

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра промышленного и гражданского строительства

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Расчетно-графические задания и методические указания к ним
на 1 –й семестр

Факультет: инженерно-строительный
Специальность: 08.05.01 «Строительство уникальных зданий»

Вологда
2016

Строительная механика. Расчетно-графические задания и методические указания к ним. – Вологда: ВоГУ, 2016. – 16 с.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями Федерального стандарта к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки выпускника в вузе по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

В методических указаниях приведены задания для самостоятельной работы студентов в виде расчетно-проектировочных работ. Даны методические указания и контрольные вопросы для самоподготовки к защите работы. Предназначены для студентов специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Составитель: Уткин В.С., докт. техн. наук, профессор каф. ПГС.

Рецензент: Е.А. Ильичев., канд. техн. наук, доцент каф. сопротивления материалов

Введение

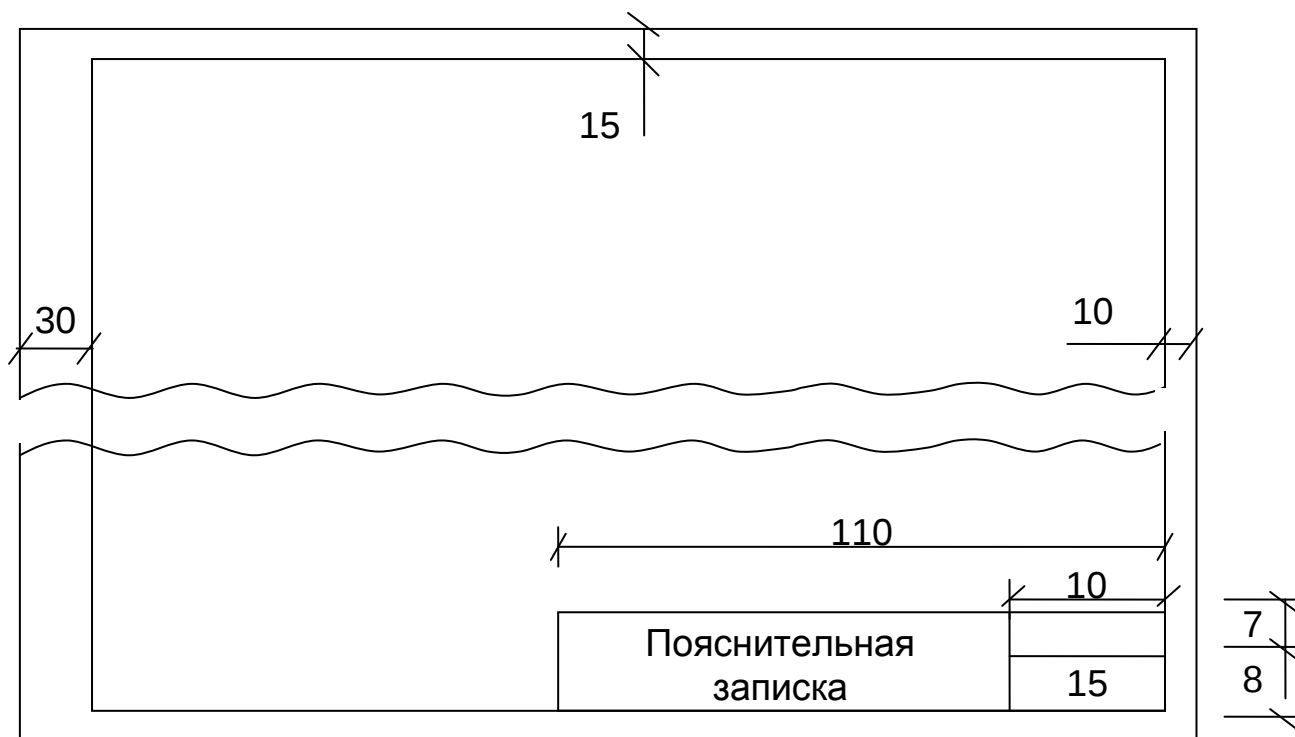
Учебным планом для студентов специальностей 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» по дисциплине «Строительная механика» предусмотрены расчетно-графические работы. Они призваны способствовать развитию умений и навыков использования теоретических положений курса строительной механики при расчете инженерных сооружений, их элементов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность (безопасность).

В указания вошли статически определимые системы, определение в них усилий и перемещений, а также расчет статически неопределимой системы методом сил.

Расчетно-графические задания выполняются на листах формата А–4. Записи делают на одной стороне листа. Вторая сторона может быть использована для исправления ошибок и дополнений. Все чертежи и записи выполнять с учетом требований СПДС и метрологического обеспечения в строительстве. Первой страницей является титульный лист. Приводим форму титульного листа:

Вологодский государственный технический университет
Кафедра ПГС
Специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА к расчетно-графическому заданию № 1
Наименование задания _____
Группа _____
Исполнитель _____
Руководитель _____
2016 г.

