

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МУРМАНСКИЙ АРКТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(ФГАОУ ВО «МАУ»)

**УТВЕРЖДАЮ:**

Заведующий кафедрой СЭиТ



\_\_\_\_\_ / Челтыбашев А.А. /

«07» марта 2024 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ  
И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

при изучении дисциплины  
Б1.О.26

**Строительная механика**

Направление подготовки /специальность:

08.03.01 Строительство

Направленность (профиль)/специализация:

Промышленное и гражданское строительство

Разработчик: Котов А.А., доцент каф. СЭиТ, к. т. н., доцент

ФИО, должность, ученая степень, звание

Мурманск  
2024

## Фонд оценочных средств дисциплины «Строительная механика»

### 1. Характеристика результатов обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции (части компетенции)	Этапы (индикаторы) освоения компетенций	Уровень освоения компетенции			
		<i>Ниже порогового</i>	<i>Пороговый</i>	<i>Продвинутый</i>	<i>Высокий</i>
<b>ОПК-1</b> Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата.	<b>ЗНАТЬ:</b> основные методы расчета шарнирно-стержневых и шарнирно-дисковых систем, в том числе и статически неопределимых.	Фрагментарные знания.	Общие, но не структурированные знания.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания.	Сформированные систематические знания.
	<b>УМЕТЬ:</b> самостоятельно использовать расчетные методы, изученные в курсе строительной механики.	Частично освоенное умение.	В целом успешные, но не систематически осуществляемые умения.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения.	Сформированное умение.
	<b>ВЛАДЕТЬ:</b> основными современными методами постановки, исследования и решения задач строительной механики; навыками расчета элементов строительных конструкций и сооружений.	Фрагментарное применение навыков.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения навыков.	Успешное и систематическое применение навыков.

### 2. Перечень оценочных средств для контроля сформированности компетенций в рамках дисциплины

#### 2.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости:

- типовые задания по вариантам для выполнения расчетно-графических работ;
- задачи для решения в процессе защиты расчетно-графических работ.

#### 2.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по дисциплине в форме:

- зачета: вопросы к зачету;
- экзамена: экзаменационные билеты.

Перечень компетенций	Этапы формирования компетенций	Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточной аттестации
ПК-4	Знать.	Расчетно-графические работы	Вопросы к зачету. Экзаменационные билеты.
	Уметь.	Расчетно-графические работы	
	Владеть.	Расчетно-графические работы	

### **3.<sup>1</sup> Критерии и шкала оценивания заданий текущего контроля знаний, умений, навыков**

3.1 Критерии и шкала оценивания лабораторных/практических работ.

Не предусмотрены как средства текущего контроля.

3.2 Критерии и шкала оценивания тестирования.

Не предусмотрено как средство текущего контроля.

3.3 Критерии и шкала оценивания расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа предназначена для формирования и проверки знаний, умений и навыков в рамках оцениваемых компетенций по дисциплине. Перечень контрольных заданий, рекомендации по выполнению представлены в методических указаниях.

В ФОС включены типовые варианты заданий к расчетно-графическим работам.

#### **РГР № 1. Задачи №№ 1, 3, 4, 5, 6.**

##### **Задача № 1.**

**Построение эпюр усилий в многопролетной статически определимой балке**

<sup>1</sup> Пункт 3 содержит критерии и шкалы оценивания компетенций с использованием оценочных средств, указанных в пункте 2.

1. Изобразить в масштабе расчетную схему к задаче в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из табл. 2. На расчетной схеме должны быть обозначены все силовые и геометрические параметры в их числовом выражении.

2. Проверить геометрическую неизменяемость и статическую определимость заданной расчетной схемы балки.

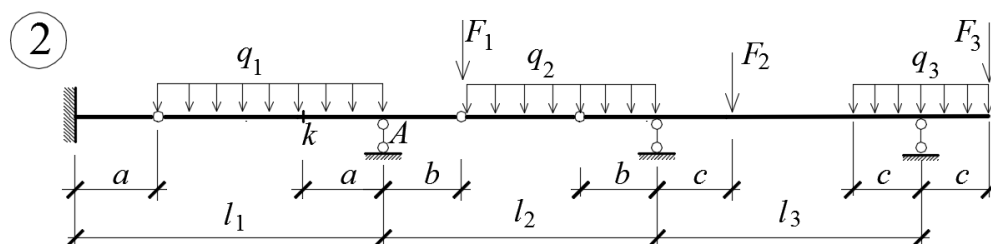
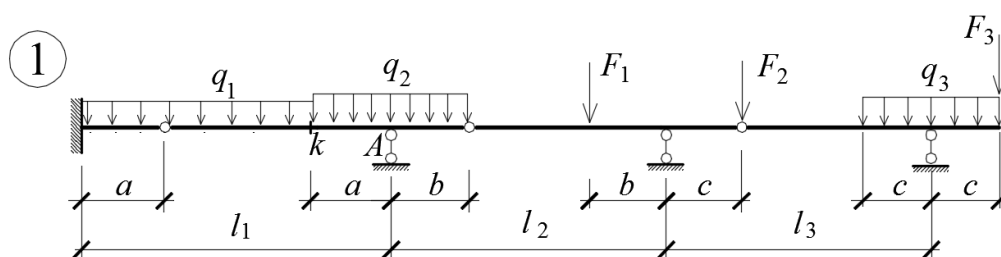
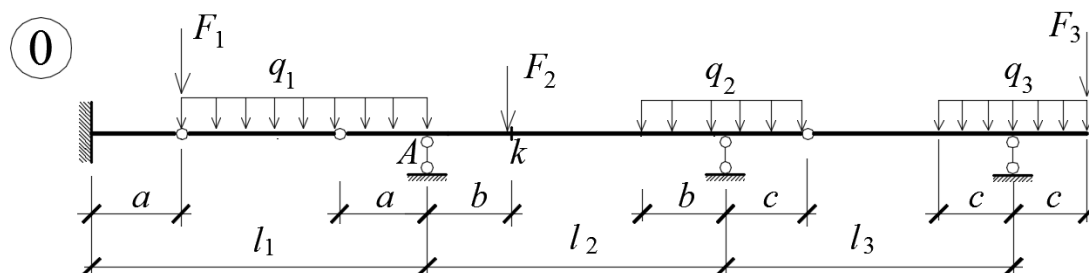
3. Построить поэтажную схему балки.

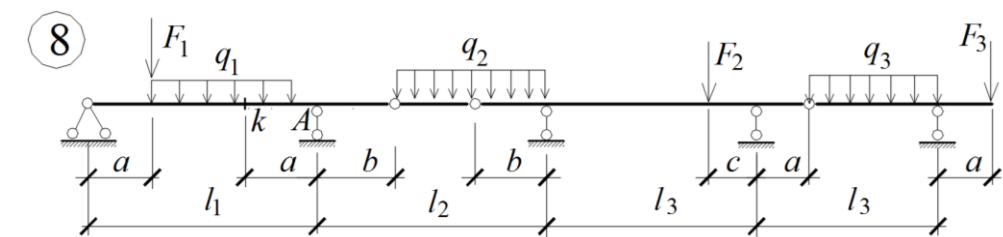
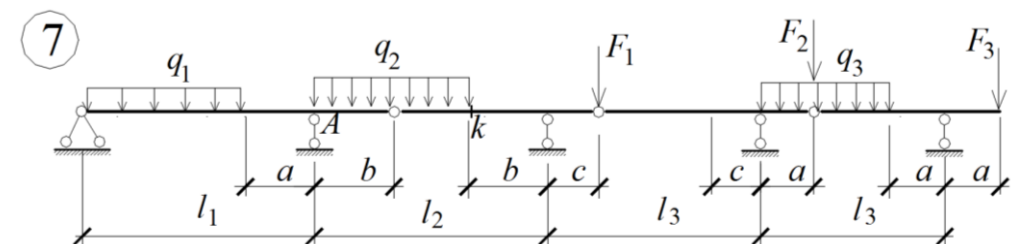
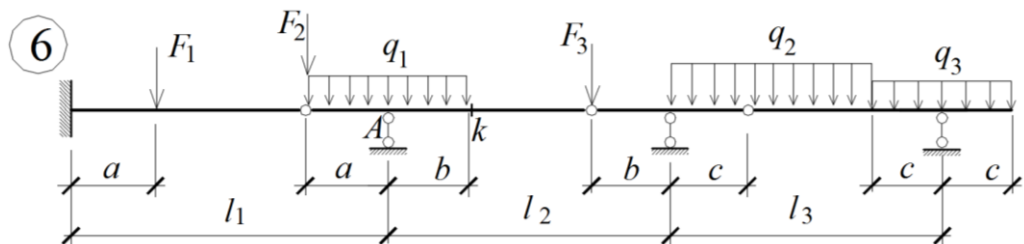
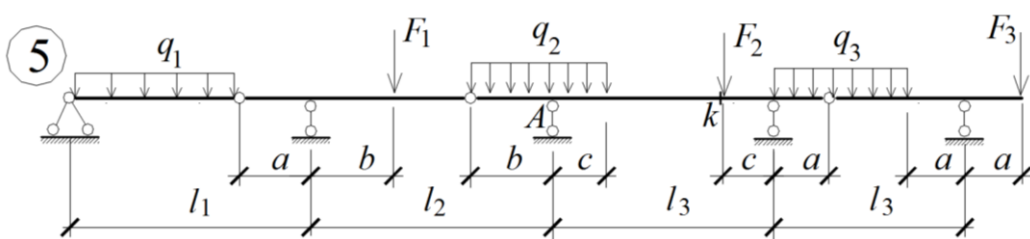
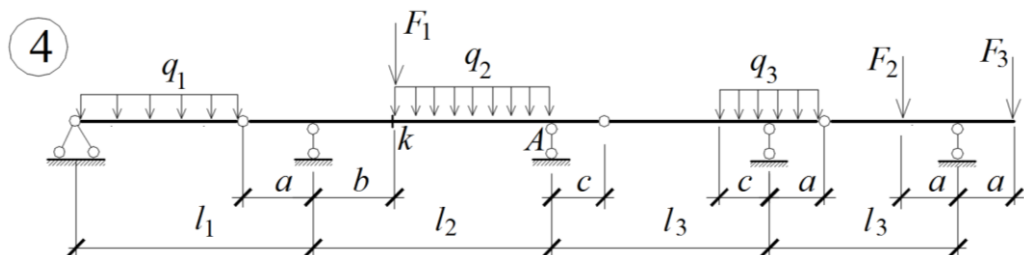
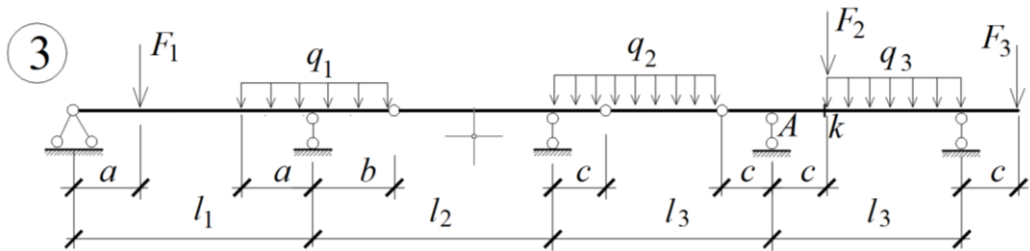
4. Расчленив поэтажную схему на диски и, рассматривая диски по отдельности сверху вниз, найти силы взаимодействия между дисками и опорные реакции из уравнений равновесия для каждого диска.

5. Вновь изобразить расчетную схему всей балки и показать найденные опорные реакции. Проверить равновесие системы в целом.

6. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

7. Проверить соответствие эпюры поперечных сил внешним нагрузкам и эпюры моментов эпюре поперечных сил с помощью дифференциальных соотношений  $\frac{dQ}{dx} = -q$  и  $\frac{dM}{dx} = Q$ .





