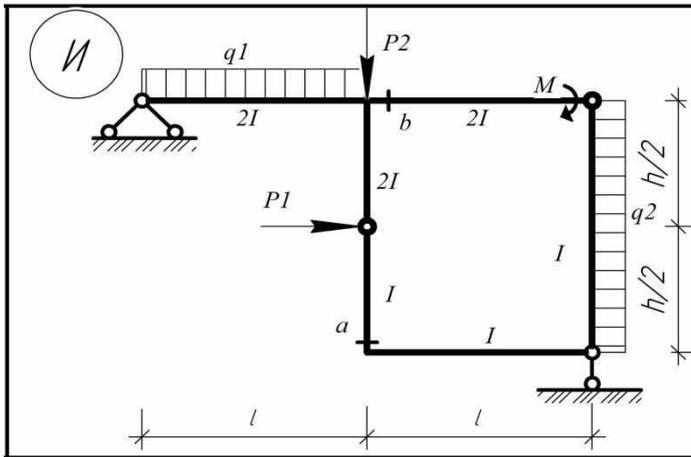
7. Вычисление интеграла Мора рекомендуется производить с использованием правила Верещагина или формулы Симпсона.

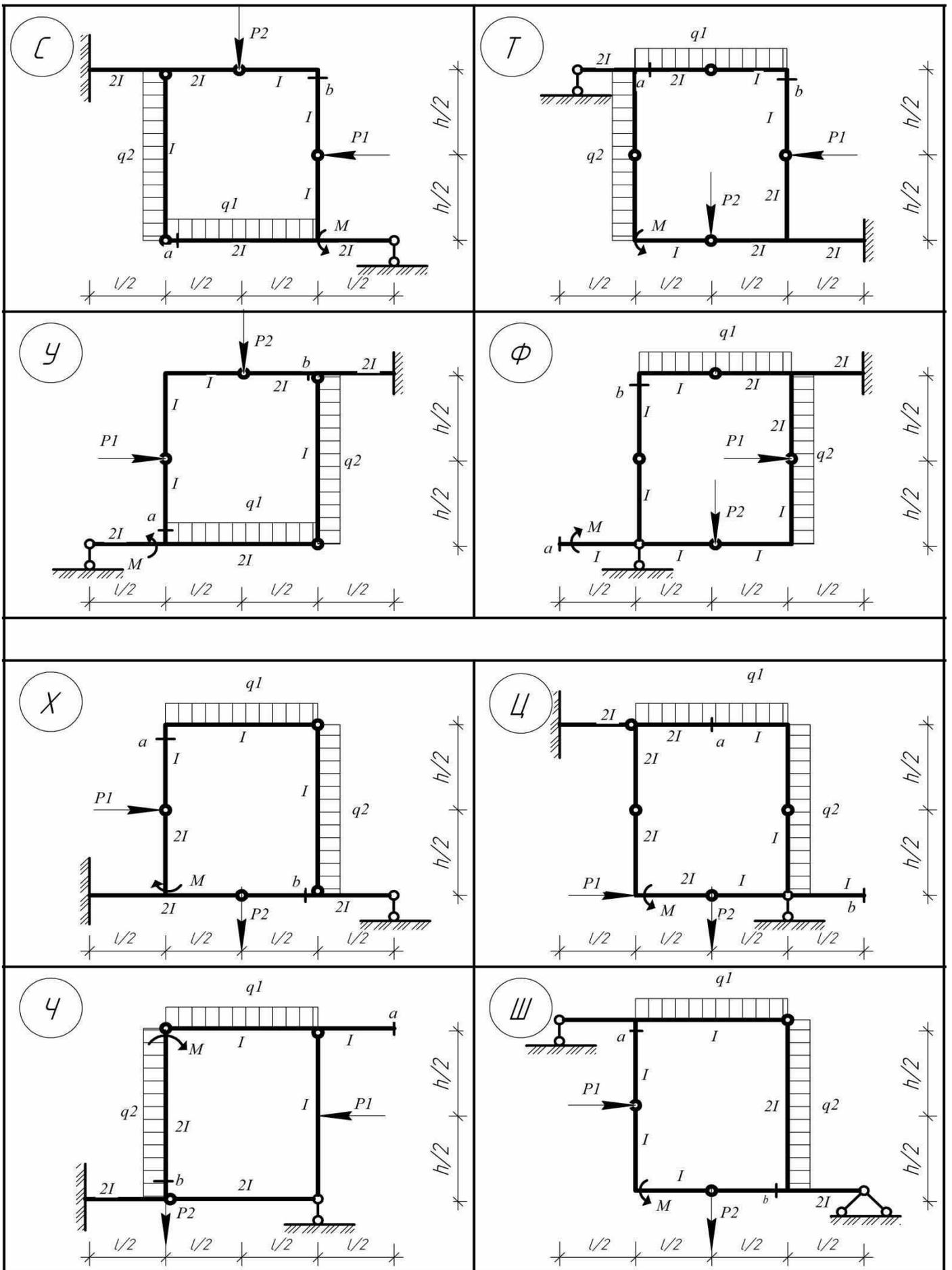
8. Расчетно-графическая работа выполняется на стандартных листах формата А-4 с соблюдением требований ГОСТов по оформлению текстовой документации.

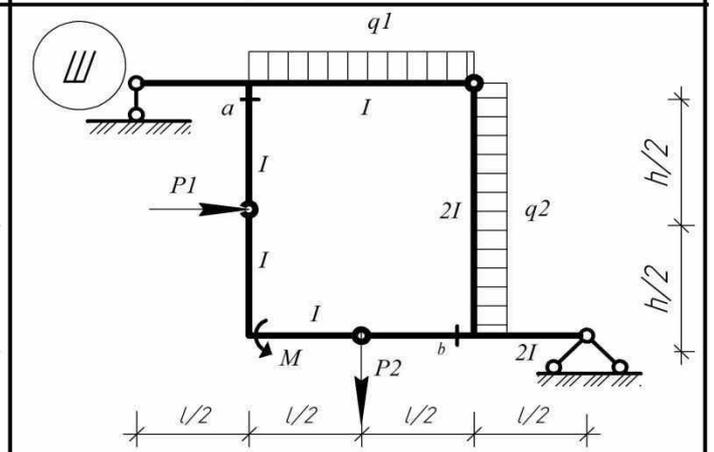
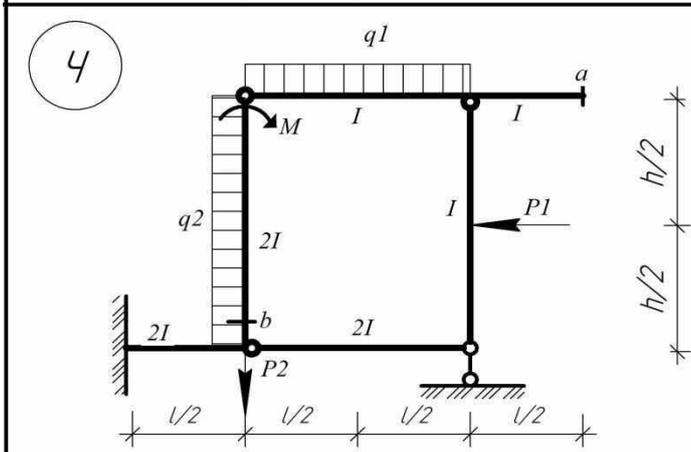
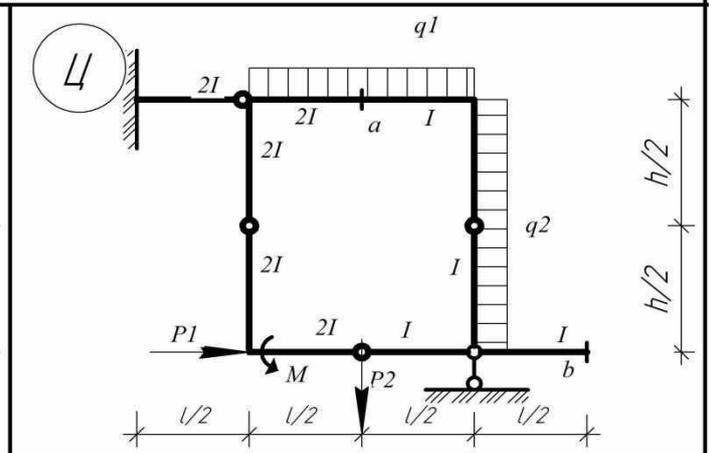
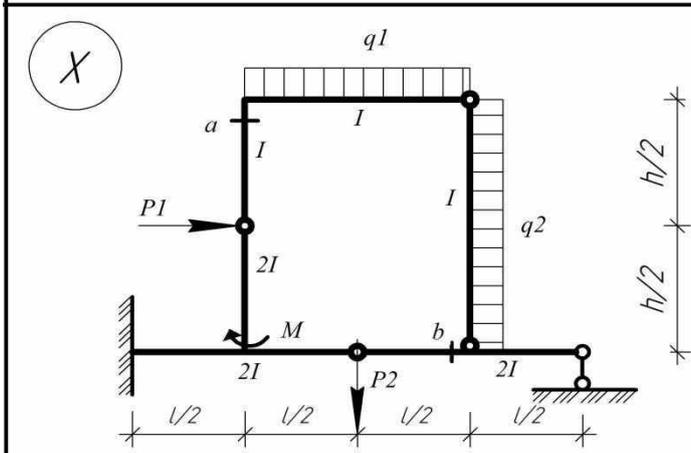
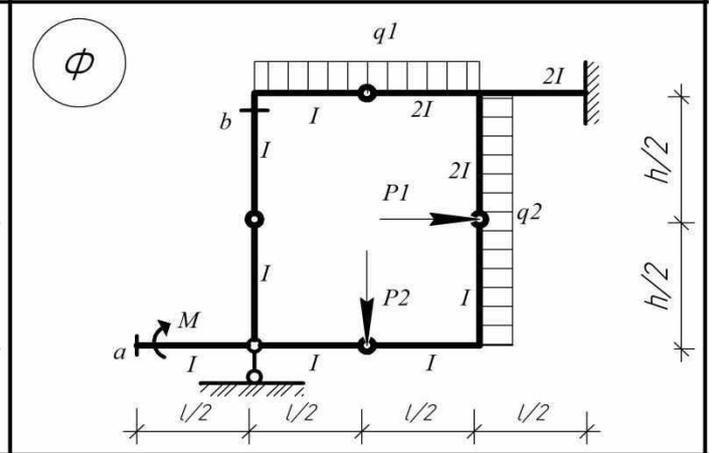
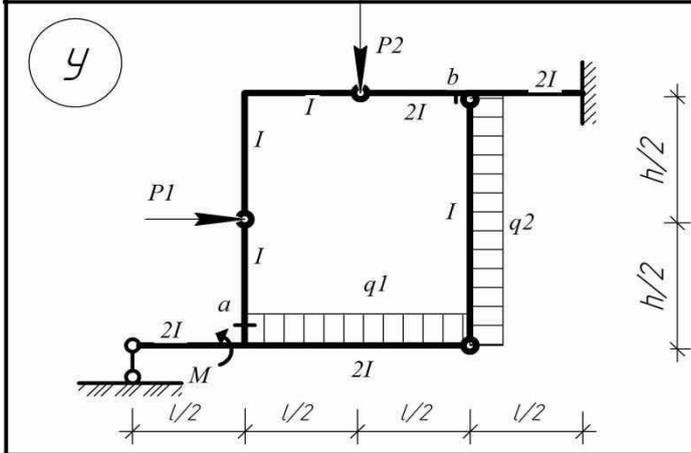
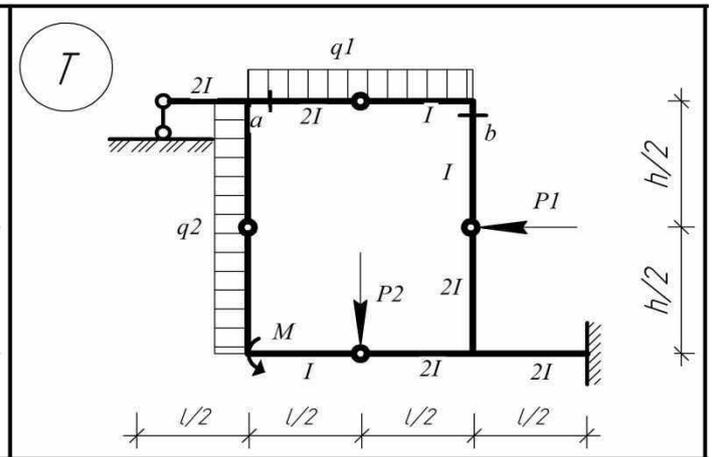
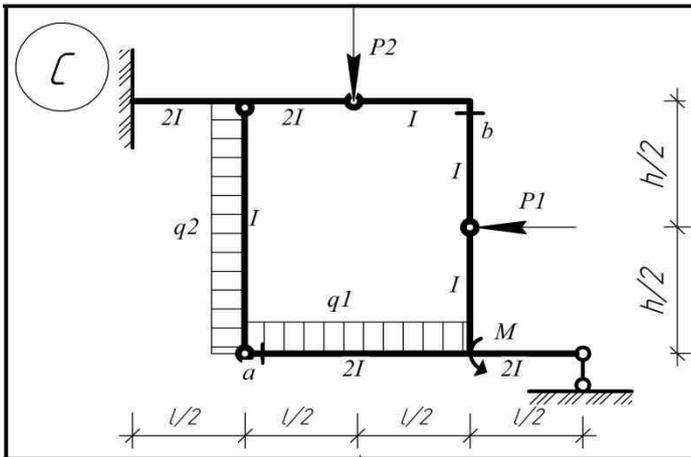
Таблица 1.