Все последующие листы имеют следующее оформление:



Записи и чертежи выполнять чернилами или с помощью ПЭВМ.

Расчетно-графическое задание № 1

Расчет статически определимых систем

1. Расчет плоской фермы [2, 4]

Для фермы, представленной на рис. 1, определите аналитически усилия во всех стержнях фермы от равномерно распределенной нагрузки q на всей длине верхнего пояса и постройте линии влияния усилий для подвижной нагрузки по верхнему и нижнему поясу.. Исходные данные возьмите с учетом Вашего номера в списке фамилий в журнале из табл. 1. по указаниям преподавателя. Расстояние между фермами в здании 6 м.

Таблица 1

Выбор варианта фермы

№ фамилии по списку журнала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Номер фермы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
№ фамилии по списку журнала	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Номер фермы	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8

Методические указания

1. Перепишите условия задания и вычертите расчетную схему фермы в масштабе. Найдите реакцию в опорах.
2. Равномерно распределенную нагрузку q замените сосредоточенными силами в узлах верхнего пояса. Определите значения опорных реакций.
3. Определите аналитически усилия в стержнях фермы, используя метод моментной точки, метод проекций и метод вырезания узлов. Объем вычислений сократите, учтя симметрию системы. Все результаты расчета, обозначения и длины элементов фермы сведите в таблицу.
4. Постройте линии влияния усилий для подвижной нагрузки по верхнему и нижнему поясу.
5. Определите усилия в стержнях фермы от нагрузки q с помощью линий влияния.
6. Все результаты расчетов усилий сводятся в таблицу. Расхождение в результатах расчетов не должно превышать 5%.

Контрольные вопросы для защиты

1. Какая система называется фермой?
2. Какие преимущества фермы по сравнению с балкой по использованию несущей способности материала в сечении элемента фермы?
3. Что называется панелью фермы?
4. Перечислите названия элементов фермы.
5. Когда выгоднее применять не балку, а ферму?
6. Какие методы определения усилий в стержнях фермы Вам известны?
7. Какой недостаток расчета по методу вырезания узлов фермы?
8. Каким свойством обладает идеальный шарнир в узле фермы?
9. Что такое линия влияния усилий?
10. Для чего строится линия влияния усилий.
11. Какие методы используются для построения линий влияния усилий.
12. Как определить усилия от неподвижной нагрузки с помощью линий влияния усилий.