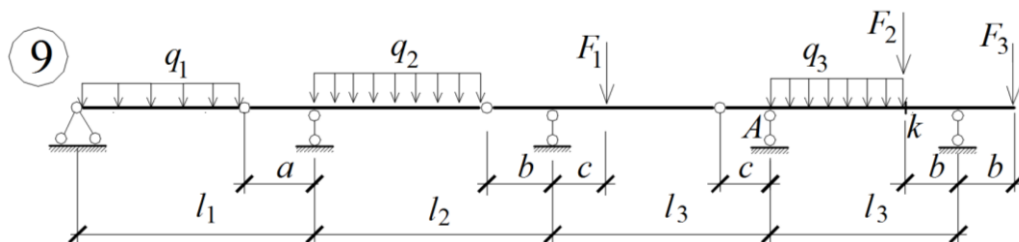


Таблица 2. Исходные данные к задаче 1

Первая цифра шифра	$l_1$ , м	$a$ , м	$b$ , м	$c$ , м	Вторая цифра шифра	$q_1$ , кН/м	$q_3$ , кН/м	$F_1$ , кН	$F_3$ , кН
0	16	4	3	2	0	2,5	0	25	0
1	18	2	4	3	1	0	2,5	0	25
2	12	3	2	4	2	1,5	0	30	0
3	15	4	3	2	3	0	1,5	0	30
4	16	2	4	3	4	2,0	0	10	0
5	18	3	2	4	5	0	2,0	0	10
6	12	4	3	2	6	2,5	0	15	0
7	15	2	4	3	7	0	2,5	0	15
8	12	2	2	4	8	3,0	0	20	0
9	15	3	2	2	9	0	3,0	0	20

Таблица 2. Продолжение

Третья цифра шифра	№ схемы	$l_2$ , м	$l_3$ , м	$q_2$ , кН/м	$F_2$ , кН
0	0	12	12	1,5	9
1	1	15	12	2,0	12
2	2	18	15	2,5	15
3	3	12	18	3,0	18
4	4	15	12	3,5	15
5	5	18	15	4,0	12
6	6	12	18	3,5	9
7	7	15	12	3,0	12
8	8	18	15	2,5	15
9	9	12	18	1,0	18

### Задача № 3.

#### Определение усилий в балочной ферме

1. Изобразить в масштабе расчетную схему к задаче в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из табл. 4. На расчетной схеме

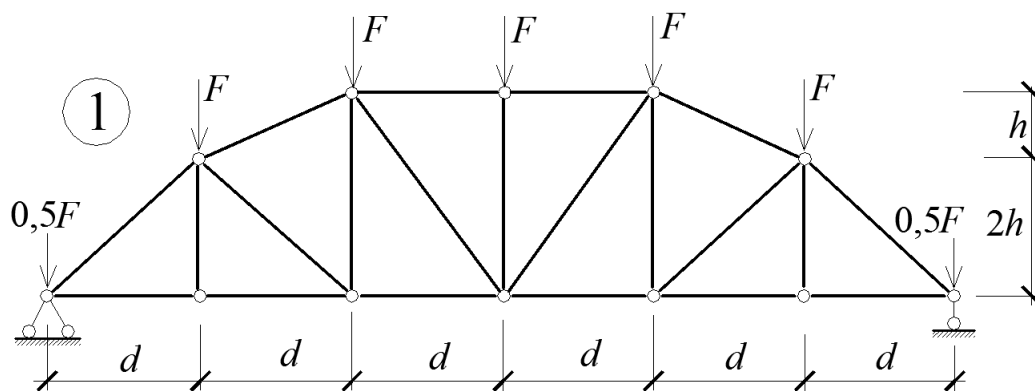
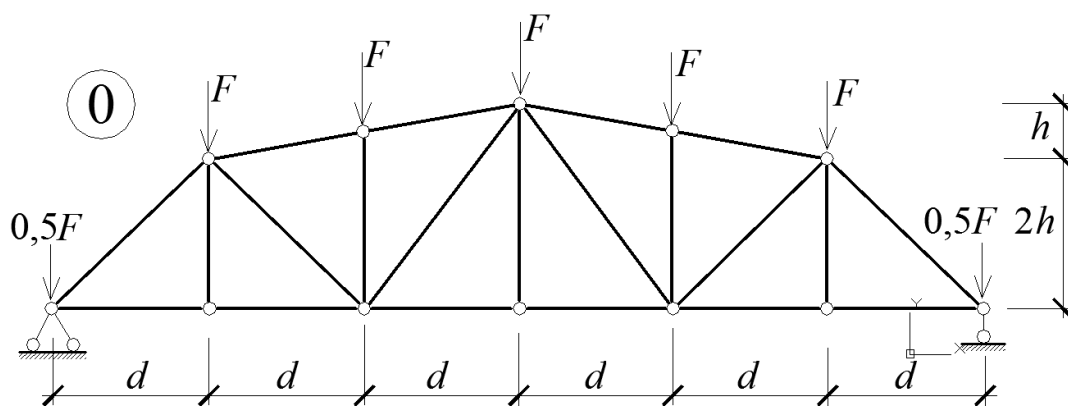
должны быть обозначены все силовые и геометрические параметры в их числовом выражении.

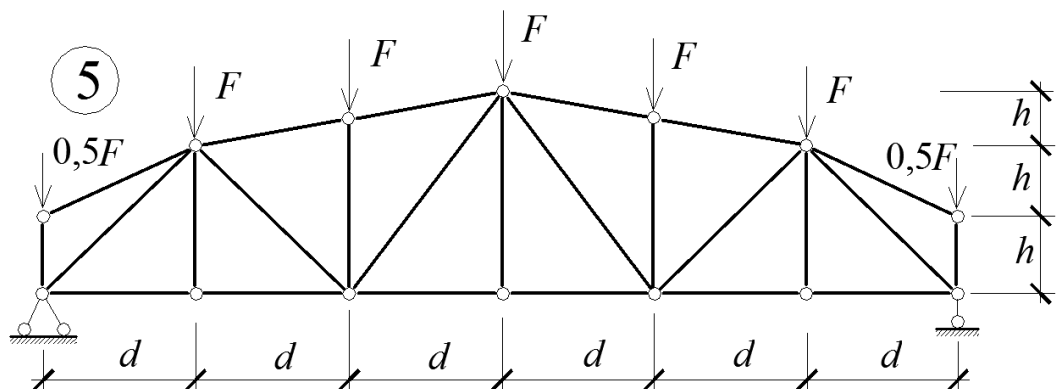
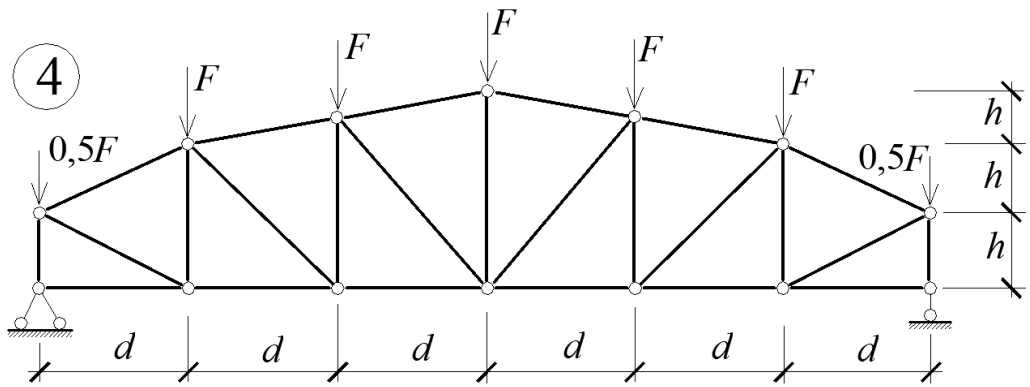
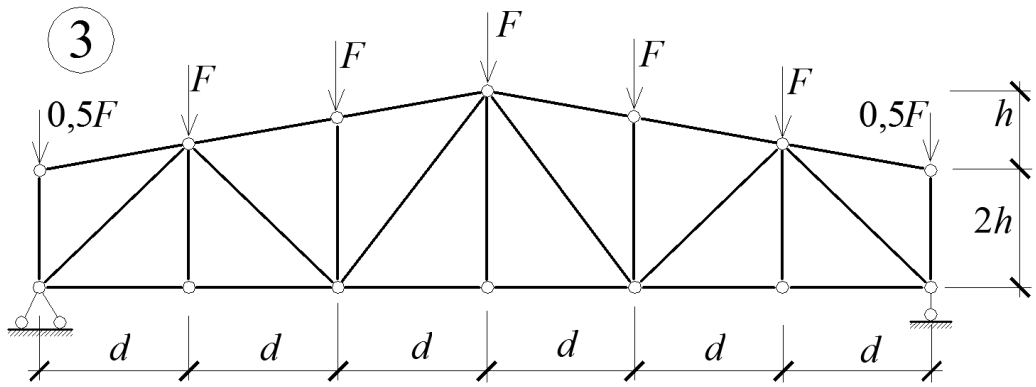
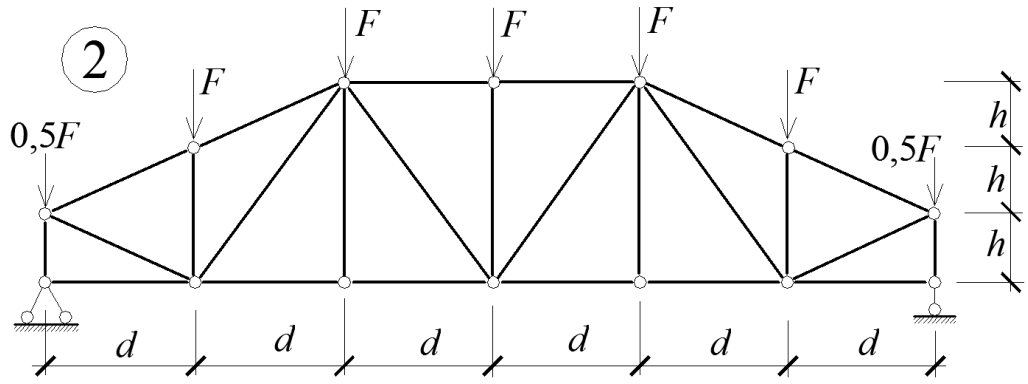
2. Проверить геометрическую неизменяемость и статическую определимость заданной расчетной схемы фермы.

3. Найти опорные реакции.

4. Используя метод сечений и (или) метод вырезания узлов, определить усилия в стержнях заданной панели, включая левую и правую стойки. Результаты расчета отразить в таблице:

Наименование элемента фермы	Обозначение усилия	Величина усилия, кН (с учетом знака)







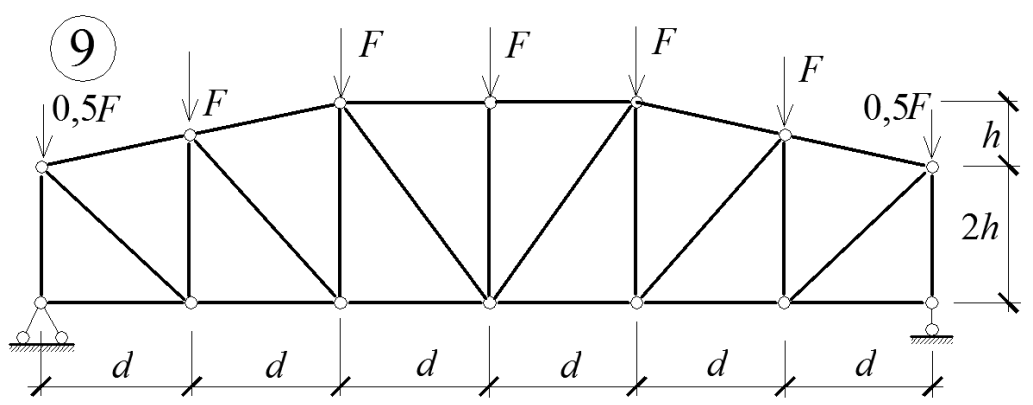
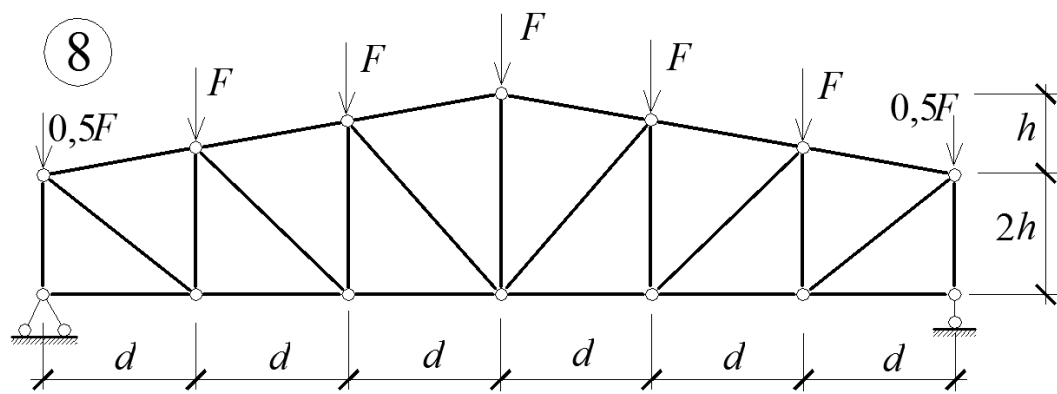
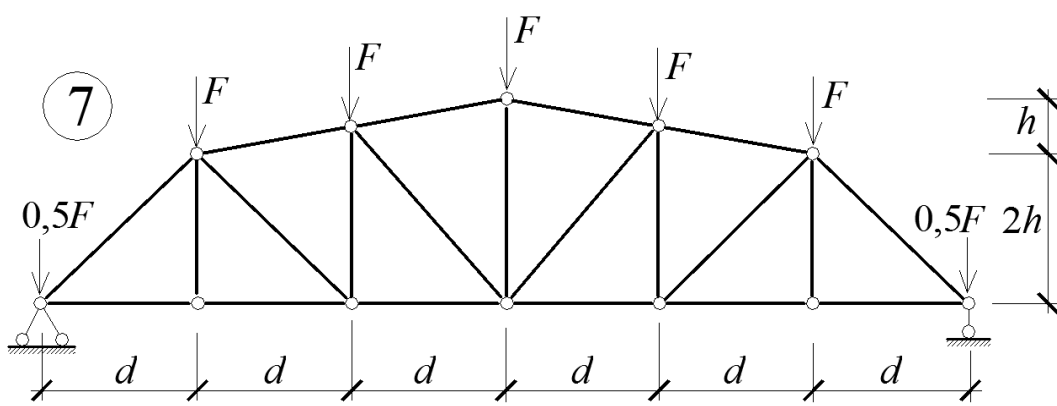
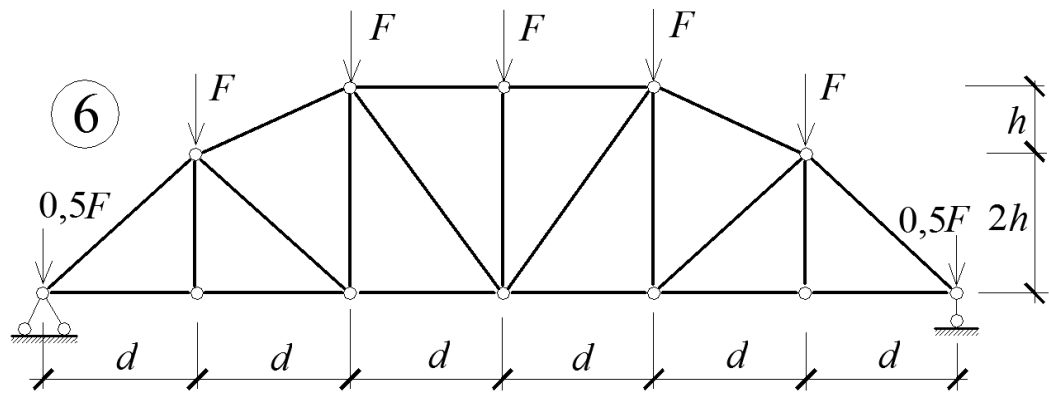