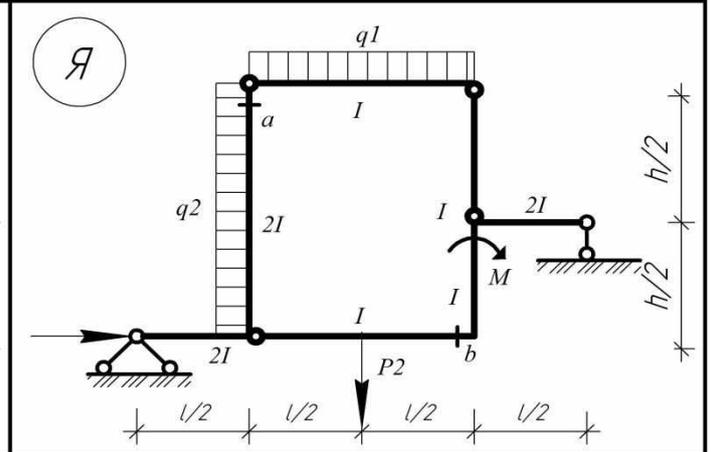
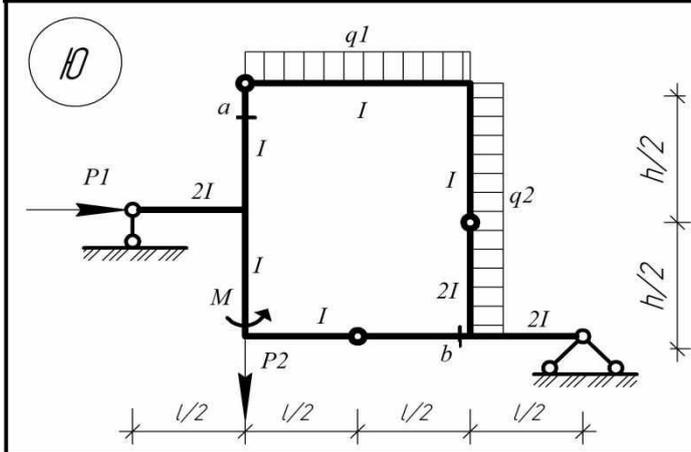
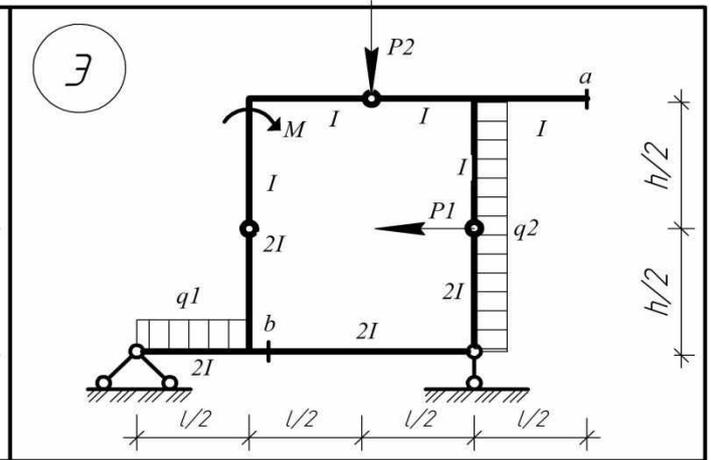
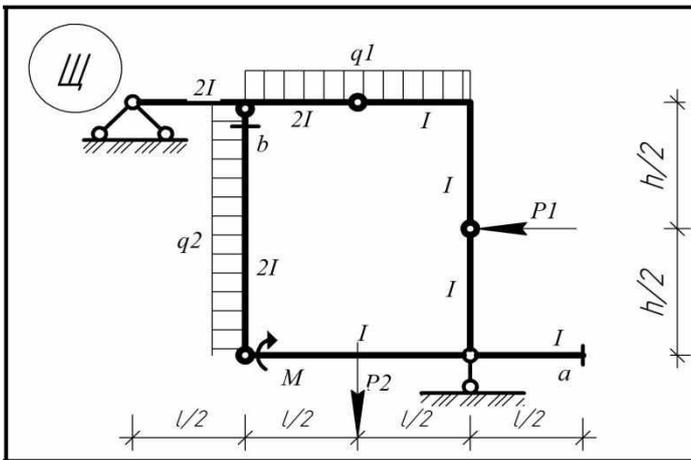
Первая цифра шифра	$l$ м	$h$ м	$M$ кНм	Вторая цифра шифра	$q_1$ кН/м	$q_2$ кН/м	$P_1$ кН	$P_2$ кН
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>0</b>	3,0	2,4	6,0	<b>0</b>	2	0	14	0
<b>1</b>	3,5	3,4	12,0	<b>1</b>	0	3	0	17
<b>2</b>	4,0	3,8	10,0	<b>2</b>	4	0	16	0
<b>3</b>	4,2	4,2	13,0	<b>3</b>	0	5	0	15
<b>4</b>	4,8	4,4	8,0	<b>4</b>	6	0	18	0
<b>5</b>	5,0	3,8	4,0	<b>5</b>	0	7	0	13
<b>6</b>	3,8	4,6	5,0	<b>6</b>	8	0	12	0
<b>7</b>	2,8	4,4	9,0	<b>7</b>	0	9	0	19
<b>8</b>	5,4	5,2	7,0	<b>8</b>	6	0	10	0
<b>9</b>	5,8	5,0	11,0	<b>9</b>	0	1	0	20











Исходные данные к РГР - 7  
по дисциплине «Строительная механика».

**«Расчёт статически неопределимой рамы методом сил».**

Таблица 1.

1-я цифра	$l_1$ м	$l_2$ м	$h_1$ м	$h_2$ м	2-я цифра	№ рамы	$I_1:I_2:I_3$	$a/l_i$	$b/h_i$	3-я цифра	$P_1$ кН	$P_2$ кН	$P_3$ кН	$Q_1$ кН/м	$Q_2$ кН/м	$Q_3$ кН/м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0	6	4	6	4	0	0	1:2:1,5	0,5	0,4	0	50	-	-	-	25	-
1	8	6	4	6	1	1	1,5:2:1	0,4	0,5	1	-	40	-	30	-	-
2	4	6	8	4	2	2	1:4:2	0,4	0,5	2	80	-	-	-	-	40
3	6	8	6	8	3	3	1:3:2	0,5	0,25	3	-	-	60	20	-	-
4	4	8	6	4	4	4	1:2:3	0,4	0,3	4	-	20	-	-	-	20
5	8	4	4	6	5	5	2:1:3	0,25	0,4	5	-	-	120	-	30	-
6	6	6	4	4	6	6	1:2:1	0,5	0,3	6	40	-	-	-	-	40
7	8	6	6	4	7	7	2:3:1	0,3	0,4	7	-	60	-	40	-	-
8	6	6	6	6	8	8	1:4:2	0,2	0,5	8	-	-	80	-	25	-
9	4	8	8	4	9	9	1:1,5:3	0,5	0,2	9	120	-	-	-	40	-

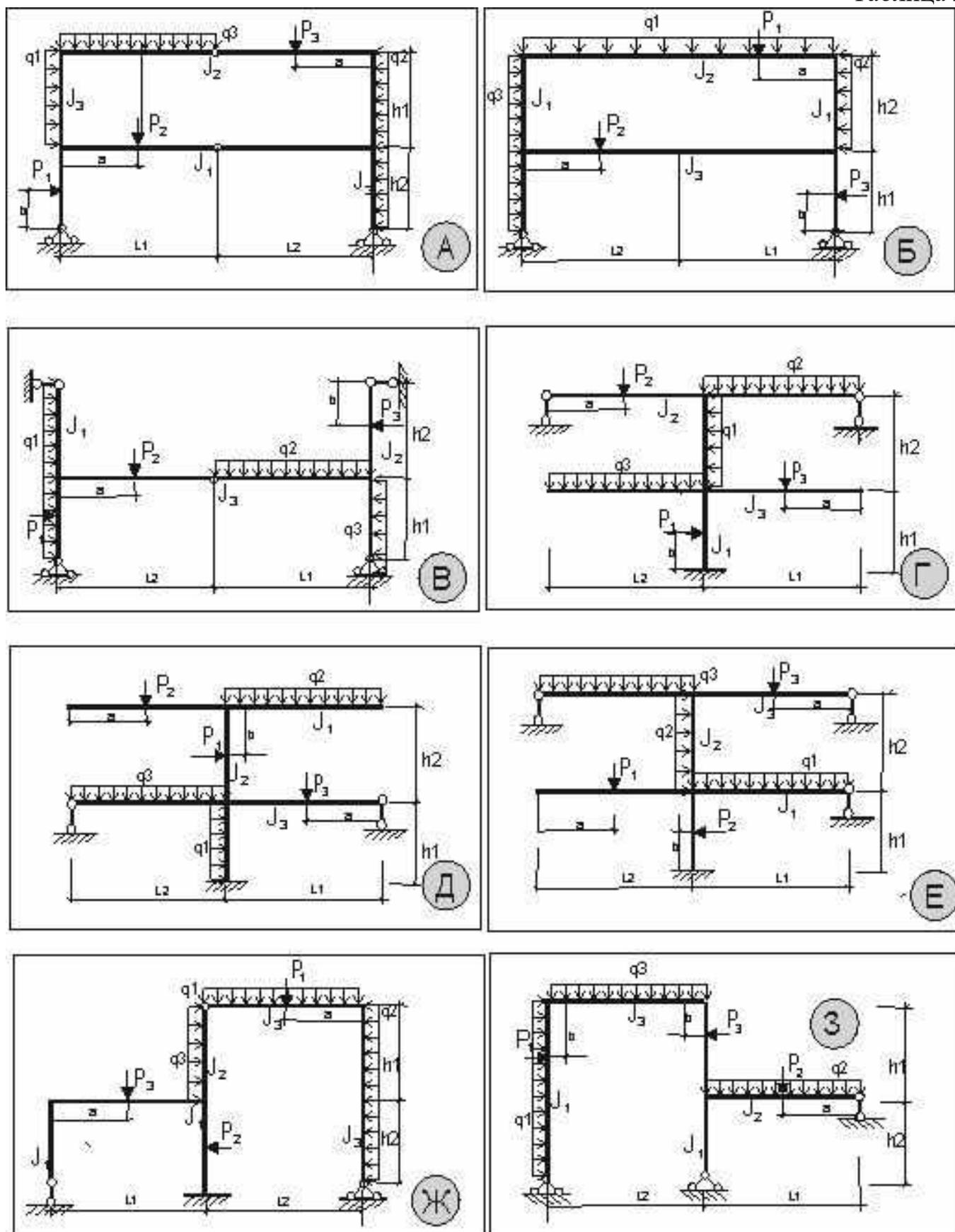
1. Задание.

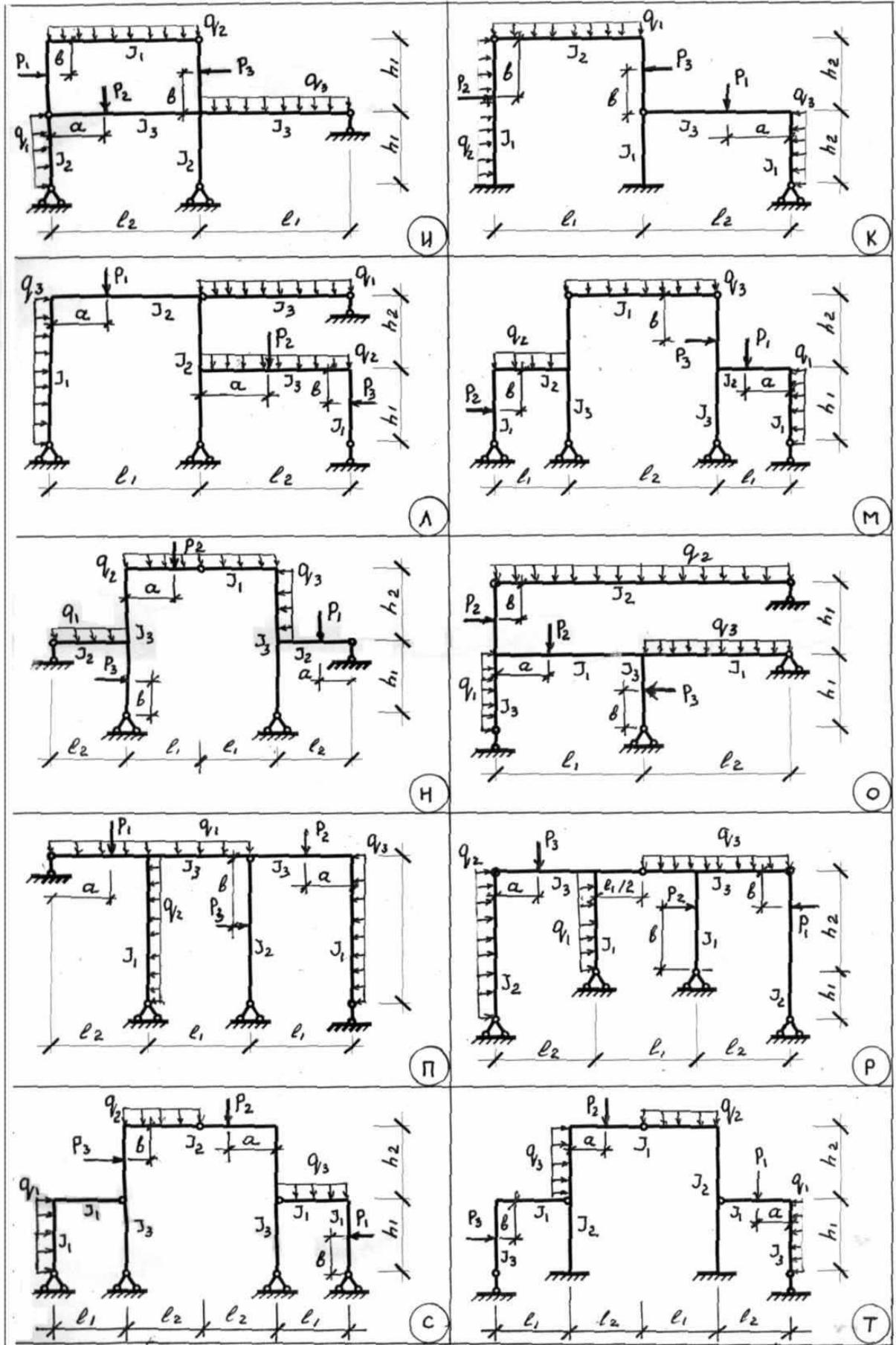
- 1.1. Построить эпюры внутренних усилий  $M$ ,  $Q$  и  $N$ .
- 1.2. Проверить правильность построения эпюр  $M$ ,  $Q$  и  $N$ .