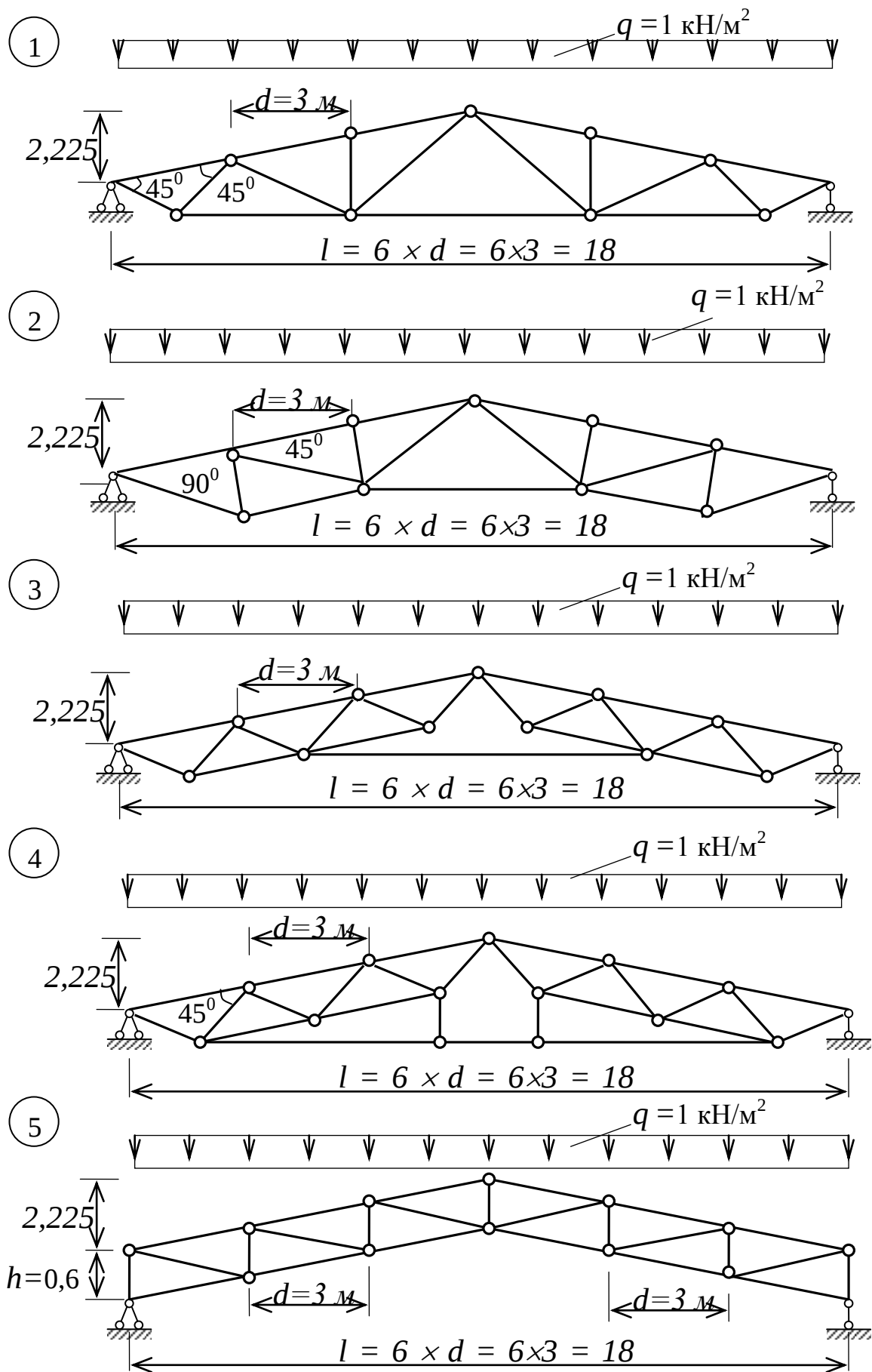


Рис. 1.