Таблица 4. Исходные данные к задаче 3

Первая цифра шифра	Номер панели слева	Вторая цифра шифра	$F$ , кН	Третья цифра шифра	№ схемы	$d$ , м	$h$ , м
0	3	0	25	0	2	4	2
1	4	1	30	1	3	5	2,5
2	5	2	25	2	4	6	3
3	2	3	20	3	5	3	1,5
4	3	4	15	4	6	4	2
5	2	5	10	5	7	5	2,5
6	3	6	5	6	8	6	3
7	4	7	10	7	9	3	1,5
8	5	8	15	8	0	4	2
9	2	9	20	9	1	6	3

#### Задача № 4.

#### **Линии влияния усилий в многопролетной статически определимой балке**

Задача № 4 является продолжением задачи № 1. Исходные данные принимаются по расчетным схемам и таблице к задаче № 1 в соответствии с заданным шифром.

1. Изобразить в масштабе расчетную схему к задаче. На расчетной схеме должны быть обозначены все силовые и геометрические параметры в их числовом выражении, а также заданные опора  $A$  и сечение  $k$ .

2. Построить линии влияния опорной реакции  $R_A$  и усилий  $M_k$  и  $Q_k$  в заданном сечении  $k$ , используя кинематический и статический способы. В кинематическом способе обязательно следует показать линии возможных перемещений.

3. С помощью построенных линий влияния определить величины усилий  $R_A$ ,  $M_k$ ,  $Q_k$  от заданной неподвижной нагрузки.

4. Полученные с помощью линий влияния значения усилий  $R_A$ ,  $M_k$ ,  $Q_k$  сравнить с теми, которые были получены в задаче № 1. Результаты сравнения занести в таблицу:

Обозначение усилия	Единица измерения	Величина усилия		Относительная разница, %
		По эшюрам усилий	По линиям влияния	
$R_A$	кН			
$M_k$	кНм			
$Q_k$	кН			

5. Для системы связанных грузов, показанных на рис. 2.1, по линиям влияния определить максимальные и минимальные (в алгебраическом смысле) значения усилий  $R_A$ ,  $M_k$ ,  $Q_k$ , вызываемых этой системой грузов.

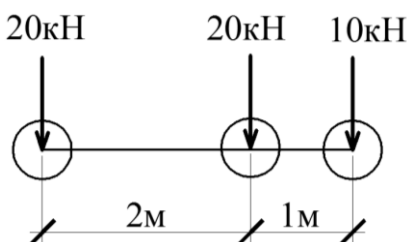


Рис. 2.1 Система связанных грузов

### Задача № 5.

#### Линии влияния усилий в балочной ферме

Задача № 5 является продолжением задачи № 3. Исходные данные принимаются по расчетным схемам и таблице к задаче № 3 в соответствии с заданным шифром.

1. Изобразить в масштабе расчетную схему к задаче. На расчетной схеме должны быть обозначены все силовые и геометрические параметры в их числовом выражении.

2. Построить линии влияния опорных реакций.

3. Построить линии влияния усилий в стержнях заданной панели, включая левую и правую стойки, при перемещении единичной вертикальной силы по верхнему поясу.

4. С помощью построенных линий влияния определить величины усилий в стержнях заданной панели от заданной неподвижной нагрузки.

5. Полученные с помощью линий влияния значения усилий в стержнях заданной панели сравнить с теми, которые были получены в задаче № 3. Результаты сравнения занести в таблицу:

Наименование элемента фермы	Обозначение усилия	Величина усилия, кН		Относительная разница, %
		По методу сечений	По линиям влияния	

6. Для системы связанных грузов, заданных в предыдущей задаче, по линиям влияния определить максимальные и минимальные (в алгебраическом смысле) значения усилий в стержнях заданной панели, вызываемых этой системой грузов.

### **Задача № 6.**

#### **Расчет статически неопределимой рамы методом сил**

1. Изобразить в масштабе расчетную схему к задаче в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из табл. 5. На расчетной схеме должны быть обозначены все силовые и геометрические параметры в их числовом выражении. Жесткости всех стержней должны быть выражены через единый параметр.

2. Определить степень статической неопределимости рамы.

3. Для заданной расчетной схемы выбрать какую-либо основную систему метода сил.

4. Записать в общем виде систему канонических уравнений метода сил для данной расчетной схемы.

5. Показать расчетные схемы основной системы при последовательном нагружении ее единичными обобщенными безразмерными силами, прикладываемыми по направлениям удаленных связей. На этих схемах показать опорные реакции и построить эпюры изгибающих моментов  $\bar{M}_i$  от единичных сил.

6. Определить коэффициенты при неизвестных системы канонических уравнений.

7. Проверить правильность определения коэффициентов при неизвестных системы канонических уравнений.

8. Показать расчетную схему основной системы при нагружении ее заданной внешней нагрузкой, определить опорные реакции и построить эпюру изгибающих моментов  $M_F$  от заданной нагрузки.

9. Определить свободные члены системы канонических уравнений.

10. Проверить правильность определения свободных членов системы канонических уравнений.

11. Подставить найденные значения коэффициентов и свободных членов в систему канонических уравнений и решить ее относительно неизвестных сил  $X_i$ . Проверить правильность решения.

12. Построить эпюры изгибающих моментов в основной системе от действительных значений реакций в удаленных связях.

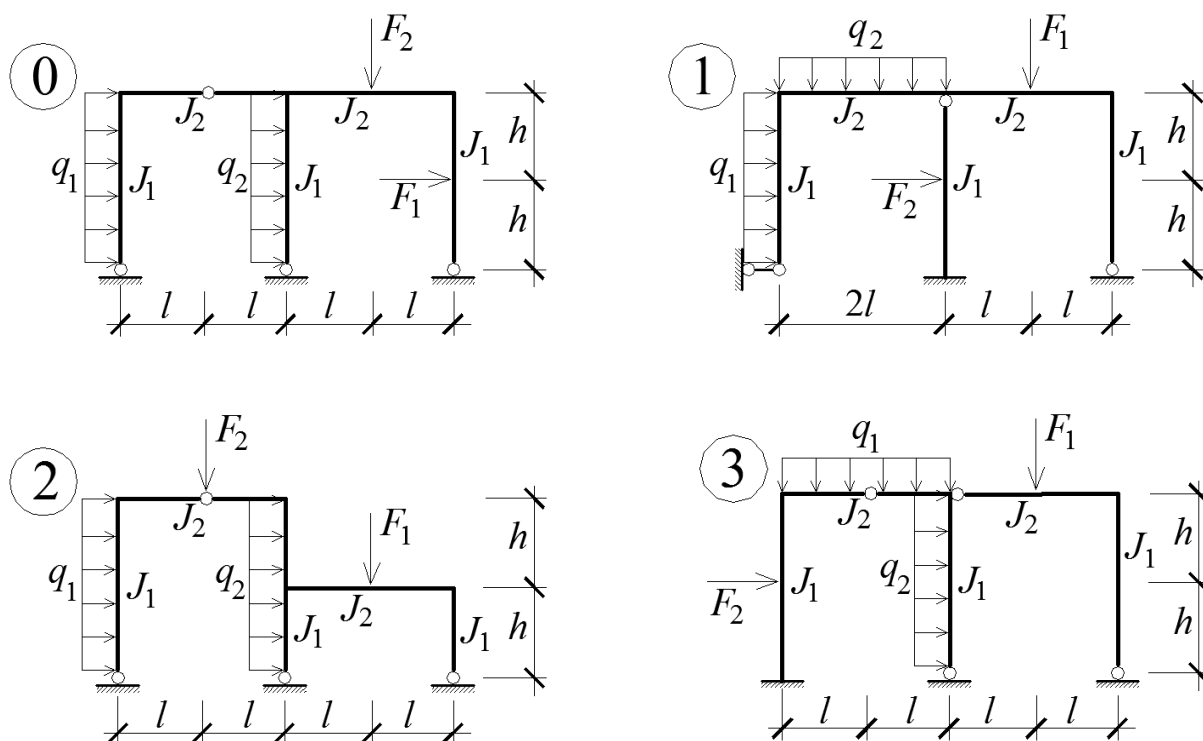
13. Построить эпюру изгибающих моментов в заданной расчетной схеме.

14. Проверить правильность построения эпюры  $M$  изгибающих моментов в заданной расчетной схеме. Использовать для этого новую основную систему метода сил.

15. Построить эпюру поперечных сил  $Q$  с помощью дифференциального соотношения  $\frac{dM}{dx} = Q$ .

16. Построить эпюру продольных усилий  $N$ , используя условия равновесия узлов системы.

17. По построенным эпюрам усилий  $M$ ,  $Q$  и  $N$  найти все внешние опорные реакции и проверить равновесие всей системы в целом в проекциях на два взаимно ортогональных направления и по моменту относительно произвольно выбранной точки.