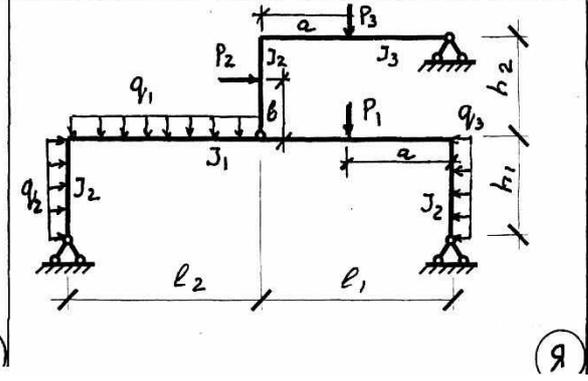
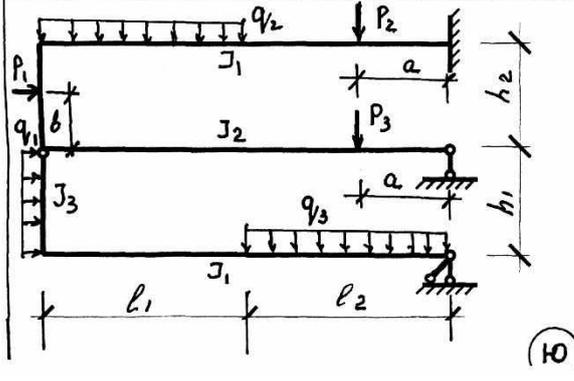
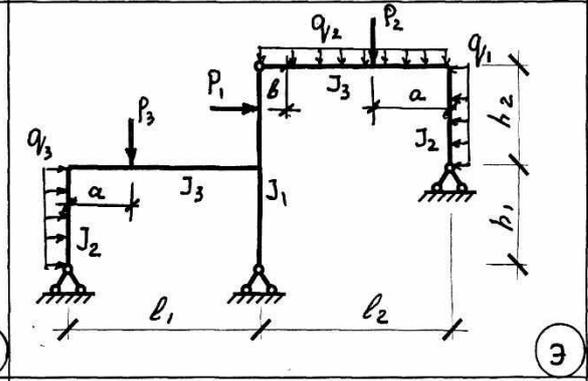
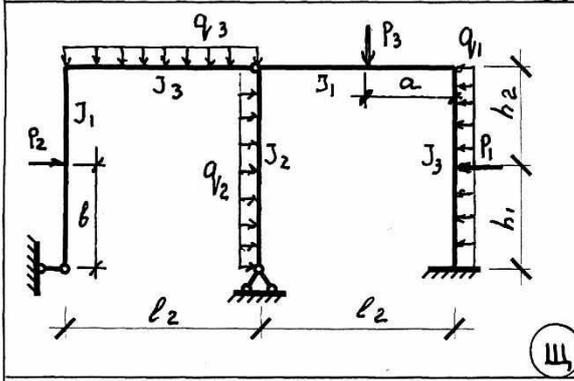
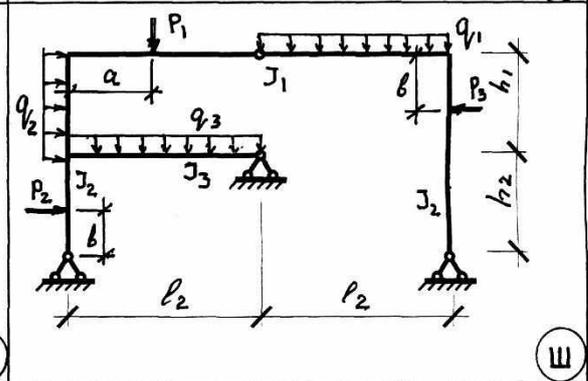
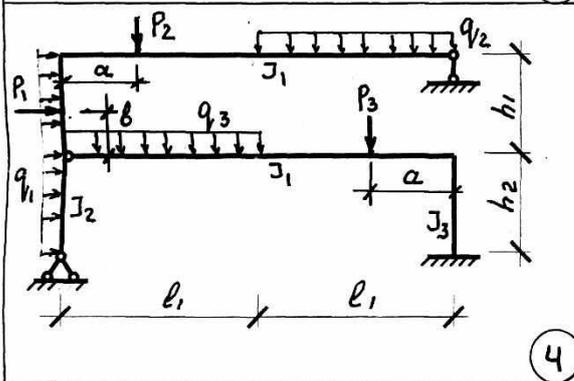
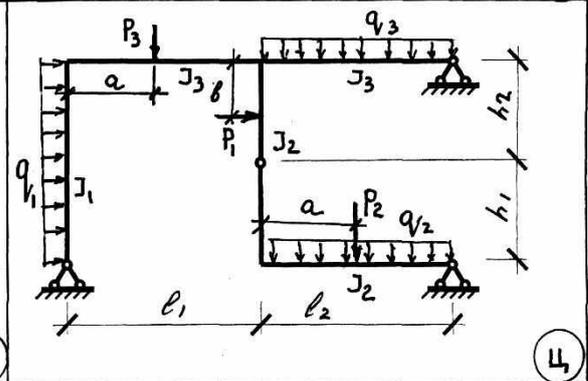
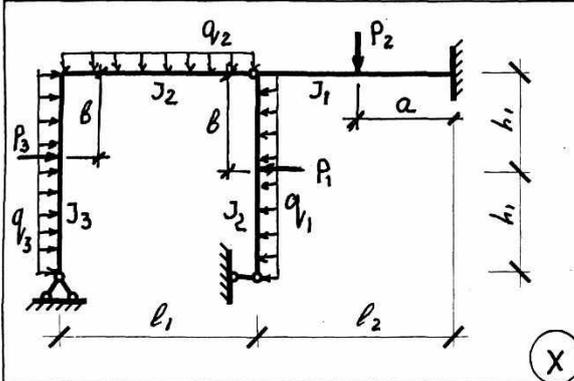
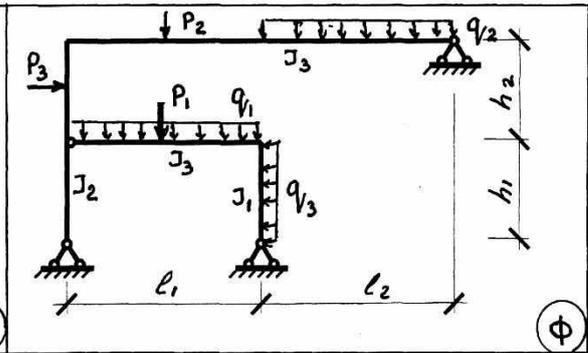
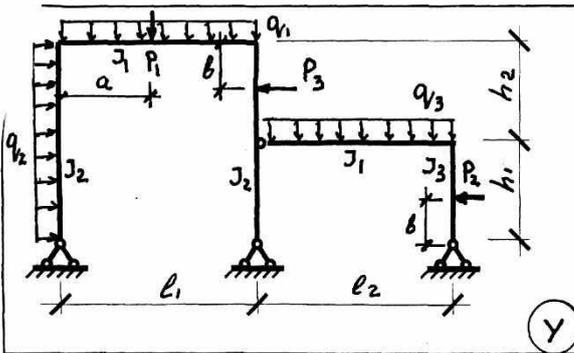
2. Последовательность выполнения работы.

- 2.1. Определение степени статической неопределимости заданной рамы.
- 2.2. Выбор основной системы.
- 2.3. Составление системы канонических уравнений метода сил.
- 2.4. Построение грузовой и единичных эпюр изгибающих моментов для основной системы.
- 2.5. Определение коэффициентов и свободных членов канонических уравнений.
- 2.6. Решение системы канонических уравнений.
- 2.7. Построение окончательной эпюры изгибающих моментов.
- 2.8. Деформационная проверка правильности построения эпюры.
- 2.9. Построение эпюры поперечных сил.
- 2.10. Построение эпюры продольных сил.
- 2.11. Проверка правильности построения эпюр  $Q$  и  $N$ .

Таблица 2.







Исходные данные к РГР - 8  
по дисциплине «Строительная механика».

**«Расчёт статически неопределимой рамы методом перемещений».**

Задание.

Таблица 1.

1-я цифра	№ рамы	2-я цифра	$a/l_i$	$b/h_i$	3-я цифра	$P_1$ кН	$P_2$ кН	$q_1$ кН/м	$q_2$ кН/м	$q_3$ кН/м	$q_4$ кН/
1	2	6	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0	0	0	0,5	0,4	0	20	0	0	25	40	0
1	1	1	0,4	0,5	1	0	40	20	0	30	0
2	2	2	0,6	0,5	2	80	0	0	10	0	20
3	3	3	0,5	0,6	3	0	50	0	15	10	0
4	4	4	0,4	0,5	4	50	0	0	20	10	0
5	5	5	0,6	0,4	5	0	70	20	0	20	0
6	6	6	0,5	0,6	6	40	0	0	25	0	15
7	7	7	0,4	0,4	7	0	60	0	25	25	0
8	8	8	0,6	0,5	8	60	0	0	25	20	0
9	9	9	0,5	0,6	9	0	30	40	0	25	0

Для всех вариантов рам  $EI_{\text{риг}}=2EI_{\text{ст}}$ .

1. Состав задания.

- 1.1. Построить эпюры внутренних усилий  $M$ ,  $Q$  и  $N$ .
- 1.2. Проверить правильность построения эпюр  $M$ ,  $Q$  и  $N$ .

2. Последовательность выполнения работы

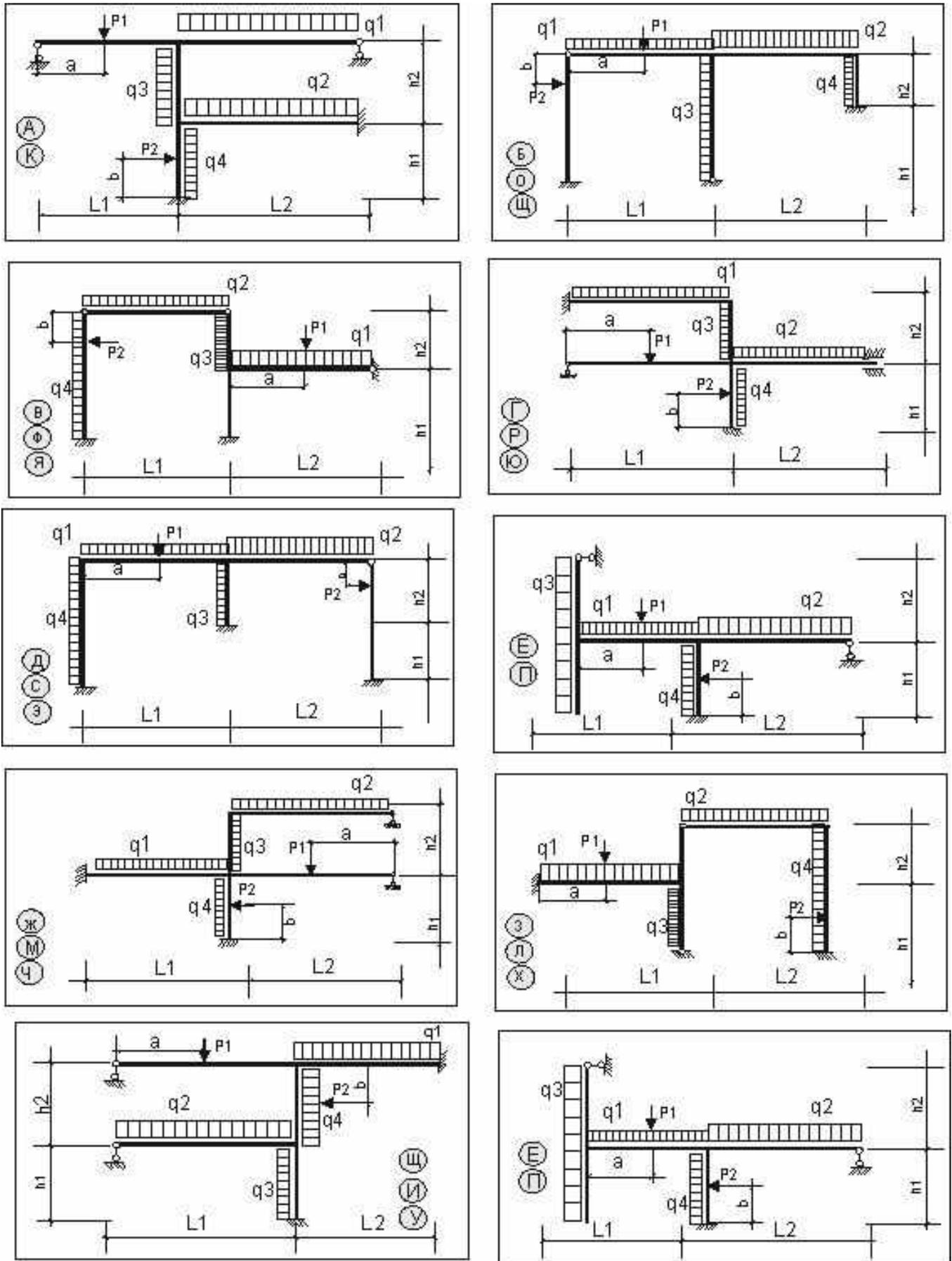
- 2.1. Начертить расчётную схему рамы. Усилия, величина которых равна нулю показывать на схеме не требуется.
- 2.2. Определить степень кинематической неопределимости заданной рамы, (число неизвестных метода перемещений  $n_k=n_y+n_{\text{л}}$ ).
- 2.3. Начертить основную систему. Показать фиктивные связи и выбранное направление угловых и линейных перемещений.

- 2.4. Составить систему канонических уравнений метода перемещений.
- 2.5. Построить грузовую и единичные эпюры изгибающих моментов в основной системе.
- 2.6. Определить коэффициенты и свободные члены канонических уравнений.
- 2.7. Решить систему канонических уравнений, проверить правильность решения.
- 2.8. Построить окончательную эпюру изгибающих моментов по формуле:
- $$M_{tot} = M_p + M_1 \times z_1 + M_2 \times z_2 + M_3 \times z_3.$$
- 2.9. Статическая проверка правильности построения эпюры «М»
- 2.10. Кинематическая проверка. (По желанию.)
- 2.11. Построить эпюру поперечных сил:  $Q = Q^0 + \frac{M_{np} + M_{лев}}{l}$ .
- 2.12. Построить эпюру продольных сил по эпюре поперечных сил.
- 2.13. Проверка правильности построения эпюр Q и N, (для всей рамы).
- 2.14. Начертить эпюры M, Q и N в масштабе длин и сил на одном листе формата А4.

Таблица 2.