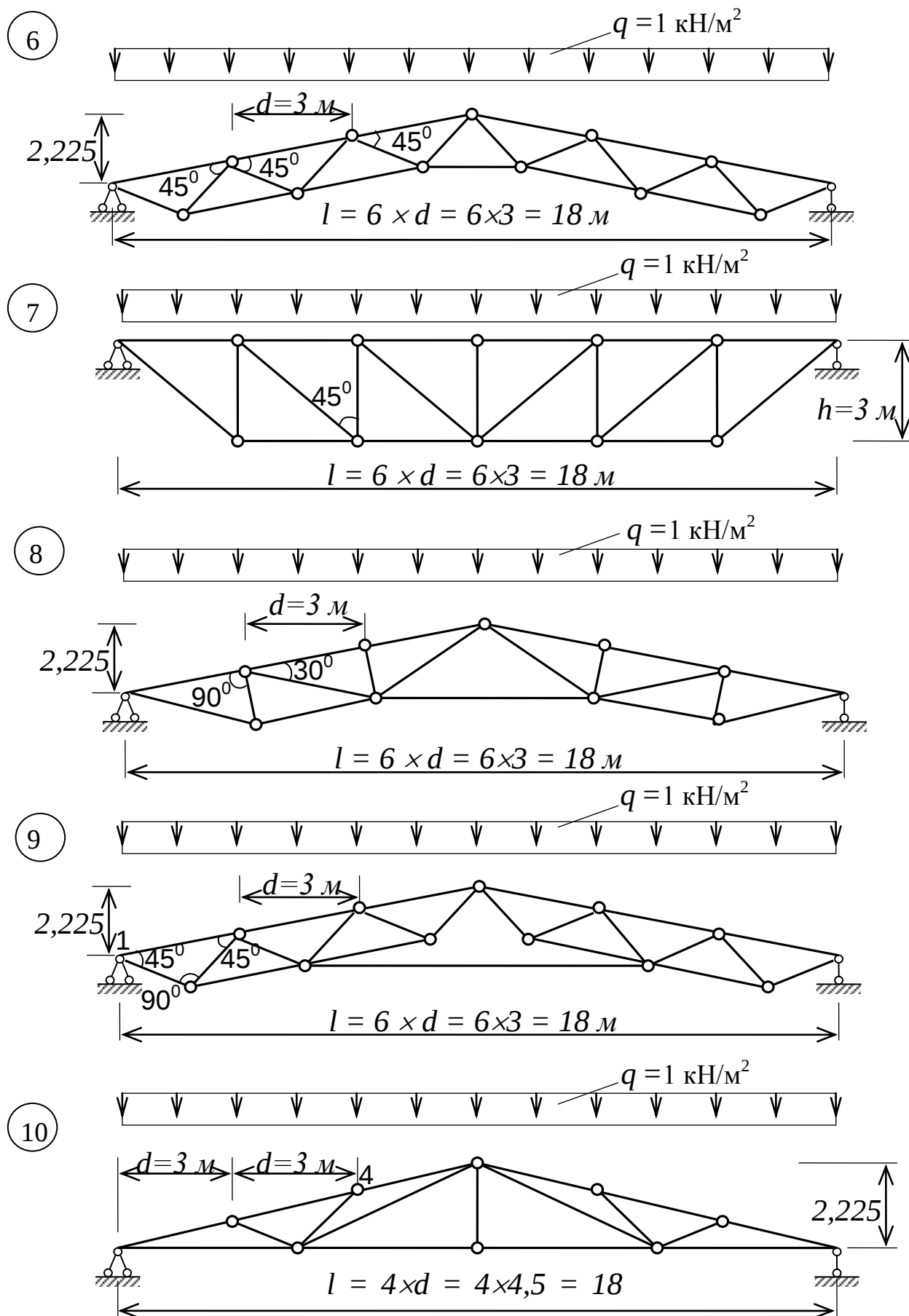


Рис. 1

2. Расчет статически определимой рамы

Для заданной расчетной схемы рамы постройте эпюры изгибающих моментов, поперечных сил и продольных сил от действия заданной нагрузки q и F . Найдите опасное сечение системы. Исходные данные возьмите с учетом Вашего шифра из табл. 2.

Таблица 2

Первая цифра шифра, № схемы	l , м	q , кН/м	Вторая цифра шифра	P , кН	h , м	Последняя цифра шифра
1	9,0	1,02	1	9	6,0	1
2	9,5	1,2	2	2	5,5	2
3	8,0	1,5	3	5	5,0	3
4	8,5	1,8	4	4	9,5	4
5	5,0	2,0	5	3	9,0	5
6	5,5	2,4	6	10	8,5	6
7	6,0	3,0	7	7	8,0	7
8	7,5	2,5	8	8	6,5	8
9	6,2	3,2	9	1	10,0	9
0	6,5	3,5	0	6	7,0	0

Методические указания

1. Постройте эпюру изгибающих моментов, для чего разбейте систему на отдельные участки (стержни) и найдите значения моментов в начале и конце участка, а для стержня с нагрузкой q еще и в середине его. Полученные точки (вершины ординат « M ») соедините линиями (на участке с q линия криволинейная). Значения ординат « M » откладывают от базисной линии (оси рамы) в сторону растянутых волокон стержня рамы. Эпюра « M » должна иметь наименование, значения характерных ординат и их единицы измерения. Знаки на эпюре не ставят.

2. По эпюре « M » постройте эпюру « Q ». На прямолинейных участках эпюры « M » $Q = tg \alpha$, где α – острый угол наклона между касательной к эпюре « M » и базисной линией. На участке с нагрузкой q , где эпюра « M » криволинейная, применяют следующий алгоритм для построения эпюры « Q »:

2.1. Выделяют стержень на этом участке и устанавливают его на опоры. Получается статически определимая однопролетная балка.

2.2. Загружают балку нагрузкой q и моментами по концам, значения которых берут из эпюры M .