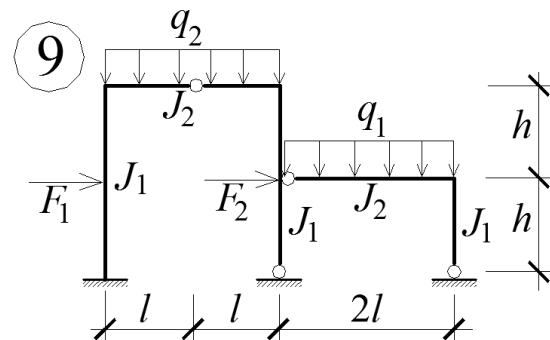
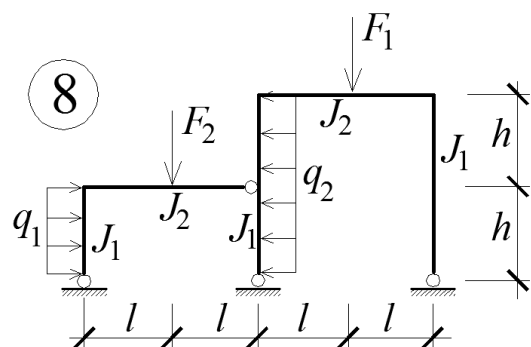
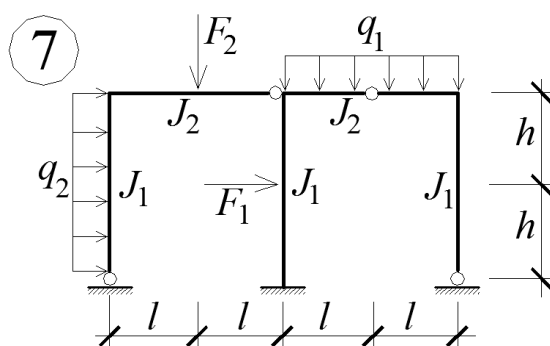
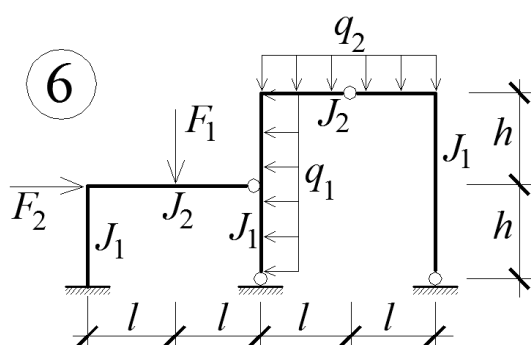
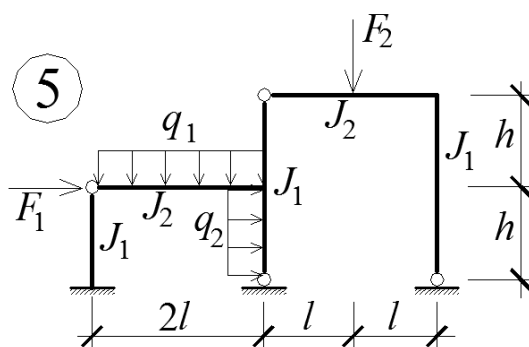
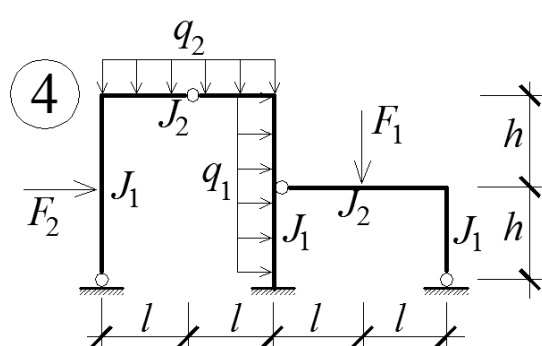


Таблица 5. Исходные данные к задаче 6

Первая цифра шифра	$q_1$ , кН/м	$q_2$ , кН/м	Вторая цифра шифра	$F_1$ , кН	$F_2$ , кН	$J_2:J_1$	Третья цифра шифра	№ схемы	$l$ , м	$h$ , м
0	6	0	0	20	0	2	0	3	5	6
1	0	2	1	0	20	3	1	4	6	7
2	2	0	2	24	0	2	2	5	7	8
3	0	6	3	0	24	4	3	6	8	9
4	3	0	4	10	0	2	4	7	9	10
5	0	5	5	0	10	3	5	8	10	11
6	4	0	6	12	0	2	6	9	11	12
7	0	4	7	0	12	3	7	0	12	3
8	5	0	8	16	0	2	8	1	3	4
9	0	3	9	0	16	4	9	2	4	5

## РГР № 2. Задачи №№ 7, 8, 9.

### Задача № 7.

#### **Расчет статически неопределимой рамы методом перемещений**

1. Изобразить в масштабе расчетную схему к задаче в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из табл. 2.1. На расчетной схеме должны быть обозначены все силовые и геометрические параметры в их числовом выражении. Относительные жесткости всех стержней должны быть выражены через единый параметр.

2. Определить степень кинематической неопределимости рамы.

3. Для заданной расчетной схемы сформировать основную систему метода перемещений.

4. Записать в общем виде систему канонических уравнений метода перемещений для данной расчетной схемы.

5. Построить в основной системе метода перемещений деформированные схемы и соответствующие им эпюры изгибающих моментов  $M_i^0$  от каждого из единичных смещений по направлениям дополнительных связей.

6. Определить коэффициенты при неизвестных системы канонических уравнений статическим способом.

7. Определить коэффициенты при неизвестных системы канонических уравнений при помощи перемножения эпюр. Сравнить значения коэффициентов, найденные разными способами.

8. Построить в основной системе метода перемещений деформированную схему и соответствующую ей эпюру изгибающих моментов  $M_F^0$  от заданного внешнего нагружения.

9. Определить свободные члены системы канонических уравнений статическим способом.

10. Для заданной исходной системы выбрать какую-либо основную систему метода сил и построить в ней эпюру изгибающих моментов  $M_F$  от заданной нагрузки.

11. Определить свободные члены системы канонических уравнений метода перемещений при помощи перемножения эпюр. Сравнить значения свободных членов, найденные разными способами.

12. Подставить найденные значения коэффициентов и свободных членов в систему канонических уравнений и решить ее относительно неизвестных перемещений  $Z_i$ . Проверить правильность решения канонических уравнений.

13. Построить эпюры изгибающих моментов в основной системе метода перемещений от действительных смещений по направлениям дополнительных связей.

14. Построить эпюру  $M$  изгибающих моментов в заданной расчетной схеме. Проверить равновесие по моменту жестких узлов системы.

15. Проверить правильность построения эпюры  $M$  изгибающих моментов в заданной расчетной схеме. Использовать для этого новую основную систему метода сил.

16. Построить эпюру поперечных сил  $Q$  с помощью дифференциального соотношения  $\frac{dM}{dx} = Q$ .

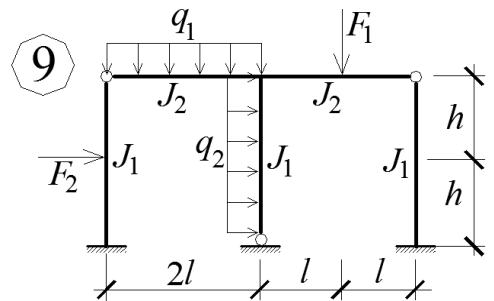
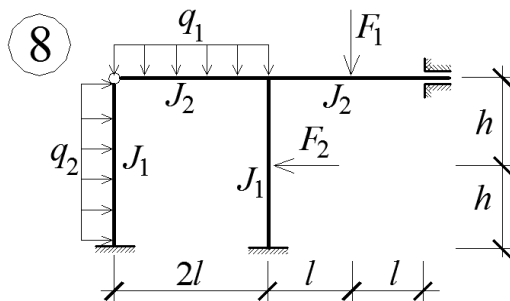
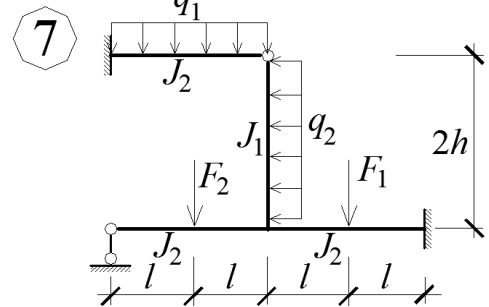
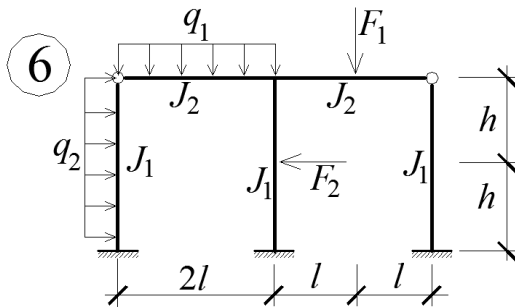
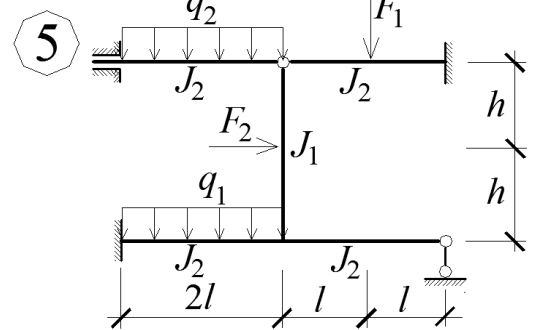
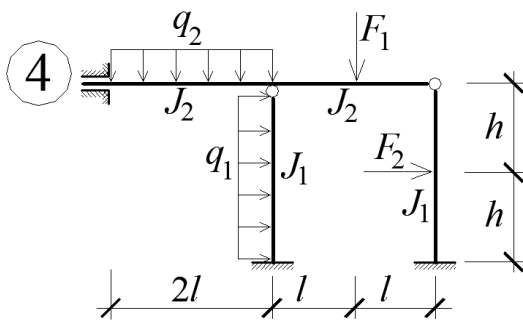
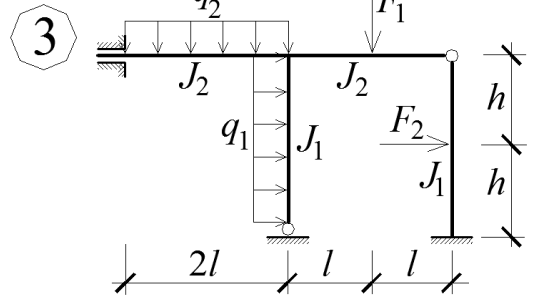
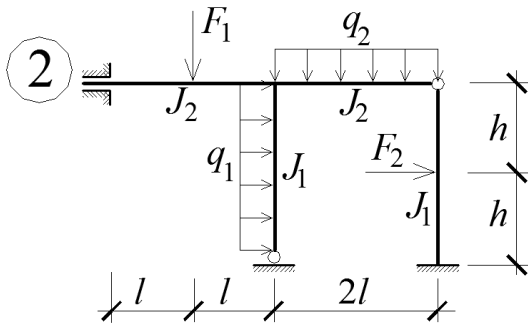
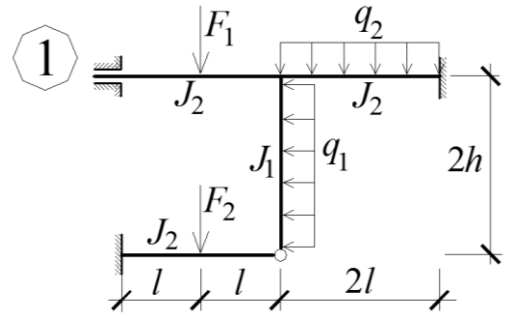
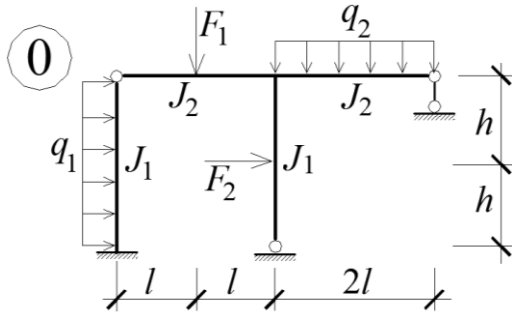
17. Построить эпюру продольных усилий  $N$  исходя из условий равновесия узлов системы.

18. По построенным эпюрам усилий  $M$ ,  $Q$  и  $N$  найти все внешние опорные реакции и проверить равновесие всей системы в целом в проекциях на два взаимно ортогональных направления и по моменту относительно произвольно выбранной точки.

Таблица 2.1 Исходные данные к задаче 7

Первая цифра шифра	$F_1$ , кН	$F_2$ , кН	Вторая цифра шифра	$q_1$ , кН/м	$q_2$ , кН/м	Третья цифра шифра	Номер схемы (рис.2.1)	$J_2:J_1$	$l$ , м	$h$ , м
<b>0</b>	36	0	<b>0</b>	4	0	<b>0</b>	2	3	2	6
<b>1</b>	0	36	<b>1</b>	0	4	<b>1</b>	3	4	3	2
<b>2</b>	40	0	<b>2</b>	6	0	<b>2</b>	4	3	4	3
<b>3</b>	0	40	<b>3</b>	0	6	<b>3</b>	5	4	5	4
<b>4</b>	16	0	<b>4</b>	8	0	<b>4</b>	6	3	6	6
<b>5</b>	0	16	<b>5</b>	0	8	<b>5</b>	7	2	2	4
<b>6</b>	24	0	<b>6</b>	2	0	<b>6</b>	8	2	3	3
<b>7</b>	0	24	<b>7</b>	0	2	<b>7</b>	9	3	4	2
<b>8</b>	32	0	<b>8</b>	3	0	<b>8</b>	0	4	5	3
<b>9</b>	0	32	<b>9</b>	0	3	<b>9</b>	1	2	6	4





### Задача № 8.

#### **Расчет плоской рамы на устойчивость**

1. Изобразить в масштабе расчетную схему к задаче в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из табл. 2.2. На расчетной схеме должны быть обозначены все силовые и геометрические параметры в их числовом выражении.