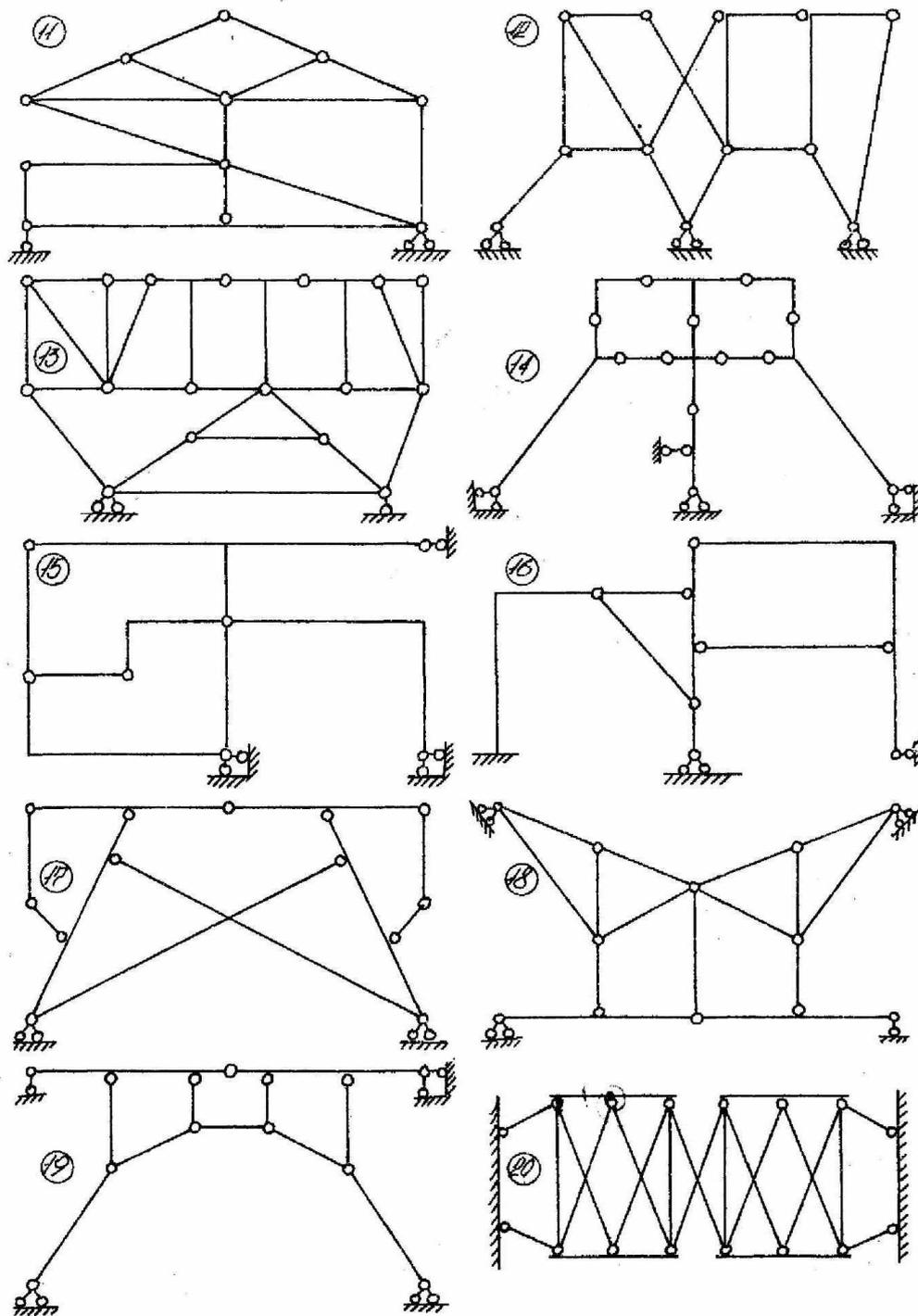
1-я цифра	l <sub>1</sub> м	l <sub>2</sub> м	h <sub>1</sub> м	h <sub>2</sub> м
1	2	3	4	5
0	2	6	4	4
1	6	6	5	4
2	4	4	2	3
3	8	6	6	5
4	2	4	4	4
5	4	8	8	6
6	6	4	5	6
7	8	6	5	4
8	6	8	6	8
9	4	6	3	4

Таблица 3.



Домашнее задание по теме №1:  
**« Кинематический анализ расчётных схем сооружений».**

Для систем 1-30 провести кинематический анализ.



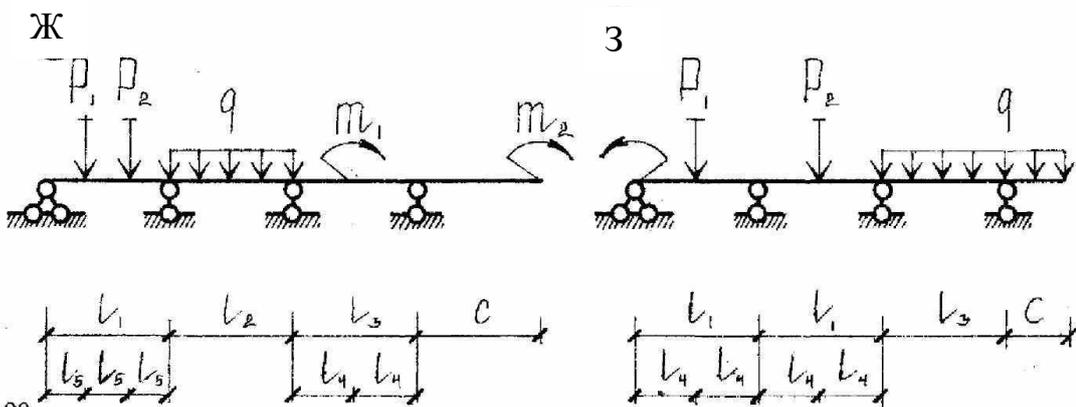
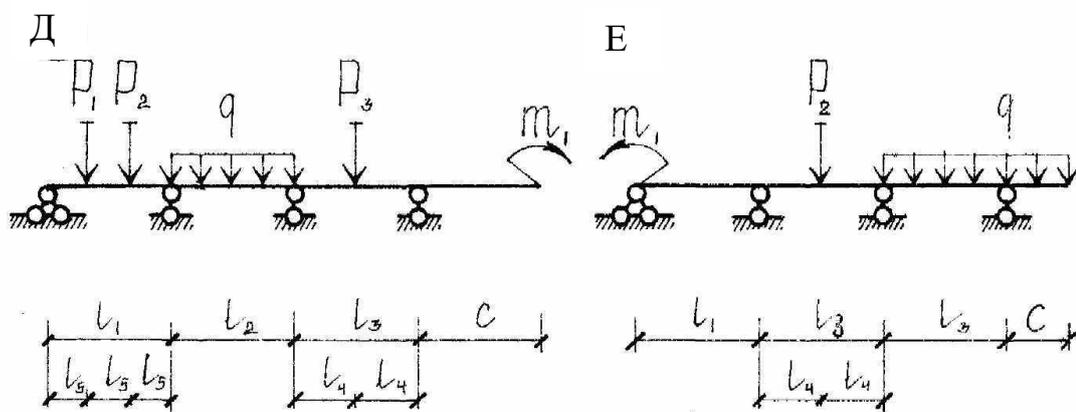
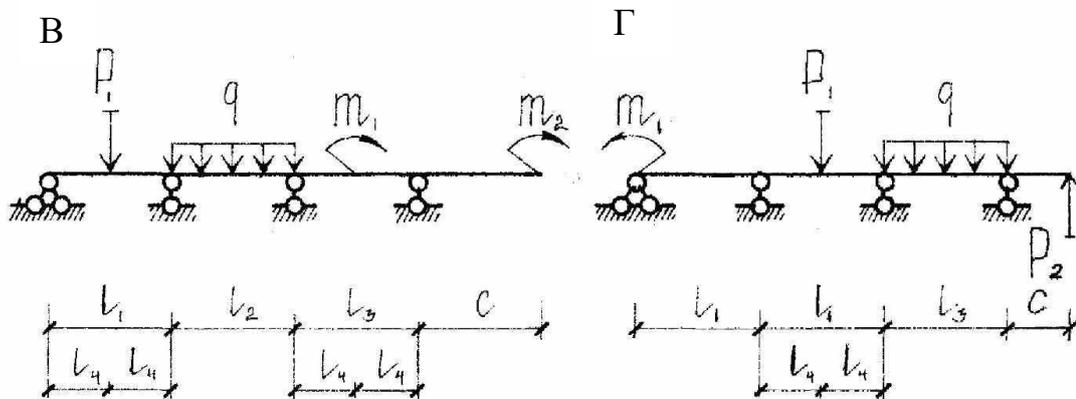
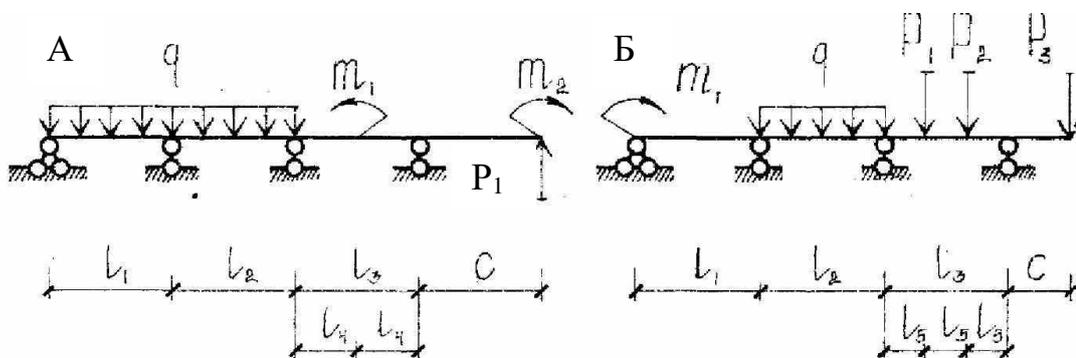
6

Примечание:

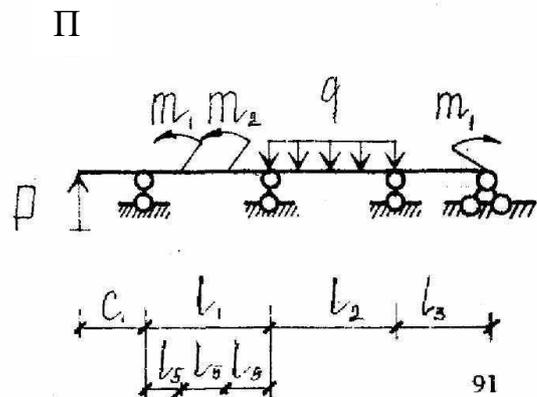
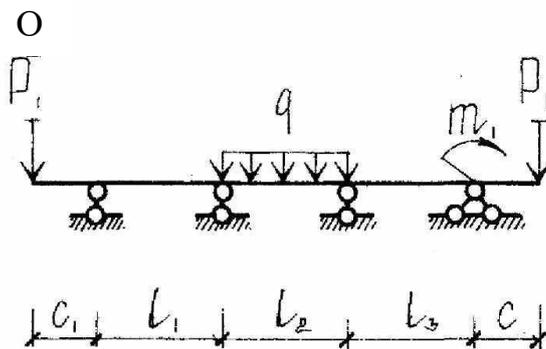
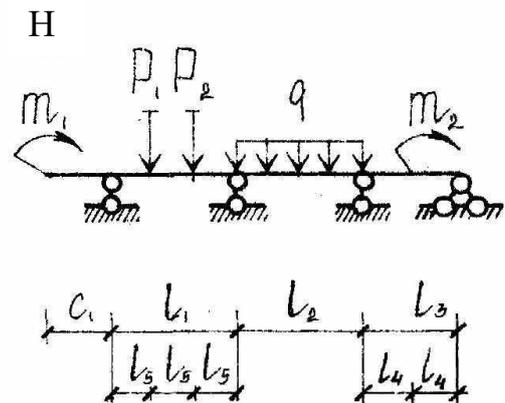
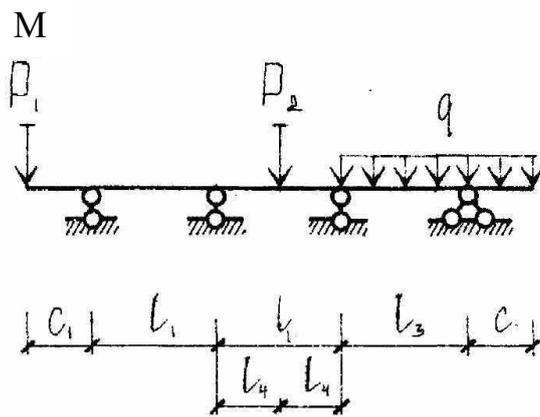
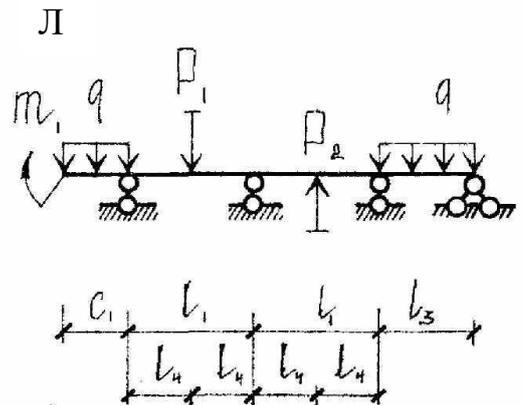
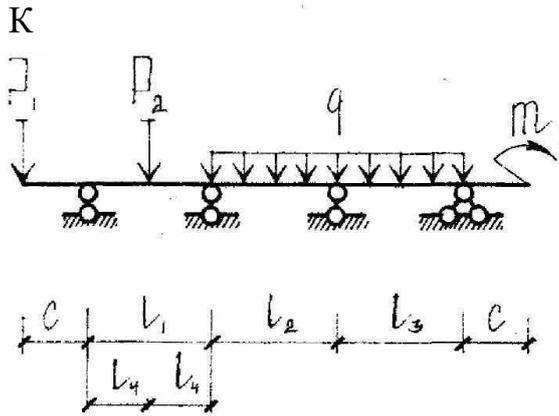
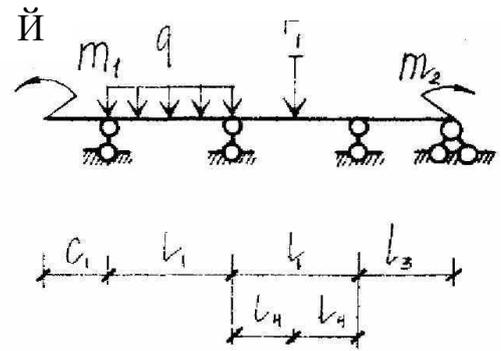
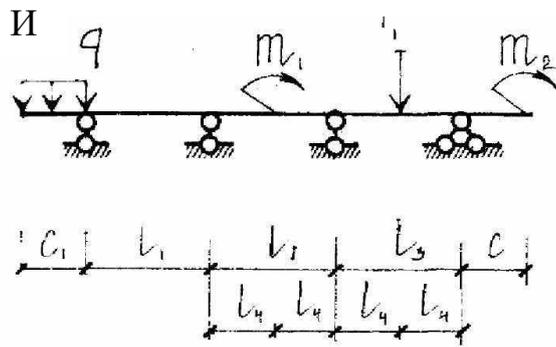
1. Каждый студент анализирует 10 расчётных схем. Схемы 1-10 решают студенты, со списочным номером по журналу 1-10, схемы 11-20 решают студенты, со списочным номером по журналу 11-20 и так далее.