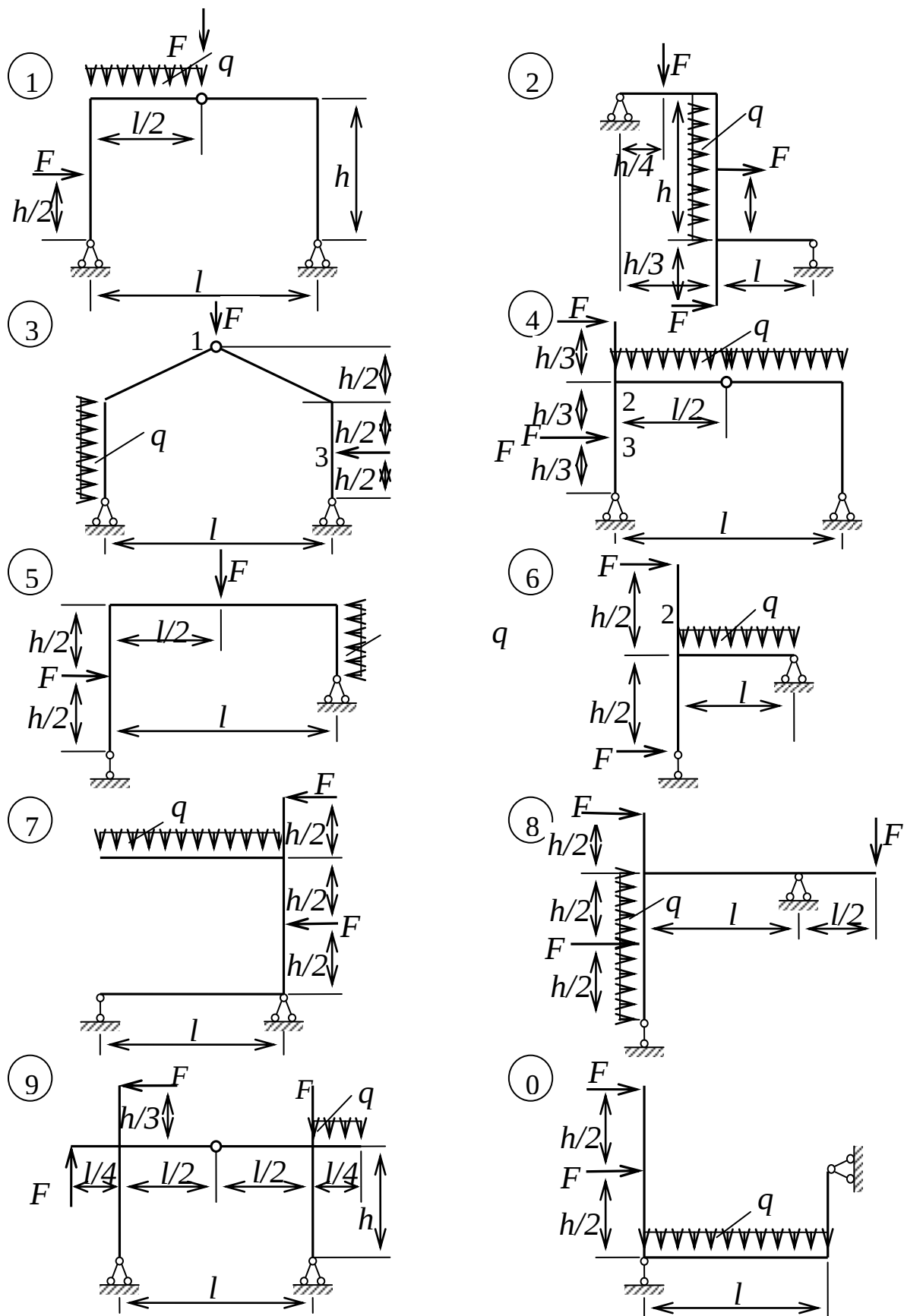


Рис. 2. Расчетные схемы рам

2.3. Определяют опорные реакции, направляя предварительно их вверх.

2.4. Левую реакцию откладывают вверх, а правую вниз от базисной линии в виде ординат. Если направления реакций оказались противоположны выбранным, о чем говорит знак минус в ответе реакций, то ординаты откладывают в иные стороны.

2.5. Соединяют вершины ординат и указывают знаки «+» и «-».

2.6. Постройте эпюру N . Эпюру N строят с помощью эпюры Q , путем вырезания узлов рамы и составления уравнения равновесия $\sum x = 0$ и $\sum y = 0$.

2.7. Опасным сечением считается то, где действуют наибольшие значения M , Q , и N или их совокупности.

Контрольные вопросы для защиты

1. Какая конструкция называется рамой?
2. Для чего строится эпюра M ?
3. Какая аналитическая связь между эпюрой M и Q ?
4. Каким образом можно проверить эпюру M статическим методом?
5. Сформулируйте алгоритм построения эпюры Q на участке рамы с нагрузкой $q = const$.
6. Каким образом можно проверить эпюры Q и N ?
7. На что указывает знак «плюс» на эпюре N ?

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ К САМОСТОЯТЕЛЬНЫМ ЗАНЯТИЯМ

Определение перемещений в статически определимых системах

1. Расчет статически определимой рамы на перемещения

По условиям РГЗ № 1 (2) определите вертикальное перемещение рамы в середине пролета, а также угловое перемещение поперечного сечения стержня на левой опоре рамы.

2. Определение перемещений в статически определимой балке

В балке, изображенной на рисунке 3, найдите значения прогибов в местах, отмеченных цифрами 1 и 3 и угловое перемещение в месте, отмеченном цифрой 2. Расчетную схему и исходные данные для нее выберите из таблицы 3. Значение $EI = const$.

Методические указания

Все перемещения определите по формуле Максвелла–Мора с использованием правила А. Верещагина и формулы Симпсона. Грузовую эпюру M_p в задании 2.1 начертите из РГЗ № 1 (задание 1.2). Во вспомогательной системе вдоль искомых линейных перемещений приложите единичную (безразмерную) силу, а вдоль искомого углового перемещения единичный (безразмерный) момент. Постройте от этих воздействий две эпюры моментов $\bar{M}_i (i = 1, 2)$. Перемножая (условно) эпюры $\bar{M}_i$ с эпюрой M_p , найдите перемещения. В задании 2.2 предварительно постройте эпюру M_p по тем же правилам, что и в раме по заданию 1.2.

Таблица 3

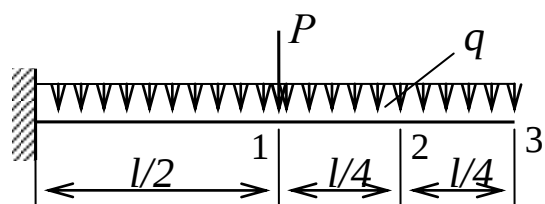
Первая цифра шифра	l , м	q , кН/м	Вторая цифра шифра	P , кН	№ сечения	Последняя цифра шифра, № схемы
1	10,0	1,0	1	4,0	1	1
2	8,0	1,2	2	4,5	2	2
3	9,6	1,6	3	5,0	3	3
4	12,0	2,0	4	3,6	1	4
5	12,4	2,4	5	2,0	2	5
6	13,0	2,8	6	3,2	3	6
7	14,0	3,0	7	8,0	1	7
8	15,0	3,6	8	6,0	2	8
9	16,0	5,0	9	3,0	3	9
0	18,0	4,0	0	2,0	1	0

Результаты расчетов представляются в виде дополнения к РГР № 1 в отдельной тетради или на листах и остаются у студента для дальнейшего использования в их работе.