2. Пронумеровать все стержни расчетной схемы, вычислить их относительные жесткости  $i_k = \frac{EJ_k}{l_k}$  и выразить их через единый параметр  $i$ , приняв за него наименьшую относительную жесткость.

3. Найти для всех сжатых стержней величины параметров их относительного сжатия по формуле

$$v_k = l_k \sqrt{\frac{N_k}{EJ_k}},$$

где  $N_k$  – величина продольного усилия в сжатом стержне. Все параметры относительного сжатия выразить через единый параметр  $v$ , приняв за него наименьший из параметров.

4. Для заданной расчетной схемы составить основную систему метода перемещений и записать для нее в общем виде систему канонических уравнений.

5. Записать в общем виде условие существования нетривиального решения системы канонических уравнений, т. е. уравнение устойчивости рассматриваемой системы.

6. В основной системе метода перемещений построить деформированные схемы и эпюры изгибающих моментов от единичных смещений по направлениям добавленных связей. Для изогнутых стержней эти эпюры строятся с помощью таблиц приложения 1, а для сжато-изогнутых - с помощью таблиц приложения 2.

7. Используя построенные схемы и эпюры, определить статическим методом реакции в добавленных связях от их единичных смещений, т. е. элементы определителя в уравнении устойчивости. Эти реакции в конечном счете получаются как известные трансцендентные функции единого параметра относительного сжатия  $v$ .

8. Найденные реакции подставить в уравнение устойчивости, записать его в развернутом виде и численно, методом подбора, решить его относительно единого параметра относительного сжатия  $v$ . Наименьшее из решений соответствует потере устойчивости и называется критическим параметром  $v_{кр}$ . Значения

трансцендентных функций, входящих в выражения для реакций, принимать по таблицам приложения 3.

9. Через найденный единый критический параметр  $\nu_{кр}$  вычислить критические параметры для каждого из сжатых стержней  $\nu_{k,кр}$ . С их помощью для сжатых стержней определить критические силы

$$N_{k,кр} = \frac{\nu_{k,кр}^2 EJ_k}{l_k^2}$$

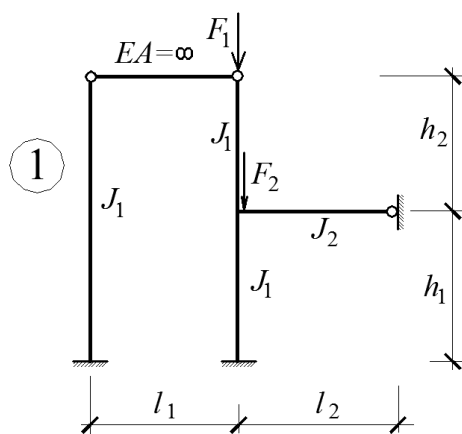
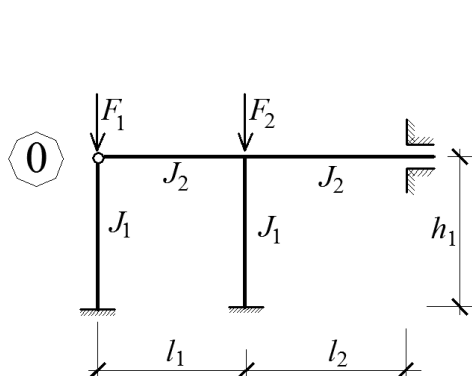
и коэффициенты приведенных длин.

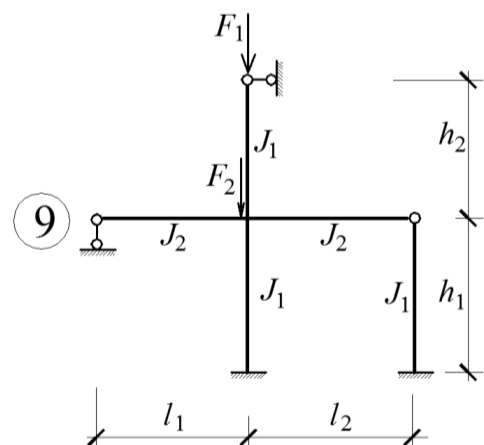
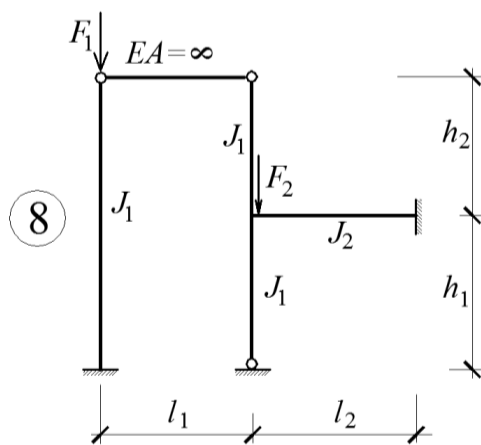
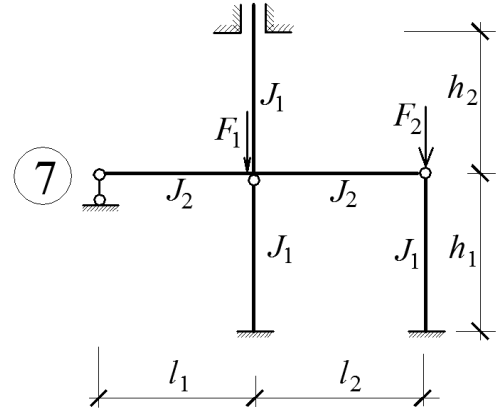
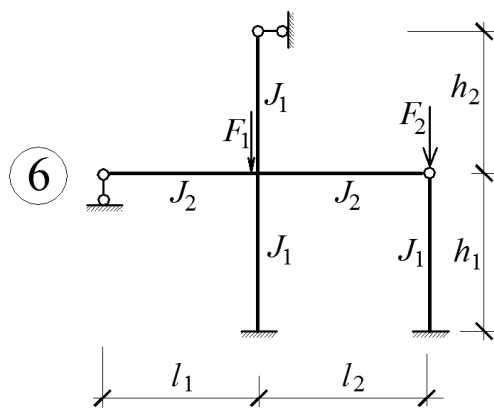
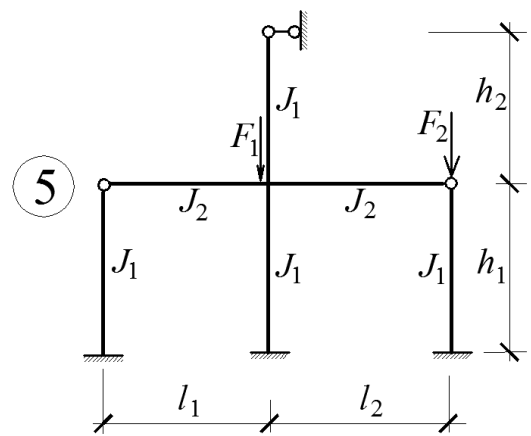
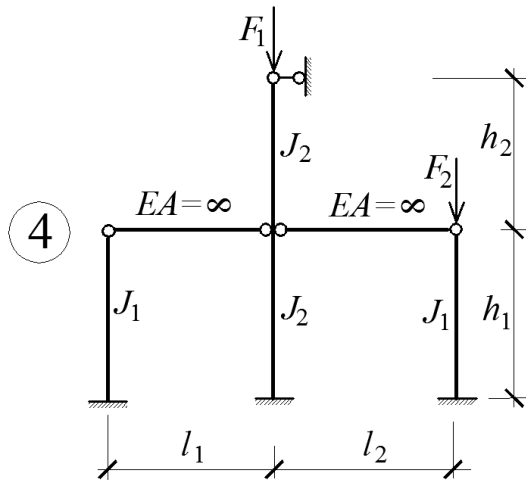
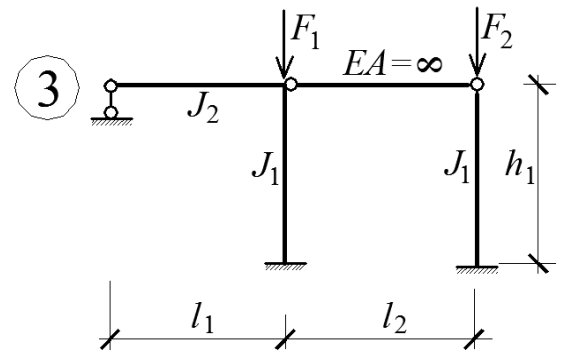
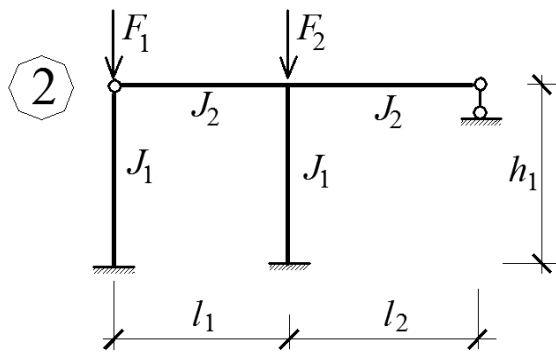
$$\mu_k = \frac{\pi}{\nu_{k,кр}}$$

10. Из канонических уравнений метода перемещений получить соотношения между принятыми в качестве неизвестных перемещениями и, задавшись величиной одного из них, построить форму потери устойчивости. Найти геометрическую интерпретацию полученным выше значениям коэффициентов приведенных длин.

Таблица 2.2. Исходные данные к задаче 8

Первая цифра шифра	$EJ_1$ , кНм <sup>2</sup>	$\frac{J_2}{J_1}$	Вторая цифра шифра	$l_1$ , м	$h_1$ , м	$F_2 : F_1$	Третья цифра шифра	№ схемы	$l_2$ , м	$h_2$ , м
0	11000	3	0	18	9,0	0,9	0	2	12	9,0
1	11500	3	1	15	7,5	1,1	1	3	15	12,0
2	12000	4	2	12	6,0	1,2	2	4	18	9,0
3	12500	4	3	9	4,5	1,4	3	5	15	7,5
4	8000	4	4	6	3,0	1,5	4	6	12	6,0
5	8500	2	5	9	4,5	1,8	5	7	9	4,5
6	9000	2	6	6	6,0	2,1	6	8	6	3,0
7	9500	2	7	9	7,5	0,5	7	9	9	7,5
8	10000	3	8	12	9,0	0,6	8	0	6	6,0
9	10500	3	9	15	12,0	0,8	9	1	9	7,5





## Задача № 9.

### **Динамический расчет плоской рамы на действие периодической нагрузки**

1. Изобразить в масштабе расчетную схему к задаче в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из табл. 2.3. На расчетной схеме должны быть указаны заданные места расположения точечных масс и обозначены все силовые и геометрические параметры в их числовом выражении.

2. Показать расчетную схему при действии амплитудного значения периодической нагрузки, построить соответствующую эпюру моментов  $M_F$  и по значениям изгибающих моментов подобрать сечения стержней из двутавровых прокатных профилей, обеспечивая двукратный запас прочности. Жесткости всех стержней выразить через наименьшую жесткость с помощью числового коэффициента.

3. Вычислить величины заданных точечных масс, включая в них утроенные массы половинок длин примыкающих стержней (или, при необходимости, массы полных их длин).

4. Определить число динамических степеней свободы для данного размещения сосредоточенных масс. Показать положительные направления перемещений по направлениям динамических степеней свободы на исходной расчетной схеме.

5. Показать расчетную схему при действии амплитудных значений периодической нагрузки и инерционных сил.

6. Записать в общем виде систему уравнений для определения амплитуд свободных колебаний и вывести из него уравнение частот свободных колебаний для заданной расчетной схемы.

7. По направлениям динамических степеней свободы последовательно приложить единичные силы и от действия каждой из них построить эпюры изгибающих моментов  $\bar{M}_i$ .

8. Определить коэффициенты  $\delta_{ij}$  при инерционных массах в уравнении частот.

9. Найденные коэффициенты  $\delta_{ij}$  подставить в уравнение частот, преобразовать уравнение в развернутую форму и найти его корни  $\lambda_i$ .

10. Определить частоты  $\omega_i$  и периоды  $T_i$  свободных колебаний системы.

11. Из найденных в предыдущем пункте частот свободных колебаний выбрать наименьшую  $\omega_{\min}$  и вычислить соответствующую ей частоту вынужденных колебаний по заданному в таблице соотношению этих частот.

12. Записать в общем виде систему канонических уравнений метода сил для амплитудных значений сил инерции. Определить главные коэффициенты  $\delta_{ij}^*$ .