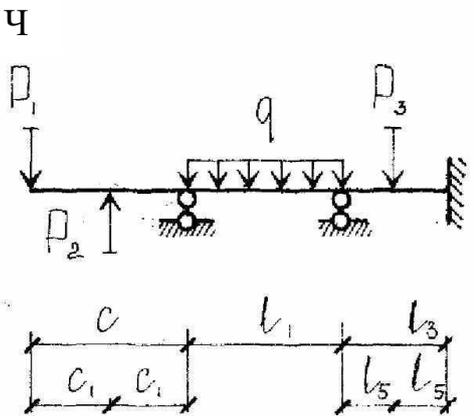
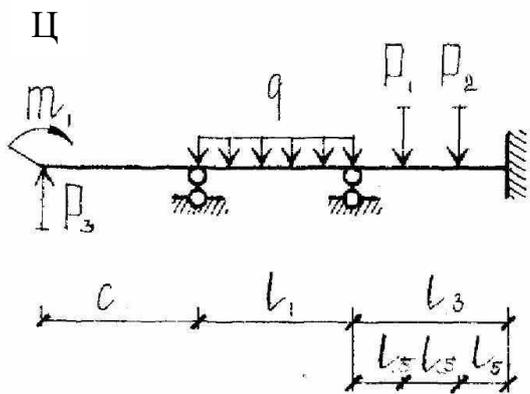
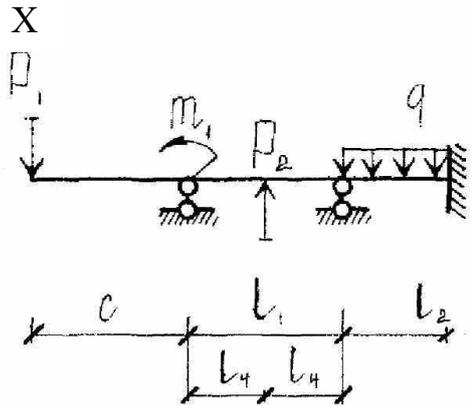
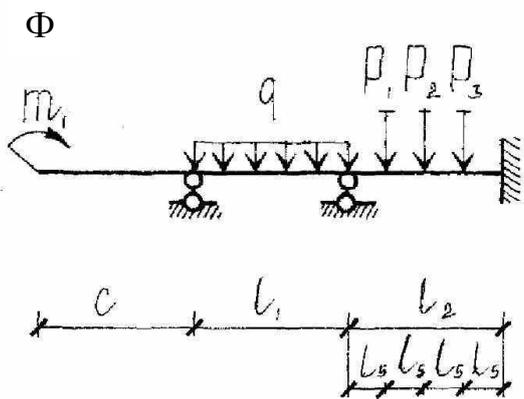
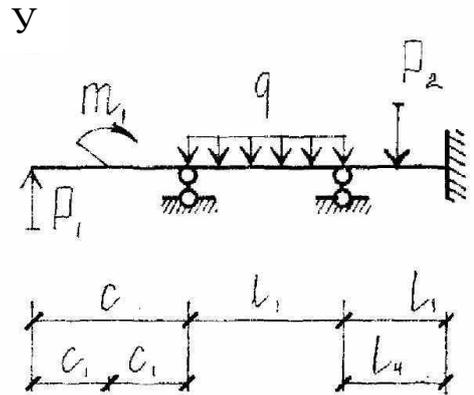
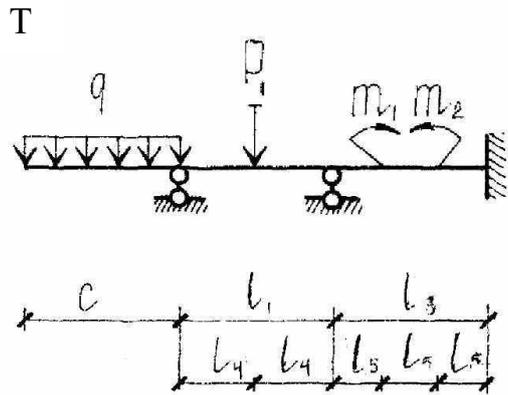
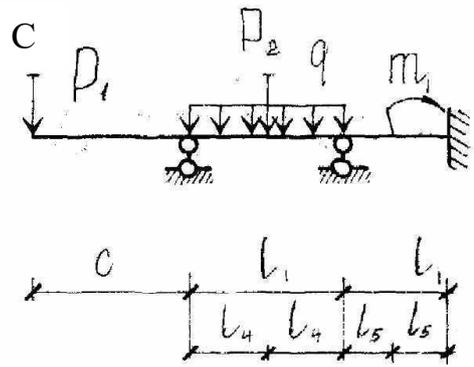
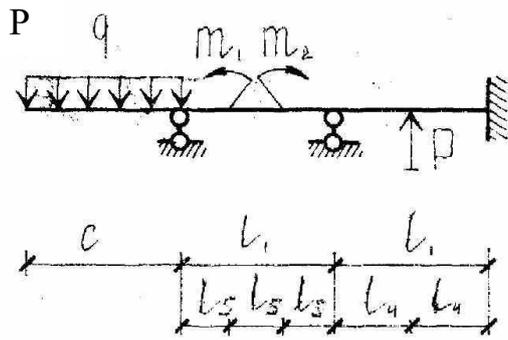
Исходные данные к РГР - 9:  
 «Расчет статически неопределимых балок».

Построить эпюру моментов и поперечных для своего варианта.



90





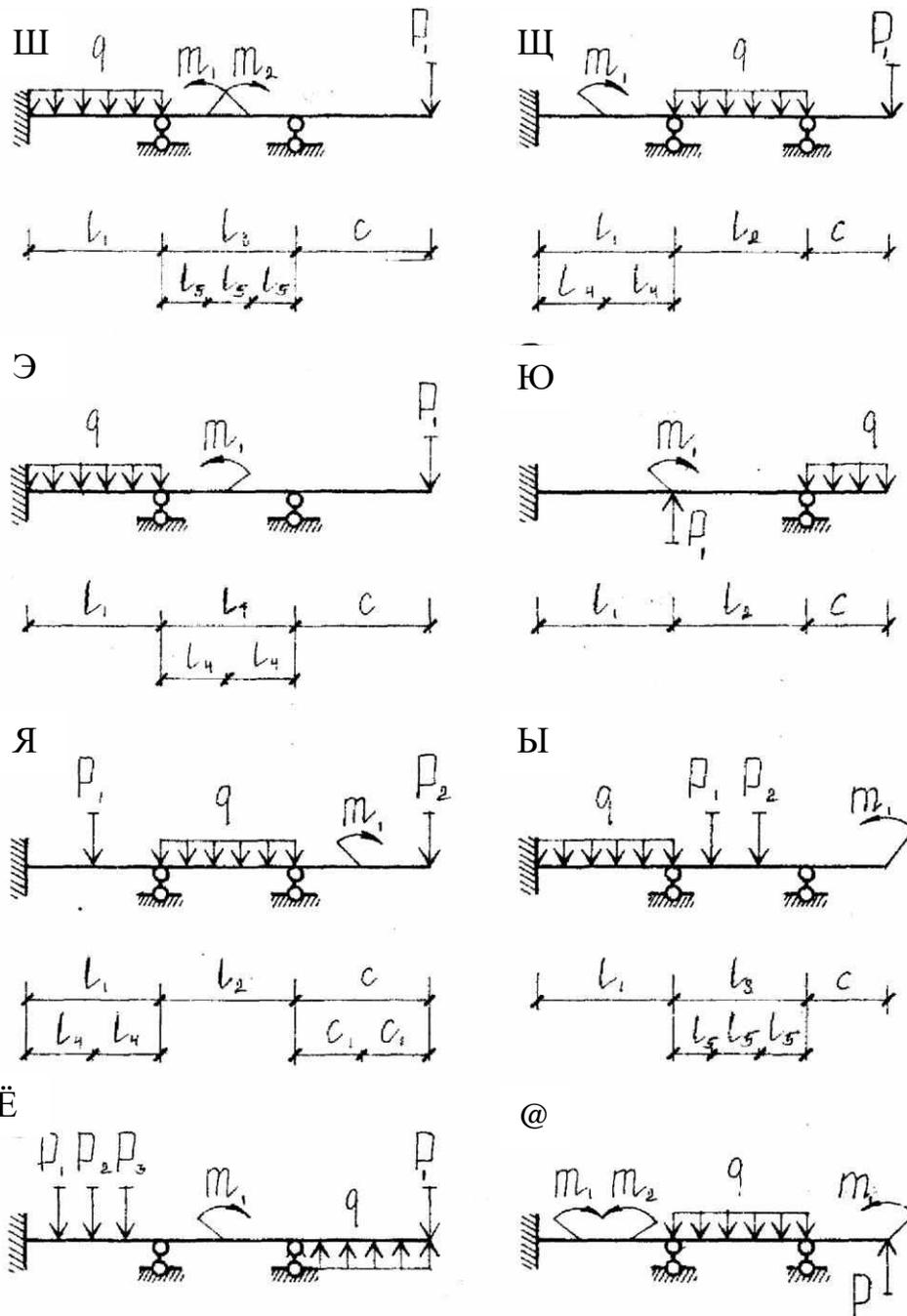


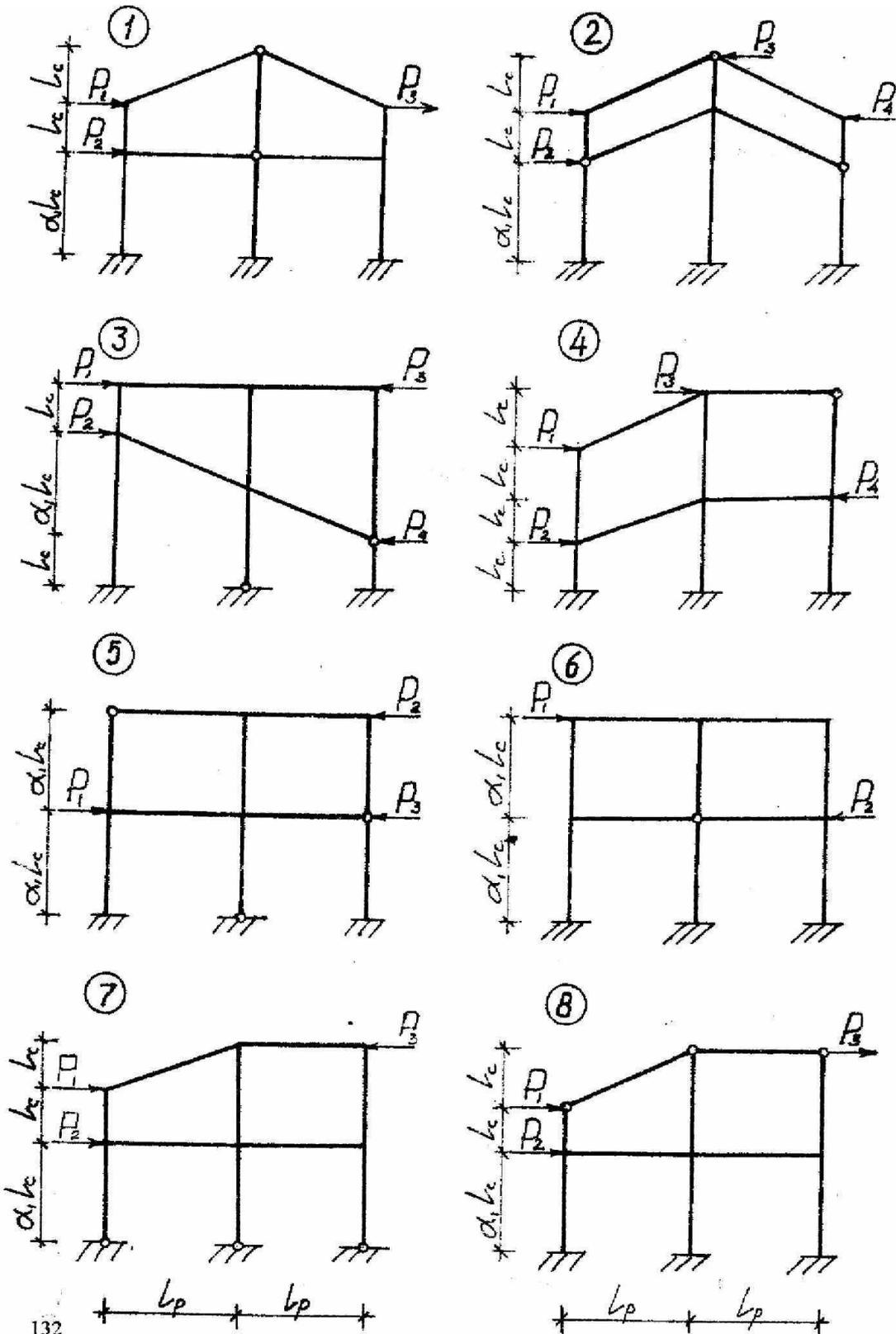
Таблица 1.