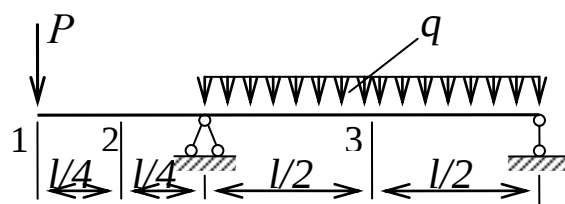
Контрольные вопросы для защиты

1. Какие два вида перемещений различают?
2. Напишите общую формулу Максвелла–Мора для определения перемещений.
3. На что укажет знак «минус» в результате расчета перемещения?
4. Что называется жесткостью конструкции?
5. Что служит мерой жесткости при изгибе балки?
6. По какой формуле находят перемещения для фермы?
7. Когда применяют способ Симпсона, а когда правило А. Верещагина?

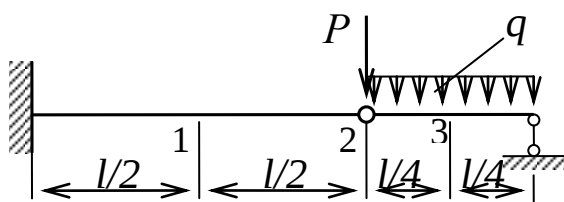
1



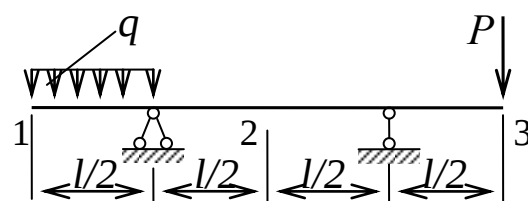
6



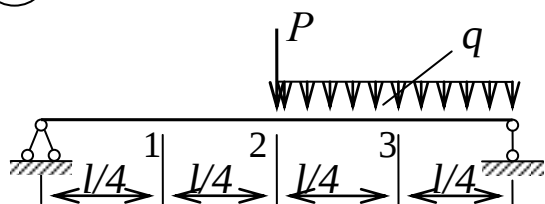
2



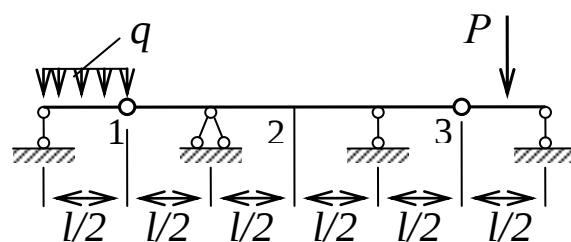
7



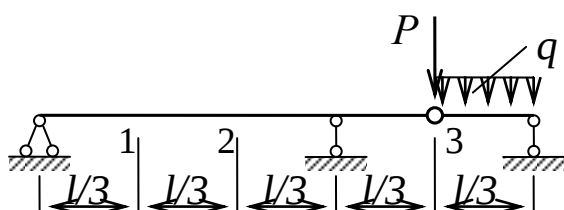
3



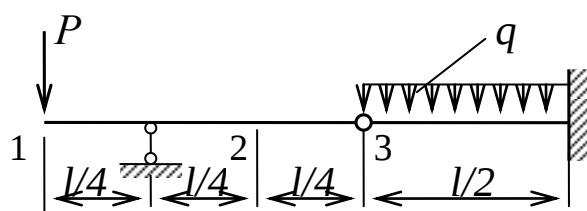
8



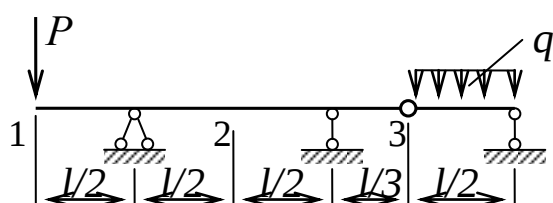
4



9



5



0

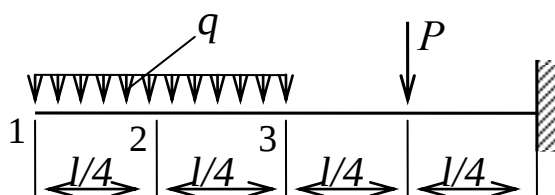


Рис. 3. Расчетные схемы балок

Расчетно-графическое задание № 2

Расчет статически неопределимой рамы методом сил [1, 3, 5]

Часть 1

Для статически неопределимой рамы, показанной на рис. 4, с размерами и нагрузкой, взятыми из таблицы 4 (по своему шифру) требуется:

1. Определить степень статической неопределимости заданной рамы.
2. Выбрать основную систему, изобразить эквивалентную систему и составить канонические уравнения метода сил.
3. Построить в основной системе эпюры изгибающих моментов от единичных значений «лишних» неизвестных, а также эпюру моментов от нагрузки.
4. Вычислить коэффициенты канонических уравнений и выполнить проверки правильности их определения.
5. Решить систему канонических уравнений и проверить правильность решения.
6. Построить окончательную эпюру изгибающих моментов в заданной раме от заданной нагрузки.
7. Выполнить деформационную (кинематическую) проверку эпюры моментов.
8. Построить эпюру поперечных сил и эпюру продольных сил для всей рамы.
9. Определить вертикальное перемещение в середине ригеля в наибольшем пролете рамы.

Таблица 4

№ схемы	e_1 , м	e_2 , м	h , м	h_n , м	I_3/I_2	I_2/I_1	q_1 , кН/м	q_2 , кН/м	T , кН	M , кН·м
1	6	9	6	2	7,5	0,10	10	1	30	100
2	7	10	8	2,5	6,5	0,15	11	2	40	200
3	8	11	9	3	7,5	0,20	12	3	50	300
4	9	12	6,5	3,5	9	0,25	13	1,5	60	400
5	10	13	7	4	5,5	0,30	14	1,8	70	500
6	11	14	7,5	4,5	5	0,10	15	2,5	80	600
7	12	15	8,5	5	6	0,15	16	2,7	20	700
8	13	16	10	4,1	7	0,20	17	1,4	10	800
9	14	17	9,5	3,7	10	0,25	18	1,1	90	900
0	15	18	11	2,9	8	0,30	19	2,3	100	1000
e	a	b	c	d	e	e	a	b	c	d

Часть 2

Провести расчет той же рамы методом перемещений и сравнить результаты расчетов по обоим методам. Расхождение не должно превышать 5 %.