13. С помощью эпюры  $M_F$  от амплитудных значений заданных периодических нагрузок определить свободные члены  $\Delta_{iF}$  канонических уравнений.

14. Числовые значения коэффициентов и свободных членов подставить в систему канонических уравнений и решить ее относительно амплитудных значений инерционных сил  $X_i$ .

15. Построить динамическую эпюру  $M_d$  изгибающих моментов в заданной расчетной схеме.

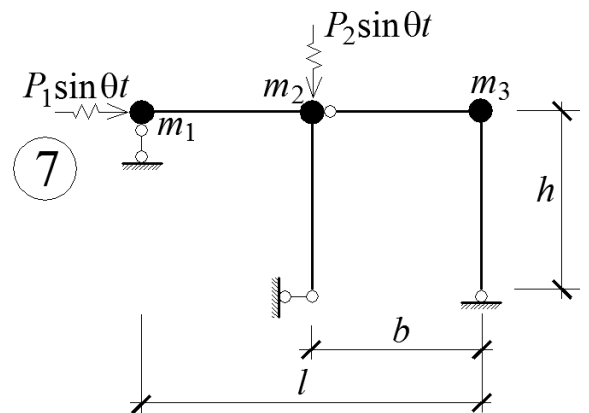
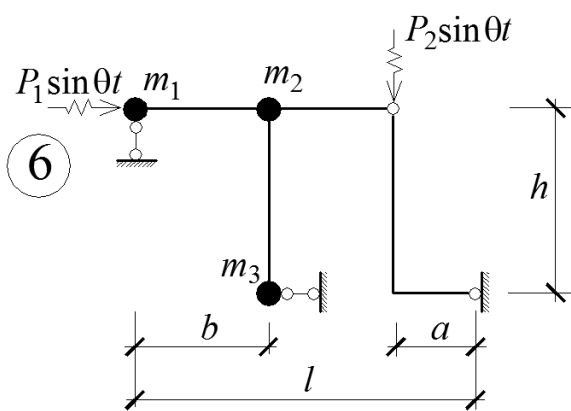
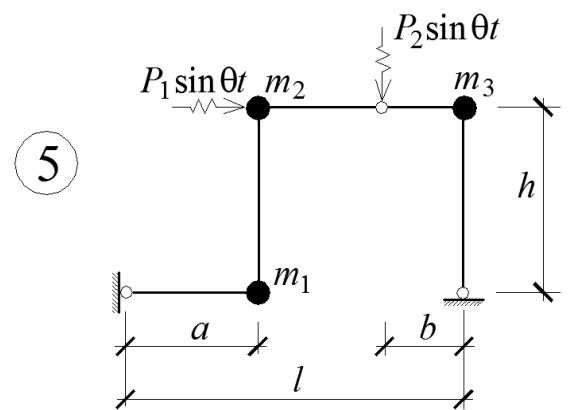
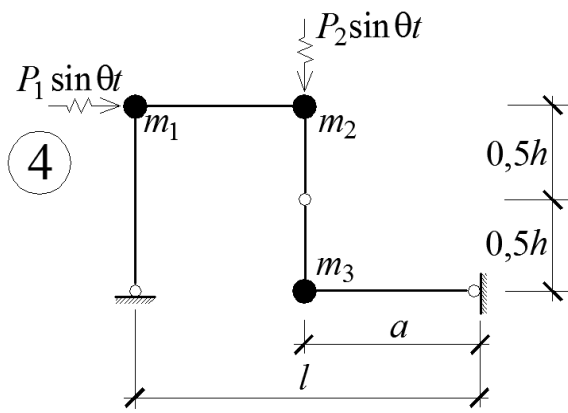
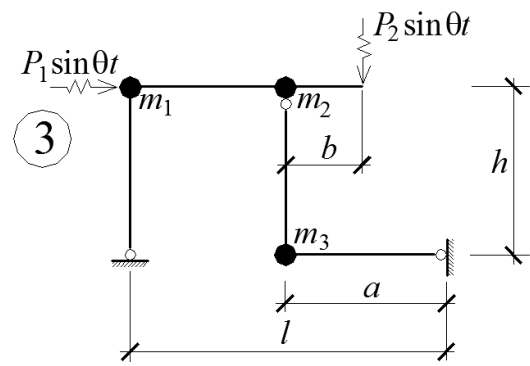
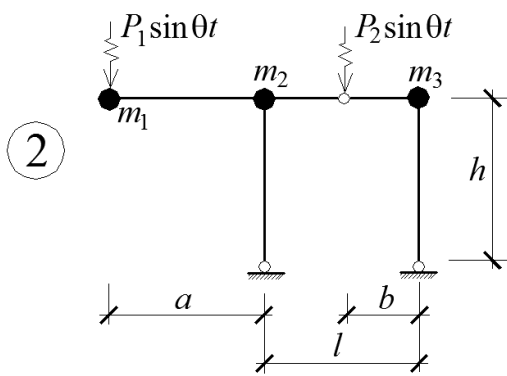
16. Вычислить для элементов заданной расчетной схемы коэффициенты динамичности.

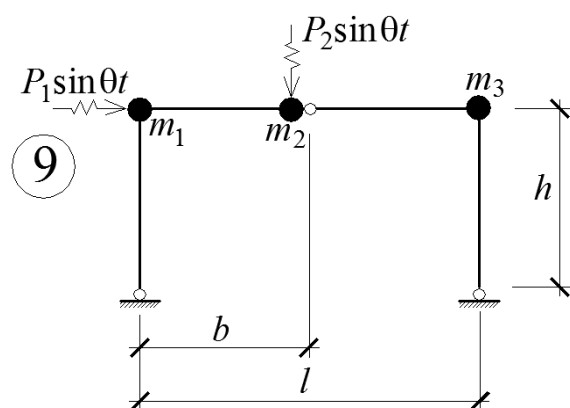
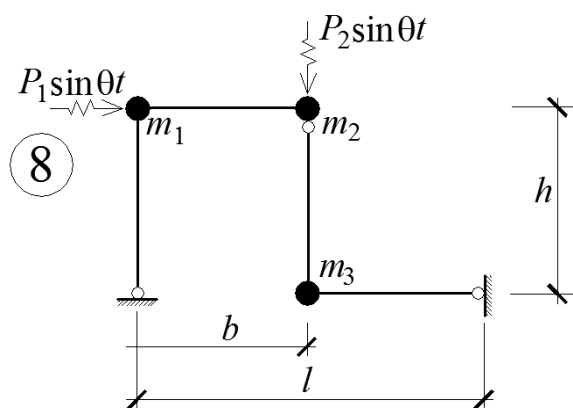
Таблица 2.3. Исходные данные к задаче 9

Первая цифра шифра	$a$ , м	$b$ , м	Вторая цифра шифра	$\frac{\theta}{\omega_{\min}}$	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН
<b>0</b>	3	3	<b>0</b>	0,6	0	20
<b>1</b>	4	4	<b>1</b>	0,3	35	0
<b>2</b>	2	6	<b>2</b>	0,4	0	25
<b>3</b>	3	3	<b>3</b>	0,5	40	0
<b>4</b>	4	4	<b>4</b>	0,6	0	30
<b>5</b>	2	6	<b>5</b>	0,7	20	0
<b>6</b>	3	3	<b>6</b>	0,8	0	10
<b>7</b>	4	4	<b>7</b>	0,3	25	0
<b>8</b>	3	6	<b>8</b>	0,4	0	15
<b>9</b>	2	3	<b>9</b>	0,5	30	0

Продолжение таблицы 2.3

Третья цифра шифра	№ схемы	$l$ , м	$h$ , м
<b>0</b>	3	9	6
<b>1</b>	4	12	8
<b>2</b>	5	15	9
<b>3</b>	6	18	10
<b>4</b>	7	12	9
<b>5</b>	8	9	8
<b>6</b>	9	12	6
<b>7</b>	0	15	8
<b>8</b>	1	18	9
<b>9</b>	2	12	10





Компетенция, формируемая и оцениваемая с помощью расчетно-графического задания: ОПК-1			
Уровень сформированности <sup>2</sup>			Критерии оценивания
Знаний	Умений	Навыков	
Сформированы систематические знания.	Сформировано умение.	Успешное и систематическое применение навыков.	Расчетно-графическая работа выполнена полностью, без ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием непонимания материала).
Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков.	Расчетно-графическая работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны, допущена одна негрубая ошибка или два-три недочета, не влияющих на правильную последовательность рассуждений.
Общие, но не	В целом успешно, но не	В целом успешное, но	В расчетно-

<sup>2</sup> Целью выполнения контрольной (расчетно-графической) работы может быть формирование и оценка сформированности компетенции(ий) по отдельному(ым) этапу(ам)



структурированные знания.	систематически осуществляемые умения.	не систематическое применение навыков.	графической работе допущено более одной грубой ошибки или более двух-трех недочета, но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.
Знания не сформированы.	Умения отсутствуют.	Навыки отсутствуют.	Расчетно-графическая работа не выполнена.

### 3.4 Критерии и шкала оценивания реферата.

Не предусмотрен как средство текущего контроля.

## 4. Критерии и шкала оценивания результатов обучения по дисциплине при проведении промежуточной аттестации.

### 4.1 Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины с зачетом.

Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине, то он считается аттестованным.

<b>Сформированность компетенции ОПК-1</b>	<b>Оценка<sup>3</sup></b>	<b>Баллы<sup>4</sup></b>	<b>Критерии оценивания</b>
<i>Сформированы</i>	<i>Зачтено</i>	<b>60 - 100</b>	Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону
<i>Не сформированы</i>	<i>Не зачтено</i>	<b>&lt; 60</b>	Зачетное количество согласно установленному диапазону баллов не набрано

### 4.2 Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины с зачетом с оценкой

Не предусмотрен как средство промежуточного контроля.

<sup>3</sup> Баллы соответствуют технологической карте, указанной в РП дисциплины

<sup>4</sup> Баллы соответствуют технологической карте, указанной в РП дисциплины

#### 4.3 Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины с экзаменом

Для дисциплин, заканчивающихся экзаменом, результат промежуточной аттестации складывается из баллов, набранных в ходе текущего контроля и при проведении экзамена:

В ФОС включен список вопросов и заданий к экзамену и типовой вариант экзаменационного билета.

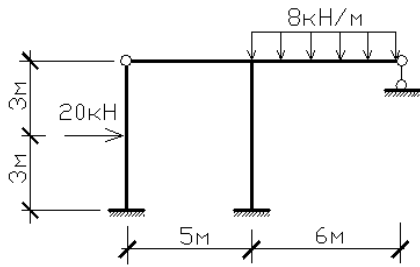
##### Список экзаменационных вопросов.

1. Линейно деформируемые системы. Понятие о физической и геометрической нелинейности.
2. Теорема о взаимности работ (теорема Бетти).
3. Выражение взаимной работы через внутренние усилия в стержнях.
4. Теорема о взаимности перемещений (теорема Максвелла).
5. Интеграл Мора для определения перемещений.
6. Вычисление интеграла Мора способом Верещагина и по формуле Симпсона.
7. Связь между внешними кинематическими воздействиями и внутренними усилиями в статически неопределимом стержне типа «заделка – шарнир».
8. Связь между внешними кинематическими воздействиями и внутренними усилиями в статически неопределимом стержне типа «заделка – заделка».
9. Выбор неизвестных в методе перемещений. Определение количества неизвестных.
10. Основная система метода перемещений. Канонические уравнения метода перемещений.
11. Статический способ определения коэффициентов при неизвестных канонических уравнений в методе перемещений.
12. Связь между внешними силовыми воздействиями и внутренними усилиями в статически неопределимом стержне типа «заделка – шарнир».
13. Связь между внешними силовыми воздействиями и внутренними усилиями в статически неопределимом стержне типа «заделка – заделка».
14. Связь между внешним температурным воздействием и внутренними усилиями в статически неопределимых стержнях типов «заделка – шарнир» и «заделка – заделка».
15. Статический способ определения свободных членов канонических уравнений в методе перемещений.
16. Определение коэффициентов при неизвестных при помощи перемножения эпюр. Теорема о взаимности реакций.
17. Определение свободных членов канонических уравнений путем перемножения эпюр. Теорема о взаимности реакций и перемещений.
18. Проверка коэффициентов при неизвестных и свободных членов системы канонических уравнений.