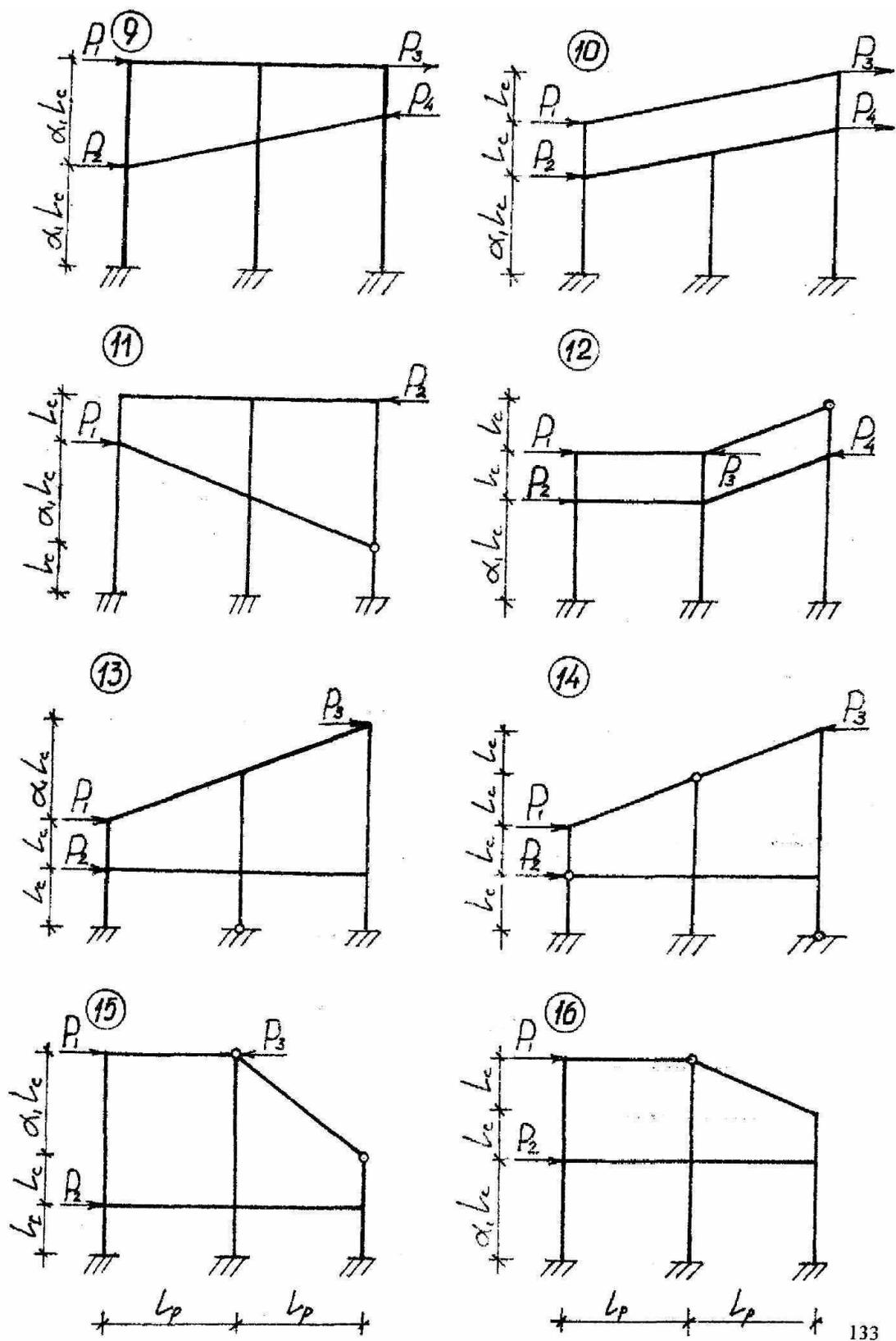
№ варианта	Размеры в метрах							Нагрузки					
	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$c$	$c_1$	$P_1$ кН	$P_2$ кН	$P_3$ кН	$q$ кН/м	$m_1$ кНм	$m_2$ кНм
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
А-Е	6	8	4	2	1	1	1	2	6	10	10	2	4
Ж-Л	8	6	3	2	1	1	2	4	8	4	2	10	2
М-С	6	8	4	1	2	2	1	6	10	2	4	8	6
Т-Ч	8	6	3	1	2	2	2	8	4	8	6	6	8
Ш-@	6	8	4	2	1	1	1	10	2	6	8	4	10

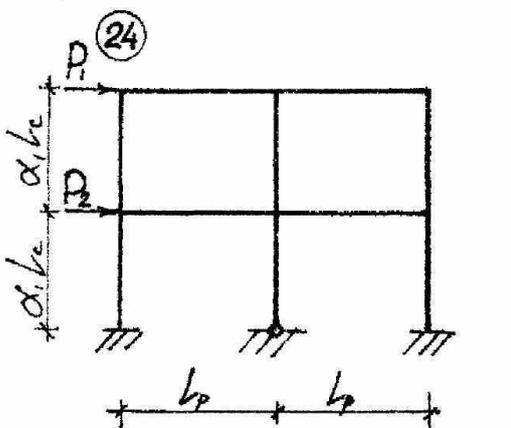
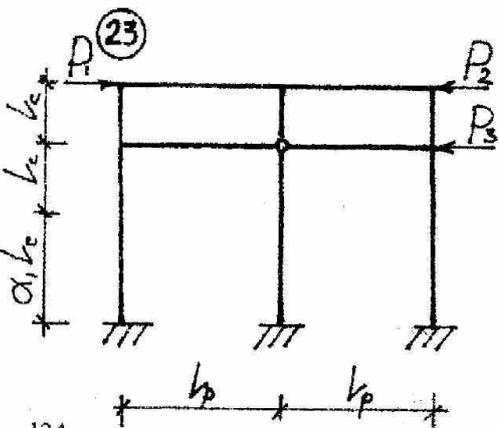
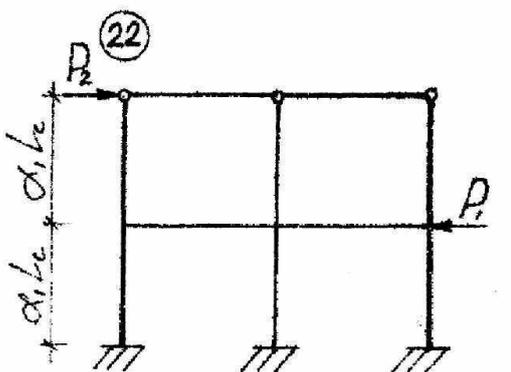
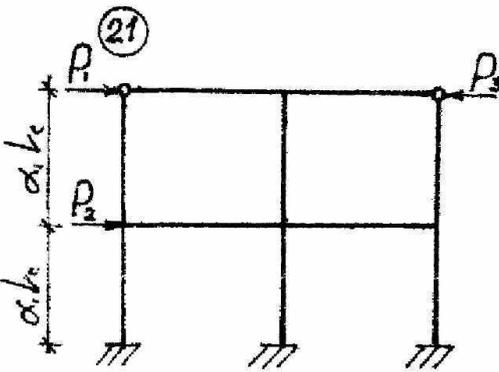
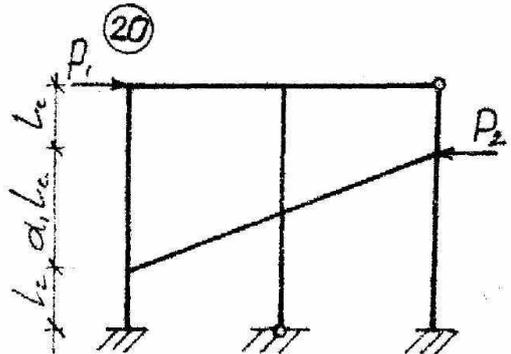
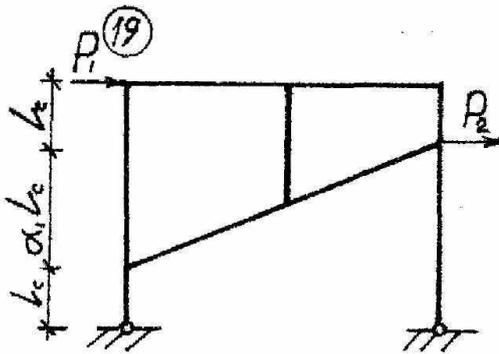
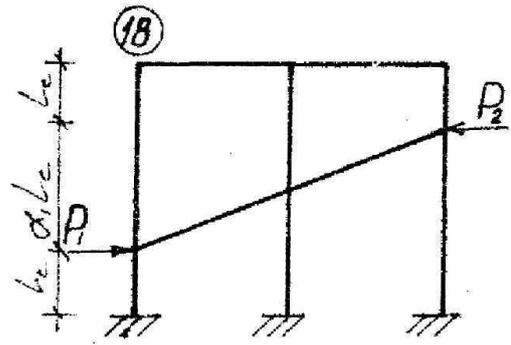
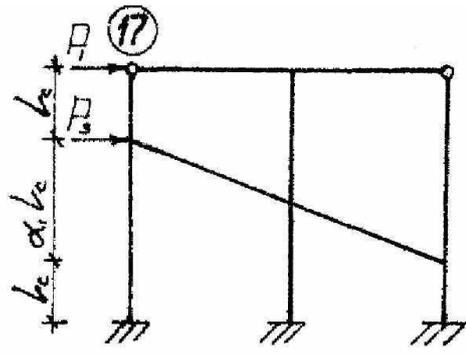
Исходные данные к практическому занятию №5:

«Основы метода конечного элемента (МКЭ)».

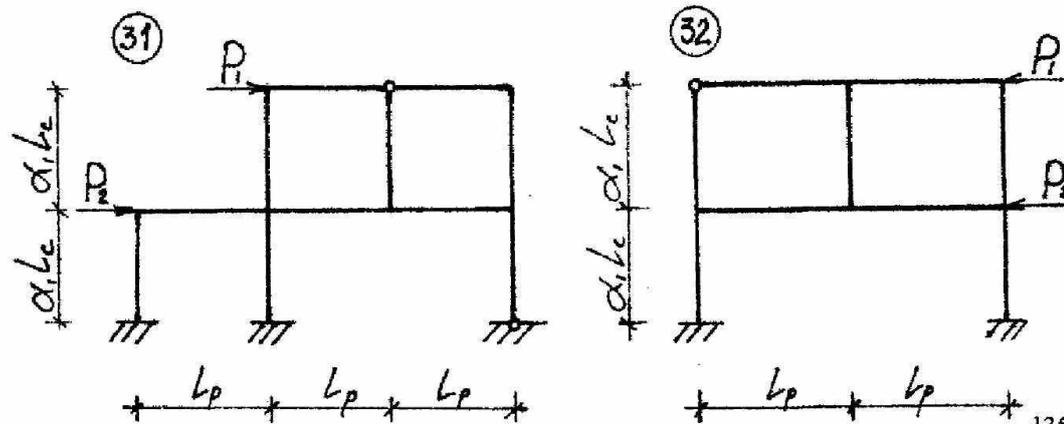
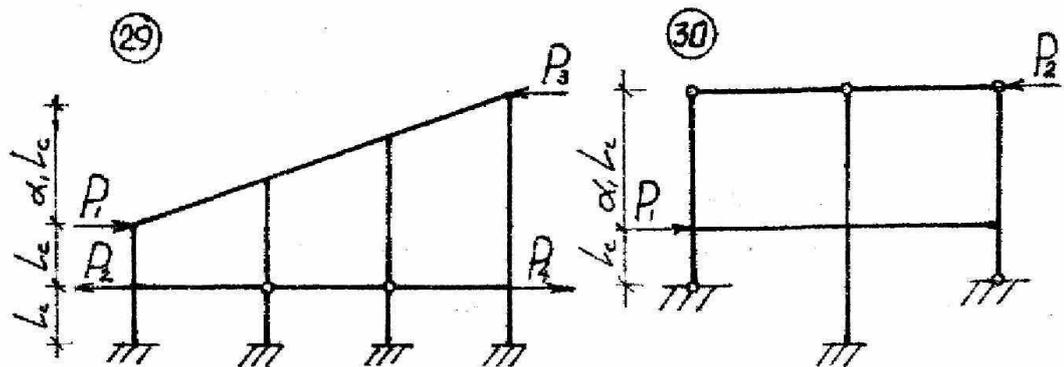
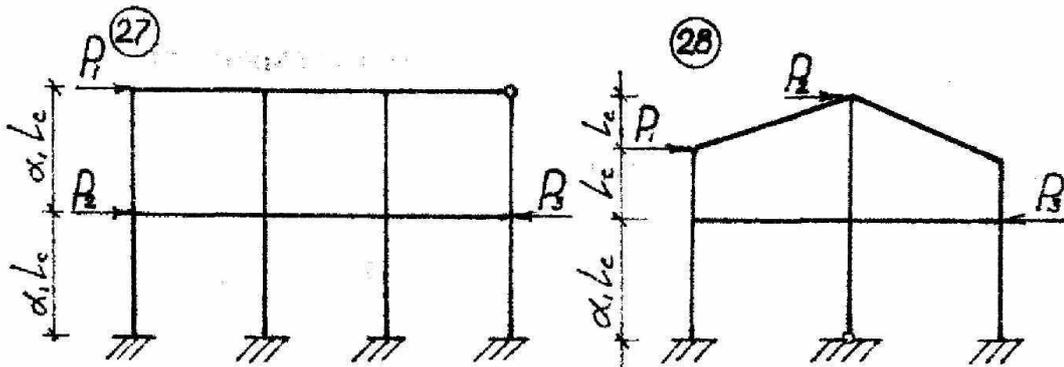
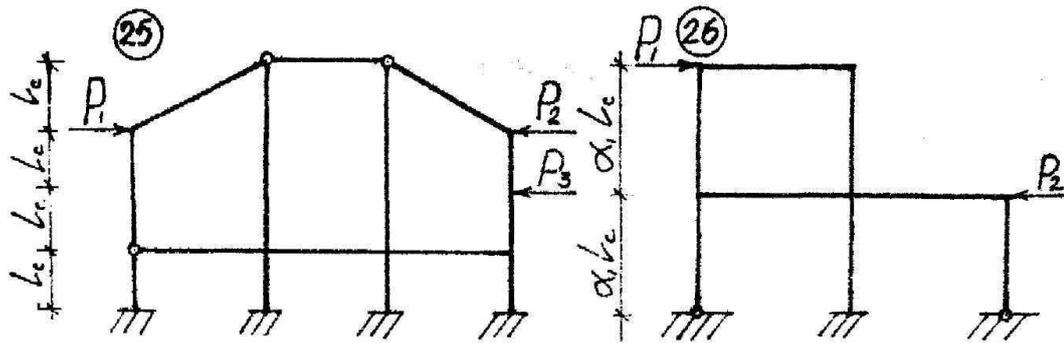
Построить основную систему для расчёта рамы методом конечных элементов, (МКЭ).