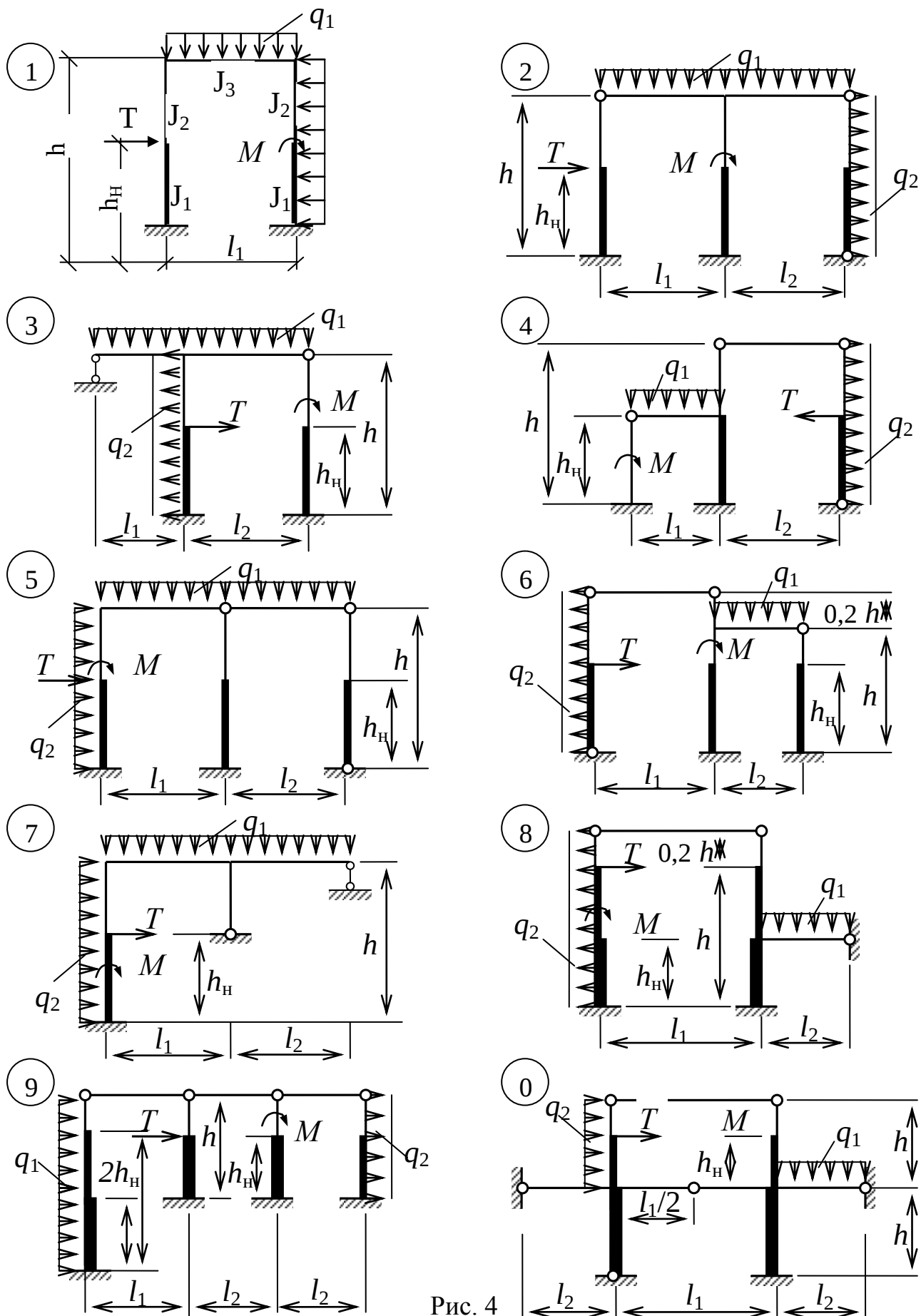


Рис. 4

Методические указания

Составьте 3 основных системы метода сил. Из них выберите для дальнейших расчетов одну, самую простую для расчетов. Сформируйте эквивалентную систему, представляющую основную с внешней заданной нагрузкой и с неизвестными реакциями X_i отброшенных связей, дополнив ее системой канонических уравнений.

Построив эпюры изгибающих моментов для основной системы отдельно от внешней нагрузки (M_p) и реакций $\bar{X}_i = 1(\bar{M}_i)$ путем перемножения эпюр M_p и M_i найдите перемещения δ_{ik} и Δ_{ip} , с помощью которых можно сформировать систему канонических уравнений и решить ее относительно X_i и с помощью ПЭВМ в вычислительном центре кафедры ПГС или вручную. Проверив правильность решения системы уравнений, постройте окончательную эпюру изгибающих моментов $M = M_p + \bar{M}_1 \cdot X_1 + \bar{M}_2 \cdot X_2 + \dots + \bar{M}_n \cdot X_n$ путем умножения эпюр $\bar{M}_i$ на значения X_i и последующего геометрического их сложения.

Эпюру M проверьте всеми возможными методами. После этого постройте эпюру Q по эпюре M и эпюру N по эпюре Q .

Контрольные вопросы для защиты

1. Как определяется степень статической неопределимости стержневой системы?
2. Каким образом формируется основная система метода сил?
3. Каким требованиям должна удовлетворять основная система?
4. Что обозначают коэффициенты канонических уравнений?
5. Каков физический смысл уравнения системы канонических уравнений?
6. Какие способы существуют для проверки правильности эпюры M ?
7. В чем суть кинематической проверки?
8. Какие перемещения считаются возможными?
9. В чем суть принципа возможных перемещений?
10. Напишите матричное уравнение значений изгибающего момента в методе сил?
11. Что обозначают матрицы в этом уравнении и как они формируются?
12. В чем сущность расчета методом перемещений?
13. Как установить, каким методом проводить расчет статически неопределимой рамы.

Рекомендуемая литература для самостоятельной работы и подготовки к экзамену

1. Леонтьев, Н. Н. Основы строительной механики стержневых систем / Н. Н. Леонтьев, Д. Н. Соболев, А. А. Амосов. – Москва: АСВ, 1996. – 541 с.
2. Дарков, А. В. Строительная механика / А. В. Дарков, Г. К. Клейн, В. Н. Кузнецов; под ред. А. В. Даркова. – Москва: Высшая школа, 1976. – 600 с.
3. Бычков, Д. В. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики / Д. В. Бычков, Г. К. Клейн, Р. Ф. Габбасов; под ред. Г. К. Клейна. – Москва: Высшая школа, 1973. – 400 с.
4. Снитко, Н. К. Строительная механика / Н. К. Снитко. – Москва: Высшая школа, 1980. – 431 с.
5. Смирнов, А. Ф. Строительная механика. Стержневые системы / А. Ф. Смирнов, А. В. Александров, Б. Я. Лащенко; под ред. А. Ф. Смирнова. – Москва: Стройиздат, 1981. – 512 с.

Содержание

Введение.....	1
Расчетно-графическое задание № 1 Расчет статически определимых систем.....	4
1. Расчет плоской фермы [2, 4].....	4
Методические указания.....	5
Контрольные вопросы для защиты	5
2. Расчет статически определимой рамы.....	8
Методические указания.....	8
Контрольные вопросы для защиты	10
Материал к практическим занятиям	10
Определение перемещений в статически определимых системах	10
1. Расчет статически определимой рамы на перемещения	10
2. Определение перемещений в статически определимой балке	10
Методические указания.....	11
Контрольные вопросы для защиты	11
Расчетно-графическое задание № 2 Расчет статически неопределимой рамы методом сил [1, 3, 5].....	13
Методические указания.....	15
Контрольные вопросы для защиты	15
Рекомендуемая литература для самостоятельной работы и подготовки к экзамену	16