19. Решение системы канонических уравнений и построение эпюры  $M$  в заданной системе. Проверка правильности построения эпюры  $M$ .
20. Общие понятия об устойчивости и неустойчивости стержневых систем.
21. Анализ устойчивости рам методом перемещений в канонической форме.
22. Задача о сжато-изогнутом стержне типа «заделка-шарнир» при смещении опоры.
23. Виды динамических воздействий. Понятие о динамических степенях свободы.
24. Свободные незатухающие колебания системы с одной динамической степенью свободы.
25. Свободные затухающие колебания системы с одной динамической степенью свободы.
26. Вынужденные колебания системы с одной динамической степенью свободы при действии периодической нагрузки.
27. Свободные колебания системы с произвольным количеством динамических степеней свободы.
28. Динамический расчет системы с произвольным количеством динамических степеней свободы при внешнем периодическом воздействии.
29. Система с одной динамической степенью свободы при импульсном воздействии (абсолютно упругом ударе).
30. Система с одной динамической степенью свободы при абсолютно неупругом ударе.

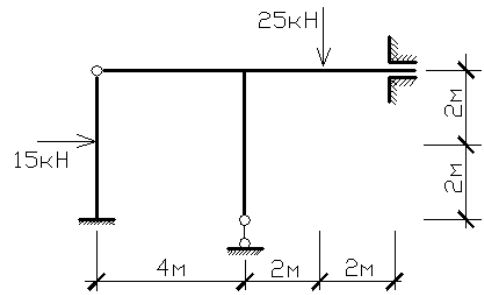
#### Экзаменационные задачи

7.1



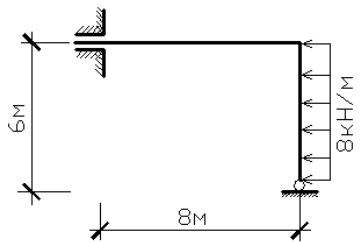
Построить эпюры  $M$ ,  $Q$  и  $N$  методом перемещений.

7.2



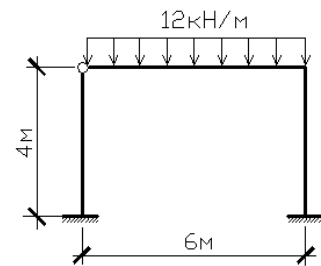
Построить эпюры  $M$ ,  $Q$  и  $N$  методом перемещений.

7.3



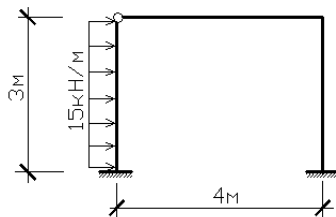
Построить эпюры  $M$ ,  $Q$  и  $N$  методом перемещений.

7.4



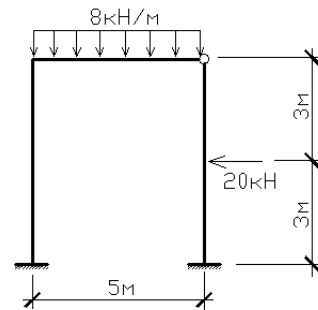
Построить эпюры  $M$ ,  $Q$  и  $N$  методом перемещений.

7.5



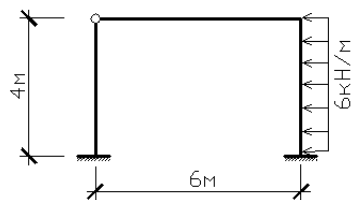
Построить эпюры  $M$ ,  $Q$  и  $N$  методом перемещений.

7.6



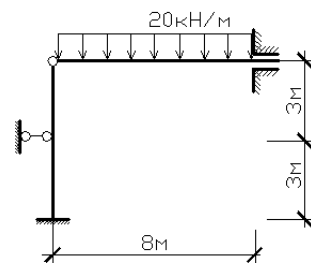
Построить эпюры  $M$ ,  $Q$  и  $N$  методом перемещений.

7.7

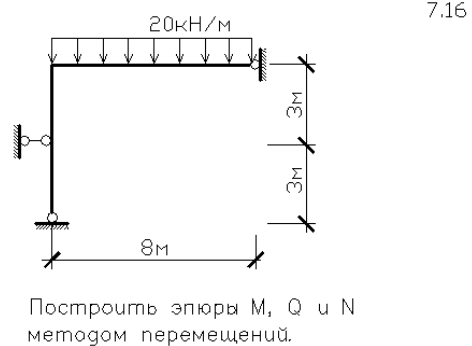
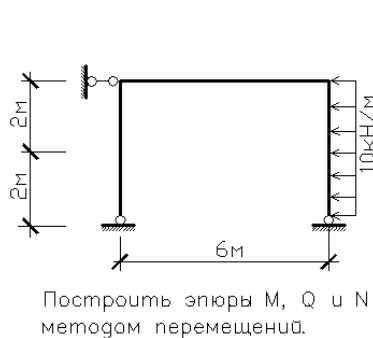
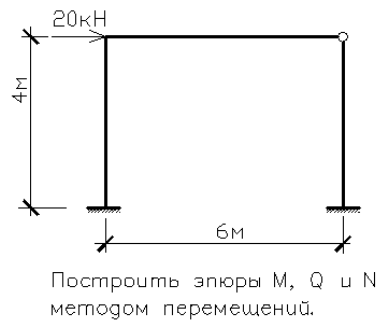
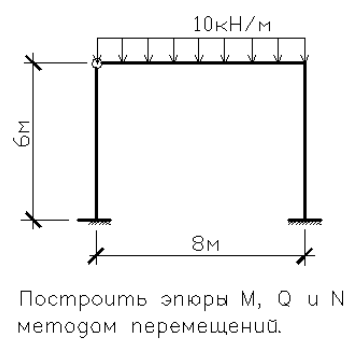
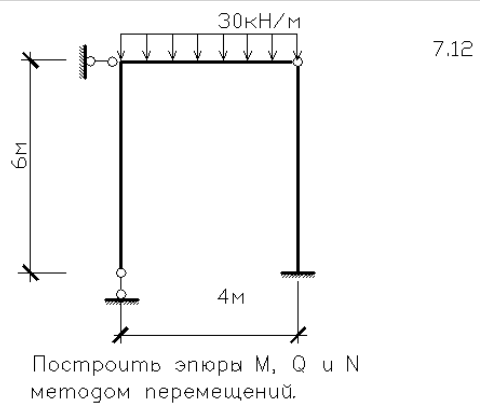
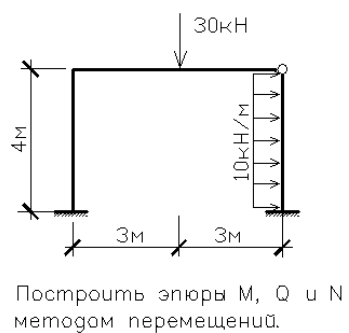
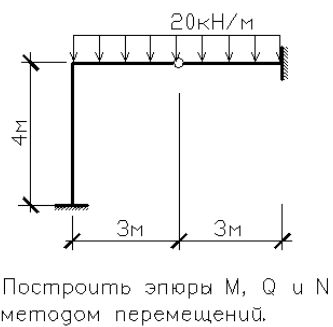
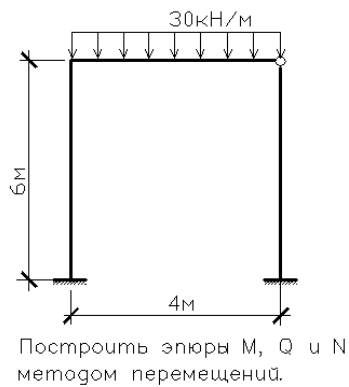


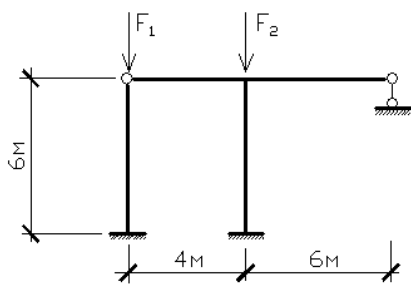
Построить эпюры  $M$ ,  $Q$  и  $N$  методом перемещений.

7.8



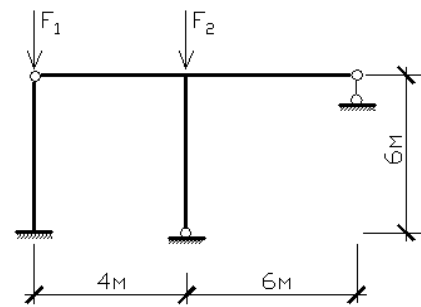
Построить эпюры  $M$ ,  $Q$  и  $N$  методом перемещений.





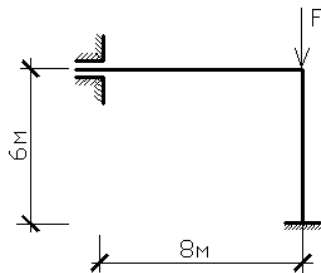
8.1

$F_2/F_1=3,0$ ;  $EJ=12000\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



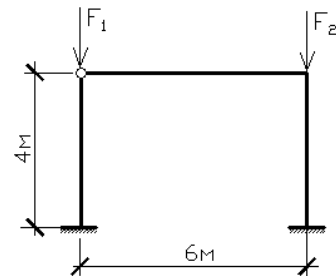
8.2

$F_2/F_1=2,5$ ;  $EJ=8500\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



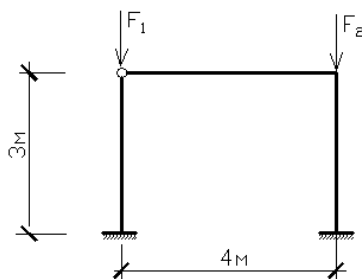
8.3

$EJ=9600\text{kNm}$ . Определить критическую силу и коэффициент расчетной длины для сжатой стойки.



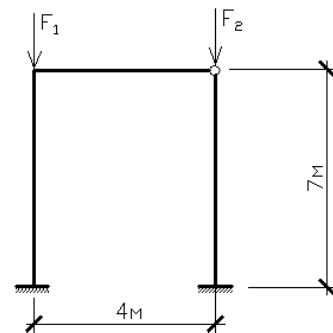
8.4

$F_2/F_1=1,5$ ;  $EJ=10500\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



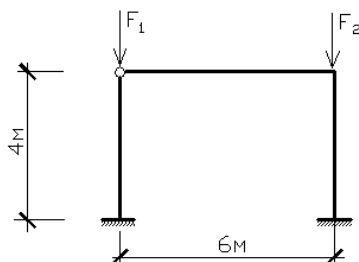
8.5

$F_2/F_1=0,5$ ;  $EJ=12500\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



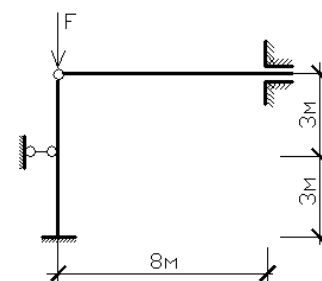
8.6

$F_2/F_1=0,5$ ;  $EJ=15000\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



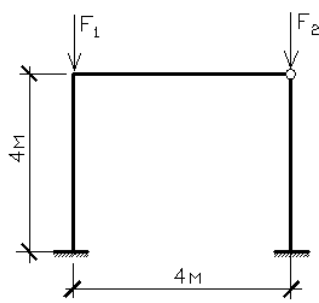
8.7

$F_2/F_1=3,0$ ;  $EJ=14000\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



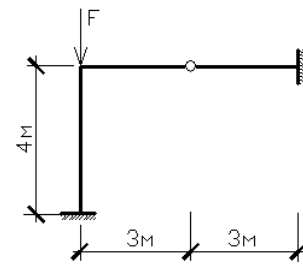
8.8

$EJ=8000\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



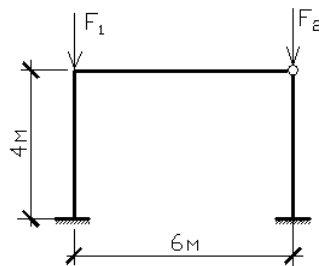
8.9

$F_2/F_1=0,8$ ;  $EJ=9000\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



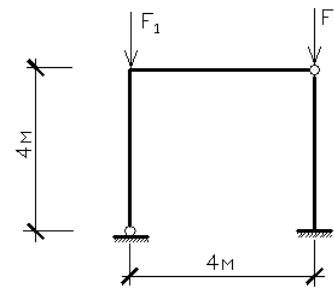
8.10

$EJ=10000\text{kNm}$ . Определить критическую силу и коэффициент расчетной длины для сжатой стойки.