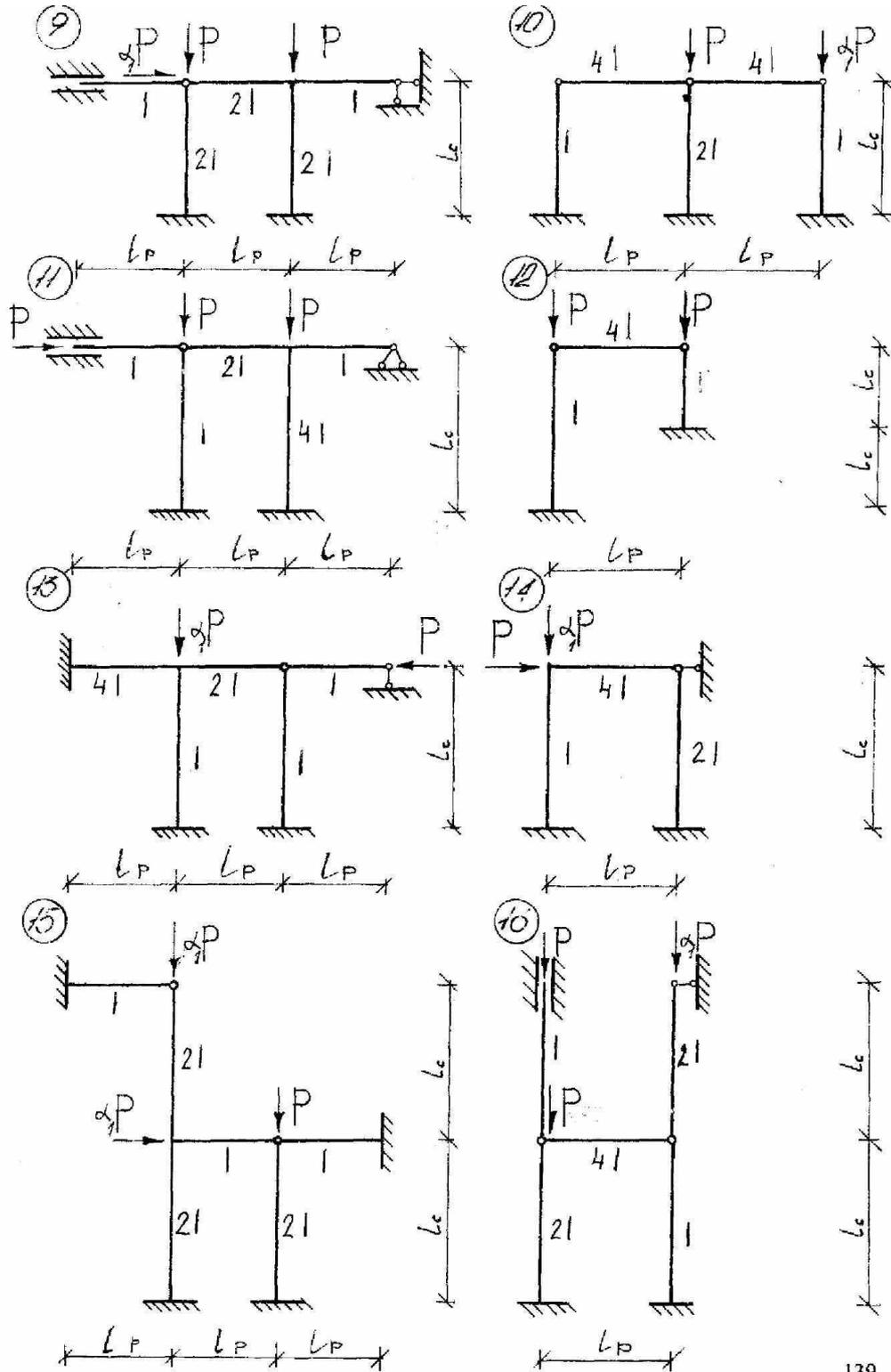


134

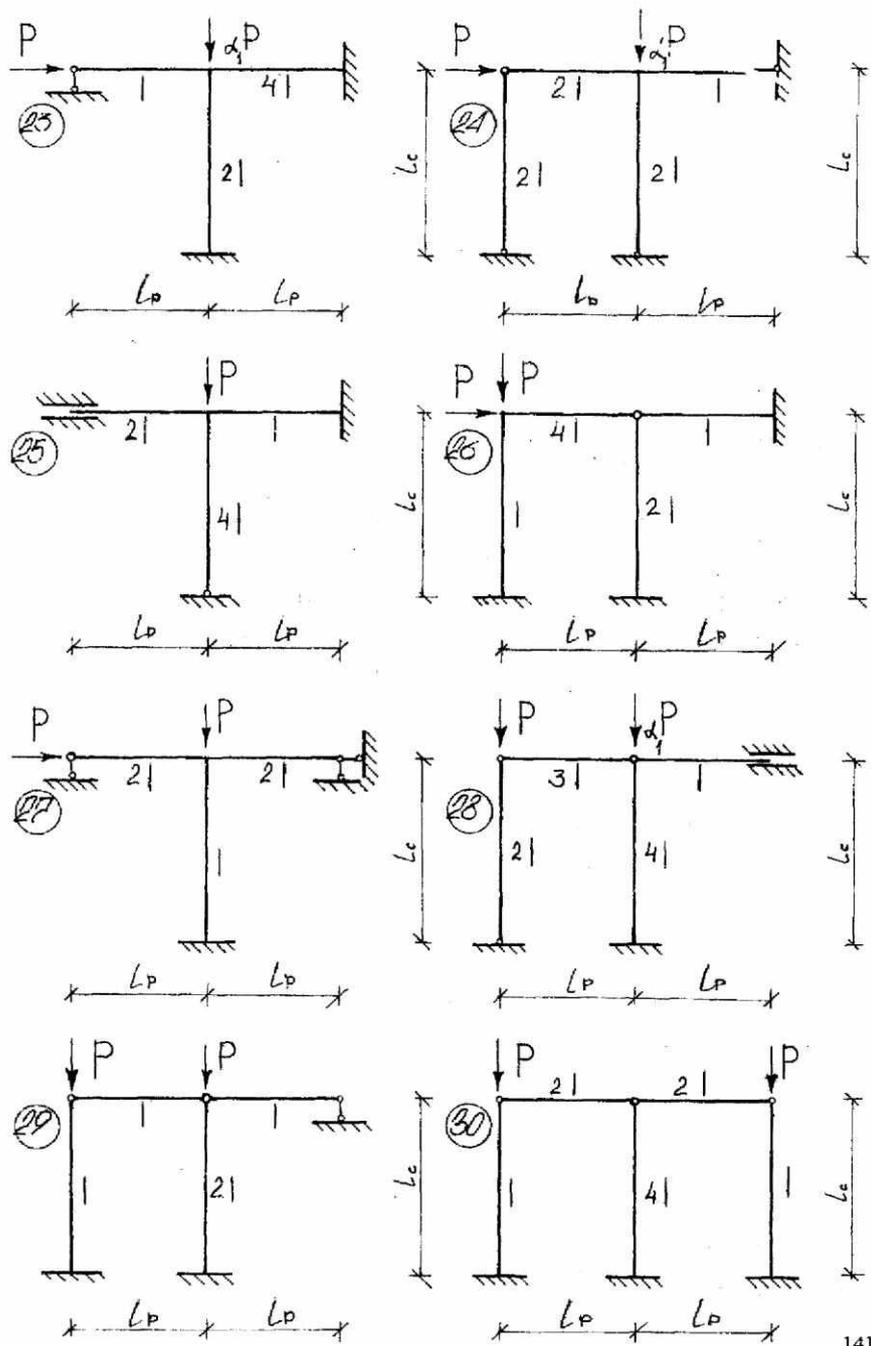


Исходные данные к практическому занятию №7:  
 «Устойчивость сооружений».

Определить значение критической нагрузки для рамы по своему варианту







141

Исходные данные принять по таблице 1.

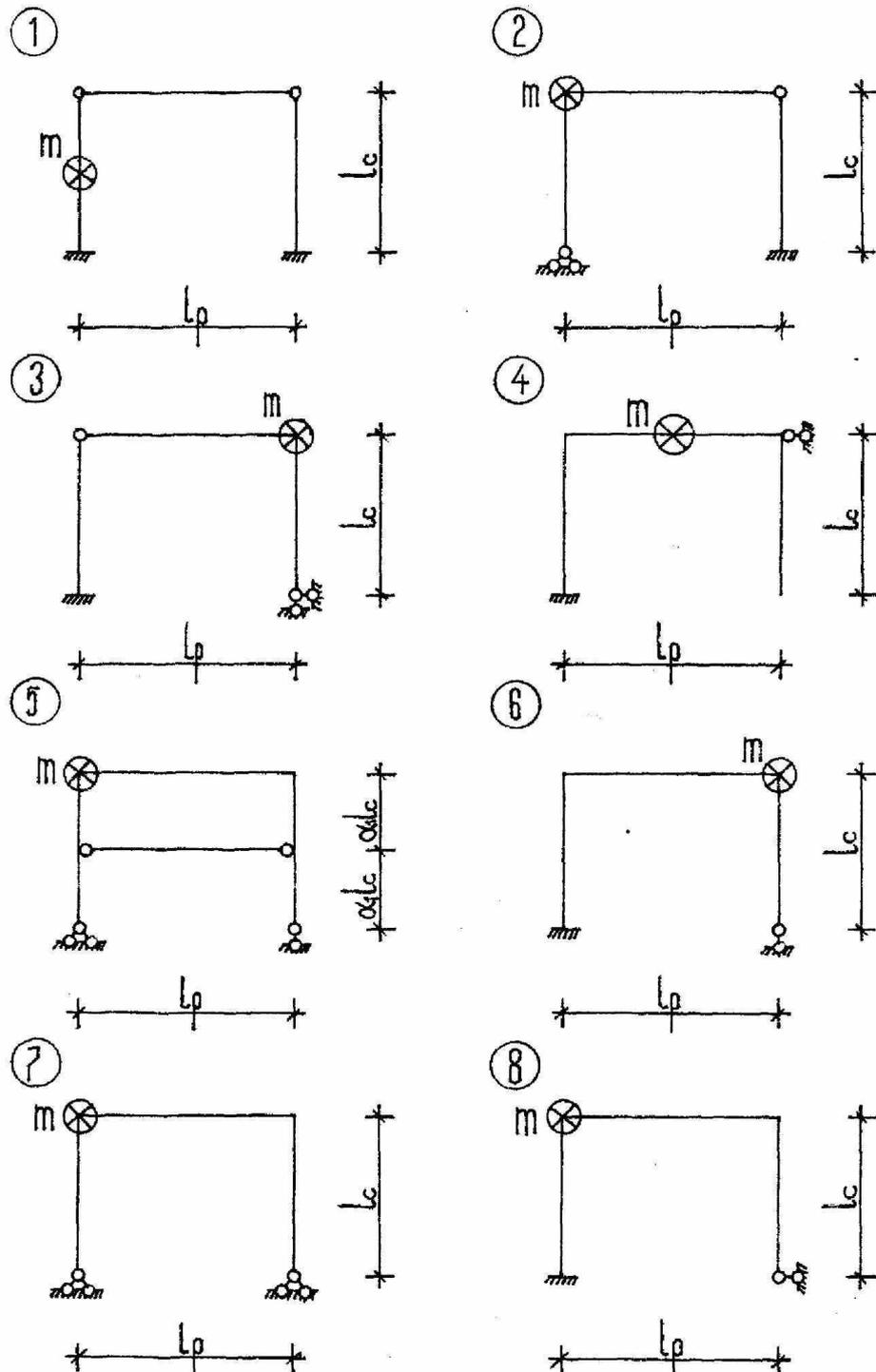
Таблица 1.

№ варианта	Исходные данные		
	$l_p$ м	$l_c$ м	$\alpha$
1-6-11-16-21-26	2	3	1,0
2-7-12-17-22-27	3	4	2,0
3-8-13-18-23-28	4	3	3,0
4-9-14-19-24-29	5	3	4,0
5-10-15-20-25-30	6	4	5,0

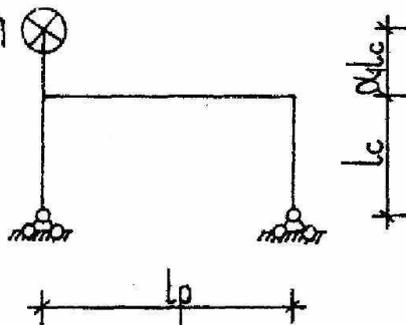
Исходные данные к практическому занятию №6.

«Динамика сооружений».

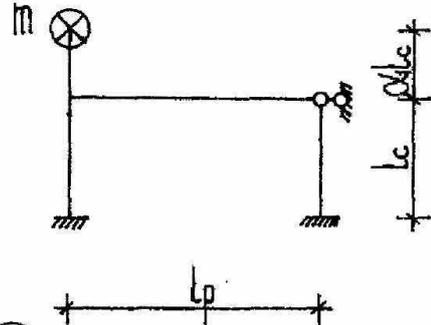
Для принятой схемы найти круговую частоту собственных колебаний. Жёсткость системы считать постоянной, число степеней свободы принять 1, вся масса сосредоточена в указанной точке. Исходные данные приведены в таблице 1.



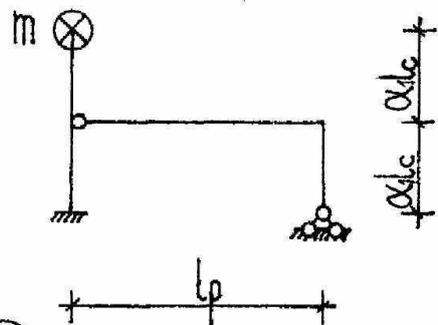
9



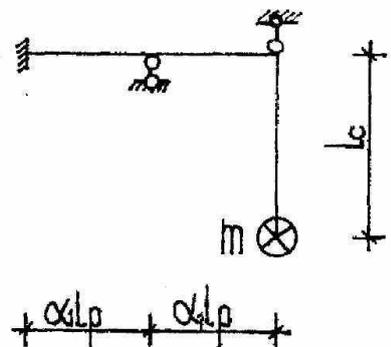
10



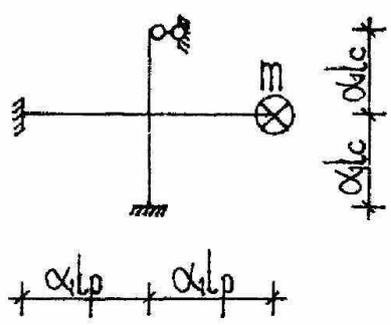
11



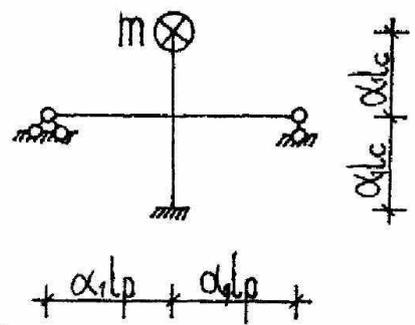
12



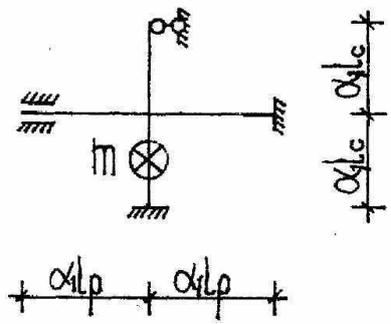
13



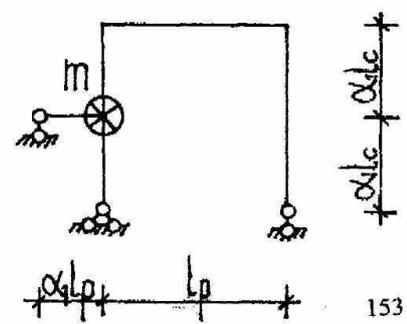
14



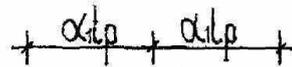
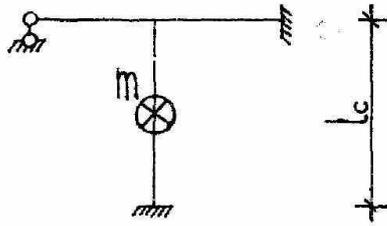
15



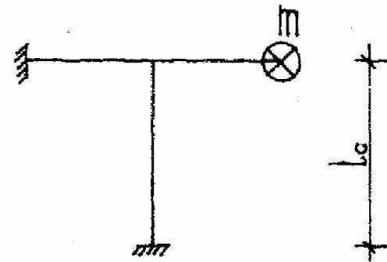
16



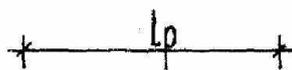
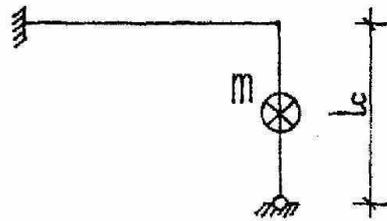
17



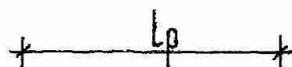
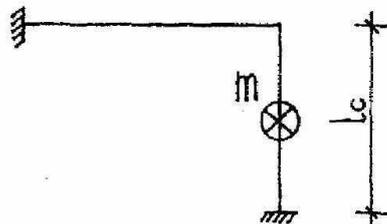
19



21

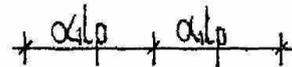
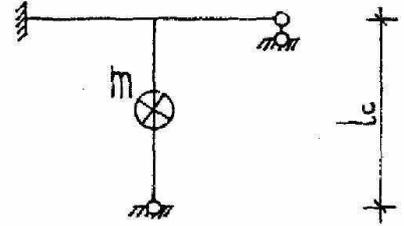


23

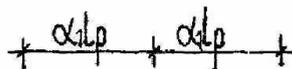
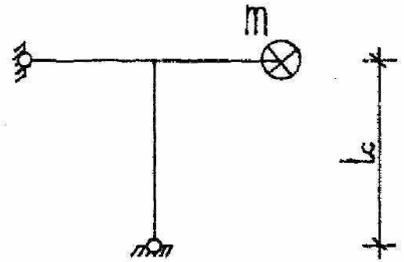


154

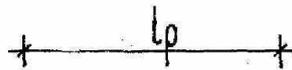
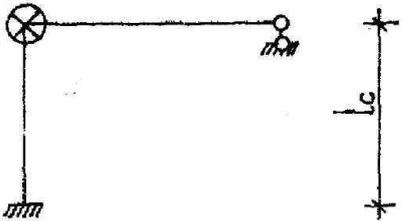
18



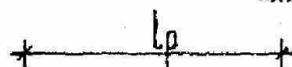
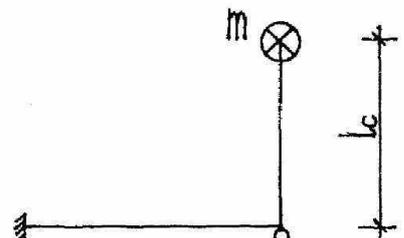
20

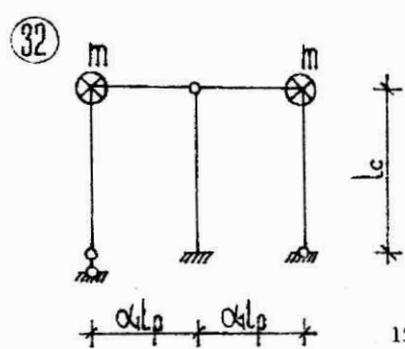
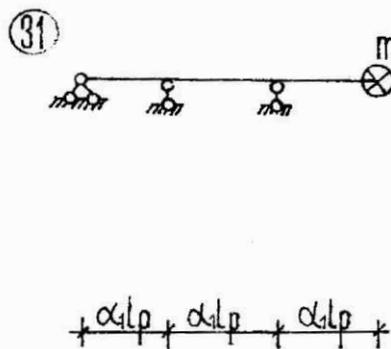
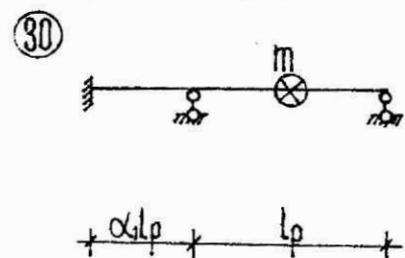
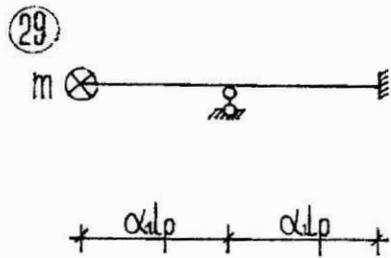
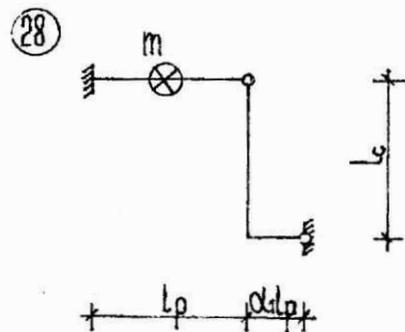
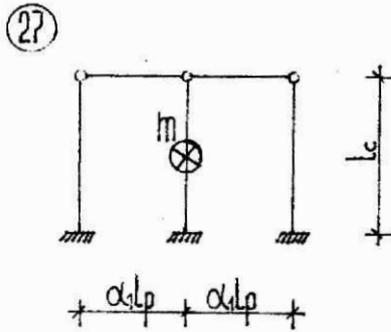
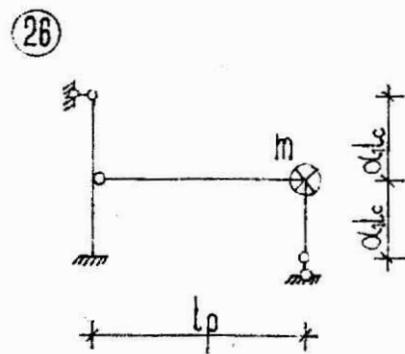
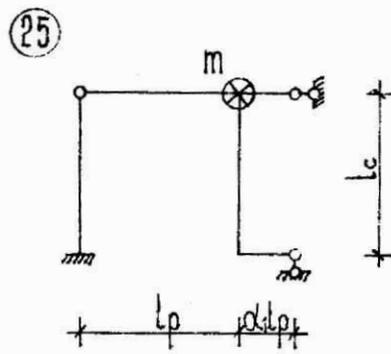


22



24





155

Таблица 1.

№ варианта	Исходные данные				
	$l_p$ м	$l_c$ м	$\alpha_1$	$a$ м	$l_p:l_c$
1-6-11-16-21-26-31	2	3	1,0	4	1:1
2-7-12-17-22-27-32	3	4	0,5	3	1:2
3-8-13-18-23-28	4	3	1,0	2	2:1
4-9-14-19-24-29	5	3	1,0	3	1:1
5-10-15-20-25-30	6	4	0,5	4	2:1

## **6. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ**

Оценивание знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенции осуществляется путем проведения процедур текущего контроля и промежуточной аттестации в соответствии с Положением университета о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по программам бакалавриата и программам магистратуры.

**Показатели, критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций приведены в таблице 4.**

**Текущий контроль проводится на занятиях в течение 4 и 5 семестров.**

*Оценочные средства текущего контроля:*

- письменное тестирование;

- устный опрос при сдаче расчетно-графических и домашних работ.

• **Промежуточная аттестация проводится устно в форме зачета с оценкой.**

*Оценочные средства промежуточной аттестации:*

**зачет с оценкой.**

Уровень сформированности компетенций определяется оценками «зачтено/отлично», «зачтено/хорошо», «зачтено/удовлетворительно», «не зачтено/неудовлетворительно».

Шкала оценивания:

**Оценка «зачтено/отлично»** выставляется в том случае, если, обучающийся дал полные развернутые ответы на вопросы, продемонстрировал высокий уровень готовности освоения материала, предусмотренного учебной программой дисциплины, знаний, умений.

В процессе опроса, защиты курсового проекта обучающийся продемонстрировал обоснованность, четкость, полноту изложения ответов на вопросы при защите курсовой работы, расчетно-графической работы.

**Оценка «зачтено/хорошо»** выставляется в том случае, если, обучающийся дал полные развернутые ответы, но один вопрос неполный. В целом обучающийся продемонстрировал хороший уровень освоения материала, предусмотренного учебной программой дисциплины, знаний и умений.

Ответ обучающегося носил обоснованный и четкий характер.

**Оценка «зачтено/удовлетворительно»** выставляется в том случае, если, обучающийся дал неполные ответы на вопросы. Однако в целом обучающийся продемонстрировал достаточный уровень освоения материала, предусмотренного учебной программой дисциплины, знаний и умений.

Ответ обучающегося по большей части носил обоснованный характер.

**Оценка «не зачтено/неудовлетворительно»** выставляется в том случае, если ответы на вопросы отсутствуют, либо содержат существенные фактические ошибки.

• **Промежуточная аттестация проводится устно в форме экзамена.**

*Оценочные средства промежуточной аттестации:*

## **экзамен.**

Уровень сформированности компетенций определяется оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Шкала оценивания:

**Оценка «отлично»** выставляется в том случае, если, обучающийся дал полные развернутые ответы на вопросы билета, продемонстрировал высокий уровень готовности освоения материала, предусмотренного учебной программой дисциплины, знаний, умений.

В процессе экзамена обучающийся демонстрировал обоснованность, четкость, полноту изложения ответов на вопросы экзаменационного билета.

**Оценка «хорошо»** выставляется в том случае, если, обучающийся дал полные развернутые ответы, но один вопрос неполный. В целом обучающийся продемонстрировал хороший уровень освоения материала, предусмотренного учебной программой дисциплины, знаний и умений.

Ответ обучающегося носил обоснованный и четкий характер.

**Оценка «удовлетворительно»** выставляется в том случае, если, обучающийся дал неполные ответы на вопросы билета. Однако в целом обучающийся продемонстрировал достаточный уровень освоения материала, предусмотренного учебной программой дисциплины, знаний и умений.

Ответ обучающегося по большей части носил обоснованный характер.

**Оценка «неудовлетворительно»** выставляется в том случае, если ответы на вопросы отсутствуют, либо содержат существенные фактические ошибки.

## **• Промежуточная аттестация проводится устно в форме сдачи расчетно-графических работ.**

*Оценочные средства промежуточной аттестации:*

### **сдача расчетно-графических работ и домашнего задания.**

Уровень сформированности компетенций определяется оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Шкала оценивания:

**Оценка «отлично»** выставляется в том случае, если, обучающийся дал полные развернутые ответы на вопросы, продемонстрировал высокий уровень готовности освоения материала, предусмотренного учебной программой дисциплины, знаний, умений.

В процессе опроса, защиты курсового проекта (расчетно-графической работы) обучающийся демонстрировал обоснованность, четкость, полноту изложения ответов на вопросы при защите курсовой работы, расчетно-графической работы.

**Оценка «хорошо»** выставляется в том случае, если, обучающийся дал полные развернутые ответы, но один вопрос неполный. В целом обучающийся продемонстрировал хороший уровень освоения материала, предусмотренного учебной программой дисциплины, знаний и умений.

**Оценка «удовлетворительно»** выставляется в том случае, если, обучающийся дал неполные ответы на вопросы билета. Однако в целом обучающийся продемонстрировал достаточный уровень освоения материала, предусмотренного учебной программой дисциплины, знаний и умений.

Ответ обучающегося носил обоснованный и четкий характер.

**Оценка «неудовлетворительно»** выставляется в том случае, если, обучающийся дал неполные ответы на вопросы. Однако в целом обучающийся продемонстрировал достаточный уровень освоения материала, предусмотренного учебной программой дисциплины, знаний и умений.

● **Промежуточная аттестация проводится устно в письменного тестирования.** Результат тестирования оценивается по процентной шкале оценки. Каждому обучающемуся предлагается комплект тестовых заданий из 37 вопросов:

- Отметка «отлично» – 37-34 правильных ответов.
- Отметка «хорошо» – 33-28 правильных ответов.
- Отметка «удовлетворительно» – 27-21 правильных ответов.
- Отметка «неудовлетворительно» – 20 и менее правильных ответов.

## 7. ДОСТУПНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья могут использоваться собственные технические средства.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Таблица 5

Для лиц с нарушениями зрения:	– в печатной форме увеличенным шрифтом, – в форме электронного документа.
Для лиц с нарушениями слуха:	– в печатной форме, – в форме электронного документа.
Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата	– в печатной форме, – в форме электронного документа.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине обеспечивает выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей, обучающихся:

а) инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме);

б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в форме электронного документа, задания зачитываются преподавателем);

в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, устно).

При необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.