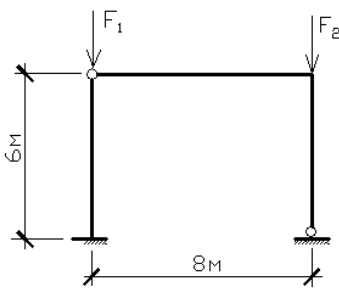
8.11

$F_2/F_1=1,5$ ;  $EJ=10000\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



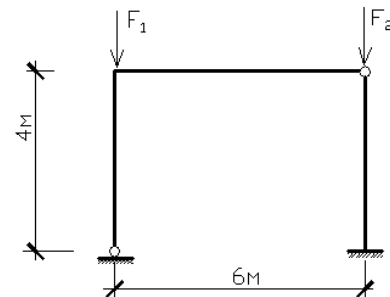
8.12

$F_2/F_1=2,0$ ;  $EJ=12000\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



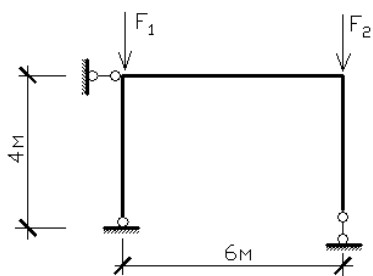
8.13

$F_2/F_1=0,5$ ;  $EJ=8000\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



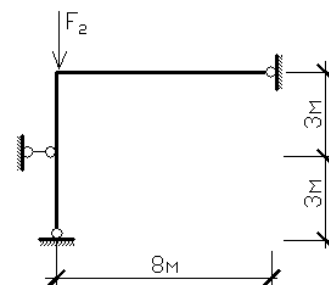
8.14

$F_2/F_1=2,5$ ;  $EJ=8500\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



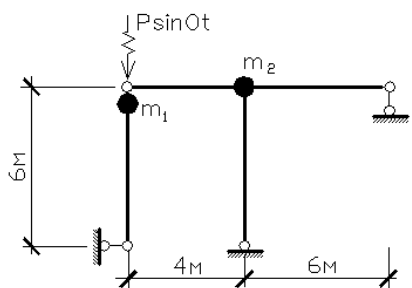
8.15

$F_2/F_1=3,0$ ;  $EJ=10000\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



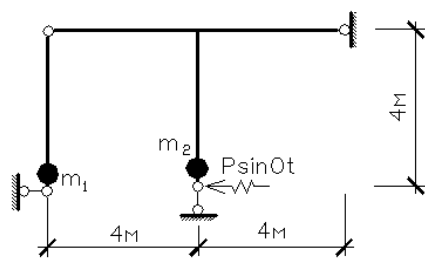
8.16

$EJ=11000\text{kNm}$ . Определить критические силы и коэффициенты расчетных длин для сжатых стоек.



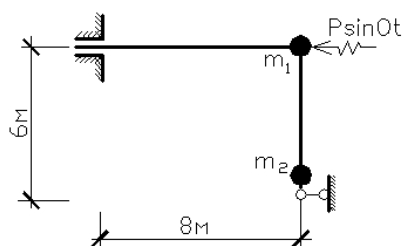
9.1

$m_1=1,2\tau$ ;  $m_2=0,8\tau$ ;  $0/w_{min}=0,8$ ;  $P=35\text{kH}$ ;  $EJ=9000\text{kH}\cdot\text{m}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов



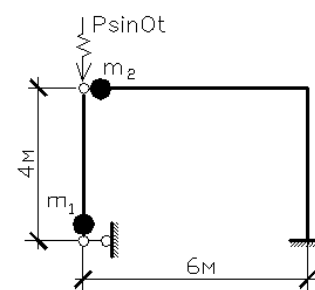
9.2

$m_1=1,5\tau$ ;  $m_2=1,8\tau$ ;  $0/w_{min}=0,7$ ;  $P=15\text{kH}$ ;  $EJ=8000\text{kH}\cdot\text{m}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов



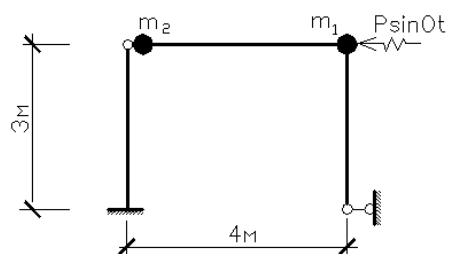
9.3

$m_1=1,3\tau$ ;  $m_2=0,9\tau$ ;  $0/w_{min}=0,7$ ;  $P=40\text{kH}$ ;  $EJ=8000\text{kH}\cdot\text{m}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов



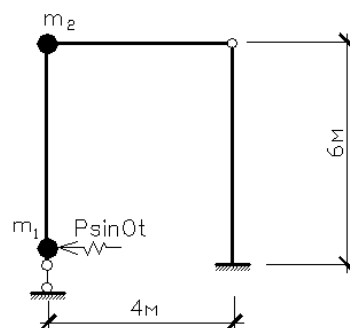
9.4

$m_1=1,4\tau$ ;  $m_2=1,8\tau$ ;  $0/w_{min}=0,6$ ;  $P=10\text{kH}$ ;  $EJ=16000\text{kH}\cdot\text{m}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов



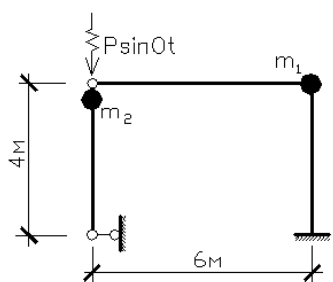
9.5

$m_1=0,5\tau$ ;  $m_2=1,0\tau$ ;  $0/w_{min}=0,5$ ;  $P=20\text{kH}$ ;  $EJ=8000\text{kH}\cdot\text{m}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов



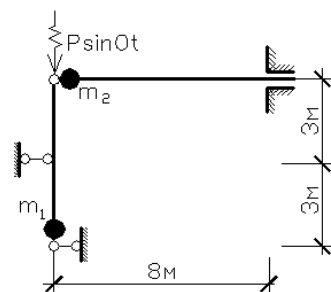
9.6

$m_1=0,6\tau$ ;  $m_2=1,2\tau$ ;  $0/w_{min}=0,6$ ;  $P=20\text{kH}$ ;  $EJ=12000\text{kH}\cdot\text{m}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов



9.7

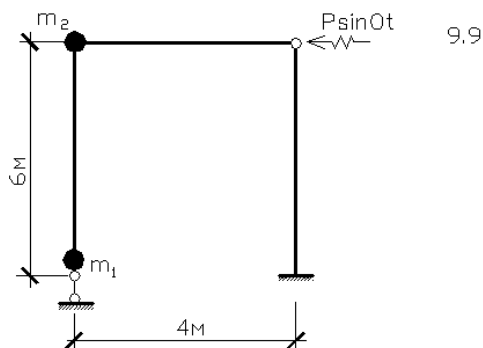
$m_1=0,7\tau$ ;  $m_2=1,2\tau$ ;  $0/w_{min}=0,6$ ;  $P=30\text{kH}$ ;  $EJ=15000\text{kH}\cdot\text{m}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов



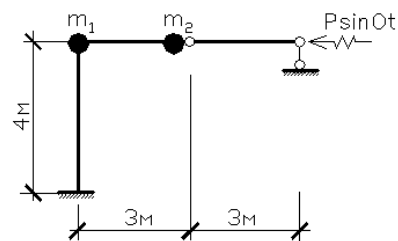
9.8

$m_1=0,8\tau$ ;  $m_2=1,1\tau$ ;  $0/w_{min}=0,7$ ;  $P=25\text{kH}$ ;  $EJ=18000\text{kH}\cdot\text{m}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов

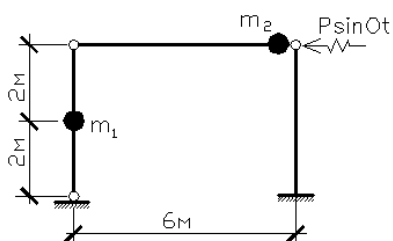




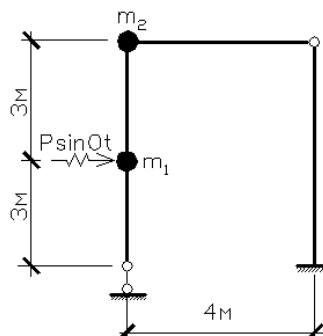
9.9  
 $m_1=1,5\text{т}; m_2=1,8\text{т}; 0/w_{\text{min}}=0,7; P=15\text{кН}; EJ=8000\text{кНм}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов



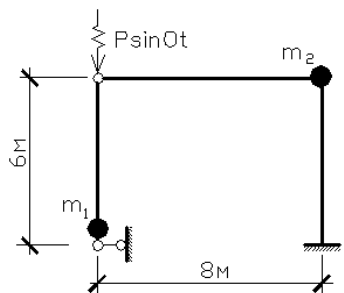
9.10  
 $m_1=0,9\text{т}; m_2=1,3\text{т}; 0/w_{\text{min}}=0,7; P=30\text{кН}; EJ=21000\text{кНм}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов



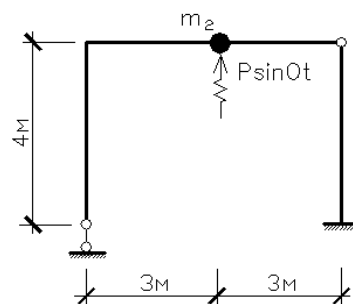
9.11  
 $m_1=1,0\text{т}; m_2=1,4\text{т}; 0/w_{\text{min}}=0,7; P=30\text{кН}; EJ=9000\text{кНм}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов



9.12  
 $m_1=1,1\text{т}; m_2=1,5\text{т}; 0/w_{\text{min}}=0,8; P=35\text{кН}; EJ=10000\text{кНм}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов



9.13  
 $m_1=1,2\text{т}; m_2=1,6\text{т}; 0/w_{\text{min}}=0,7; P=15\text{кН}; EJ=8000\text{кНм}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов



9.14  
 $m_1=1,3\text{т}; m_2=1,7\text{т}; 0/w_{\text{min}}=0,7; P=40\text{кН}; EJ=9000\text{кНм}$   
 Построить динамическую эпюру изгибающих моментов

### Типовой вариант экзаменационного билета.

**Министерство высшего образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**Мурманский государственный технический университет**

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15**

по дисциплине «Строительная механика» для направления «Строительство»,

1. Основная система метода перемещений. Канонические уравнения метода перемещений.

2. Задача на динамический расчет плоской рамы.

---

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры СЭиТ 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Челтыбашев

Ответы на экзаменационные вопросы оцениваются по критериям и шкале, представленным в таблице:

<b>Оценка</b>	<b>Баллы<sup>5</sup></b>	<b>Критерии оценки ответа на экзамене</b>
<b>Отлично</b>		Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса. Владеет специальной терминологией, демонстрирует общую эрудицию в предметной области, использует при ответе ссылки на материал специализированных источников, в том числе на интернет-ресурсы.
<b>Хорошо</b>		Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет специальной терминологией на достаточном уровне; могут возникнуть затруднения при ответе на уточняющие вопросы по рассматриваемой теме; в целом демонстрирует общую эрудицию в предметной области.
<b>Удовлетворительно</b>		Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, плохо владеет специальной терминологией, допускает существенные ошибки при ответе, недостаточно ориентируется в источниках специализированных знаний.
<b>Неудовлетворительно</b>		Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не владеет специальной терминологией, не ориентируется в источниках специализированных знаний. Нет ответа на поставленный вопрос.

---

<sup>5</sup> Баллы соответствуют технологической карте, указанной в РП дисциплины

Оценка, полученная на экзамене, переводится в баллы («5» – 20 баллов, «4» – 15 баллов, «3» – 10 баллов) и суммируется с баллами, набранными в ходе текущего контроля:

<b>Уровень сформированности компетенций</b>	<b>Итоговая оценка по дисциплине<sup>6</sup></b>	<b>Суммарные баллы по дисциплине, в том числе<sup>7</sup></b>	<b>Критерии оценивания (пример)</b>
<i>Высокий</i>	<i>Отлично</i>	91 - 100	Выполнены все контрольные точки текущего контроля на высоком уровне. Экзамен сдан
<i>Продвинутый</i>	<i>Хорошо</i>	81-90	Выполнены все контрольные точки текущего контроля. Экзамен сдан
<i>Пороговый</i>	<i>Удовлетворительно</i>	70- 80	Контрольные точки выполнены в неполном объеме. Экзамен сдан
<i>Ниже порогового</i>	<i>Неудовлетворительно</i>	69 и менее	Контрольные точки не выполнены или не сдан экзамен

4.4. Критерии и шкала оценивания результатов курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Не предусмотрено как средство промежуточного контроля.

5. Задания для внутренней оценки уровня сформированности компетенций.

Не предусмотрены как средство внутренней оценки.

<sup>6</sup> Баллы соответствуют технологической карте, указанной в РП дисциплины

<sup>7</sup> Баллы соответствуют технологической карте, указанной в РП дисциплины